



Kolekcja odmian pszenżyta

Fot. Henryk J. Czembor

BIULETYN
INSTYTUTU HODOWLI
I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
Nr 223/224/2002



Kolekcja odmian pszenżyta. Fot. *Henryk J. Czembor*

RADZIKÓW 2002
INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN — RADZIKÓW
05-870 BŁONIE pod WARSZAWĄ

INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
Dyrektor: Prof. dr hab. Edward Arseniuk

Komitet Redakcyjny:

Editorial Committee:

HENRYK J. CZEMBOR (Przewodniczący — Editor-in Chief),
JAN BOJANOWSKI, SŁAWOMIR PROŃCZUK, MARIA RAKOWSKA,
STANISŁAWA ROZTROPOWICZ-SZKUBEL, ZYGMUNT STASZEWSKI, JERZY SZYRMER,
GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA (Sekretarz Redakcji — Editorial Secretary)

Wydanie publikacji dofinansowane przez Komitet Badań Naukowych

Redaktor techniczny
GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA

Druk: Format Studio Grafiki i Poligrafii



Krajowa Nagroda Naukowa z Zakresu Genetyki Roślin im. Stefana Barbackiego

2001

Rada Naukowa Instytutu Genetyki Roślin PAN w Poznaniu ustanowiła Krajową Nagrodę Naukową z Zakresu Genetyki Roślin im. Stefana Barbackiego.

Ideą nagrody jest wyróżnianie młodych naukowców zajmujących się genetyką roślin i promowanie osiągnięć będących rezultatem badań prowadzonych w warunkach krajowych laboratoriów.

Nagroda jest przyznawana od 1994 roku corocznie, przez Kapitułę Nagrody, za oryginalne prace badawcze udokumentowane publikacją w krajowym lub zagranicznym czasopiśmie w okresie ostatnich trzech lat, dotychczas nienagradzane.

W roku 2002 Kapituła przyznała:

nagrodę II stopnia — mgr KATARZYNIE NUC

(Katedra Biochemii i Biotechnologii Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego, Poznań)

za: "Charakteryzowanie genów kodujących enzymy stanu symbiozy przy pomocy metod molekularnych i komórkowych".

Sponsorami funduszu nagród byli: Agencja Własności Rolnej Skarbu Państwa — Warszawa, „Spójnia” Hodowla i Nasiennictwo Ogrodnicze Nochowo, Hodowla Roślin „Danko”, Hodowla Roślin Szelejowo, Hodowla Roślin Kobierzyce, Poznańska Hodowla Roślin

JERZY KĄCZKOWSKI

Katedra Biochemii

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Nowe poglądy na strukturę i funkcje białek zapasowych zbóż na przykładzie pszenicy (*Triticum aestivum* L.)

New aspects of the cereal grain storage protein structure and functions based on wheat (*Triticum aestivum* L.)

Wobec znacznego postępu badań, w artykule przedstawiono najnowsze osiągnięcia w zakresie struktury i właściwości podjednostek uczestniczących w tworzeniu kompleksu glutenowego białek zapasowych ziarniaków zbóż, na przykładzie pszenicy. Główną uwagę zwrócono na elastomeryczny charakter tych białek, występowanie charakterystycznych sekwencji powtarzalnych aminokwasów odpowiedzialnych za tworzenie struktur lewoskrętnych — β oraz na typy i lokalizację wiązań sieciujących, uczestniczących w tworzeniu wielkocząsteczkowych kompleksów (disulfidowych, wodorowych, sił hydrofobowych). Starano się również, w miarę możliwości, powiązać strukturę podjednostek uczestniczących w tworzeniu kompleksów z właściwościami i wartością wypiekową glutenu i ciasta, jakkolwiek w tym zakresie istnieje nadal wiele wątpliwości. Przedstawiono wreszcie mechanizm toksycznego oddziaływania prolamin na osoby cierpiące na chorobę pochodzenia genetycznego — celiakię, a także zastosowanie metod inżynierii genetycznych dla uzyskiwania naturalnych podjednostek w stanie czystym i wbudowywanie ich do kompleksów, co stanowi ważny krok na drodze poznania cech jakościowych wnoszonych przez poszczególne podjednostki.

Słowa kluczowe: białka zbóż, budowa podjednostek, białka elastomeryczne, funkcje jakościowe, struktura kompleksów

Because of the significant progress in investigations on the structure and properties of subunits participating in the formation of gluten complex — the main storage proteins deposited in grain endosperm, this review presents most important results obtained during the last decade in this area. The main topics referred concern the elastomeric properties of gluten proteins, contents and regularities of characteristic amino acid motifs of repetitive regions, responsible for the formation of left-turned β -helices, as well as the types and localisation of crossing bonds (disulfide, hydrogen, hydrophobic forces), which take part in complexing process to form the high-molecular-weight units. The trials to establish possible relations between the monomer units participating in the complexing and mechanical (rheological) properties and bread-making quality in laboratory bakings, were also described, though many difficulties in that area exist until now. The elucidated recently mechanism of prolamin toxicity against patients suffering from the genetic celiac disease, was also presented. Finally, the genetic engineering methods applied to the synthesis of individual prolamin subunits in the pure form, were

presented, as the mostly important step to recognise their quality contribution, when included in vitro into gluten complex.

Key words: cereal proteins, complex structure, elastomeric proteins, subunit composition, quality relationships

WPROWADZENIE

Dziesięć lat temu został opublikowany w Biuletynie IHAR artykuł przeglądowy przedstawiający ówczesny stan wiedzy o strukturze i funkcjach białek glutenu pszennego, jako najważniejszego pod względem wykorzystania i najlepiej poznanego białka zapasowego ziarniaków zbóż (Kączkowski, 1991). Ponieważ technika badawcza w tym zakresie znacznie się od tego czasu rozwinęła, a kierunki badań zostały wzbogacone (np. o izolowanie indywidualnych składników wraz z lokalizacją kodujących je genów), wydało się celowe przedstawienie aktualnych osiągnięć w zakresie struktury i funkcji tych białek oraz o ich miejscach aktywnych w tworzeniu kompleksów. Udało się również wskazać te frakcje (lub składniki) białek glutenowych, które wykazują ścisłą współzależność struktury wtórnej z typowymi dla glutenu właściwościami elastycznymi (Tatham, Shewry, 2000).

W izolowaniu poszczególnych frakcji i pojedynczych składników białkowych szczególnie przydatne okazały się metody elektroforetyczne i chromatograficzne, których wyczerpującego przeglądu dokonali Bietz i Simpson (1992). Przy rozdzielaniu białek zapasowych zbóż najbardziej użyteczna okazała się elektroforeza w żelu poliakryloamidowym, zarówno bezpośrednia (PAGE), jak i w obecności SDS (SDS-PAGE), ogniskowanie izoelektryczne (IEF), a ostatnio również elektroforeza kapilarna (CE). Stosowanie w tych metodach żelu o różnej grubości pozwala również uzyskiwać większe ilości frakcji, lub indywidualnych składników białkowych, wystarczające do charakterystryki szczegółowej.

Wśród metod chromatograficznych największe znaczenie ma rozdział w chromatografii kolumnowej w żelu, działający na zasadzie różnic wielkości (SEC), wymiany jonowej (IEC) oraz oddziaływań hydrofobowych (HIC). Te metody odznaczały się długim czasem wykonania i niedostateczną powtarzalnością. Dlatego wprowadzono tzw. wysokosprawną chromatografię cieczową (HPLC) eliminującą te niedostatki. Prowadzi się ją w kolumnach o jednorodnej porowatości i znacznej długości, wypełnionych pochodnymi krzemianowymi o specyficznej zdolności reagowania z cząsteczkami białek, pod znacznym ciśnieniem. W rozdzielaniu białek stosuje się 3 sposoby oddziaływania: wielkość cząsteczek (SE-HPLC), charakter jonowy (IE-HPLC), a szczególnie rozdział na zasadzie hydrofobowości w odwróconej fazie (RP-HPLC). Zostały one wprowadzone do rozdziału głównie przez Bietza i wsp. (1987).

Znaczne osiągnięcia uzyskano również w ustaleniu wielości i lokalizacji genów kodujących podstawowe podjednostki uczestniczące w budowie frakcji głównych oraz odpowiedniego ich krzyżowania metodami hodowlanymi, dla pozyskania linii wzbogaconych w szczególnie przydatne składniki glutenu. Ten kierunek nie będzie omawiany w artykule, natomiast zostanie opisana w skrócie technika klonowania cDNA

odpowiadającego określonym podjednostkom białkowym i jego ekspresja w komórkach bakterii w celu pozyskania czystych składników.

KLASYFIKACJA I BUDOWA BIAŁEK ZAPASOWYCH ZBÓŻ

Jak wiadomo, białka ziarniaków, np. pszenicy dzieli się zależnie od rozpuszczalności wg Osborne'a (1924) na albuminy i globuliny, rozpuszczalne odpowiednio w wodzie i rozcieńczonych roztworach soli obojętnych oraz prolaminy i gluteliny, rozpuszczalne w 70% etanolu lub w kwasach. Pierwsze dwie frakcje pełnią liczne funkcje fizjologiczne i, przynajmniej u zbóż, nie są lub tylko w części zaliczane do zapasowych. Natomiast dla prolamin i glutelin, występujących w ziarniakach zbóż w ilości ok. 80% białek endospermu, nie są znane ich inne funkcje poza rezerwą aminokwasów, dlatego są one typowymi białkami zapasowymi. Są one zasadniczymi składnikami glutenu, czyli kompleksu o szczególnych właściwościach wiskoelastycznych, który pozostaje po odmyciu składników rozpuszczalnych i skrobi w strumieniu wody bieżącej i jest podstawą formowania ciasta. Gluten dzielono na dwie frakcje: rozpuszczalną w 70% etanolu gliadynę o znacznej lepkości oraz gluteninę wykazującą znaczne właściwości elastyczne, rozpuszczalną w kwasach lub zasadach; obie frakcje występują w endospermie, w podobnych proporcjach. Współdziałający zespół (kompleks) białek obu frakcji tworzy rozciągliwą masę zatrzymującą gazy wytwarzane w fermentacji ciasta, a powstała porowata struktura jest utrwalana w wysokiej temperaturze wypieku. Ta szczególna właściwość przesądza o głównym kierunku wykorzystywania pszenicy (i w mniejszym stopniu innych zbóż) w piekarstwie (Johansson, 1995; Shewry, Tatham, 1987).

Wykazano następnie, że zarówno gliadyna, jak i glutenina wykazują znaczną heterogeniczność, a ich podjednostki mają bardzo podobny skład oraz sekwencje aminokwasów (Bietz, 1987). Gdy okazało się, że gliadyny i gluteniny zawierają podjednostki o podobnej strukturze i że drugie z nich są również rozpuszczalne w 70% etanolu po uprzedniej redukcji, zaproponowano zmiany w klasyfikacji białek glutenowych, zaliczając do prolamin I — rozpuszczalne bezpośrednio w 70% etanolu, a do prolamin II — rozpuszczalne w tym rozpuszczalniku po redukcji. Natomiast do glutenin (białek resztkowych) zaliczono bardziej złożone białka (zawierające również składniki niebiałkowe), nierozpuszczalne po redukcji, o niewyjaśnionym składzie; stanowią one do 10% białek glutenowych. Wykazano więc, że białka prolamin I i II stanowią podstawowe składniki czynne glutenu pszennego i zróżnicowanie ich składników (oraz wzajemne proporcje) przesądza o różnicach cech jakościowych (MacRitchie i in., 1990; Shewry, Tatham, 1990). Należy zaznaczyć, że podział na prolaminy I i II wprowadzany jest z oporami i nawet w nowej literaturze nie zawsze jest stosowany.

SKŁAD PODJEDNOSTKOWY PROLAMIN

Prolaminy są złożone z licznych polipeptydów o różnym składzie i sekwencji aminokwasów oraz masach cząsteczkowych (M_r). W drodze elektroforezy w żelu poliakryloamidowym bez, lub z udziałem SDS (PAGE lub SDS-PAGE) a także chromatografii

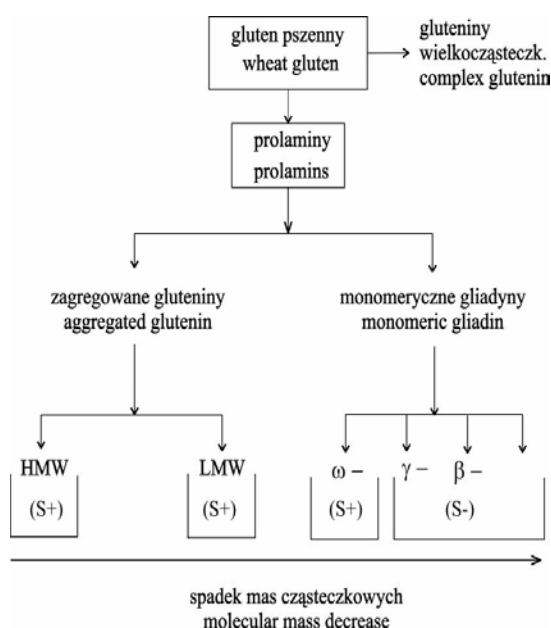
— HPLC — szczególnie w odwróconej fazie (RP-HPLC), w ostatnim 20-leciu rozdzielono, wyizolowano i scharakteryzowano wiele z nich. Prolaminy wydzielone z glutenu zbóż dzieli się na 2 grupy: monomeryczne - prolaminy I (d. gliadyny) i oligo- lub polimeryczne — prolaminy II (d. gluteniny). Jak wynika ze schematu na rysunku 1, pierwsze z nich podzielono ze względu na masy cząsteczkowe i ruchliwość w elektroforezie na: α -, β -, γ - i ω , a drugie na mało- i wielkocząsteczkowe (LMW i HMW). Frakcje α -, β - i γ - oraz LMW, ze względu na znaczną zawartość cysteiny (Cys) zalicza się do bogatych w siarkę (S+), natomiast ω -prolaminy - do ubogich w siarkę (S-). Frakcja HMW (prolamin II) ma pod tym względem charakter pośredni.

Skład aminokwasowy prolamin zbóż pokrewnych klimatu umiarkowanego (pszenicy, żyta i jęczmienia oraz pszenżyta) jest szczególnie bogaty w Glu + Gln (ponad 90% jest w formie amidu) — od 100 do 300 reszt/mol oraz Pro — od 30 do 130 reszt/mol; również Gly występuje w prolaminach HMW w znacznych ilościach (do 120 reszt/mol). Natomiast prolaminy są szczególnie ubogie w aminokwasy egzogenne, zwłaszcza Lys, Met i Trp, nieco więcej zawierają Phe i Tyr, a poziom Val, Leu i Ile (z łańcuchem rozgałęzionym) jest dostateczny w żywieniu. Pod tym względem prolaminy zbóż mają więc małą wartość żywieniową i winny być uzupełniane w żywieniu innymi źródłami (Shewry, Tatham, 1990), np. białkami roślin motylkowatych lub zwierzęcymi.

Prolaminy są odkładane w endospermie ziarniaków w niewielkich ciałach białkowych, które powstają wcześniej po zapyleniu, specjalnie w celu ich upakowania, a od 40 dnia rozwoju ulegają stopniowemu rozkładowi. Przebieg syntezy poszczególnych białek w trakcie rozwoju ziarniaków badali m.in. Huebner i wsp. (1990), a stan oksydacyjny — Gobin i wsp. (1997). Przejściowa lokalizacja tworzących się białek zapasowych w ciałach białkowych ma istotne znaczenie dla ich ochrony w czasie najmniejszej stabilności, a późniejsze uwolnienie ich od tej ochrony pozwala na utlenienie grup -SH i tworzenie wiązań -S-S-, co z kolei prowadzi do maksymalnej ich stabilności; w procesie tym, jak wiadomo (Kączkowski, 2001), podstawowe znaczenie ma udział tioredoksyny, jako przenośnika protonów i elektronów.

Prolaminy pszenicy i zbóż pokrewnych

Z rysunku 1 wynika, że do prolamin są zaliczane obecnie zarówno monomeryczne białka rozpuszczalne w 70% etanolu (d. α -, β -, γ - i ω -gliadyny), jak i kompleksy oligo- i polimeryczne (LMW i HMW-gluteniny). Niezależnie, białka zbóż dzieli się na bogate w S (S+) i ubogie w S (S-); do pierwszych należą: α -, β - i γ -gliadyny, w których Cys tworzy wiązania disulfidowe -S-S- wewnątrz- i międzycząsteczkowe oraz LMW-prolaminy (należące do prolamin II); Cys tworzy w nich oba rodzaje wiązań -S-S-. Wspomniano, że głównymi prolaminami (S-) są monomeryczne ω -prolaminy, jak i polimeryczne HMW-prolaminy II (gluteniny). Poszczególne frakcje wykazują znaczny polimorfizm, a ich składniki monomeryczne różnią się składem i sekwencją aminokwasów. Dodatkowo, frakcje oligo- i polimeryczne (LMW i HMW) zawierają składniki (podjednostki) zróżnicowane pod względem struktury i lokalizacji genów sterujących ich syntezą.



Rys. 1. Klasyfikacja białek zapasowych ziarniaków zbóż — prolamin pszenicy
Fig. 1. Classification of cereal grain storage proteins — wheat prolamins

Tabela 1

Klasyfikacja białek zapasowych ziarniaków zbóż — odpowiedniki frakcji prolamin pszenicy,
jęczmienia i żyta

Classification of cereal grain storage proteins — relative prolamin fractions of wheat, barley and rye

	Pszenica Wheat	Jęczmień Barley	Żyto Rye
HMW	HMW — glutenina HMW — glutenin	D — hordeina D — hordein	HMW — sekalina HMW — secalin
S(-)	ω — prolamina ω — prolamins	C — hordeina C — hordein	ω — sekalina ω — secalin
S(+) pierwotne	γ — prolamina	γ — hordeina	γ — sekalina
S(+) primary	γ — prolamins	γ — hordein	γ — secalin 40 kDa
S(+) wtórne	α — prolamina	—	—
S(+) secondary (monomer)	α — prolamins	—	—
LMW	LMW — prolamin LMW — prolamins	β — hordeina β — hordein	—
—	—	—	γ — sekalina γ — secalin 76 kDa

Skład podjednostkowy wymienionych frakcji mono- i oligomerycznych wykazuje różnice dziedziczne się w tzw. blokach (p. dalej) pomiędzy odmianami danego gatunku zboża. Różnice te są znacznie większe pomiędzy gatunkami spokrewnionymi w podrodzynie *Triticeae*, najbardziej popularnymi w naszej strefie klimatycznej — pszenicą, żytem i jęczmieniem. Skład jakościowy i ilościowy poszczególnych frakcji przesądza o

właściwościach fizycznych tzw. białka glutenowego (m.in. lepkości i elastyczności), co wiąże się z użytkowymi cechami technologicznymi — głównie w piekarstwie.

Charakterystyka frakcji białek glutenowych zbóż

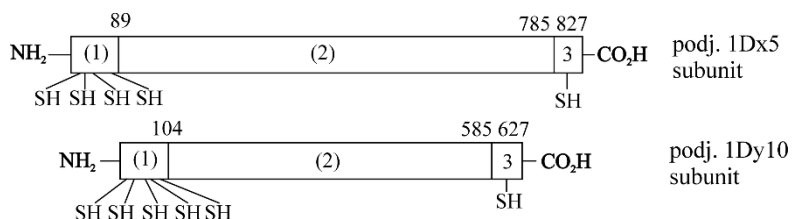
Jednym z podstawowych kierunków badań białek glutenowych, obok ich frakcjonowania i sterowania genetycznego syntezy poszczególnych składników, było od wielu lat znalezienie frakcji, czy ich podjednostek (i ewentualnie składników niebiałkowych), które mają główny wpływ na tworzenie szczególnych cech viskoelastycznych, tzn. lepkości, spoistości i elastyczności glutenu odmytego lub ciasta. Cechy te, spotykane bardzo rzadko u białek naturalnych są wykorzystywane w tworzeniu porowatej struktury ciasta o szczególnych właściwościach reologicznych. Białka naturalne tego typu określa się jako elastomeryczne (Tatham, Shewry, 2000), a mechanizm powstawania tych cech jest obecnie intensywnie badany. Pionierskie prace Finneya i wsp. (Hoseney i in., 1970), a nieco później Ewarta (1979) wskazały wyraźnie na dodatnie działanie niektórych frakcji białkowych oraz ich struktury pierwotnej i wtórnej.

Prolaminy wielkocząsteczkowe (HMW)

Występują one we wszystkich wymienionych gatunkach podrodziny *Triticeae* i u pszenicy stanowią ok. 10% glutenu ogółem, a w europejskich zbożach składają się z ponad 30 podjednostek. Różnice alleliczne ich składu i liczby wykazały istotny wpływ na wartość wypiekową mąki (Payne i in., 1981). Ustalono, że występują wśród nich 2 typy cząsteczek różniących się M_r (Shewry, Tatham, 1990) i sekwencją aminokwasów: typu x wędrujące w SDS-PAGE wolniej oraz typu y — szybsze; ich schematyczne struktury oraz M_r pokazano na rysunku 2. Oba typy podjednostek zawierają znaczne ilości Gly (14–19% mol), Glu (37–39% mol w tym ok. 90% w formie amidu) i Pro (12–14% mol). Wyizolowano szereg genów kodujących te podjednostki HMW i ustalono sekwencję aminokwasów na podstawie namnożonego w PCR cDNA. Różnią się one długością łańcuchów peptydowych w granicach od 627 do 827 reszt aminokwasów i M_r od 67,5 do 88,13 kDa.

Jak wynika z rysunku 2, podjednostki te mają prostą strukturę pierwotną domen: sekwencje niepowtarzalne w regionie N-końca (81–104 reszt aminokwasów) i C-końca (42 reszty), flankujące centralny region domen powtarzalnych. Regiony niepowtarzalne zawierają wszystkie (lub prawie) reszty Cys (typ x — 3, typ y — 5). Natomiast regiony powtarzalne oparte są na trzech motywach: heksapeptydu i nonapeptydu (Pro-Gly-Gln-Gly-Gln-Gln oraz Gly-Tyr-Tyr-Pro-Thr-Ser-Pro/Leu/-Gln-Gln), które są obecne w obu typach podjednostek (x i y) oraz tripeptydu Gly-Gln-Gln, który występuje tylko w podjednostkach typu x. Ponadto motyw heksapeptydu występuje w szyku podwójnym, a nonapeptydu — jest rozrzucony w sekwencji. Wreszcie, w niektórych podjednostkach występują na obu końcach domen powtarzalnych reszty Cys (Shewry, Tatham, 1990). Uważa się, że domeny powtarzalne tworzą się w wyniku zjawisk amplifikacji i delecji bloków reszt aminokwasów.

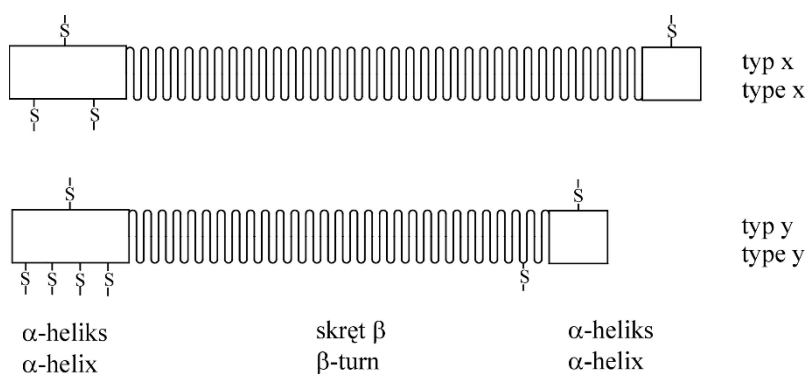
a)



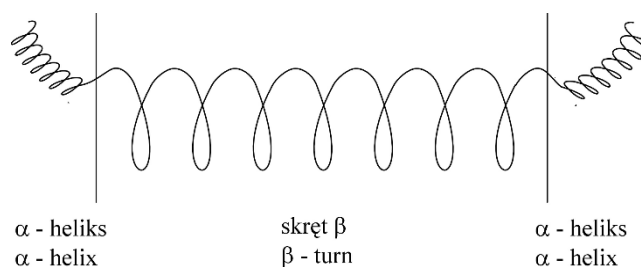
b) Motywy sekwencji aminokwasów

Typ x: -Pro-Gly-Gln-Gly-Gln-Gln-Gly-GLN-Gln
 -Pro-Gly-Gln-Gly-Gln-Gln-Gly-Gln-Gln
 -Gly-Tyr-Tyr-Pro-Thr-Ser-Pro-Gln-Gln
 Typ y: -Pro-Gly-Gln-Gly-Gln-Gln-
 -Gly-Tyr-Tyr-Pro-Thr-Ser-Leu-Gln-Gln

c)



d)



Rys. 2. Cechy struktury podjednostek HMW glutenin (prolamin II); a, struktura pierwotna podjednostek; b) typy częściej spotykanych motywów powtarzalnych; c) schemat struktury II-rzędowej jednostek x i y; d) model struktury III-rzędowej podjednostek; (1) — strefa N-końcowa; (2) - domeny powtarzalne; (3) — strefa C-końcowa; (Shewry, Tatham, 1990, 1997)
Fig. 2. Structural features of HMW glutenin (prolamin II) subunits; a) the primary subunit structures; b) the types of most popular repetitive motifs; c) schematic secondary structures of x and y subunits; d) a model of tertiary subunit structure; (1) N-terminal region; (2) — repetitive domains; (3) C-terminal region; (Shewry, Tatham, 1990, 1997)

Na podstawie badań spektroskopowych dichroizmu kołowego (CD) podjednostek HMW oraz potwierdzenia na syntetycznych oligopeptydach odpowiadających domenom powtarzalnym wykazano, że fragmenty C- i N-końcowe przyjmują w roztworze konformację α -helikalną, natomiast domeny powtarzalne mają nietypową strukturę lewoskrętną — β -helikalną. Na podstawie badań właściwości hydrodynamicznych i spektroskopowych sporządzono model cząsteczki HMW, który ma kształt „laski” o wymiarach $44\text{--}45 \times 1,8$ nm, a β -spiralą ma przesunięcie wzdłuż osi 13,5 reszt aminokwasowych na 1 obrót. Należy zaznaczyć, że struktury β -helikalne wykazano dotychczas dla niewielu białek naturalnych, określanych jako elastomeryczne (Tatham, Shewry, 2000), ze względu na ich właściwości gumowato-elastyczne i zdolność deformacji (bez rozrywania wiązań), czemu towarzyszy gromadzenie i wyzwalamie energii.

Nowsze badania potwierdziły, że frakcja HMW-gluteniny ma zasadniczy wpływ na wartość technologiczną (wypiekową) pszenicy, co zbadano zarówno przez wypiek laboratoryjny, jak i wartości reologiczne. Jakość zależy nie tylko od poziomu tej frakcji, ale i jej struktury podjednostkowej; podjednostki x mają w tej współzależności większy wpływ, niż jednostki y. Dodatkowych argumentów w tym względzie dostarczyło porównanie frakcji HMW pszenicy i żyta (Kipp i in., 1996). Wykazano m.in., że żyto zawiera tylko ok. 30% frakcji HMW w stosunku do pszenicy. W pełni utleniona frakcja HMW pszenicy ma znacznie większy wpływ na właściwości reologiczne, niż żytnia; m.in. ta druga zawiera wyłącznie podjednostki typu y, a pszenna — oba typy, choć ruchliwości elektroforetyczne w SDS-PAGE u obu zbóż były podobne; Niższy poziom Glu + Gln (zwłaszcza Glu) różnicuje ich elastyczność, a 2-3-krotnie wyższy poziom Cys świadczy o odmiennym sposobie polimeryzacji. Wreszcie, żytnia frakcja HMW wykazuje wyższy poziom glikozylacji, co zmniejsza hydrofobowość powierzchniową w stosunku do frakcji HMW pszenicy. Wymienione różnice wskazują na znacznie mniejszą możliwość tworzenia typowych kompleksów w glutenie ziarniaków żyta, w porównaniu z pszenicą.

Białka HMW występują w nasionach zbóż (głównie pszenicy) w wielkocząsteczkowych kompleksach o M_r 500–5000 kDa, a nawet większej, stabilizowanych międzyłańcuchowymi wiązaniami disulfidowymi -S-S-. Wiązania te tworzą się głównie w regionach C- i N-końcowych, gdyż tam lokuje się większość reszt Cys. W wyniku powstają liniowe polimery łączące łańcuchy wg zasady „głowa-ogon” (Ewart, 1979), choć są również możliwe rozgałęzienia lub usieciowania, a także wiązania -S-S- wewnątrzłańcuchowe, np. w podjednostkach typu y. Sugeruje się, że w strukturze podjednostek HMW prolamin występują różnice regularności w strefach powtarzalnych, odbijające się na jakości technologicznej, ale nie są one wyjaśnione w szczegółach.

Istnieją wstępne dowody dotyczące znacznego podobieństwa pomiędzy strukturą podjednostek HMW pszenicy i pokrewnych zbóż — D-hordeiny jęczmienia i HMW-sekaliny, ale brak szczegółów w tym zakresie. Obok podobieństw i różnic z HMW-sekaliną, opisanych wyżej, wiadomo, że sekwencje powtarzalne białek jęczmienia i żyta, mają znaczne podobieństwo z sekwencjami HMW pszenicy, jednak ich długość jest zwykle mniejsza, a hydrofobowość większa. Opracowane nowe metody badania tych struktur, łącznie z białkami innych gatunków zbóż pozwoli uzyskać więcej informacji o strukturach podjednostek (Kasarda i in., 1998; Wieser i in., 1998).

Białka prolaminowe ubogie w siarkę (S-)

Jak wynika z rysunku 1, do białek o małej zawartości siarki należą ω -prolaminy pszenicy, a także C-hordeina jęczmienia i ω -sekalina żyta. Ich masy cząsteczkowe wahają się w granicach 44–78 kDa, przy czym największym rozrzutem odznacza się ω -prolamina pszenicy, a najmniejszym - ω -sekalina — 48–53 kDa (większość struktur C-hordeiny jest również mało zróżnicowana — 52–54 kDa). Frakcja ta stanowi 10–20% glutenu w jęczmieniu i 11% w życie i pszenicy i odznacza się szczególnie dużą zawartością Glu+Gln+Pro+Phe — w sumie do 80% reszt/mol, ale występują tu duże różnice w podjednostkach sterowanych przez różne genomy, np. z genomów A i D — najmniej, a z genomu B — najwięcej. Wynika to ze zróżnicowanej sekwencji domen powtarzalnych. Różnice wystąpiły również w regionie N-końcowym, jakkolwiek homologia w tym przypadku jest duża. Wszystkie one zawierają znaczny poziom struktury β -helikalnej w domenach powtarzalnych, jakkolwiek w niejednakowej zwartości przestrzennej.

Składniki ω -prolaminy pszenicy w zasadzie nie zawierają Cys, natomiast towarzyszące tej frakcji składniki o podobnej budowie i właściwościach zawierają kilka reszt tego aminokwasu (uzyskiwane w hydrolizie białek HMW), są określane jako D-prolaminy (Masci i in., 1998). Dotychczas wyizolowano ok. 15 frakcji ω -gliadyny, dla których sugerowano skład aminokwasowy sekwencji powtarzalnych i N-końcowych oraz ustalono położenie genów kodujących je — głównie w pozycjach G1 i B1, na krótszym ramieniu odpowiednich chromosomów (Zhao i in., 1999; Du Pont i in., 2000). Zarówno sekwencja domen powtarzalnych (szczególnie bogata w Gln i Pro), jak i pomiary widma dichroizmu kołowego (CD) oraz IR wykazały, że podobnie do podjednostek HMW prolamin, są one bogate w struktury β -helikalne. Ich poziom w białku glutenu wzrasta (podobnie do HMW prolamin) przy niedoborze siarki w glebie. Jest to o tyle niezrozumiałe, że ω -prolaminy pozbawione Cys nie mogą tworzyć ani wewnątrz ani międzyłańcuchowych wiązań -S-S-, a więc uczestniczyć w tworzeniu kowalencyjnych struktur polimerów glutenu. Dlatego rola tej frakcji białek ziarniaków w tworzeniu cech jakościowych jest nadal zagadkowa.

Białka prolaminowe bogate w siarkę (+) (S+)

Z rysunku 1 wynika, że do białek bogatych w S należą prolaminy monomeryczne typów: α -, β - i γ - oraz oligomeryczne zwane frakcją małowcząsteczkową (LMW). Stanowią one największą grupę, gdyż ich zawartość sięga 80% białek glutenowych. Ze względu na znaczną zawartość reszt Cys są one zdolne do tworzenia licznych wiązań -S-S-, jednak białka monomeryczne (prolaminy α -, β - i γ) mogą w zasadzie tworzyć tylko wiązania wewnątrzłańcuchowe, a białka oligomeryczne (LMW) — zarówno wewnątrz, jak i międzyłańcuchowe. Monomery tej grupy białek mają M_r w granicach 36–44 kDa, a wyjątkiem jest γ -sekalina żyta, której jedna frakcja ma masę 75 kDa. Wreszcie, wszystkie białka tej grupy wykazują podobne struktury podstawowe z bogatą w Pro powtarzalną domeną N-końcową oraz domeną C-końcową zawierającą wszystkie (lub prawie) reszty Cys. Domena powtarzalna jest zwykle poprzedzona od N-końca krótkim fragmentem różnicującym (np. sygnałowym). Struktura podjednostkowa typowych białek pszenicy S+ jest podana na rysunku 3 (Shewry, Tatham, 1990).

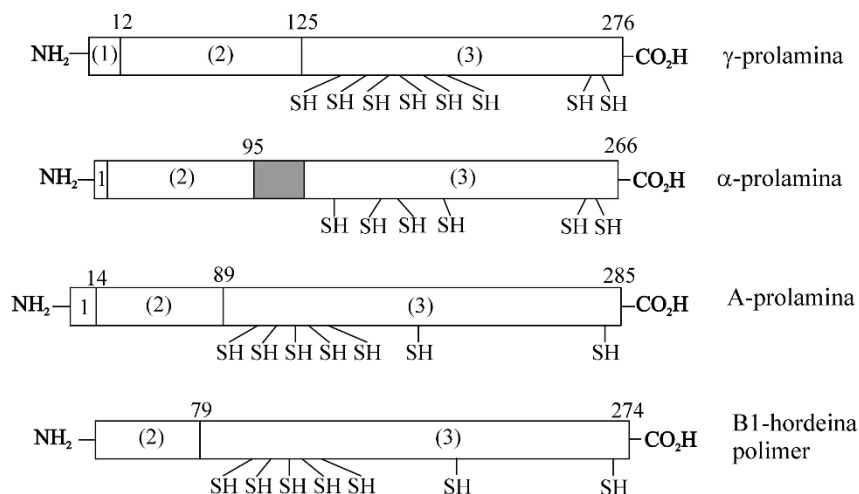
Podjednostki monomeryczne - α -, β - i γ -prolaminy pszenicy γ -Prolaminy

Najbardziej rozpowszechnione w naturze są białka typu γ -prolamin, gdyż oprócz zbóż występują w nasionach licznych traw łąkowych; grupa ta jest ewolucyjnie najstarsza. Główny motyw sekwencji powtarzalnej stanowi heptapeptyd: Pro-Gln-Gln-Pro-Phe-Pro-Gln (113 aminokwasów), a ubogie w Pro sekwencje (151 aminokwasów) zawierają wszystkie reszty Cys, w którą białka te są szczególnie bogate. Większość γ -prolamin ma charakter monomerów, ale spotyka się też oligomery. Zgodnie z oczekiwaniami struktura powtarzalna ma konformację β -helikalną, a C-końcowa — α -helikalną i stabilną. Wynika stąd, że struktura γ -prolaminy jest bardziej zwarta, niż ubogie w S ω -prolaminy; bardzo podobne struktury wykazano dla γ -sekalin żyta oraz C-hordeiny jęczmienia.

Rola γ -prolamin w kształtowaniu cech reologicznych białek glutenu (i ciasta), mimo intensywnych badań fizycznych nad kształtem i wielkością cząsteczek (Thomson i in., 1999) oraz chemiczno-technologicznych (Uthayakumaran i in., 2001) nie została jednoznacznie wyjaśniona. Sugeruje się, jednak, że prolaminy typu γ mogą być odpowiedzialne za obniżanie maksimum rezytencji, ale podwyższenie czasu rozwoju i siły ciasta, jednak wnioski te oparto na pozytywnych korelacjach (Field i in., 1987). Z drugiej strony frakcja γ najsilniej emulgowała spośród frakcji monomerycznych i wykazywała największą stabilność emulsji, a także zdolność pienienia i stabilność piany; parametry te były nawet większe, niż u ω -prolamin. Zachowania te, a także wynikające z pomiarów spektralnych (CD i w niskokątowym promieniowaniu X) oraz z obecności domen powtarzalnych bogatych w Pro i Gln, potwierdzają udział struktur β -helikalnych w tworzeniu charakterystycznych właściwości visko-elastycznych, typowych dla białek elastomerycznych. Ponadto, zawartość licznych reszt Cys w strukturach γ -prolaminowych stwarza możliwość powstawania międzylańcuchowych wiązań -S-S- (m.in. z peptydami innych typów). Również obecność licznych aminokwasów o łańcuchach niepolarnych (Leu, Val, Ile) prowadzi do powstania sił hydrofobowych i możliwości kompleksowania cząsteczek z ich udziałem, co wykazano już dawno (Dałek-Zawistowska i in., 1975). Nie wyjaśniono dotychczas, w jakim stopniu udział cząsteczek typu γ w tworzeniu kompleksów glutenowych jest przypadkowy, a w jakim kontrolowany.

Prolaminy typu α - i β -. Istnieje w zasadzie mało informacji dotyczących prolamin typu β , a znacznie więcej - typu α ; obecnie obie frakcje omawia się razem jako α -prolaminy, a typ β jest pojęciem historycznym (Tatham, Shewry, 1990). Frakcja ta występuje przypuszczalnie tylko w pszenicy i nie jest spotykana w białkach jęczmienia i żyta. Organizacja struktury monomerycznych cząsteczek typu α jest podobna do typu γ (rys. 3), jednak regiony powtarzalne są w mniejszym stopniu zakonserwowane i składają się z rozrzuconych motywów Pro-Gln-Pro-Gln-Pro-Phe-Pro oraz Pro-Gln-Gln-Pro-Tyr. Ponadto jednak region C-końcowy zawiera sekwencje poli-Gln. Spokrewniona z tymi strukturami jest tzw. A-gliadyna, która powstaje przez agregację cząsteczek α przy pH około 5,0 i w 5 mM KCl. W tych warunkach tworzy ona włókna o średnicy 8 nm. Włókna te dysocjują do podjednostek wykazujących konformację α -helikalną w około 34%; białko to ma kształt globularny o stosunku osiowym 3,4:1.

Peptydy pozyskiwane z A-prolaminy mają w regionie N-końcowym, zgodnie z przewidywaniem, konformację β -helikalną w przewodzie, nieco struktury α -heliksu, pasmowej β oraz nieuporządkowanej. Co prawda konformacja β jest mniej uporządkowana w porównaniu np. z γ - i ω -prolaminami, co sugeruje małe prawdopodobieństwo tworzenia w ich strukturach regularnego β -heliksu. Natomiast region C-końcowy, podobnie do uprzednio omawianych frakcji, ma w znacznej przewodzie struktury α -helikalne.



Rys. 3. Schemat porównujący struktury I-rzędowe ważniejszych S(+) prolamin; (1), (2) i (3), jak w rys. 2; strefa zaciemniona w α -prolaminie — region poli-Gln (Shewry, Tatham, 1990)

Fig. 3. Schematic comparison of primary structures of most important S(+) prolamins; (1), (2) and (3), as in Fig. 2; the darkened region in α -prolamin — poly-Gln sequence (Shewry, Tatham, 1990)

Małocząsteczkowe, oligomeryczne składniki bogate w siarkę (LMW)

Frakcja LMW-glutenin występuje w ziarniakach jęczmienia jako hordeina B oraz pszenicy — jako LMW-glutenina (prolamin II). Składa się ona z wielu typów podjednostek podstawowych łączących się w kompleks z udziałem międzylańcuchowych wiązań -S-S-. Różnica między tą frakcją, a omówioną wcześniej frakcją HMW-glutenin polega na większej ruchliwości elektroforetycznej podjednostek podstawowych. Przez redukcję frakcji LMW lub depolimeryzację w SDS uzyskuje się znacznie więcej indywidualnych jednostek (Altenbach, 1998). Frakcja ta doczekała się intensywnych prób charakteryzacji (m.in. u gatunków prymitywnych), wykazania genów je kodujących (Masci i in., 1998; Lee i in., 1999), a także mechanizmów biosyntezy.

Podjednostki S(+) polimerycznych prolamin (LMW) pszenicy zawierają z reguły krótką sekwencję niepowtarzalną przy N-końcu (która może zawierać 1 cząsteczkę Cys dołączoną do domeny powtarzalnej bogatej w Pro i Gln), złożoną zwykle z motywów hepta- lub oktapeptydowych, ułożonych w rozrzuceniu. Poszczególne podjednostki wykazują znaczne zróżnicowanie tych sekwencji; wykryto ich dotychczas ponad 40, a szczególnie wiele izolowano z prymitywnych form pszenicy (np. *Tr. boeoticum*, *Tr. urartu*). Do częściej spotykanych należą motywy: Pro-Gln-Gln-Pro-Pro-Pro-Phe-Ser oraz Gln-Gln-

Gln-Gln--Pro-Val-Leu. Widmo CD podjednostek jest w zasadzie podobne do α - i γ -prolamin: od C-końca zgromadzone są struktury o konformacji α -heliksu (ok. 35%), a od N-końca — typowe układy β -helikalne. Te ostatnie wydają się mniej regularne i przypominają bardziej struktury α - niż γ -prolaminy, gdyż ta ostatnia ma bardziej sprecyzowane domeny o skręcie β . Wspomniana różnorodność motywów powtarzalnych charakteryzuje się znaczną ilością Gln (30–50% mol) i Pro (10–30% mol), a przynajmniej w części występuje His, Val, Leu, Ser, Phe, co wskazuje na różnice w ich polarności. W domenach powtarzalnych mogą występować również (1 lub kilka) reszty Cys (p. dalej).

Trudności w badaniu struktury podjednostek i kompleksów LMW-glutenin wynikały z wielości ich rodzin genowych kodujących je, z niedoskonałych metod oczyszczania i z mniejszej rozpuszczalności niektórych podjednostek (Cassidy i in., 1998). Po zastosowaniu nowych procedur podzielono frakcje LMW na 2 typy podstawowe: LMWs i LMWm, przyjmując za podstawę sekwencję aminokwasów N-końcowych: typ s ma sekwencję Ser-His-Ile-Pro-Gly-Leu, a typ m - Met-Glu-Thr-Ser-His-Cys-Arg-Ile-Pro-Leu. Pierwszy typ (s) jest w przewodzie i ma większą M_r (35–45 kDa); a typ m ma tę wartość o większym rozrzucie (30–45 kDa), a jego podtyp histydynowy jest głównym takim składnikiem w odmianach hodowlanych. Najrzadziej występuje podtyp cysteinowy (Lew i in., 1992). Szczególnie interesujące są podjednostki zawierające Cys w pozycji 5 podtypu m, gdyż mają one dodatkową możliwość tworzenia międzylańcuchowego wiązania -S-S-, mimo że spotykana jest najrzadziej spośród izolowanych struktur (Masci i in., 1998); mogą one zawierać nawet 2 reszty Cys. Zależnie od liczby reszt Cys może ona oddziaływać pozytywnie lub negatywnie na wiskoelastyczne właściwości glutenu. Niezależnie od obecności Cys w regionie N-końcowym, stwierdzono resztę(y) tego aminokwasu w regionie sekwencji powtarzalnych obu typów (s i m — D'Ovidio, 1993).

Znaczne podobieństwo do LMW-gliadyn wykazuje B-hordeina jęczmienia, którą zbadano w większym stopniu w zakresie struktury i kodujących genów; również u niej wykazano znaczny polimorfizm monomerów, obejmujący także sekwencje motywów powtarzalnych, mas cząsteczkowych i wartości pI.

Tworzenie układów złożonych białek zapasowych pszenicy

Struktury elastomeryczne białek naturalnych

Białka elastomeryczne są spotykane często w tkankach zwierzęcych, gdzie dzięki swej konstrukcji pełnią istotne funkcje fizjologiczne. Odznaczają się one elastycznością i sprężystością, pozwalającymi na znaczne deformacje bez rozrywania cząsteczek, a więc są zdolne do gromadzenia energii pobieranej przy deformacji i odzyskiwanej przy powrocie do konformacji wyjściowej (Tatham, Shewry, 2000). Drugi etap przemiany ma tu charakter pasywny i nie wymaga dostarczania energii. Do typowych białek zwierzęcych należą np.: abduktyna współdziałająca u ślimaków w sprężystym zamykaniu okryw, białka jedwabiu i pajęczyny, elastyna naczyń krwionośnych, czy skóry oraz konnektyna (tytyna), odpowiedzialna za sprężystość miofibryli w mięśniach kręgowców, i inne. U roślin białka elastomeryczne spotykane są rzadziej i wyróżnia się wśród nich: ekstensynę, odpowiedzialną za sprężystość ścian komórkowych oraz białka zapasowe zbóż

(glutenowe), których właściwości elastyczne są eksploatowane w przemyśle piekarskim (Shewry, Tatham, 1990).

Zdolność białek do ekspozowania właściwości gumowato-elastycznych odnosi się do ich struktury polimerycznej, przy czym muszą one spełniać 2 kryteria:

- 1. poszczególne monomery winny być giętkie i konformacyjnie swobodne (aby mogły reagować szybko na przyłożoną siłę,
- 2. monomery winny być usieciowane tworząc trójwymiarowy polimer; wiązania sieciujące mogą być kowalencyjne lub niekowalencyjne. Większość białek elastomerycznych łączy w swych cząsteczkach elastyczne domeny w monomerach z domenami zdolnymi do sieciowania. Dlatego viskoelastyczne właściwości białek winny być zależne od długości i cech domen elastycznych oraz stopnia ich usieciowania (Tatham, Shewry, 2000; Parchment i in., 2000). O ile kompleksy są trudno rozpuszczalne w wodzie, to podjednostki — zwłaszcza w regionach powtarzalnych, są rozpuszczalne, gdyż w miarę depolimeryzacji i rozpadu wiązań wodorowych uwalniają się (tworzą się wiązania wodorowe między białkiem (Gln) i wodą.

Z badań Fielda i wsp. (1987) oraz Miles i wsp. (1991) wynika, że prawie wszystkie białka występujące w kompleksie glutenowym spełniają (choćby częściowo) założenia struktur białek elastomerycznych. Wykazano zwłaszcza, że znaczną część łańcucha podjednostek (monomerów) stanowią mniej lub bardziej regularne motywy powtarzalne zdolne do przyjmowania drugorzędowej struktury β -helikalnej, oraz że im bardziej uporządkowane i im dłuższe są te regiony, tym większy wpływ na elastyczność może mieć dana cząsteczka. Sekwencje powtarzalne w monomerach różnych frakcji glutenu pszennego różnią się budową motywów, ich ułożeniem i długością, ale wszystkie przyjmują podobną strukturę II-rzędową w formie lewoskrętnej β o różnym stopniu skręcenia. Skręcenie to jest określonym stanem równowagi między skrętem oraz modelowym skręceniem poli-L-proliny typu II. Stopień tej równowagi zależy od temperatury, rodzaju rozpuszczalnika oraz stopnia uwodnienia (Tatham, Shewry, 1995). Sugeruje się, że stan tej równowagi, przynajmniej w niektórych frakcjach glutenu, ma zasadnicze znaczenie dla właściwości viskoelastycznych glutenu; np. we frakcji HMW-gluteniny; jej zmiana dokonuje się zależnie od stopnia utlenienia grup -SH do wiązań -S-S-, a więc stopnia usieciowania polimeru.

Siła tworzenia stanu elastyczności wynika ze spadku entropii przy rozciąganiu i zostaje wyzwolona przy zniesieniu naprężenia. Co prawda badania w NMR wskazują, że mechanizm entropii w pełni pasujący do działania elastyny, jako elastomeru, wykazuje dla białek HMW-gluteniny pewne odchylenia, które wymagałyby uściślenia (Belton i in., 1994).

Wiązania disulfidowe -S-S- a struktura białek glutenu

Wiadomo od dawna, że wiązania disulfidowe (-S-S-) tworzące się pomiędzy grupami -SH reszt Cys w warunkach utleniających, są jednym z głównych elementów struktury białek glutenowych pszenicy i innych zbóż (Bloksma, 1973; Kączkowski, Bernacka-Mieleško, 1980). Między innymi, na podstawie ich poziomu podzielono frakcje wchodzące w skład kompleksu glutenowego na: bogate w S (S+) - α -, β - i γ -prolaminy oraz frakcja LMW), ubogie w S (S-) — ω -prolaminy oraz HMW-gluteniny — o pośrednim

poziomie S. Wspomniano też o podziale na składniki monomeryczne oraz oligo(poli)meryczne (frakcje LMW i HMW). Pierwsze z nich: α - i γ -prolaminy mogą tworzyć wiązania -S-S- w obrębie jednego łańcucha (wewnątrzłańcuchowe) i nie są zdolne do polimeryzacji, natomiast frakcje LMW i HMW tworzą zarówno wewnątrz- jak i międzyłańcuchowe wiązania -S-S-. Te ostatnie są wtedy podstawą tworzenia struktur polimerycznych (usięciowanych). Pewnym odstępstwem jest tu zdolność kompleksowania monomerycznej γ -prolaminy z białkami innych frakcji, np. LMW — również z udziałem międzycząsteczkowych wiązań -S-S- (Dałek-Zawistowska i in., 1975; Lew i in., 1992). Kilka takich zespołów — tym razem γ -prolamin z jednostkami HMW uzyskano w pracowni Wiesera (Koechler i in., 1993).

Wykazano np., że γ -prolaminy zawierają 8 reszt Cys w domenie C-końcowej niepowtarzalnej, w znacznym skupieniu; 6 analogicznie zlokalizowanych reszt Cys występuje również w α -prolaminie. Mało informacji uzyskano dotychczas o strukturach LMW, jakkolwiek wiadomo o występowaniu w ich składzie 3 typów monomerów (na podstawie ruchliwości w SDS-PAGE) — B, C i D, z których ostatni jest, przeciwnie do pozostałych, ubogi w Cys. Najbardziej rozpowszechniony jest typ B o zakresie M_r 40–50 kDa (Lew i in., 1992). Właśnie z tego typu wyodrębniono frakcje LMWm i LMWs, wspomniane wyżej. Wszystkie frakcje LMWm zawierają po 6 reszt Cys, zlokalizowanych w miejscach analogicznych, jak w γ -prolaminie; ich sekwencja (wyznaczona na podstawie wyizolowanego cDNA) zawiera ponadto w regionie niepowtarzalnym 3–4 dalsze reszty Cys. Sądzi się, że właśnie one są aktywne w powstawaniu polimerów przez tworzenie wiązań -S-S-. Jednostki typu D, jak wspomniano, ubogie w Cys, okazały się pod wieloma względami podobne do frakcji ω -prolaminy, która może zawierać 1 resztę Cys, a więc kompleksować np. z białkami LMW.

Najbardziej złożoną budowę i największe zainteresowanie badaczy wykazuje bardzo zróżnicowana i polimeryczna frakcja HMW o rozbudowanej strukturze IV-rzędowej. Jak wspomniano, w ich budowie występują 2 typy monomerów: x i y o specyficznych sekwencjach motywów powtarzalnych. Wszystkie mają 3 podobne domeny: N-końcową (84–104 reszty aminokwasów), C-końcową (42 reszty) oraz bardzo rozbudowany region powtarzalny (481–681 reszt). Monomery typu y zawierają 6 reszt Cys, z których 5 jest wbudowanych w region N-końcowy, a 1 — w C-końcowy. Dodatkowa reszta Cys jest wbudowana w pobliżu C- lub N-końca strefy powtarzalnej (zależnie od pochodzenia genetycznego monomerów). Reszta Cys bliżej N-końca obecna w monomerze 1Dx5 wydaje się szczególnie aktywna w sieciowaniu kompleksów glutenowych, gdyż jej obecność wiąże się ze znaczną poprawą wartości wypiekowej pszenicy. Monomery typu x zawierają o 2 reszty Cys mniej, niż typu y (brak Cys-3 i Cys-4), natomiast pozostałe reszty Cys ze stref niepowtarzalnych stwierdzono we wszystkich izolowanych dotychczas monomerach. Jednak w niektórych, reszty Cys-2 i Cys-5 są podstawione resztami Tyr (np. w monomerze 1Bx20 typowym dla *Tr. durum*), co znacznie osłabia jej zdolność sieciowania. Warto wreszcie zwrócić uwagę, że wbudowanie reszt Cys w sekwencje niepowtarzalne jednostek HMW jest podobne do γ -prolaminy (np. w SC4 i SC5 w układzie Met-Arg-CysCys-Gln-Gln-Leu w HMW i Gln-Gln-Cys-Cys-Gln-Gln w γ -gliadynie. Wiadomo, że reszty Cys obecne w łańcuchach peptydowych monomerów

mogą uczestniczyć w tworzeniu wiązań wewnątrz- lub międzycząsteczkowych. Na podstawie hydrolizy monomerów specyficznymi peptydazami i analizy uzyskanych peptydów (Koch i in., 1995) określa się reszty Cys uczestniczące w tworzeniu jednego lub drugiego typu wiązań -S-S- (Koechler i in., 1991; Tao i in., 1992). Przy użyciu tej metody uzyskano po raz pierwszy bezpośredni dowód na tworzenie kompleksów między γ -prolaminami i kompleksami HMW. W podobny sposób wykryto 1 przypadek tworzenia wiązań -S-S- pomiędzy dwoma określonymi monomerami pochodzącymi z frakcji LMW i HMW, co wskazuje, że również taka interakcja jest możliwa.

Wiele badań prowadzono w kierunku wyjaśnienia stopnia specyficzności tworzonych sieciujących wiązań -S-S- (przegląd - p. Veegels i in., 1996; Shevry, Tatham, 1997). Na podstawie szczegółowych danych można ustalić, że udział poszczególnych reszt Cys w tworzeniu tych wiązań jest specyficzny, nie tylko pod względem wewnątrz- lub międzycząsteczkowego ich charakteru, ale w przypadku tych drugich — również pomiędzy określonymi typami podjednostek. To ostatnie dotyczy zresztą nie tylko ich przynależności frakcyjnej (HMW, LMW, γ -prolamin), ale również drobniejszych różnic między nimi, wynikających zarówno z rodzaju genomu, jak i lokalizacji określonych genów kodujących te podjednostki. Wydaje się jednak, że nie wszystkie kryteria uzyskiwanych wyników mogą prowadzić do jednoznacznych wniosków (np. reologia ciasta i glutenu, wartość wypiekowa — Rogers i in., 1991; Bekes i in., 1994), a wielość możliwości kompleksowania monomerów jest ogromna, więc uzyskanie w tym zakresie ścisłych mechanizmów, nie wydaje się w najbliższym czasie możliwe. Istotne natomiast jest stwierdzenie udziału w tworzeniu frakcji HMW zarówno monomerów typowych dla niej, jak i jednostek typowych dla LMW, czy nawet struktur monomerycznych - γ - lub nawet α -prolamin (Koechler i in., 1993; Shani i in., 1992). Te stwierdzenia dodatkowo zwiększyły liczbę możliwych monomerów, które mogą uczestniczyć w budowie wielkich kompleksów glutenowych tworzących się w ziarniakach zbóż.

Tworzenie wiązań niekowalencyjnych

Przy okazji dyskusji nad sieciowaniem cząsteczek, w wyniku którego tworzą się kompleksy białkowe, warto wspomnieć o innej możliwości kompleksowania. Ukazały się dane wskazujące na udział transglutaminazy (R-glutaminylo-peptydo-aminoglutamylotransferazy — TG — EC 2.3.2.13) w modyfikowaniu struktury białek; początkowo dotyczyły one leguminy grochu (1993), a ostatnio białek glutenu pszennego (Larre i in., 2001, Koeksal i in., 2001). Transglutaminaza może katalizować związanie białka rozpuszczalnego z nierozpuszczalnym, polimeru HMW, na skutek tworzenia innych niż -S-S- wiązań sieciujących, między γ -amidową grupą Gln i ϵ -aminową grupą Lys. Ściślej — enzym katalizuje przeniesienie acylu między związaną peptydowo resztą Gln oraz aminami I-rzędowymi. Gdy grupy ϵ -aminowe Lys związanej peptydowo działają jako akceptory acylów, tworzą się wewnątrz- lub międzyłańcuchowe wiązania izopeptydowe - ϵ -(γ -glutamylolizynowe). Szczególnie podatne na rodzaj sieciowania są białka glutenu pszenicy bogatego w Gln. Wykazano pozytywny wpływ zwiększonej aktywności TG na poprawę właściwości reologicznych białka i ciasta, przy czym równoczesny dodatek Lys miał działanie dodatnie dwójakie — jako jeden z substratów reakcji TG, a dodatkowo — jako uzupełnienie najbardziej deficytowego aminokwasu egzogenego. Na tej zasadzie dają się

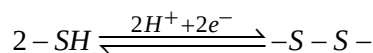
zresztą dodatkowo kompleksować z glutenem niektóre białka zwierzęce (Motecki, Nio, 1983), co znajduje zastosowanie w żywieniu. System ten może też przeciwdziałać szkodom przedżniwnym wywołanym przez żółwinka zbożowego (*Eurygaster maura*) lub lednicę zbożową (*Aelia* sp.) — oba z rodziny pluskwiaków, których enzymy proteolityczne znacznie obniżają wartość technologiczną mąki. Jednak mało jest dotychczas informacji teoretycznych o sieciowaniu tego typu.

Formowanie i rozkład wiązań -S-S- w białkach zapasowych

Istnieją dyskusje o celowości fizjologicznej tworzenia w ziarniakach zbóż białek elastomerycznych, wykazujących dwa zasadnicze elementy, komplikujące w znacznym stopniu strukturę ich cząsteczek: giętkość i plastyczność ich monomerów oraz wysoki stopień usieciowania z udziałem kowalencyjnych wiązań -S-S-. Jedyną dotychczas poznaną funkcją białek zapasowych nasion (w tym ziarniaków zbóż) jest tworzenie rezerwy kompletu aminokwasów, które po hydrolizie białek, towarzyszącej kiełkowaniu, stanowią substrat azotowy dla rozwijającego się zarodka. Jedyną nasuwającą się sugestią wyjaśniającą tę zagadkę są końcowe etapy syntezy białek zapasowych ziarniaków, m.in. upakowanie powstających cząsteczek w tzw. ciałach białkowych (co chroni je przed proteolizą we wczesnej fazie dojrzewania) oraz rozkład tych ciał z uwolnieniem białek w celu ich dalszej obróbki przy dojrzewaniu (Kączkowski, 2000). Uznano, że upakowanie w ciałach białkowych winno być bardzo efektywne, tzn. zwarte i proces ten wymaga znacznej elastyczności cząsteczek białkowych (Shewry, Tatham, 1997).

Białka uwolnione z ciał białkowych (ulegających rozłożeniu), ok. 40 dni po zapyleniu podlegają stabilizacji w stosunku do czynników chemicznych i enzymów w celu przechowania ich w tym stanie do momentu kiełkowania ziarniaków. Zanim jednak rozpocznie się ich proteoliza, musi nastąpić redukcja sieciujących je wiązań -S-S-, co powoduje depolimeryzację do monomerów i dostępność wiązań peptydowych dla peptydaz.

W ostatnich latach wykazano, że zarówno w procesie utleniającym, jak i w redukcyjnym, rozpoczynającym kiełkowanie uczestniczy poznany wcześniej (Buchanan, 1980), a wykazany również w ziarniakach w latach 90-ych przenośnik elektronów i protonów — tioredoksyna — TR (Kobrehel i in., 1992), który pośredniczy jako ich dawca lub akceptor w przemianie odwracalnej.



Udział tego przenośnika w przemianach roślinnych, a m.in. polimeryzacji i depolimeryzacji białek glutenowych ziarniaków zbóż opisano w przeglądach (Meyer i in., 1999; Kączkowski, 2000, 2001).

Znane są obecnie 3 formy tioredoksyny: f, m i h, z których tylko ostatnia (TR h) cytosolowa uczestniczy w oksydoredukcyjnych przemianach białek glutenowych; opisano dotychczas 5 form strukturalnych TR h oraz kilka związków o podobnych strukturach. Jak podano uprzednio (Kączkowski, 2001) TR h jest niewielkim białkiem (ok. 13,4 kDa) zawierającym aktywną sekwencję Trp-Cys-Gly-Pro-Cys-, której 2 grupy -SH pośredniczą w przekazywaniu protonów i elektronów. Należy przypomnieć, że TR h działa w układzie kaskadowym i w zasadzie odwracalnym. W kierunku redukcyjnym układ ten czerpie H^+ i e^-

z NADPH i są one przenoszone kolejno przez FAD, reduktazę tioredoksyny (TRR) i TR, z której są przekazywane na akceptor końcowy przez specyficzną reduktazę. Jednym z akceptorów są właśnie wiązania -S-S- sieciujące kompleksy białkowe dojrzałej pszenicy; w wyniku redukcji następuje depolimeryzacja białek (Gobin i in., 1996). Warto przypomnieć, że NADPH jako „równoważnik redukcyjny” w przemianie materii powstaje dwiema drogami: w organizmach zdolnych do fotosyntezy w chloroplastach w fosforylacji fotosyntetycznej niecyklicznej, a w pozostałych - w wyniku bezpośredniego utlenienia glukozy w cyklu fosforanów pentoz. System redukcyjny TR/NADPH okazał się równocześnie wysoce specyficzny do redukcji wiązań -S-S- w białkach glutenowych (Kobrehel i in., 1992), a także, że TR h stanowi wczesny (pierwotny?) sygnał dla kiełkowania (Lozano i in., 1996; Kobrehel, Buchanan, 1997). Obie obserwacje potwierdzają specyficzną rolę TR h w redukcji wiązań -S-S- w białkach zapasowych zbóż.

Stwierdzono równocześnie, że kiełkowaniu ziarniaków zbóż i redukcji wiązań -S-S- w białkach glutenu towarzyszy dezaktywacja białkowych inhibitorów hydrolaz, których obecność dodatkowo stabilizuje białka i skrobię w dojrzałych ziarniakach. Są to znane od wielu lat małowcząsteczkowe białka hamujące aktywność trypsyny (I'jao i in., 1992), np. sojowy inhibitor Kunitza, Bowmana-Birka, a także inhibitor α -amylazy/subtylizyny obecny w ziarniakach zbóż (Kobrehel, Buchanan, 1991). Synchronizacja procesu kiełkowania z redukcją wiązań -S-S- w białkach zapasowych o zniesienie zahamowania aktywności hydrolaz przez redukcję wiązań -S-S- w inhibitorach z udziałem TR h wydaje się w pełni logiczna i może stanowić jeden z czynników regulacyjnych, tym bardziej, że białkowym inhibitorom hydrolaz występującym w zewnętrznych warstwach okrywy owocowo-nasiennej, przypisuje się również funkcję fizjologiczną ochrony ziarniaków przed trawieniem w przewodzie pokarmowym zwierząt w warunkach naturalnych (gdy ziarniaki nie są uszkodzone mechanicznie).

Ostatnio wykazano również udział TR h w dojrzewaniu białek zapasowych ziarniaków, a więc działanie w kierunku odwrotnym do opisanego wyżej (Gobin i in., 1997). Wtedy system współdziałający z TR h odbiera protony i elektrony z grup -SH Cys wmontowanej w łańcuchy peptydowe i tworzą się wiązania -S-S-, zarówno wewnątrz- jak i międzycząsteczkowe. Powstawanie tych ostatnich (sieciujących) powoduje polimeryzację monomerów i wytwarzanie kompleksów. Tworzenie ich zwiększa stabilność cząsteczek w stosunku do rozpuszczalników i enzymów np. peptydaz, przez maskowanie wiązań peptydowych. System działający w tym kierunku okazał się też specyficzny w stosunku do białek glutenowych, nie działał np. na grupy -SH Cys wbudowanej w peptydy albumin i globulin. Na ile specyficzne jest atakowanie reszt Cys w zależności od ich lokalizacji, nie zostało dotychczas wyjaśnione. Wykazano wreszcie obiektywną możliwość przebiegu utleniania grup -SH, gdyż maksymalne stężenie TR h i współdziałających z nią reduktaz, przypada na okres od 40 dnia po zapyleniu, gdy ciała białkowe (w których jednostki monomerów były upakowane), zaczęły się rozkładać, uwalniając białka. W tym czasie wysoki stopień uwodnienia i znaczna aktywność proteolityczna stwarzały odpowiednie warunki dla proteolizy zredukowanych monomerów. Dlatego ich utlenianie i polimeryzacja mają istotne znaczenie zabezpieczające.

Białka zbóż a celiakia

Celiakia jest chorobą uwarunkowaną genetycznie polegającą na uczuleniu na prolaminę ziarna zbóż. Pod ich wpływem następuje uszkodzenie śluzówki jelita cienkiego. Skutkiem tego powstają istotne zmiany histologiczne kosmków jelitowych oraz niewydolność trawienia i związane z tym skutki (Tatham, Shewry, 1995). Mechanizm działania prolaminy jako alergenu wywołującego celiakię, nie został wyjaśniony, a główna uwaga badaczy była początkowo zwrócona na α - i β -prolaminę. Badania dotyczyły głównie peptydów uzyskiwanych w hydrolizie oczyszczonych frakcji prolaminy przez enzymy trawienne; okazało się, że frakcja o M_r 7–8 kDa uzyskiwana z wszystkich prolaminy: α -, β -, γ - i ω - (Vu., Popineau, 1987) były równie aktywne, podobnie, jak frakcje niehydrolizowane (znaczną aktywnością odznaczał się również inhibitor α -amylazy/subtylizyny, izolowany z pszenicy (Simonato i in., 2001). Odpowiedzialne peptydy zawierały znaczne ilości Pro i Gln, a często powtarzanymi motywami w ich sekwencjach były: Pro-Ser-Gln-Gln oraz Pro-Gln-Gln-Pro-; ten drugi stwierdzono w domenach powtarzalnych sekwencji uzyskanych z białek ubogich w S (ω -prolaminę). Tanabe i wsp. (1996) wykazali, że pentapeptyd Gln-Gln-Gln-Pro-Pro stanowił minimalną strukturę pierwotną epitopu wiążącego immunoglobulinę E (IgE), a jego N-końcowa reszta Gln i dwie reszty Pro były zasadnicze dla pełnienia funkcji epitopu. Dołączenie reszty acetylowej do wymienionego peptydu od N-końca dodatkowo wzmacniało efekt alergiczny u pacjentów z celiakią. Z rozważań tych wynika, że proteoliza wszystkich monomerycznych frakcji białek glutenowych prowadzi do powstania oligopeptydów o działaniu alergicznym, natomiast rozpad frakcji HMW i LMW nie prowadzi do takiego efektu. Przedstawiona właściwość immunologiczna pozwoliła na opracowanie metod oznaczania obecności glutenu w produktach żywnościowych (ważnych w żywieniu pacjentów uczulonych na białka pszenicy). Polegają one na reakcji precypitacji przeciwciała poli- lub monoklonalnego (Kączkowski i in., 1985) oraz bardziej precyzyjnej ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay).

W uzupełnieniu należy wspomnieć o informacji wskazującej, że ograniczona redukcja białka przez TR h powoduje obniżenie toksycznego działania produktów trawienia białek pszenicy (Buchanan i in., 1997). Być może, poprzedzająca redukcja wiązań -S-S- wpływa na zmienioną kolejność hydrolizowanych wiązań peptydowych, co może prowadzić do tworzenia peptydów o innej sekwencji aminokwasów i o mniejszym powinowactwie do IgE.

FUNKCJE FRAKCJI BIAŁEK ZAPASOWYCH ZBÓŻ W KSZTAŁTOWANIU WŁAŚCIWOŚCI WISKOELASTYCZNYCH CIASTA

Jak wspomniano, jedyną uznawaną funkcją białek zapasowych ziarniaków zbóż jest przechowanie niezbędnych aminokwasów i ich dostarczenie przy kiełkowaniu i rozwoju ziarniaków. Z drugiej strony, większość frakcji wchodzących w skład glutenu ma strukturę typową dla białek elastomerycznych, tzn. odpowiedzialną za giętkość i elastyczność podjednostek w roztworze (związaną z β -helikalnymi domenami powtarzalnymi) oraz możliwość usieciowania licznych monomerów w wielkocząsteczkowe twory (np. międzycząsteczkowymi wiązaniami -S-S-). Dlatego dyskusowanie o funkcjach składników

glutenu ma w zasadzie aspekt użytkowy, a nie fizjologiczny. Jak wiadomo, te charakterystyczne cechy struktury białek są wykorzystywane w praktyce piekarskiej i pokrewnych, a także w tworzeniu mas plastycznych, kompleksowania z innymi białkami itp.

Struktury elastyczne, rozciągliwe i o znacznej lepkości tworzą się w kontakcie z wodą i są zdolne do zatrzymywania CO₂ fermentacyjnego (wyrastanie ciasta), a rozciągnięta porowata struktura ulega utrwaleniu w czasie pieczenia. Stopień wyrośnięcia i trwałości ciasta wynika, jak wspomniano, z długości i zwartości (regularności) struktur β -helikalnych (powtarzalnych) oraz stopnia usieciowania kompleksów, tzn. ilości (i rozmieszczenia) tworzących się międzylańcuchowych wiązań -S-S- (i ew. innych). Wartości tych parametrów są niejednakowe w poszczególnych frakcjach glutenu, jak i podjednostkach kontrolowanych przez różne geny, a nawet w miejscach lokalizacji (*loci*) w genach. Każda z frakcji składa się z zespołu monomerów, w zasadzie bardzo podobnych, ale nieco zróżnicowanych między sobą. Dlatego określenie funkcji tych frakcji w sposób precyzyjny, jest trudne, tym bardziej, że metody oznaczania wartości reologicznych ciasta i wskaźnik ostateczny, czyli wypiek laboratoryjny (zwłaszcza na małych próbach 2–10 g mąki), nie są dokładne. W doświadczeniach z dodawaniem, czy podstawianiem badanego składnika (np. Finney i in., 1982) oraz jego odziedziczalności, bierze się też pod uwagę, że poszczególne grupy białek mogą wykazywać zróżnicowane współdziałanie z innymi składnikami, czy warunkami.

Funkcje HMW-glutenin

W badaniach i dyskusjach dotyczących funkcji poszczególnych frakcji białek glutenowych, właśnie ta frakcja jest uważana za najbardziej aktywną w kreowaniu cech reologicznych ciasta i jakości pieczywa. Uważa się ostatnio, że spełniają one w największym stopniu wymogi strukturalne dla białek elastomerycznych (Tatham, Shewry, 2001). Wiadomo jednak, że monomery budujące kompleksy HMW są kodowane we wszystkich genomach i w większej liczbie miejsc i są zróżnicowane strukturalnie, a więc i pod względem cech wprowadzanych przez ich udział w kompleksie ((jest znanych ponad 20 ich rodzajów). Dlatego wielu badaczy skłania się do poglądu, że nie skład podjednostkowy, ale procentowy udział frakcji HMW w białkach zapasowych ziarniaków ma zasadniczy wpływ na właściwości reologiczne i jakość pieczywa (Seilmeier i in., 1991; Gianibelli i in., 2001). Co prawda w licznych badaniach powtarzają się stwierdzenia, że dodatek np. podjednostek 1Dx5 czy 1Dy10 ma wpływ pozytywny na wskaźniki jakości, a np. 1By8, czy 1Dy12 — ma wpływ negatywny. Wiadomo jednak, że nie pojedyncze podjednostki, ale struktury dimeryczne kontrolowane przez geny alleliczne, np. 1Dx2 — 1Dy12, czy Dx5 - Dy10 mają zasadniczy wpływ na zmienność jakościową kompleksu (Payne, Lawrance, 1983; Cassidi i in., 1998; Ahmed, 2000). Z drugiej strony, nie tylko ilość, czy obecność określonych podjednostek ma wpływ na parametry jakościowe, ale również zdolność do polimeryzacji, np. podjednostki D5+10 mają w kompleksie wpływ na większy stopień polimeryzacji, a 2–12 na mniejszy; ma to m.in. wpływ na wyższą lub niższą wartość objętości sedymentacyjnej w SDS (Moonen i in., 1982). Wyrażany jest więc pogląd, że średnia M_r wszystkich podjednostek we frakcji HMW winna być bezpośrednim wskaźnikiem jakości i właściwości reologicznych. Istotne znaczenie ma również poziom

gluteniny nierozpuszczalnej w kwasie octowym, np. kompleksu z innymi składnikami (Bekes i in., 1993).

Najbardziej wiarygodne badanie funkcji poszczególnych typów podjednostek HMW-glutenin polega na wzbogacaniu mąki w pojedyncze podjednostki otrzymywane w większych ilościach przez ekspresję klonowanego cDNA odpowiadającego danej jednostce w komórkach *E. coli* (Bekes i in., 1994 a i b). W tej metodzie istotne znaczenie miało skonstruowanie miksografu na 2 g mąki, zachowanie naturalnej struktury monomeru przy bezpośredniej syntezie (a nie izolowaniu z kompleksu) oraz zastosowanie preinkubacji w warunkach redukcji, a następnie utleniania (dla umożliwienia naturalnego włączenia danej podjednostki do kompleksu). Zastosowana technika stanowi poważny krok do przodu, gdyż np. ustalono już bezpośrednie zależności, np. że dodane monomery typu x wpływały korzystniej na właściwości reologiczne ciasta, niż typu y, ale podane w mieszaninie wykazały efekt dodatni sumujący się przy optymalnym stosunku x:y = 1:1; dotyczy to zwłaszcza podjednostek kodowanych przez geny alleliczne. Monomery znane z poprzednich badań, jako działające pozytywnie, czy negatywnie potwierdzały te zachowania znacznie bardziej wiarygodnie, niż w uprzednio stosowanych danych opartych na korelacjach.

Próbowano również znaleźć zależność funkcji (właściwości reologicznych) od struktury makrocząsteczek, stosując metody ekstrakcyjne, ekstensograficzne, mikroskopowe i pomiar hydrofobowości wewnętrznej. Wykazano np. że przedłużone mieszanie ciasta zwiększa jego ekstraktywność, a zmniejsza lepkość, co dowodzi depolimeryzacji (Blokma, 1990; Carnes i in., 1994), np. przez mechaniczne zrywanie sił lub wiązań niekowalencyjnych, ale również kowalencyjnych -S-S-. Obserwowano w tym procesie np. przyrost poziomu grup -SH. Nie udało się natomiast jednoznacznie ustalić zmiany kształtu cząsteczek w trakcie obróbki ciasta, jakkolwiek wiadomo (Shewry, Tatham, 1997), że podjednostki HMW mają w domenach powtarzalnych tendencję do przyjmowania kształtu „laski” (struktura β -helikalna), a w domenach N- i C-końcowych - struktur globularnych typowych dla α -heliksu. Przypuszcza się jednak, że kształt polimerów nie wiąże się z kształtem podjednostek i zależy od szybkości mieszania; przy niedostatecznym lub nadmiernym mieszanii polimery przyjmują kształt globularny lub fibrylarny, a przy optymalnym - pasmowy (Paredes-Lopez, Bushuk, 1983). Porównano lewoskrętną strukturę β jednostek HMW ze strukturą typowego białka zwierzęcego — elastyny; Belton (1999) wykazał różnice właściwości fizycznych między tymi strukturami i na tej podstawie postuluje, że ze względu na znaczny udział Gln w strukturze HMW pszenicy, w sieciowaniu winny współdziałać, obok wiązań -S-S- — również liczne wiązania wodorowe. Sugeruje on, że zwłaszcza międzyłańcuchowe wiązania tego rodzaju są odpowiedzialne za przyrost elastyczności białka, a w formie uwodnionej (cieście) w czasie rozciągania (mieszania) niektóre z nich pękają i tworzą ruchliwe regiony (pętle) oraz związane pasma. Usunięcie siły rozciągającej powoduje elastyczną reakcję pętli. Teoria ta, znana jako mechanizm „pętli i pasm” jest stosowana dla wyjaśnienia mechanizmu rozciągłości polimerów o właściwościach gumowatych (Giannibelli i in., 2001).

Funkcje glutenin małowartościowych

Mimo, że białka tej frakcji występują w znacznej przewadze w stosunku do frakcji HMW, są w mniejszym stopniu zbadane pod względem struktury i mają mniej sprecyzowany wpływ na cechy reologiczne ciasta oraz jakość pieczywa. Mimo znacznej zawartości Cys w monomerach (8–9 reszt), tylko 2 (Cys-1 i Cys-7) wydają się tworzyć międzyłańcuchowe wiązania -S-S-, a pozostałe — tylko wewnątrzłańcuchowe; mają więc niewielkie możliwości udziału w tworzeniu struktur trójwymiarowych. Przeciwnie — wydają się uczestniczyć w formowaniu struktur liniowych ze względu na lokalizację reszt Cys w strefach N- i C-końcowych (Shewry, Tatham, 1997); dlatego mogą pełnić funkcję tzw. przedłużacza (łącznika — Lew i in., 1992). Ten pogląd potwierdza, przynajmniej w części, teorię Ewarta (np. 1995) o liniowym łąceniu się podjednostek białka glutenowego. Jednakże znaleziono korelację między poziomem jednostek LMW (zwłaszcza typu s) i wartością wypiekową pszenicy (D'Ovidio i in., 1996). Podjednostka 42K LMW (najczęściej spotykana) ma M_r wyższą od pozostałych ze względu na dłuższy region powtarzalny, odznacza się szczególnie częstym motywem Pro-Pro-Phe-Ser-Gln-Gln (25x) i ta frakcja, przeplatana wstawkami Gln, wydaje się najbardziej regularna i trwała (Masci i in., 1998). Sugeruje się, że ten długi region uczestniczy w kształtowaniu siły ciasta i elastyczności. Jednak wstawki Gln utrudniają tworzenie typowo β -helikalnej struktury i raczej przypisuje się tej frakcji lewoskrętny typ II heliksu prolinowego (Yang i in., 1996). Nie bez znaczenia w stabilizacji jest tu możliwość tworzenia licznych wiązań wodorowych pomiędzy grupami amidowymi Gln; te wiązania z kolei ułatwiają interakcję z cząsteczkami wody, co może mieć wpływ pozytywny na wisko-elastyczność ciasta (Belton, 1994). Zostało to ostatnio potwierdzone przez pozytywny wpływ jakościowy frakcji LMW pod działaniem zwiększonej aktywności amidotransferazy Gln (Koeksel i in., 2001), która ułatwia tworzenie wiązań wodorowych w bogatych w Gln podjednostkach.

Na podstawie lokalizacji reszt Cys w podjednostkach LMW sugeruje się, że istnieją 2 różne ich typy: tzw. „przedłużacze” zawierające co najmniej 2 reszty Cys zdolne do tworzenia wiązań -S-S- międzyłańcuchowych oraz „cząsteczki kończące”, zawierające tylko jedną resztę Cys zdolną do tworzenia takich wiązań (pozostałe stanowią pary tworzące wiązania wewnątrzłańcuchowe (rys. 4) Podczas, gdy przedłużacze mogą spajać liniowo dwie inne cząsteczki, dzięki czemu mają pozytywny wpływ na siłę ciasta, to cząsteczki kończące przerywają ciągłość struktury kompleksu i mają wpływ negatywny (Masci i in., 1998; Greenfield i in., 1998).

Niespolimeryzowane frakcje prolamin I (gliadyny)

o tym miejscu będą omówione funkcje frakcji prolamin bogatych w S (α -, β - i γ -) oraz ubogie w S ω -prolamin, wspólnie z tzw. D-gluteniną, która stanowi monomeryczną podjednostkę izolowaną z frakcji HMW o strukturze bardzo podobnej do ω -prolamin

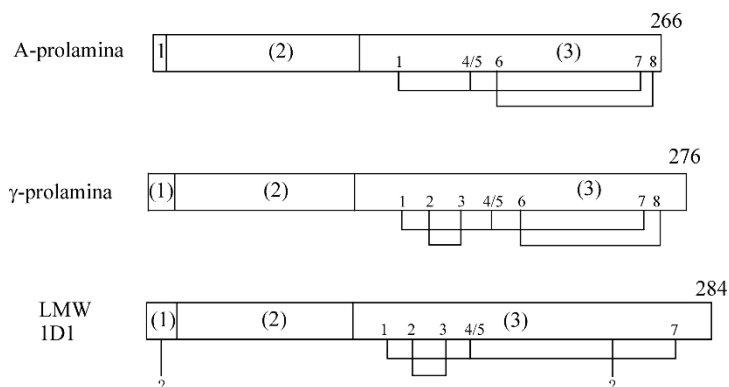
Frakcje S(+) dodane do mąki razem (α - + β - + γ -) powodują zmniejszenie czasu mieszania, maksimum rezystencji i oporności na rozciąganie oraz wysokości bochenka przy wypieku. Frakcje α - + β -prolamin wykazują mniej negatywne działanie na wysokość bochenka, ale powodują przy tym korzystne obniżenie czasu mieszania i pozytywne działanie na rozciąganie (Fido i in., 1997). Każda z frakcji ma stałą masę cząsteczkową: α - + β - ok. 31, a γ - - 35 kDa; ich negatywne działanie na objętość bochenka było zgodne z

M_γ , ale inne parametry reologiczne nie wykazywały tej zależności. W miksografii na 2g mąki wykazano (Khatkar, Schofield, 1996) negatywny efekt prolamin I na czas mieszania, który rośnie wraz z wielkością cząsteczek, ale równocześnie siła ciasta i objętość bochenka rośnie, podobnie, jak objętość bochenka po dodaniu do ciasta dowolnej frakcji prolamin I. Podobny brak konsekwencji obserwowano przy badaniu korelacji między dodatkiem tych frakcji i właściwościami reologicznymi ciasta oraz zdolnością emulgowania, a także tworzenia i trwałości piany. Wreszcie Waga i Węgrzyn (2000) wykazali, obok licznych cech uprawowych, zgodność pozytywnego oddziaływania różnych gliadyn na liczbę sedimentacji. W sumie więc, niewiele jest udokumentowanych wyników określających jednoznacznie funkcje tych frakcji prolamin, zwłaszcza α - i β - (Uthayakumaran i in., 2001). Nieco więcej danych dotyczących elementów struktury związanych z cechami i funkcjami wykazano dla γ -prolamin S(+) oraz ω -prolamin S(-).

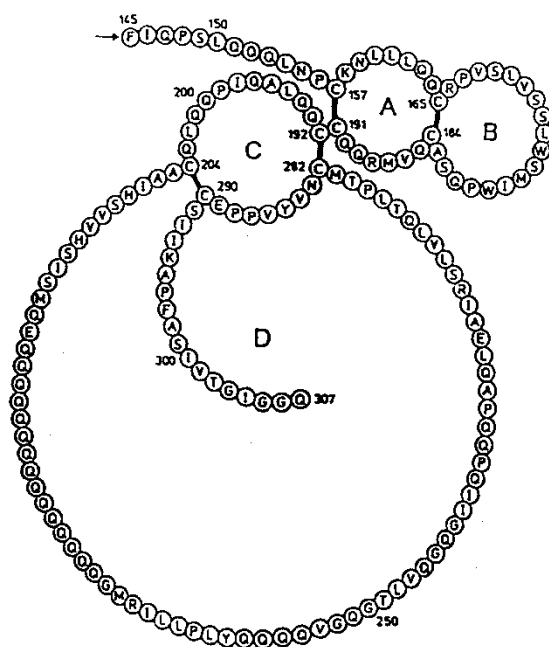
γ -Prolaminy

Frakcja ta, obok α -prolamin, stanowi podstawowy składnik białka endospermu ziarniaków zbóż. Składa się z wielu podobnych podjednostek, a sekwencję aminokwasów wielu z nich ustalono na podstawie sekwencji sklonowanego cDNA. Większość podjednostek zawiera 8 reszt Cys, z których 6 występuje w strefie III (rys. 4a — Mueller, Wieser, 1997), a 2 w strefie V; wydają się one uczestniczyć wyłącznie w tworzeniu wewnątrzłańcuchowych wiązań -S-S-. Powstałe 4 wiązania -S-S- grupują się na małej przestrzeni (rys. 4 b), tworząc zwartą strukturę w regionie C-końcowym; powstają m.in. 3 małe pierścienie A, B i C oraz duży pierścień D, w porównaniu z regionem powtarzalnym przy N-końcu; wynika to z badań konformacyjnych i hydrofobowości powierzchniowej (Popineau, Pineau, 1988). Podobne struktury są spotykane w cząsteczkach α -prolamin i niektórych monomerach LMW, jednak nieco zmodyfikowane ze względu na brak 2 reszt Cys i możliwość tworzenia jednego mostka -S-S- międzylańcuchowego. Sugeruje się, że γ -prolaminy znacznie obniżają maksimum rezystencji ciasta oraz oporność na rozciąganie, a także powodują wzrost rozciągliwości. Natomiast regiony powtarzalne zawierają główny motyw Pro-Gln-Gln-Pro-Phe-Pro-Gln-, który mógłby tworzyć typową dla białek elastomerycznych strukturę β -helikalną, ale ze względu na jego rozrzucony charakter, byłaby ona zbyt luźna. Obserwowane w niektórych badaniach pozytywne korelacje γ -prolamin z cechami jakościowymi mogą wynikać z możliwości wbudowywania się ich struktur do frakcji LMW, lub nawet HMW (zwykle z udziałem innych, niż -S-S- wiązań), gdyż przy degradacji wymienionych polimerów uzyskiwano również monomery typowe dla γ -prolamin.

a)



b)



Rys. 4. Niektóre elementy struktury prolamin monomerycznych; (a) - rozmieszczenie i funkcje wiązań --S-S- w strukturach α i γ -prolamin oraz LMW-prolamin II (Shewry, Tatham, 1997); (b) — struktura C-końcowa prolamin typu γ w obrębie reszt 143–307 aminokwasów (Mueller, Wieser, 1997)

Fig. 4. Some structural elements of monomeric prolamins (a) - localisation and functions of --S-S- bonds in α - , γ - and LMW-prolamins (Shewry, Tatham. 1997); b) C-terminal conformation of γ -type prolamins in the 143–307 amino acid zone (Mueller, Wieser, 1997)

ω -Prolaminy

Jak wiadomo, frakcja ω -prolamin nie zawiera Cys i jest prawie w całości zbudowana z regionów powtarzalnych, bogatych w Pro i Gln. Bardzo podobne monomery określane jako D-prolaminy, jednak zawierające Cys, wyizolowano z frakcji HMW (Masci i in., 1998). Konstrukcja jednostek ω -prolamin sugeruje stabilną strukturę typu PP II (poliprolinowy typ heliksu lewoskrętnego), który przejawia interakcję z białkami globularnymi (np. domenami C-końcowymi). Według sugestii Du Pont i wsp. (2000), np. 1D- ω -prolaminy składają się ze sprężystej pętli (lub kilku), PP II-heliksu oraz niewielkich fragmentów β -helikalnych (domen powtarzalnych). Frakcje kontrolowane przez inne genomy, np. 1B- ω -prolaminy mają strukturę podobną, ale mniej sekwencji helikalnych poliprolinowych. Łańcuchy boczne Gln tworzą liczne wiązania wodorowe z analogicznymi resztami Gln wbudowanymi we własny łańcuch polipeptydowy, lub łańcuchy sąsiednich podjednostek. Umożliwia to interakcję i usztywnienie własnej cząsteczki, co przenosi się na sąsiednie podjednostki przez ich grupy amidowe Gln. Powoduje to wytworzenie równowagi dynamicznej z protonami cząsteczek wody otaczających ten układ. Przy znacznej ilości wiązań wodorowych występuje silne działanie usztywniające jednostek ω -prolamin, zwłaszcza ich niedoskonały układ β -helikalny domen powtarzalnych, a także giętki (elastyczny), ale rozciągnięty charakter fragmentów C-końcowych.

Sugerowane tu możliwości dynamicznych zmian cząsteczek ω -prolamin w środowisku wodnym oraz siły kohezji stwarzające możliwość wbudowywania się tych monomerów w duże kompleksy LMW lub HMW, pozwalają przypisywać im istotny i pozytywny udział w kształtowaniu wisko-elastycznych właściwości kompleksu glutenowego oraz ciasta. Potwierdzają to liczne badania korelacyjne i rekonstruktoryjne, jakkolwiek ciągle brak w tym zakresie dowodów bezpośrednich.

PODSUMOWANIE

Z przedstawionego przeglądu wynika, że mąka pszenna jest jednym z najbardziej złożonych układów wśród środków żywności. Skomplikowany jest nie tylko skład chemiczny (zwłaszcza białek), ale również zróżnicowanie genetyczne oraz złożone, dynamiczne interakcje między składnikami, zachodzące w trakcie dojrzewania i przechowywania ziarniaków oraz procesów technologicznych, prowadzących zwłaszcza do wytwarzania pieczywa. Ponieważ te zmienności dotyczą głównie białek, które odznaczają się ogromną labilnością struktury, a jak obecnie wiadomo, każda z frakcji zasadniczych jest zbiorem wielu podobnych, ale i zróżnicowanych indywiduów molekularnych (do tego syntetyzowanych na bazie różnych genów), trudno się dziwić, że wiedza o ich funkcjach jest często ogólnikowa i poparta nie zawsze jednoznacznymi (i wiarygodnymi) korelacjami.

Mimo opisanych trudności, osiągnięcia ostatnich kilkunastu lat są duże i można je podsumować następująco:

- wyjaśnienie sekwencji aminokwasów w licznych monomerach poszczególnych frakcji zasadniczych;
- sprecyzowanie konformacji i charakteru domen N- i C-końcowych oraz występujących dość powszechnie domen powtarzalnych z charakterystycznymi motywami sekwencji;

- zlokalizowanie i określenie typów wiązań disulfidowych -S-S- i ich roli w tworzeniu trójwymiarowych struktur kompleksowych;
 - stwierdzenie innych typów i funkcji wiązań (sił) uczestniczących w kompleksowaniu; monomerów (wodorowych, sił Van der Waalsa);
 - izolowanie i oczyszczenie monomerów, wykazanie różnic między nimi i określenie lokalizacji genów sterujących ich biosyntezą;
 - określenie funkcji poszczególnych frakcji w kształtowaniu jakości białek i pieczywa, które badano na podstawie:
 - a) frakcjonowania i porównywania składu z wartością wypiekową;
 - b) frakcjonowania i rekonstytucji lub zwiększenia stężeń frakcji;
 - c) korelowania frakcji wytwarzanych przez geny alleliczne z jakością pieczywa;
 - d) korelowania struktury i funkcji jakościowych;
 - uzyskiwanie klonów cDNA poszczególnych genów i ich ekspresja w komórkach bakterii; otrzymany tą drogą czysty monomer dodany do ciasta pozwala na jednoznaczne określenie jego wpływu na cechy reologiczne;
- Wiele innych elementów struktury, np. fizycznych, zostało wyjaśnionych, co zbliża do zrozumienia ich wpływu na cechy reologiczne i wypiekowe białek zbóż.

LITERATURA

- Ahmed M. 2000. Molecular marker-assisted selection of HMW-glutenin alleles related to wheat bread quality by PCR generated DNA markers. *Theor. Appl. Genet.* 101: 892 — 896.
- Altenbach S. B. 1998. Quantification of individual low-molecular-weight glutenin subunit transcripts in developing wheat grains by competitive RT-PCR. *Theor. Appl. Genet* 97: 413 — 421.
- Bekes F., Anderson O., Gras P. W., Gupta R. B., Tam A., Wrigley C. W., Appels R. 1993. The contribution to mixing properties of 1D-HMW-glutenin subunits expressed in the bacterial system. *Proc. Cereal Conf. Sydney* 1993.
- Bekes F., Gras P. W., Gupta R. B. 1994 a. Mixing properties as a measure of reversible reduction and oxidation of dough. *Cereal Chem.* 71: 44 — 50.
- Bekes F., Gras P. W., Gupta R. B. Hickman D. R., Tatham A. S. 1994 b. Effects of 1Bx20 HMW-glutenin on mixing properties. *J. Cereal Sci.* 19: 3 — 7.
- Belton P. S. 1994. A hypothesis concerning the elasticity of high-molecular-weight subunits. In: *Wheat kernel proteins; Molecular and functional aspects.* Univ Della Tuscia, Viterbo: 159 — 165.
- Belton P. S., Colguohoun I. J., Field J. M., Grant A., Shewry P. R., Tatham A. S. 1994. ¹H and ²H NMR studies of a high M_r subunit of wheat glutenin and comparison with elastin. *J. Cereal Sci.* 19, 115 — 121.
- Bietz J. A. 1987. Wheat and wheat improvement. *Am. Soc. Agron. Madison. E. G. Hayne (ed.)* 2nd Ed.: 215 — 241.
- Bietz J. A.. 1987. Genetic and biochemical studies on nonenzymatic endosperm proteins. In: *Wheat and wheat improvement. Agron. Monogr. 13., E. G. Hayne (ed.):* 215 — 241.
- Bietz J. A., Simpson D. C. 1992. Electrophoresis and chromatography of wheat proteins: available methods and procedures for statistical evaluation of the data. *J. Chromatography* 624: 53 — 80.
- Bloksma A. H. 1972. The relation between the thiol and disulfide contents of dough and its rheological properties. *Cereal Chem.* 49: 104 — 120.
- Bloksma A. H. 1990. Dough structure, dough rheology and baking quality. *Cereal Food World* 35: 237 — 244.
- Buchanan B. B. 1980. Role of light in the regulation of chloroplast enzymes. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 31: 341 — 374.

- Buchanan B. B., Adamidi C., Lozano R. E., Yee R. C., Meuma M., Kobrehel K., Ermel E. 1997. Thioredoxin-linked migration of allergic responses to wheat. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 94: 5372 — 5377.
- Carnes M., Popineau Y., Lefebvre J. 1994. Characterisation of gluten subfractions by SE-HPLC and dynamic rheological analysis in shear. *J. Cereal Sci.* 19: 131 — 139.
- Cassidy B. G., Dvorak J., Anderson O. D. 1998. The wheat low-molecular-weight glutenin genes and progress in understanding gene family structures. *Theor. Appl. Genet.* 96: 743 — 750.
- Dąlek-Zawistowska U., Bartoszewicz K., Kączkowski J. 1975. The equilibrium between the high- and low-molecular-weight fractions of wheat gluten. *Bull. Acad. Polon. Sci. ser. sci. biol.* 23: 71 — 75.
- D'Ovidio R. 1993. Single-seed PCR LMW glutenin genes to distinguish between durum wheat cultivars with good and poor technological properties. *Plant Mol. Biol.* 22: 1173 — 1176.
- D'Ovidio R., Simeone M., Morchitelli C., Masci S., Porceddu E. 1996. Isolation and characterisation of members of the LMW glutenin gene family in durum wheat. In: *Proc. 6-th Int. Gluten Workshop* (ed. C. W. Wrigley), Melbourne: 81 — 84.
- Ewart J. A. D. 1979. Glutenin structure. *J. Sci. Food Agric.* 30: 482 — 492.
- Ewart J. A. D. 1985. Blocked thiols in glutenin and protein quality. *J. Sci. Food Agric.* 36: 101 — 112.
- Fido R. J., Bekes F., Gras P. W., Tatham A. S. 1997. Effects of α -, β -, γ - and ω -gliadins on the dough mixing properties of wheat flour. *J. Cereal Sci.* 26: 271 — 277.
- Field J. M., Tatham A. S., Shewry P. R. 1987. The structure of the high M_r subunit of durum wheat (*Triticum durum*) gluten. *Biochem. J.* 247: 215 — 221.
- Finney K. F., Jones B. L., Shogren M. D. 1982. Functional (bread making) properties of wheat protein and fractions obtained by ultra centrifugation. *Cereal Chem.* 59: 449 — 453.
- Gianibelli M. C., Laroque O. R., Mac Rithie F., Wrigley C. W. 2001. Biochemical, genetic and molecular characterisation of wheat glutenin and its component subunits. *Cereal Chem.* 78: 635 — 646.
- Gobin P., Duviau M. P., Wong J. H., Buchanan B. B., Kobrehel K. 1996. Change in sulfhydryl-disulfide status of wheat proteins during conditioning and milling. *Cereal Chem.* 73: 495 — 498.
- Gobin P., Ng P.K.W., Buchanan B.B., Kobrehel K. 1997. Sulfhydryl-disulfide changes in proteins of developing wheat grain. *Plant Physiol. Biochem.* 35: 777 — 783.
- Greenfield J. J. A., Ross-Murphy S. B., Tamas L., Bekes F., Halford N. G., Tatham A. S., Shewry P. R. 1998. Rheological properties of monomeric and polymeric forms of C-hordein, a sulphur-poor protein of barley. *J. Cereal Sci.* 27: 233 — 236.
- Hoseney B. C., Finney K. F., Pomeranz Y. 1970. Functional (bread making) and biochemical properties of wheat flour components. VI. Gliadin-lipid-gluten interaction in wheat gluten. *Cereal Chem.* 47: 135 — 144.
- Huebner F. R., Kączkowski J., Bietz J. A. 1990. Quantitative variation by HPLC of wheat proteins from grains of different stages of maturity and from different spike locations. *Cereal Chem.* 67: 464 — 470.
- I'jao J. A., Jee B. C., Kobrehel K., Buchaan B. B. 1992. Effect of thioredoxin-linked reduction of the activity and stability of Kunitz and Bowman-Birk soybean trypsin inhibitor protein. *J. Agric. Food Chem.* 40: 2333 — 2336.
- Johansson E. 1995. Wheat grain proteins - accumulation and composition. Thesis of Sveed. Univ. Agric. Sci.: 1 — 53.
- Kasarda D. D., Wooderd K. M., Adalsteins A. E. 1998. Resolution of high-molecular-weight glutenin subunits by a new SDS-PAGE system incorporating a neutral pH buffer. *Cereal Chem.* 75: 70 — 71.
- Kączkowski J., Bernacka-Mieleśzko T. 1980. The role of disulfide bonds and their localisation in wheat protein molecules. *Ann. Technol. Agric.* 23: 377 — 384.
- Kączkowski J., Kurowska E., Moskal M. 1985. Immunological method of wheat gluten detection in food products for celiac disease patients. *Acta Alim. Polon.* 9: 177 — 183.
- Kączkowski J. 1991. Stan badań nad strukturą i funkcjami białek glutenu pszennego. *Biul. IHAR* 179: 3 — 17.
- Kączkowski J. 2000. New aspects of the cereal storage protein synthesis and degradation including the role of thioredoxin, as well as its regulatory properties. *Acta Physiol. Plant.* 22: 483 — 494.
- Kączkowski J. 2001. Udział tioredoksyny w przemianach metabolicznych roślin wyższych, a szczególnie w syntezie i degradacji białek zapasowych ziarniaków zbóż. *Biul. IHAR* 217: 5 — 18.

- Keck B., Koehler P., Wieser H. 1995. Disulfide bonds in wheat gluten: cysteine peptides derived from gluten proteins following peptic and thermolytic digestion. *Zeitschr. Lebensm. Unters. Forsch.* 200: 432 — 439.
- Khatkar B. S., Schofield J. D. 1996. Assessment of wheat gluten quality using the 2g direct-drive mixograph. *Proc. 46-th Cereal Chem. Conf.* (Ed. C. W. Wrigley) Melbourne: 70 — 73.
- Kipp B., Belitz H. D., Seilmeier W., Wieser H. 1996. Comparative studies of high M_r subunits of rye and wheat; I: Isolation, biochemical characterisation and effects on gluten extensibility. *J. Cereal Sci.* 23: 227 — 234.
- Kobrehel K., Wong J. H., Balogh K., Kiss E., Yee B. C., Buchanan B. B. 1992. Specific reduction of wheat storage proteins by thioredoxin h. *Plant Physiol.* 99: 919 — 924.
- Kobrehel K., Buchanan B.B. 1997. Thioredoxin h: an early signal in wheat germination and seedling development. *Rec. Res. Dev. Plant Physiol.* 1: 265 — 272.
- Koehler P., Belitz H. D., Wieser H. 1993. Disulfide bonds in wheat gluten; farther cysteine peptides from low-molecular-weight (LMW) subunits from γ -gliadins. *Zeitschr. Lebensm. Unters. Forsch.* 196: 239 — 247.
- Koeksel H., Sirri D., Ng P.K.W., Steffe J.F. 2001. Effect of transglutaminase enzyme on fundamental rheological properties of sound and bug damaged wheat flour doughs. *Cereal Chem.* 78: 26 — 30.
- Larre C., Denery-Papini S., Popineau Y., Deshasey G., Desserme C., Lefebvre J. 2000. Biochemical analysis and rheological properties of gluten modified by transglutaminase. *Cereal Chem.* 77: 32 — 38.
- Lee Y. K., Bekes F., Gupta R., Appels R., Morell M. K. 1999. The low-molecular-weight glutenin subunit proteins of primitive wheats: I. Variation in A genome species. *Theor. Appl. Genet.* 98: 118 — 125.
- Lew E. J. L., Kuzmicky D. D., Kasarda D. D. 1992. Characterisation of low-molecular-weight glutenin subunits by reversed-phase high-performance liquid chromatography, sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis and N-terminal amino acid sequencing. *Cereal Chem.* 69: 508 — 515.
- Lozano R. M., Wong J. H., Yee B. C., Peters A., Kobrehel K., Buchanan B. B. 1996. New evidence for a role for ferredoxin h in germination and seedling development. *Planta* 200: 100 — 106.
- Mac Ritchie F., DuCross D. L., Wrigley C. W. 1990. Flour polypeptides related to wheat quality. *Adv. Cereal Sci. Technol.* 10 (Ed. Y. Pomeranz) AACC, St. Paul: 79 — 145.
- Mac Ritchie F., Lafiandra D. 2001. Use of near isogenic wheat lines to determine protein composition-functionality relationships. *Cereal Chem.* 78: 501 — 506.
- Masci S., D'Ovidio R., Lafiandra D., Kasarda D. D. 1998. Characterisation of a low-molecular-weight glutenin subunit gene from bread wheat and the corresponding protein, that represents a major subunit of the glutenin polymer. *Plant Physiol.* 118: 1147 — 1158.
- Masci S., Egorov E. A., Ronchi C., Kuzmicky D. D., Kasarda D. D., Lafiandra D. 1996. Evidence for a presence of only one cysteine residue in the D-type low-molecular-weight subunits of wheat glutenin. *J. Cereal Sci.* 29: 17 — 25.
- Meyer Y., Verdoncq L., Vignol F. 1999. Plant thioredoxins and glutaredoxins: identity and putative roles. *Trends Plant Sci.* 4: 388 — 394.
- Miles M. J., Carr H. J., McMaster T. J., I'Anson K. J., Belton P. S., Morris V., Field J. M., Shewry P. R., Tatham A. S. 1991. Scanning tunneling microscopy of a wheat seed storage protein reveals data of an unusual supersecondary structure. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 88: 68 — 71.
- Moonen J. H. E., Shepstra A., Graveland A. 1982. Use of the SDS sedimentation test and SDS polyacrylamide gel electrophoresis for screening breeders samples of wheat for bread-making quality. *Euphytica* 31: 677 — 690.
- Motoki M., Nio N. 1983. Crosslinking between different food proteins by transglutaminase. *J. Food Sci.* 48: 561 — 566.
- Mueller S., Wieser H. 1997. The location of the disulfide bonds in monomeric γ -type gliadins. *J. Cereal Sci.* 26: 169 — 176.
- Osborne T. B. 1924. *The vegetable proteins*. Longmans, Green.
- Parchment O., Shewry P. R., Tatham A. S., Osguthorpe O. 2001. Molecular modeling of unusual spiral structure in elastomeric wheat seed proteins. *Cereal Chem.* 78: 658 — 662.
- Paredes-Lopez O., Bushuk W. 1983. Development and "undevelopment" of wheat dough by mixing; microscopic structure and its relations to bread making quality. *Cereal Chem.* 60: 24 — 27.

- Payne P. L., Corfield K. G., Holt L. M., Blackman J. A. 1981. Correlations between the inheritance of certain high-molecular-weight subunits of glutenin and bread making quality in progenies of six crosses of bread wheat. *J. Sci. Food Agric.* 32: 51 — 60.
- Payne P. L., Lawrence G. J. 1983. Catalogue of the alleles for the complex gene loci Glu A1, Glu B1 and Glu D1, which code for high-molecular-weight subunits in glutenin in hexaploid wheat. *Cereal Res. Commun.* 11: 29 — 35.
- Popineau Y., Pineau F. 1988. Changes of conformation and surface hydrophobicity of gliadins. *Lebensm. Wiss. Technol.* 21: 113 — 117.
- Rogers W. J., Payne P. L., Seekings J. A., Sayers J. 1991. Effects on bread-making quality of x-type and y-type high-molecular-weight subunits of glutenin. *J. Cereal Sci.* 14: 209 — 221.
- Seilmeier H., Belitz H. D., Wieser H. 1991. Separation and quantitative determination of high-molecular-weight subunits of glutenin from different wheat varieties and the genetic variants of the barley Sinco. *Zeitschr. Lebensm. Unters. Forsch.* 192: 124 — 129.
- Shani N., Steffen-Campbell J. D., Anderson O. D., Green F. C., Galili G. 1992. Role of the amino- and carboxy-terminal region in the folding and oligomerization of wheat high-molecular-weight glutenin subunits. *Plant Physiol.* 98: 433 — 441.
- Shewry P. R., Tatham A. S. 1987. Recent advances in our understanding of cereal seed protein structure and functionality. *Comments Agric. Food Chem.* 1: 71 — 94.
- Shewry P. R., Tatham A. S. 1990. The prolamin storage proteins of cereal seeds; structure and evolution. *Biochem. J.* 267: 1 — 12.
- Shewry P. R., Halford N. G., Tatham A. S. 1992. The high-molecular-weight subunits of wheat glutenin. *J. Cereal Sci.* 15: 105 — 120.
- Shewry P. R., Tatham A. S. 1997. Disulfide bonds in wheat gluten proteins. *J. Cereal Sci.* 25: 207 — 227.
- Simonato B., DeLazzari F., Passini G., Palato F., Gianattasio M., Gemignani C., Peruffo A. D. B., Santucci B., Plebani M., Curioni A. 2001. IgE binding to soluble and insoluble wheat flour proteins in atopic and non-atopic patients suffering from gastrointestinal symptoms after wheat ingestion. *Clin. Exp. Allergy* 31: 1771 — 1778.
- Tanabe S., Arrai S., Yanagihara Y., Mita H., Takahashi K., Watanabe M. 1996. A major wheat allergen has a Gln-Gln-Pro-Pro motif identified as an IgE binding epitope. *Biochim. Biophys. Res. Commun.* 219: 290 — 293.
- Tao H. P., Adalstein A. E., Kasarda D. D. 1992. Intermolecular disulfide bonds link specific high-molecular-weight glutenin subunits in wheat endosperm. *Biochim. Biophys. Acta* 1159: 13 — 21.
- Tatham A. S., Shewry P. R. 1985. The beta-turn conformation in wheat gluten proteins. *Cereal Chem.* 62: 405 — 412.
- Tatham A. S., Shewry P. R., Belton P. S. 1990. Structural studies of cereal prolamins including wheat gluten. *Adv. Cereal Sci. Technol.* 10: 1 — 78.
- Tatham A. S., Shewry P. R. 1995. S-poor prolamins of wheat, barley and rye. *J. Cereal Sci.* 22: 1 — 16.
- Tatham A. S., Shewry P. R. 2000. Elastomeric proteins: biological roles, structure and mechanisms. *Trends Biochem. Sci.* 25: 567 — 571.
- Thomson N. H., Miles M. J., Popineau Y., Harries J., Shewry P. R., Tatham A. S. 1999. Small angle X-ray scattering of wheat seed storage proteins: α -, β - and γ -gliadins and the high-molecular-weight (HMW) subunits of glutenin. *Biochim. Biophys. Acta* 1430: 358 — 366.
- Uthayakumaran S., Tomaskozi S., Tatham A. S., Savage A. W. J., Gianibelli M. C., Staddard F. L., Bekes F. 2001. Effects of gliadin fractions on functional properties of wheat dough depending on molecular size and hydrophobicity. *Cereal Chem.* 78: 138 — 141.
- Veegels P. L., Hamer R. J., Schofield J. D. 1996. Functional properties of wheat glutenin. *J. Cereal Sci.* 23: 1 — 18.
- Vu A. T., Popineau Y. 1987. An immunochemical study of two γ -gliadin components from common wheat's. *J. Cereal Sci.* 6: 15 — 25.
- Waga J., Węgrzyn S. 2000. Powiązanie wybranych frakcji białek gliadynowych ze zmiennością cech użytkowych odmian i rodów pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 215: 61 — 76.

- Wieser H., Anthes S., Seilmeier W. 1998. Quantitative determination of gluten protein types in wheat flour by reversed-phase high-performance liquid chromatography. *Cereal Chem.* 75: 644 — 650.
- Yong A. S., Hitz G., Honig B. 1996. Free energy determinants of secondary structure formation: III; β -turns and their role in protein folding. *J. Mol. Biol.* 259: 875 — 882.
- Zhao F. J., Salmon S. E., Withers P. J. A., Monaghan J. M., Evans E. J., Shewry P. R., MacGroth S. P. 2000. Variation in bread-making quality and rheological properties in relation to sulphur nutrition and field conditions. *J. Cereal Sci.* 30: 19 — 31.

MAŁGORZATA GRUDKOWSKA¹**BARBARA ZAGDAŃSKA**^{1,2}¹ Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie² Zakład Biochemii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Roślinne endoproteinyazy cysteinowe i ich różnorodne funkcje fizjologiczne

Plant cysteine endoproteinases and their multiple physiological roles

Endoproteinyazy cysteinowe wydają się być najważniejszym typem endoproteinaz odpowiedzialnych za inicjację i intensywną hydrolizę białek zapasowych nasion towarzyszącą kiełkowaniu i wczesnej fazie wzrostu i rozwoju siewek. Enzymy te zaangażowane są również w procesy starzenia się organów i różnicowania elementów przewodzących. W odpowiedzi na niekorzystne czynniki abiotyczne tzn. niską lub wysoką temperaturę, deficyt wody czy zasolenie, a także czynniki biotyczne wykazano zwiększoną ekspresję genów kodujących endoproteinyazy cysteinowe. Przypuszcza się, że funkcja tych enzymów nie ogranicza się do eliminacji białek zdenaturowanych, toksycznych w przypadku infekcji patogena czy ataku owadów, a także białek nieprawidłowych powstałych wskutek błędów indukowanych stresem czy też degradacji białek zbędnych tzn. takich, które w określonej sytuacji przestają odgrywać rolę. Funkcja tych enzymów może polegać także na aktywacji specyficznych białek indukowanych stresem niezależnie od jego charakteru. Na przykładzie 55 odmian i rodów pszenicy ozimej i dziesięciu odmianach pszenicy jarej wykazano, że stopień indukcji endoproteinaz cysteinowych odzwierciedla poziom odporności pszenicy jarej i ozimej na deficyt wody i poziom tolerancji mrozowej pszenicy ozimej.

Słowa kluczowe: endoproteinyazy cysteinowe, hydroliza białek, mrozooporność, odporność na suszę, odporność na stresy abiotyczne

Cysteine endoproteinases are recognised as the major enzymes responsible for the initiation and subsequent massive hydrolysis of seed storage proteins during germination and early seedling growth and development. These enzymes are also involved in such important processes as organ senescence and xylogenesis. In response to unfavourable environmental conditions like low and high temperature, water deficit and salinity as well as to biotic stresses, the up-regulation of expression of genes encoding cysteine endoproteinases has been shown. Their supposed physiological function is not restricted to removal of denatured proteins, toxic in cases of pathogen infection or insect attack, abnormal proteins resulting from the stress-induced changes and to degradation of proteins no longer required by a cell in a new metabolic state. Another important function of these enzymes may be linked to activation of stress-induced non-specific proteins. On the basis of experiments carried out on 55 cultivars and strains of winter wheat and on ten cultivars of spring wheat it has been shown that the induction of cysteine endoproteinases was significantly correlated with the level of drought tolerance of spring and winter wheat as well as with the level of frost tolerance of winter wheat.

Key words: cysteine endoproteinases, protein hydrolysis, frost resistance, drought resistance, biotic stress resistance

WSTĘP

Proteinazy cysteinowe są stale powiększającą się grupą enzymów katalizujących reakcje hydrolizy wiązań peptydowych. Enzymy te powszechnie występują w świecie roślin, zwierząt, grzybów i bakterii. Nazewnictwo proteinaz cysteinowych z jednej strony opiera się na budowie centrum aktywnego, a z drugiej na miejscu hydrolizy łańcucha białkowego. Endoproteinazy zawierają resztę cysteiny w centrum aktywnym, a ich inhibitorami diagnostycznymi są jodooctan, jodoacetamid i E64 (Callis, 1995). Proteinazy cysteinowe mogą hydrolizować wiązania zarówno wewnątrz łańcucha białkowego, a tym samym należą do endoproteinaz (EC 3.4.22), jak i mogą hydrolizować wiązania peptydowe sąsiadujące z końcową grupą karboksylową łańcucha polipeptydowego, stąd klasyfikowane są jako karboksypeptydazy (EC 3.4.16 do 3.4.18), a także hydrolizują wiązania peptydowe sąsiadujące z końcową grupą aminową łańcucha białkowego pełniąc więc rolę aminopeptydaz (EC 3.4.11).

Rawlings i Barrett (1993) zaproponowali rozszerzenie klasyfikacji endoproteinaz dzieląc endoproteinazy na typy i rodziny. Typ charakteryzuje enzymy w oparciu o centrum odpowiedzialne za katalizę np. typ cysteinowy, aspartylowy, metalojonowy itp. Natomiast rodzina obejmuje grupę enzymów w której każdy przedstawiciel wykazuje ewolucyjne podobieństwo oparte o sekwencje aminokwasowe całego białka i sekwencje odpowiedzialne za aktywność katalityczną. Klasyfikacja ta jest używana coraz powszechniej. Zgodnie z nią wyróżniono czternaście rodzin enzymów cysteinowych, w tym tylko dwie: papainowa i legumainowa występują u roślin wyższych.

W świetle najnowszych badań wydaje się, że endoproteinazy cysteinowe są najważniejszym typem endoproteinaz odpowiedzialnych za inicjację i późniejszą intensywną hydrolizę białek zapasowych nasion towarzyszącą kiełkowaniu i wczesnej fazie wzrostu i rozwoju siewek (Shevery i in., 1995; Schlereth i in., 2000, 2001; Shutov i Vaintraub, 1987). Ponadto enzymy te zaangażowane są w procesy ksylogenezy, reprodukcji oraz starzenia się organów (Cercos i in., 1993; Funk i in., 2002; Wagstagg i in., 2002). Ich udział zaobserwowano również w odpowiedzi roślin na działanie różnych stresów środowiskowych zarówno biotycznych, jak i abiotycznych (Guerrero i in., 1990; Mittler i in., 1997; del Pozo i Lam, 1998). Udział enzymów cysteinowych w tak różnych procesach wskazuje na rolę regulacyjną tych enzymów w degradacji białek roślinnych.

FUNKCJE ROŚLINNYCH ENDOPROTEINAZ CYSTEINOWYCH

Hydroliza białek zapasowych nasienia

Białka zapasowe są zdeponowane w klasycznych tkankach zapasowych, takich jak komórki mezofilu liścienia u dwuliściennych, bielmo ziarniaków zbóż i osie zarodkowe nasion.

Głównymi białkami zapasowymi ziarniaków zbóż są gromadzone w bielmie prolaminy, których nazwa pochodzi od wysokiej zawartości proliny i glutaminy (Shewry in., 1995).

Tabela 1

Roślinne endoproteinazy cysteinowe: symbole enzymów, genów, nazwa rośliny (w której zostały wykryte) i lokalizacja enzymu
Cysteine endoproteinases of plants: designations of enzymes, genes, plants of detection and locations within a plant

Nazwa proteinazy Proteinase	Symbol genu Gene	Nazwa rośliny Plant	Miejsce lokalizacji Location
REP-1	OsEP3A	<i>Oryza sativa</i>	organy wegetatywne vegetative organs
EP-A	Z97023	<i>Hordeum vulgare</i>	bielmo nasion endosperm
EP-B		<i>Hordeum vulgare</i>	bielmo endosperm
CPR1	X75749	<i>Vicia sativa</i>	bielmo endosperm
CPR2	Z30338	<i>Vicia sativa</i>	bielmo endosperm
Proteinaza A Proteinase A	Z34859	<i>Vicia sativa</i>	bielmo endosperm
Cpr4	Z99172	<i>Vicia sativa</i>	bielmo endosperm
Vspb2	AJ007743	<i>Vicia sativa</i>	bielmo endosperm
Proteinaza B Proteinase B	Z34899	<i>Vicia sativa</i>	bielmo endosperm
G1		<i>Glycine max</i>	bielmo endosperm
C1		<i>Glycine max</i>	bielmo endosperm
Oryzainy Orysains		<i>Oryza sativa</i>	bielmo endosperm
Cys P	<i>rd21a</i>	<i>Arabidopsis</i>	epiderma epidermis
Cys P	<i>rd10a</i>	<i>Arabidopsis</i>	epiderma epidermis
Cys P	TPE4A	<i>Pisum sativum</i>	organy generatywne vegetative organs
Ep-c1	X56753	<i>Phaseolus</i>	załącznia ovary
Cys-EP	AF050756	<i>Vinga mungo</i> , <i>Vicia sativa</i> <i>Phaseolus vulgaris</i>	organy generatywne generative organs rycynosomy ricinosomes
33 kdacp	<i>mir1</i>	<i>Zea mays</i>	młode liście young leaves
Pscyp15a		<i>Pisum sativum</i>	ściana komórkowa cell wall
Xcp1		<i>Arabidopsis</i>	ksylem xylem
Xcp2		<i>Arabidopsis</i>	ksylem xylem
Sag12		<i>Arabidopsis</i>	liście leaves

Są nimi: hordeiny jęczmienia, zeiny kukurydzy, gliadyny pszenicy, aweniny owsa i sekaliny żyta. Proteoliza tych białek podczas kiełkowania jest początkowo wynikiem aktywności endoproteinaz, a powstające oligopeptydy są substratami dla egzopeptydaz, które odcinają aminokwasy od końca aminowego (N) lub karboksylowego (C). Enzymy proteolityczne odpowiedzialne za hydrolizę białek zapasowych są albo syntetyzowane podczas rozwoju ziarniaka i przechowywane w bielmie lub są syntetyzowane i wydzielane z warstwy aleuronowej i tarczki zarodkowej podczas kiełkowania (Simpson, 2001). Badania przeprowadzone na czterodniowych siewkach jęczmienia wykazały, że w uruchamianie białek zapasowych zaangażowanych jest 27 endoproteinaz cysteinowych spośród czterdziestu dwóch endoproteinaz związanych z kiełkowaniem (Zhang i Jones, 1995). Endoproteinazy cysteinowe są też najważniejszą grupą endoproteinaz w kiełkujących ziarniakach kukurydzy (de Barros i in., 1994) i pszenicy (Bottari i in., 1996), a ich aktywność stanowi około 90% całkowitej aktywności proteolitycznej.

Podczas kiełkowania ziarna zbóż, mobilizacja rezerw zdeponowanych w wakuolach zapasowych (PSV, protein storage vacuoles) następuje w trzech etapach (Enari i Sopanen, 1986). W pierwszej fazie białka zapasowe zdeponowane w warstwie aleuronowej są degradowane do aminokwasów. W drugiej fazie wolne aminokwasy wykorzystywane są do syntezy *de novo* hydrolaz wydzielanych z warstwy aleuronowej lub tarczki zarodkowej do bielma (Bethke i in., 1996). W trzecim etapie hydrolazy te trawią białka zapasowe bielma wytwarzając produkty dostępne dla tarczki zarodkowej. We wczesnym etapie kiełkowania, zarodek syntetyzuje gibereliny, które przemieszczają się do warstwy aleuronowej i są sygnałem alarmowym do syntezy wielu enzymów hydrolitycznych w tym endoproteinaz (Diaz i in., 1993).

Podczas kiełkowania nasion roślin dwuliściennych takich jak *Vigna mungo*, *Vicia sativa*, *Phaseolus vulgaris*, których białkami zapasowymi są głównie globuliny, uruchamianie rezerw ograniczone jest początkowo do osi zarodkowej i odpowiedzialne za te procesy są endoproteinazy cysteinowe zmagazynowane podczas formowania nasion i przechowywane w osiach zarodkowych (Müntz 1996; Schlereth i in., 2000, Schlereth i in., 2001). Późniejsza, intensywna hydroliza białek zachodzi po zsyntetyzowaniu *de novo* innych enzymów proteolitycznych, wśród których główną rolę odgrywają podobnie jak u roślin jednoliściennych endoproteinazy cysteinowe. Jak dotąd nie ma dowodów na to, aby uruchamianie rezerw nasiennych roślin dwuliściennych było pod kontrolą hormonalną zarodka, chociaż taka możliwość była sugerowana (Bewley, 1994).

Badania nad uruchamianiem rezerw nasiennych pozwoliły scharakteryzować i opisać wiele endoproteinaz cysteinowych, których naturalnymi substratami są białka zapasowe nasion. Według Shutova i Vaintrauba (1987) mobilizacja rezerw nasiennych roślin dwuliściennych jest inicjowana przez proteinazy papainowe typu CPRs, a następnie kontynuowana przez enzymy z rodziny legumainowej przy współudziale karboksypeptydaz. Pierwzoplanową rolę endoproteinaz zarówno z rodziny papainowej, jak i legumainowej potwierdzili Fischer i wsp. 2000, Schlereth i wsp. 2001 oraz Tiedeman i wsp. 2001 w mobilizacji rezerw nasiennych roślin dwuliściennych — globulin występujących w nasionach grochu (*Pisum sativum*), soi [*Glycine max* (L) Merr] i fasoli (*Phaseolus vulgaris* L.) w różnych etapach kiełkowania i wzrostu siewki. U roślin

motylkowych, najwcześniej stają się aktywne endoproteiny cysteinowe CPR1 i CPR2 syntetyzowane w osiach zarodkowych oraz w trakcie rozwoju liścienia. Ich obecność stwierdzono również w merystemach korzeni, w komórkach epidermalnych i prokambialnych (Tiedemann i in., 2001). Proteiny A i CPR4 występują dopiero po rozpoczęciu degradacji globulin przez inne proteiny (Fischer i in., 2000). Glicyniany i β -konglicyniany, białka zapasowe soi, degradowane są odpowiednio przez endoproteiny cysteinowe G1 i C1 (Diaz i in., 1993).

W hydrolizie hordein, białek zapasowych jęczmienia, uczestniczą co najmniej trzy endoproteiny cysteinowe: endoproteina EP-B (masa cząsteczkowa 30 kDa), EP-A (masa cząsteczkowa 37 kDa) oraz endoproteina o masie 31 kDa (Phillips i Wallace, 1989; Holwerda i Rogers, 1992; Zhang i Jones, 1996; Ho i in., 2000). Pierwsze dwadzieścia dwa aminokwasy N-domeny endoproteiny EP-B są, aż w dziewięćdziesięciu procentach homologiczne z sekwencją aminokwasową endoproteiny EP-A (Koehler i Ho, 1990). Przypuszcza się, że enzymy te mogą uczestniczyć w modyfikacji innych enzymów hydrolitycznych np. β -amylazy, przyczyniając się tym samym do rozluźniania wiązań wewnątrz enzymu, co prowadzi do zwiększenia jego aktywności (Koehler i Ho, 1990). Gluteiny ryżu degradowane są przez endoproteinę cysteinową REP-1, której sekwencja aminokwasowa jest w 75% homologiczna z sekwencją aminokwasową endoproteiny cysteinowej EP-B jęczmienia. W kiełkujących nasionach ryżu wyodrębniono dodatkowo cztery inne endoproteiny cysteinowe (oryzainy α, β, γ oraz pRP80), ale ich naturalne substraty nie są znane (Ho i in., 2000).

Różnicowanie elementów naczyniowych

Proces różnicowania elementów ksylemu związany jest z degradacją zawartości komórki oraz lignifikacją i grubieniem ścian komórkowych. Autoliza komórki prowadzi do zmiany jej funkcji z typowo zapasowej do przewodzącej wodę i sole mineralne. Podczas ksylogenezy zaobserwowano zwiększoną znamienne aktywność ekspresji genów i mRNA kodującego endoproteinę cysteinową syntetyzowaną w wakuolach ksylemu (Ho i in., 2000; Beers i Freeman 1997; Funk i in., 2002).

W różnicowanie elementów naczyń zaangażowane są dwie papainowe endoproteiny XCP1 i XCP2. Syntetyzowane są one jako prepropetydy (forma nieaktywna), a ich aktywacja następuje po odcięciu domen pre i pro. N-domena z sekwencją sygnałową umożliwia translokację tych endoprotein do światła retikulum endoplazmatycznego.

Starzenie organów

Proces starzenia jest końcową fazą rozwoju wielu komórek. Starzenie związane jest z degradacją materiału komórkowego oraz dezintegracją organelli prowadząc do zmian strukturalnych, biochemicznych i molekularnych (Huang i in., 2001). Głównym miejscem degradacji materiału komórkowego: białek, kwasów nukleinowych, oligosacharydów są wakuole w których zgromadzone są liczne enzymy hydrolityczne w tym m.in. endoproteiny cysteinowe głównie z rodziny papainowej (Cercos i in., 1993). Proteoliza białek w procesie starzenia koordynuje degradację makrocząsteczek i remobilizację do rosnących części rośliny, dojrzewających nasion lub organów zapasowych (Wagstaff i in., 2002). Starzenie liści regulowane jest czynnikami środowiskowymi (m.in. ekstremalną

temperaturą, suszą, brakiem składników pokarmowych, infekcją patogena) lub podlega kontroli genetycznej (m.in. wiek i poziom hormonów). Również procesy rozwojowe np. dojrzewanie owoców i nasion przyczyniają się do przyspieszenia procesu starzenia liści. Molekularny mechanizm starzenia nie został dobrze poznany, przypuszcza się, że jest związany z indukcją ekspresji specyficznych genów i produkcją specyficznych białek. Wyodrębniono kilka klas genów SAGs (senescence-associated-genes) kodujących enzymy degradacyjne w tym endoproteinazy cysteinowe m.in SAG 12 w liściach *Arabidopsis* (Cercos i in., 1993; Wagstaff i in., 2002).

Udział endoproteinaz w odpowiedzi na stresy biotyczne

Analogicznie do komórek zwierzęcych, komórki roślinne mogą inicjować programowaną śmierć komórki (PCD) w wyniku infekcji przez patogena, wirusy oraz wydzielania toksyn przez grzyby (Mlejnek i Prochazka, 2002). Wyróżniamy dwa typy odpowiedzi roślin na atak patogena. U roślin odpornych istnieje pierwszy rodzaj reakcji określany jako nadwrażliwy (HR, hypersensitive response) i jest związany z gwałtowną śmiercią komórki w pierwotnym miejscu infekcji. U roślin wrażliwych występuje drugi typ odpowiedzi w którym komórki wolniej zamierają, a infekcja postępuje stopniowo. Apoptozie towarzyszy zwiększona przepuszczalność błon, kondensacja jądra komórkowego oraz wpływ jonów wapnia (Lam i del Pozo, 2000). Obecnie posiadamy mało informacji o programowanej śmierci komórki u roślin w odróżnieniu od dobrze poznanych i opisanych procesów występujących w komórkach zwierzęcych. U zwierząt sygnalizacja prowadzi do aktywacji kaspaz, enzymów z rodziny endoproteinaz cysteinowych hydrolizujących wiązania z resztami asparaginowymi. Czynniki wpływające na śmierć komórki stymulują uwalnianie cytochromu c z mitochondriów do cytozolu i wiązanie z białkiem Apaf1 (apoptotic protease activating factor). W wyniku tego procesu uwalniania jest energia w postaci ATP/dATP, która aktywuje kolejną kaspazę-9 (Mlejnek i Prochazka, 2002).

Powstaje więc pytanie, czy analogiczne roślinne endoproteinazy podobne do kaspaz (CLPs) pełnią zbliżoną funkcję do endoproteinaz cysteinowych występujących w komórkach zwierzęcych. Dane dotyczące występowania CLPs w roślinach są stale pośrednie i głównie oparte na efekcie specyficznych inhibitorów. Po raz pierwszy efekt zastosowania specyficznych inhibitorów kaspaz u tytoniu został opisany przez del Pozo i Lam (1998). Zastosowany inhibitor Ac-DEVD-CHO (specyficzny dla kaspazy-3) oraz Ac-YVAD-CMK (specyficzny dla kaspazy-1) wyizolowany z *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* (patogen fasoli) spowodował zniesienie nadwrażliwej reakcji (HR) w komórkach tytoniu. W ostatnich badaniach wykazano, że mechanizm regulujący PCD w komórkach roślinnych i zwierzęcych jest bardzo zbliżony: Zhao i wsp. (1999) udowodnili, że cytochrom c, pochodzący od zwierząt jest w stanie aktywować endoproteinazy roślinne podobne do kaspaz. W aktywacji roślinnych endoproteinaz podobnych do kaspaz bierze udział izopentydyloadenozyna (iPA) (Mlejnek i Prochazka, 2002).

W odpowiedzi na atak owadów z rodzaju *Lepidoptera* odporne genotypy kukurydzy syntetyzują unikalną endoproteinazę cysteinową o masie 33 kDa, kodowaną przez *mir1*, w której C domenę stanowi 25 aminokwasów o nieznanej sekwencji odpowiadającej sekwencji kodowanej przez geny *mir2* i *mir3* (Pechan i in., 2002). Badania udowodniły, że larwy karmione genotypami kukurydzy odpornej hamują wzrost owada o ok. 50%.

Mechanizm hamowania wzrostu larw prawdopodobnie jest związany z katalizą toksycznych cząstek substratu obecnego zarówno w owadach jak i roślinach. Przypuszcza się również, że ta endoproteinaza degradowe błonę owada i zwiększa podatność larw na wirusy. Synteza owej specyficznej endoproteinazy cysteinowej 33 kDa zachodzi w rozwijających się liściach. Prawdopodobnie endoproteinaza ta może stanowić także mechanizm obronny roślin w odpowiedzi na atak owadów (Pechan i in., 2000).

Udział endoproteinaz w odpowiedzi na stresy abiotyczne

Programowana śmierć komórki może towarzyszyć również procesom wywołanym przez stresy środowiskowe m.in. niską temperaturę, zasolenie, czy suszę prowadzące do stresu oksydacyjnego (Solomon i in., 1999). Doświadczenia przeprowadzone na komórkach soi, poddanych stresowi oksydacyjnemu indukującemu apoptozę wykazały, że programowanej śmierci komórki towarzyszy wzrost aktywności endoproteinaz cysteinowych i możliwe zmiany aktywności genów kodujących inhibitory proteinaz (Solomon i in., 1999). Autorzy sugerują, że rośliny posiadają zdolność kontrolowania apoptozy poprzez modyfikację aktywności endoproteinaz cysteinowych.

Dehydratacja komórki, spowodowana zarówno działaniem zbyt wysokiej lub zbyt niskiej temperatury na roślinę, suszą glebową lub atmosferyczną, a także w wyniku zasolenia zazwyczaj prowadzi do zmian w natywnej konformacji białek lub utraty ich aktywności. Dlatego zdolność rośliny do tolerowania odwodnienia musi być związana z efektywnymi mechanizmami reperującymi uszkodzone białka, usuwającymi zdenaturowane białka i w ten sposób zapobiegającymi powstawaniu uszkodzeń metabolicznych oraz usuwającymi białka zbędne tzn. takie, które w określonej sytuacji metabolicznej przestają odgrywać swoją specyficzną rolę (Ingram i Bartels, 1996). Odpowiedzią metaboliczną rośliny na stresy środowiskowe jest indukcja endoproteinaz cysteinowych.

Zarówno niska dodatnia temperatura (chłodowa), jak i wysoka temperatura powoduje zwiększenie ekspresji genu kodującego endoproteinazę cysteinową (C14) w owocach pomidora (Schaffer i Fischer, 1988, 1990). Autorzy sugerują, że enzym ten może degradować białka zdenaturowane przez ekstremalne temperatury.

U grochu zidentyfikowano kilka genów kodujących endoproteinazy cysteinowe m.in. *PsCyp15a*, który jest związany z adaptacją komórek do zmieniającego się turgoru (Guerrero i in., 1990). Ponadto autorzy ci uważają, że endoproteinazy cysteinowe mogą zmieniać metabolizm poprzez przyspieszenie obrotu białek (protein turnover) lub przez aktywację specyficznych białek. W wyniku degradacji białek występujących w wakuoli organów wegetatywnych i zwiększonemu stężeniu aminokwasów zachodzi obniżenie potencjału wody. Dalsze badania wykazały, że zwiększoną ekspresję genu *PsCyp15a* obserwuje się w warunkach zasolenia i suszy, ale nie obserwuje się zwiększenia jego ekspresji w odpowiedzi na zranienie, kwas giberelinowy, chłód i wysoką temperaturę (Jones i Mullet, 1995). Endoproteinazę CYP15a zlokalizowano w ścianach komórkowych, natomiast nie stwierdzono jej w wakuoli, gdzie występuje w formie nieaktywnego proenzymu, którego aktywacja zachodzi pod wpływem obniżającego się pH w wyniku deficytu wody. Autorzy przyznają, że funkcja tego enzymu pozostaje nie w pełni wyjaśniona. Transkrypt genu *PsCYP15a* został wykryty również w brodawkach korzeniowych grochu (Vincent i Brewin, 2000). Enzym ten w przeciwieństwie do liści

występuje wyłącznie w wakuolach i pęcherzykach cytoplazmatycznych, natomiast nie stwierdzono jego obecności w ścianach komórkowych. Jego funkcja również nie została sprecyzowana. Autorzy wysuwają przypuszczenie, że enzym ten bierze udział w przebudowie białek roślinnych: aminokwasy uzyskane z hydrolizy białek nieużytecznych mogą zostać wykorzystane do syntezy białek indukowanych przez stres np. akwaporyn.

Wzrastający deficyt wody w pędach *Arabidopsis thaliana* powoduje zwiększenie aktywności endoproteinaz cysteinowych (r10A i r21A) kodowanych przez geny *rd* (responsive to desiccation). Mechanizm aktywowania tych genów nie został poznany (Koizumi i in., 1993). Przypuszcza się jednak, że istnieją co najmniej dwa szlaki transdukcji sygnału deficytu wodnego. Pierwszy, zależny od ABA, kiedy w wyniku wzrastającej akumulacji ABA zachodzi zwiększona ekspresja genów oraz drugi, niezależny od ABA, w którym obniżony turgor komórki roślinnej jest prawdopodobnie sygnałem do zwiększenia ekspresji genów *rd*. Podobnie niska temperatura zwiększa ekspresję tych genów u *A. thaliana* (Koizumi i in., 1993). Funkcja endoproteinaz r10A i r21A również nie została poznana. Autorzy przychylają się do sugestii wysuniętej przez Schaffera i Fishera (1988, 1990), że enzymy te mogą degradować białka zdenaturowane przez stres.

W odpowiedzi na deficyt wody aktywność endoproteinaz wakuolarnych w liściach pszenicy zwiększa się siedmiokrotnie (Zagdańska i Wiśniewski, 1996). Dominujący udział (około 50%) endoproteinaz serynowych w całkowitej proteolizie praktycznie nie ulega zmianie, natomiast dwukrotnie zwiększa się udział endoproteinaz cysteinowych przy dwukrotnie zmniejszonym udziale endoproteinaz aspartylowych. Badania przeprowadzone na dziesięciu odmianach pszenicy jarej różniących się zdolnością do tolerowania odwodnienia i do aklimatyzacji wykazały, że wysoka tolerancja odwodnienia pszenicy zarówno w fazie strzelania w źdźbło, jak i kłoszenia wiąże się ze zmniejszoną aktywnością endoproteinaz cysteinowych (Wiśniewski i Zagdańska, 2001). Z kolei badania przeprowadzone na 55 odmianach i rodach pszenicy ozimej o zróżnicowanej odporności na mróz wykazały wysoką korelację ($r = 0,86$) z odpornością tych pszenic na deficyt wody (Grudkowska in., 2001). Po okresie aklimatyzacji do mrozu, aktywność endoproteinaz cysteinowych odmian odpornych nie ulegała zmianie lub nawet zmniejszała się, a u odmian nieodpornych aktywność tych enzymów zwiększała się. Aktywność endoproteinaz cysteinowych u wszystkich badanych odmian była wysoce negatywnie skorelowana z poziomem mrozoodporności badanego materiału ($r = -0,86$). Przeprowadzone badania jednoznacznie wykazały, że stopień indukcji endoproteinaz cysteinowych odzwierciedla poziom odporności pszenicy jarej i ozimej na deficyt wody i poziom tolerancji mrozowej pszenicy ozimej. Posłużyły one także do opracowania prostego i niezbyt kosztownego testu laboratoryjnego umożliwiającego szybką selekcję materiałów hodowlanych pszenicy odpornych na mróz i suszę (Grudkowska in., 2002).

Jak wynika z przedstawionego przeglądu literatury, odpowiedzią rośliny zarówno na stresy abiotyczne, jak i biotyczne jest indukcja genów kodujących endoproteinazy cysteinowe. Jednakże ich naturalne substraty i funkcja nie jest dotychczas poznana. Wiadomo, że aktywność proteolityczna roślin może być regulowana przez specyficzne białka inhibitorowe proteinaz, a ich funkcja polega na obronie rośliny przed organizmami

roślinożernymi. Jednakże ostatnie badania wykazały, że białko BnD22 u rzepaku i WSCP u kalafiora indukowane zarówno przez deficyt wody, jak i zasolenie są białkami należącymi do rodziny białek inhibitorowych proteinaz typu Kuniz (Downing i in., 1992, Nishio i Satoh 1997). Może to oznaczać, że aktywność niektórych proteinaz jest hamowana w warunkach stresu, podczas gdy aktywność innych proteinaz jest indukowana. W świetle tych danych nie jest jasne, czy indukcja endoproteinaz cysteinowych, związanych m.in. z programowaną śmiercią komórki może mieć jakiekolwiek znaczenie w aklimatyzacji rośliny do niekorzystnych warunków środowiska. Powstaje więc pytanie, czy zwiększona aktywność tych enzymów może mieć znaczenie w tolerancji odwodnienia poprzez usuwanie skutków stresu czy też jest konsekwencją działania stresów środowiskowych prowadzących do powstania uszkodzeń i tym samym do zainicjowania programowanej śmierci komórki, jak to sugeruje Fukuda (1996). Można też podejrzewać, że genetycznie uwarunkowana odpowiedź rośliny na stresy abiotyczne jest odzwierciedleniem intensywności usuwania zbędnych lub uszkodzonych białek na drodze proteolizy wakuolarniej, a w przypadku silnego lub długotrwałego stresu endoproteinazy cysteinowe indukują programowaną śmierć tych komórek i organów, które nie decydują o przeżyciu rośliny. Poszukiwanie odpowiedzi na te pytania stwarza nowe perspektywy badawcze, mogące znaleźć praktyczne zastosowanie w ukierunkowanej hodowli roślin.

LITERATURA

- Beers E. P., Freeman T. B. 1997. Proteinase activity during tracheary element differentiation in *Zinnia mesophyll* cultures. *Plant Physiol.* 113:873 — 880.
- Beers E. P., Woffenden B. J., Zhao Ch. 2000. Plant proteolytic enzymes: possible roles during programmed cell death. *Plant Mol. Biol.* 44: 399 — 415.
- Bethke P. C., Swanson S. J., Hillmer S., Jones R. 1998. From storage compartment to lytic organelle: the metamorphosis of the aleurone protein storage vacuole. *Ann. Bot.* 82: 399 — 412.
- Bewley J. D., Black M. 1994. *Seeds. Physiology of Development and Germination*, 2nd ed. Plenum, New York.
- Bottari A., Cappocchi A., Fontanini D., Galeschi L. 1996. Major proteinase hydrolysing gliadin during wheat germination. *Phytochem.* 43: 39 — 44.
- Callis J. 1995. Regulation of protein degradation. *Plant Cell* 7: 845 — 857.
- Cercós M., Harris N., Carbonell J. 1993. Immunolocalization of a thiol-protease induced during the senescence of unpollinated pea ovaries. *Physiol. Plant.* 88: 275 — 280.
- deBarros E.G., Larkins B.A. 1994. Cloning of a cDNA encoding a putative cysteine protease gliadin during wheat germination. *Phytochem.* 43: 39 — 44.
- del Pozo O., Lam E. 1998. Caspases and programmed cell death in the hypersensitive response of plants to pathogens. *Curr. Biol.* 8: 1129 — 1132.
- Diaz P., Wilson K. A., Tan-Wilson A. L. 1993. Immunocytochemical analysis of proteolysis in germinating soybean. *Phytochem.* 33 (5): 961 — 968.
- Downing W. L., Mauxion F., Fauvarque M. O., de Vienne D., Vartanian N., Giraudat J. 1992. A *Brassica napus* transcript encoding a protein related to the Kunitz protease inhibitor family accumulates upon water stress in leaves, not in seeds. *Plant J.* 5: 685 — 693.
- Enari T. M., Sopanen T. 1986. Mobilization of endosperm reserves during germination of barley. *J. Inst. Brew.* 92: 25 — 31.
- Fischer J., Becker C., Hillmer S., Horstmann C., Neubohn B., Schlereth A., Senyuk V., Shutov A., Muntz K. 2000. The families of papain- and legumain like cysteine proteinases from embryonic axes and cotyledons of *Vicia* seeds: developmental patterns, intercellular localization and functions in globulin proteolysis. *Plant Mol. Biol.* 48:83 — 101.

- Fukuda H. 1996. Xylogenesis: initiation, progression and cell death. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 47: 299 — 325.
- Funk V., Kositsup B., Zhao Ch., Beers E. P. 2002. The arabidopsis xylem peptidase XCP1 is a tracheary element vacuolar protein that may be a papain ortholog. *Plant Physiol.* 128: 89 — 94.
- Greenberg J. T. 1996. Programmed cell death: a way of life for plants. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 93: 12094 — 12097.
- Grudkowska M., Wiśniewski K., Zagdańska B. 2001. Endoproteinyzyny cysteinowe w siewkach pszenicy zaaklimatyzowanych do niskiej temperatury i suszy. *Streszczenia str. 300. XXXVII Zjazd P T Bioch.* Toruń.
- Grudkowska M., Wiśniewski K., Zagdańska B. 2002. Aktywność endoproteinyzyny cysteinowych wskaźnikiem odporności siewek pszenicy ozimej na mróz i suszę. *Biul. IHAR* 223/224: 45 — 55.
- Guerrero C., Calle M., Reid M. S., Valpuesta V. 1998. Analysis of the expression of two thiolprotease genes from daylily (*Heimerocallis spp.*) during flower senescence. *Plant Mol. Biol.* 36:565 — 571.
- Guerrero F. D., Jones J. T., Mullet J. E. 1990. Turgor-responsive gene transcription and RNA levels increase rapidly when pea shoots are wilted. Sequence and expression of three inducible genes. *Plant Mol. Biol.* 15: 11 — 26.
- Ho S. L., Tong W. F., Yu S. M. 2000. Multiple mode of regulation of cysteine proteinase gene expression in rice. *Plant Physiol.* 122: 57 — 66.
- Holwerda B. C., Rogers J. C. 1992. Purification and characterization of aleurain *Plant Physiol.* 99: 848 — 855.
- Huang Y-J., To K-Y., Yap M-N., Chiang W-J., Suen D-F., Chen S-C.G. 2001. Cloning and characterization of leaf senescence up-regulated genes in sweet potato. *Physiol. Plant.* 113: 384 — 391.
- Ingram J., Bartels D. 1996. The molecular basis of dehydration tolerance in plant. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 47: 377 — 403.
- Ishii S. I. 1994. Legumain: asparaginyln endopeptidase. *Methods Enzymol.* 224: 604 — 615.
- Jabs T., Dietrich R. A., Dangl J. L. 1996. Initiation of runaway cell death in an *Arabidopsis* mutant by extracellular superoxide. *Science* 273: 1853 — 1856.
- Jones J. T., Mullet J. E. 1995. A salt and dehydration- inducible pea gene, *Cyp15a*, encodes a cell-wall protein with sequence similarity to cysteine proteases. *Plant Mol. Biol.* 28: 1055 — 1065.
- Koehler S. M., Ho T. D. 1990. A major gibberellic acid-induced barley aleurone cysteine proteinase which digest hordein. *Plant Physiol.* 94: 251 — 258.
- Koizumi M., Yamaguchi- Shinozaki K., Tsuji H., Shinozaki K. 1993. Structure and expression of two genes that encode distinct drought- inducible cysteine proteinases in *Arabidopsis thaliana*. *Gene* 129: 175 — 182.
- Lam E., del Pozo O. 2000. Caspase-like protease involvement in the control of plant cell death. *Plant Mol. Biol.* 44: 417 — 428.
- Mittler R., Simon L., Lam E. 1997. Pathogen-induced programmed cell death in tobacco. *J. Cell Sci.* 110: 1333 — 1344.
- Mlejnek P., Prochazka S. 2002. Activation of caspase-like proteases and induction of apoptosis by isopeptidyloadenosine in tobacco BY-2 cells. *Planta* 215: 158 — 166.
- Müntz K. 1996. Proteases and proteolytic cleavage of storage proteins in developing and germinating dicotyledonous seeds. *J. Exp. Bot.* 47: 605 — 622.
- Nishio N., Satoh H. 1997. A water soluble chlorophyll protein in cauliflower may be identical to BnD22, a drought- induced 22- kilodalton protein in rapeseed. *Plant Physiol.* 115: 841 — 846.
- Pechan T., Ye L., Chang Y., Mitra A., Lin L., Davies F., Williams W., Luthe D. 2000. A unique 33-kD cysteine proteinase accumulates in response to larval feeding in maize genotypes resistant to fall armyworm and other *Lepidoptera*. *Plant Cell* 12: 1031 — 1040.
- Phillips H. A., Wallace W. 1989. A cysteine endopeptidase from barley malt which degrades hordein. *Phytochem.* 28 (12): 3285 — 3290.
- Rawlings N. D., Barret A. J. 1993. Evolutionary families of peptidases. *Biochem.* 299: 205 — 218.
- Schaffer M. A., Fischer R. L. 1988. Analysis of mRNAs that accumulate in response to low temperature identifies a thiol protease gene in tomato. *Plant Physiol.* 87: 431 — 436.

- Schaffer M. A., Fischer R. L. 1990 Transcriptional activation by heat and cold of a thiol protease gene in tomato. *Plant Physiol.* 93: 1486 — 1491.
- Schlereth A., Becker C., Horstmann C., Tiedemann J., Müntz K. 2000. Comparison of globulin mobilization and cysteine proteinases in embryonic axes and cotyledons during germination and seedling growth of vetch (*Vicia sativa* L.). *J. Exp. Bot.* 51: 1423 — 1433.
- Schlereth A., Standhardt D., Mock H.P., Müntz K. 2001. Stored cysteine proteinases start globulin mobilization in protein bodies of embryonic axes and cotyledons during vetch (*Vicia sativa* L.) seed germination. *Planta* 212: 718 — 727.
- Schmid M., Simpson D., Gietl Ch. 1999. Programmed cell death in castor bean endosperm is associated with the accumulation and release of a cysteine endopeptidase from ricinosomes. *Proc. Natl. Acad. Sci USA* 96: 14159 — 14164.
- Shewry P. R., Napier J. A., Tatham A. S. 1995. Seed storage proteins: structures and biosynthesis. *Plant Cell* 7: 945 — 956.
- Shutov A. D., Vaintraub I. A. 1987. Degradation of storage proteins in germinating seeds. *Phytochem.* 26: 1557 — 1566.
- Simpson D. J. 2001. Proteolytic degradation of cereal prolamins — the problem with proline. *Plant Sci.* 161: 825 — 838.
- Solomon M., Belenghi B., Delledonne M., Menachem E., Levine A. 1999. The involvement of cysteine proteases and protease inhibitor genes in the regulation of programmed cell death in plant. *Plant Cell* 11: 431 — 443.
- Tiedemann J., Schlereth A., Müntz K. 2001. Differential tissue- specific expression of cysteine proteinases forms the basis for the fine-tuned mobilization of storage globulin during and after germination in legume seeds. *Planta* 212: 728 — 738.
- Vincent J. L., Brewin N. J. 2000. Immunolocalization of cysteine protease in vacuoles, vesicles, and symbiosomes of pea nodule cells. *Plant Physiol.* 123: 521 — 530.
- Wagstaff C., Leverenz M. K., Griffith G., Thomas B., Chanasut U., Stead A. D., Roger H. J. 2002. Cysteine protease gene expression and proteolytic activity during senescence of *Alstroemeria* petals. *J. Exp. Bot.* 53: 233 — 240.
- Wiśniewski K., Zagdańska B. 2001. Genotype- dependent proteolytic response of spring wheat to water deficiency. *J. Exp. Bot.* 52: 1455 — 1463.
- Xu Y., Hanson R. 2000. Programmed cell death during pollination-induced petal senescence in petunia. *Plant Physiol.* 122: 1323 — 1333.
- Zagdańska B., Wiśniewski K. 1996. Endoproteinase activities in wheat leaves upon water deficit. *Acta Biochim. Polon.* 43: 515 — 520.
- Zhang N., Jones B. L. 1996. Purification and partial characterization of a 31-kDa cysteine endopeptidase from germinated barley. *Planta* 199: 565 — 572.
- Zhao C., Johnson B. J., Kositsup B., Beers E. P. 2000. Exploiting secondary growth in *Arabidopsis*. Construction of xylem and bark cDNA libraries and cloning of three xylem endopeptidases. *Plant Physiol.* 123: 1185 — 1196.

MAŁGORZATA GRUDKOWSKA¹**KRZYSZTOF WIŚNIEWSKI**¹**BARBARA ZAGDAŃSKA**^{1,2}¹ Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie² Katedra Biochemii Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Aktywność endoproteinaz cysteinowych wskaźnikiem odporności pszenicy na mróz i suszę

Cysteine endoproteinases activity as an indicator of wheat resistance to frost and drought

Poziom mrozoodporności siewek pszenicy ozimej dwudziestu odmian i rodów zaaklimatyzowanych do niskiej temperatury jest silnie dodatnio skorelowany z poziomem tolerancji odwodnienia ($r = 0,862$) tych siewek. Aktywność endoproteinaz cysteinowych siewek kontrolnych, nie zaaklimatyzowanych do niskiej temperatury, nie wykazywała korelacji z poziomem odporności na mróz badanych siewek ($r = -0,0028$). Po 10-dniowym okresie aklimatyzacji, aktywność enzymów odmian odpornych nie ulegała zmianie lub obniżała się, a odmian nieodpornych zwiększała się i była wysoce negatywnie skorelowana z poziomem mrozoodporności badanych odmian ($r = -0,853$). Przeprowadzone doświadczenia wskazują, że poziom indukcji endoproteinaz cysteinowych odzwierciedla poziom odporności na mróz i suszę pszenicy ozimej w fazie siewki. Opisana metoda może służyć jako prosty test laboratoryjny do porównawczej oceny odporności materiałów hodowlanych pszenicy ozimej na te dwa powszechne stresy środowiskowe.

Słowa kluczowe: endoproteiny cysteinowe, mrozoodporność, odporność na suszę, pszenica ozima

Frost resistance of seedlings of twenty cultivars and strains of winter wheat was significantly positively correlated with their dehydration tolerance ($r = 0.862$). Cysteine endoproteinase activity of control seedlings, non-acclimated to low temperature, was not correlated with the level of frost resistance ($r = -0.0028$). After 10 day acclimation period, cysteine endoproteinase activity in seedlings of frost resistant cultivars remained unchanged or even lowered, but increased in seedlings of susceptible cultivars and was significantly negatively correlated with the level of frost resistance ($r = -0.853$). The experiments showed that the extent of cysteine endoproteinase induction reflects the level of resistance of winter wheat to frost and water deficiency in the seedling phase. The described procedure seems to be useful as a simple laboratory test for comparative estimation of the resistance level of breeding materials of winter wheat to the both most common abiotic stresses.

Key words: cysteine endoproteinases, drought resistance, frost resistance, winter wheat

WSTĘP

Degradacja białek jest ważnym mechanizmem pozwalającym roślinie utrzymać homeostazę, szczególnie podczas rozwoju lub odpowiedzi na działanie niekorzystnych czynników środowiska. Odpowiedź metaboliczna rośliny wyraża się zmianami w ilości i składzie białek rozpuszczalnych (Callis, 1995). Rośliny potrafią syntetyzować aminokwasy *de novo*, ale znaczna część nowo powstających białek pochodzi z recyklicacji aminokwasów (Vierstra, 1993). Tak więc proteoliza wydaje się być podstawowym mechanizmem umożliwiającym roślinie przebudowę białek komórkowych. Chociaż stresy środowiskowe powodują obniżenie intensywności syntezy białek to równocześnie powodują zwiększenie syntezy różnorodnych białek stresowych umożliwiających roślinie przetrwać okres niesprzyjający wegetacji i zapobiegając powstawaniu nieodwracalnych uszkodzeń (Callis, 1995; Zhu, 2001). Proteoliza jest złożonym procesem, w który zaangażowanych jest wiele enzymów hydrolitycznych (Zagdańska, 2001). W świetle najnowszych badań najważniejszym typem endoproteinaz wydają się być endoproteinazy cysteinowe, gdyż enzymy te odpowiedzialne są, między innymi za aktywną odpowiedź roślin na działanie różnych stresów środowiskowych zarówno biotycznych, jak i abiotycznych (Grudkowska i Zagdańska, w druku).

W odpowiedzi na deficyt wody aktywność endoproteinaz cysteinowych zwiększa się (Guerrero i in., 1990; Jones i Mullet, 1995; Zagdańska i Wiśniewski, 1996; Vincent i Brewin, 2000; Wiśniewski i Zagdańska, 2001). Podobną indukcję endoproteinaz cysteinowych obserwowano w przypadku niskiej (chłodowej) temperatury działającej na rośliny pomidora (Schaffer i Fisher, 1988, 1990). Zwiększenie ekspresji genu kodującego endoproteinazę cysteinową w owocach pomidora pod wpływem niskiej temperatury (Schaffer i Fischer, 1988, 1990), genów kodujących endoproteinazy cysteinowe u grochu pod wpływem zmniejszającego się turgoru (Guerrero i in., 1990) oraz zwiększenie aktywności endoproteinaz cysteinowych kodowanych przez geny *rd* przez wzrastający deficyt wody w pędach *Arabidopsis thaliana* (Koizumi i in., 1993) wskazują, że endoproteinazy mogą zmieniać metabolizm poprzez przyspieszenie obrotu białek (protein turnover) lub aktywować specyficzne białka. Ponadto przypuszcza się, że enzymy te mogą degradować białka występujące w wakuolach organów wegetatywnych, a zwiększone stężenie aminokwasów prowadzi do obniżania potencjału wody i tym samym ułatwia roślinie dostosowanie osmotyczne (Guerrero i in., 1990). Można też przypuszczać, że aminokwasy uzyskane z hydrolizy białek są wykorzystywane do syntezy wielu białek indukowanych przez stres, np. akwaporyn ułatwiających roślinie funkcjonowanie w warunkach stresu.

Dlatego celem obecnych doświadczeń było sprawdzenie na szerszym materiale roślinnym, czy stopień indukcji endoproteinaz cysteinowych odzwierciedla poziom odporności badanych genotypów pszenicy ozimej na suszę i czy inny stres środowiskowy, np. niska temperatura powoduje podobną indukcję endoproteinaz cysteinowych, zależną od poziomu tolerancji mrozowej.

MATERIAŁ I METODY

Materiał roślinny

Doświadczenia przeprowadzono na dwudziestu odmianach i rodach pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.) rosnących w warunkach fitotronowych (kamery KTLK 1250 firmy Ilka). Ziarniaki (w czterech powtórzeniach po 25 szt.) wykładano na paski wilgotnej bibuły filtracyjnej jeden obok drugiego w odległości 1 cm od górnej krawędzi, zarodkami w dół. Nasiona przykrywano takimi samymi paskami bibuły, a następnie zwijano je w rulony i wstawiano pionowo w pudełka polistyrenowe zawierające wodę destylowaną. Po skiełkowaniu ziarniaków wodę zastępowano pożywką Knoppa wzbogaconą mikroelementami wg Hoaglanda. W ciągu pierwszych 10 dni wzrostu utrzymywano temperaturę 18° C w dzień i 14° C w nocy, przy 16 godzinnym fotoperiodzie i natężeniu światła ok. 120 W 1 m⁻² i wilgotności względnej powietrza 70–80%. Następne 10 dni wzrostu przebiegało w temperaturze +2° C, 24-godzinnym fotoperiodzie i przy natężeniu światła około 40 W m⁻² i wilgotności względnej powietrza 80%. (hartowanie).

Oznaczenie tolerancji odwodnienia

Deficyt wodny tkanki oznaczono na odciętych od rośliny blaszkach liściowych siewek pszenicy po okresie hartowania. Tkankę roślinną umieszczono nad bezwodnym CaCl₂ w eksykatorze próżniowym i odwadniano w próżni (2,7 x 10³ Pa) przez 2 i 4 godziny. Deficyt wody badanych liści określono metodą Stockera (1929). Wielkość deficytu wodnego wyliczono ze wzoru:

$$WSD = \frac{W_s - W_a}{W_s - D_w} \times 100\%,$$

W_s — zawartość wody w tkance przy pełnym turgorze,

W_a — aktualna zawartość wody w tkance,

D_w — sucha masa tkanki.

Uwadnianie liścia do pełnego turgoru prowadzono w ciemności przez 24 godziny w kamerze wysyczonej parą wodną w temperaturze 20–22° C. Obliczoną w ten sposób wartość deficytu wodnego wyrażono w procentach.

Ocenę uszkodzeń wywołanych deficytem wodnym przeprowadzono metodą konduktometryczną określając ilość elektrolitów wewnątrzkomórkowych uwolnionych z tkanki na skutek uszkodzenia komórek (Długokęcka i Kacperska-Palacz, 1978). Uszkodzoną tkankę (pod wpływem odwadniania w eksykatorze próżniowym) przetrzymywano w probówce z wodą destylowaną przez 24 godziny w temp. 5° C i wypłukiwano z niej elektrolity uwolnione z komórek. Następnie mierzono przewodnictwo elektrolityczne wycieku przy pomocy konduktometru i porównywano do ogólnej ilości elektrolitów zawartych w tkance. Ogólną ilość elektrolitów w tkance określono po zabiciu wszystkich komórek przez zagotowanie. Pomiar przewodnictwem otrzymanego roztworu przeprowadzono po schłodzeniu do temperatury pokojowej. Wskaźnik uszkodzenia tkanki (I_D) obliczono ze wzoru (Długokęcka i Kacperska-Palacz, 1978):

$$I_D = \frac{L_D - L_O}{1 - L_D} \times 100\%,$$

L_D — wyciek elektrolitów z tkanki poddanej desykacji w stosunku do ogólnej zawartości elektrolitów,

L_O — wyciek elektrolitów z tkanki kontrolnej w stosunku do ogólnej zawartości elektrolitów.

Z wykresu przedstawiającego zależność stopnia uszkodzenia tkanki od wielkości deficytu wodnego odczytywano za pomocą interpolacji wartość deficytu wodnego powodującego 50% uszkodzeń tkanki (krytyczny deficyt wodny).

Oznaczenie poziomu mrozoodporności

Ocenę mrozoodporności badanych form pszenicy ozimej przeprowadzono metodą laboratoryjną (Zagdańska i Rybka, 1984).

Po 10-dniowym okresie hartowania rośliny przemrażano w temperaturze — 6° C przez 20 godzin przy spadku temperatury 1,5° C·godz⁻¹. Po rozmrożeniu roślin (z szybkością wzrostu temperatury 1,5° C·godz⁻¹) rośliny przetrzymywano przez 24 godziny w temperaturze +2° C, a następnie przez dalsze 24 godziny w temperaturze +10° C, przy natężeniu światła ok. 40 W 1 m⁻² i 24-godzinny fotoperiodzie. Ocenę przeżywalności siewek prowadzono wizualnie, przyjmując za kryterium odrost liści i korzeni po 8–9 dniach po przemrożeniu. Wyniki podano w procentach przeżycia, porównując liczbę żywych roślin po przemrożeniu z liczbą zdrowych siewek przed przemrożeniem.

Oznaczenie aktywności endoproteinaz cysteinowych

Około 1 g liści homogenizowano w ciepłym azocie i enzymy ekstrahowano 5 ml oziębionego buforu ekstrakcyjnego (50 mM TRIS-HCl pH 7,2) zawierającego 0,2 g nierozpuszczalnego PVP i 5 mM merkaptetanol. Ekstrakt filtrowano i wirowano przez 10 min przy 15000 g w 4° C. Aktywność enzymatyczną oznaczano w supernatancie. Aby oznaczyć aktywność endoproteinaz cysteinowych, do 0,5 ml 0,25 M buforu cytrynianowego (pH 5,0) dodawano 0,1 ml ekstraktu enzymatycznego i 0,1 ml 1,0 mM jodooctanu (inhibitor endoproteinaz cysteinowych). Mieszaninę inkubowano w temperaturze 37° C. Po godzinnej inkubacji, do mieszaniny dodawano 0,3 ml 0,5% azokazeiny. Po 2-godzinnej inkubacji w temperaturze 37° C, reakcję przerywano przez dodanie 2 ml 12% kwasu tróchlorooctowego (TCA). Całkowitą aktywność azokazeinolityczną mierzono następująco: do 0,6 ml 0,25 M buforu cytrynianowego dodawano 0,1 ml ekstraktu enzymatycznego oraz 0,3 ml 0,5% azokazeiny i mieszaninę inkubowano przez 2 godziny w temperaturze 37° C. Aktywność proteolityczną mierzono spektrofotometrycznie przy 340 nm. Za jednostkę aktywności proteolitycznej przyjęto ilość enzymu powodującego 0,01 przyrost absorbancji. Zawartość białka w ekstrakcie oznaczano metodą Bradforda (1976).

Opracowanie statystyczne wyników

Wszystkie wyniki zostały poddane analizie statystycznej posługując się programem komputerowym Statistica 5.97.

WYNIKI

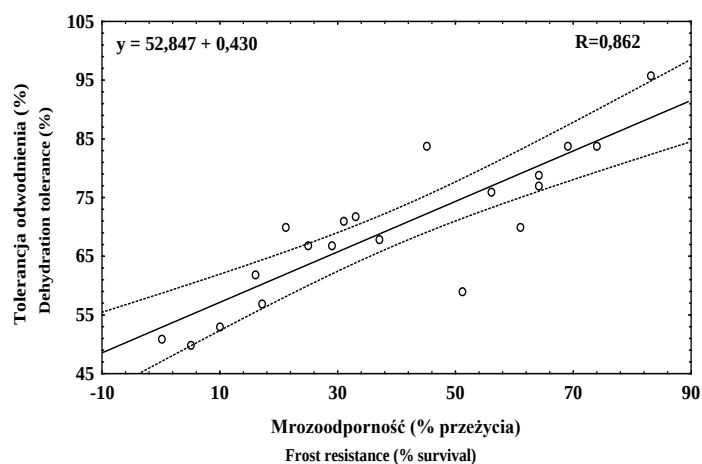
Spośród badanego materiału (18 rodów z doświadczeń i 2 odmiany) najwyższą mrozoodpornością ocenianą metodą laboratoryjną charakteryzował się ród OLH 9109 (tab. 1). Odmiana Kobra, stosowana jako jeden ze wzorców mrozoodporności w ocenie tej cechy charakteryzowała się poziomem mrozoodporności trochę wyższym od przeciętnej (64% przeżycia). Wśród rodów o niskiej mrozoodporności (przeżywalność siewek $\leq 20\%$) znalazły się cztery rody z Oleśnicy. Zdolność pszenicy do tolerowania odwodnienia, oznaczona również po 10-dniowym okresie hartowania tzn. w tej samej fazie rozwoju roślin była najwyższa dla rodu o najwyższej mrozoodporności (tab. 1). Podobnie odporność badanego materiału na odwodnienie była najniższa u rodów wykazujących najniższą mrozoodporność. Przeprowadzona analiza regresji wykazała, że istnieje ścisła zależność pomiędzy odpornością pszenicy ozimej na mróz i suszę (rys. 1). Wyliczony przy pomocy programu komputerowego współczynnik korelacji dla tych dwóch cech wyniósł 0,862.

Tabela 1

Mrozoodporność (przeżywalność roślin w %) i tolerancja odwodnienia (krytyczny deficyt wodny w %) odmian wzorcowych i rodów hodowlanych pszenicy ozimej
Frost resistance (plant survival in %) and dehydration tolerance (critical WSD in %) of standard cultivars and strains of winter wheat

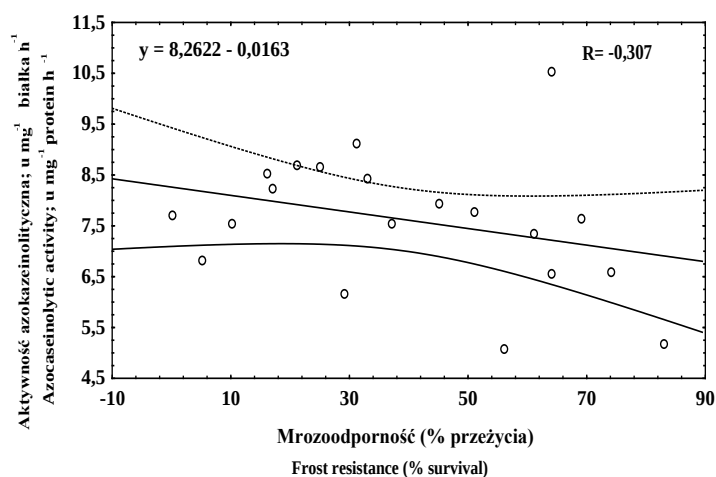
Odmiana / Ród Cultivar / Strain	Przeżywalność roślin Survival of plants (%)	Krytyczny WSD Critical WSD (%)	Odmiana / Ród Cultivar / Strain	Przeżywalność roślin Survival of plants (%)	Krytyczny WSD Critical WSD (%)
OLH 9109	83	96	OLH 9142	33	72
KOC 3473/94	74	84	Jawa	31	71
KOC 3473/94	69	84	STH 775	29	67
Kobra	64	79	STH 724	25	67
OLH 9173	64	77	SMH 5476	21	70
SOD 3387/92	61	70	SMH 3648	17	57
STH 572	56	76	OLH 9120	16	62
STH 731	51	59	OLH 9557	10	53
STH 152	45	84	OLH 9131	5	50
OLH 9558	37	68	OLH 9513	0	51

Intensywność proteolizy, mierzona jako aktywność azokazeinolityczna w ekstraktach otrzymanych z siewek badanych rodów i odmian, wahała się w granicach 5,0–10,5 u mg^{-1} białka $\cdot \text{h}^{-1}$ w siewkach roślin kontrolnych tj. nie aklimatyzowanych do warunków mrozu (rys. 2). Ogólna aktywność proteolityczna tych siewek nie wykazywała żadnego związku z oznaczoną wcześniej mrozoodpornością ($r = -0,307$). Poddanie siewek roślin kontrolnych 10-dniowemu działaniu niskiej dodatniej temperatury nie spowodowało istotnych różnic w aktywności azokazeinolitycznej badanego materiału, która pozostawała na poziomie 5,5–10,5 u mg^{-1} białka $\cdot \text{h}^{-1}$ (rys. 3). Współczynnik korelacji pomiędzy aktywnością proteolityczną badanych rodów i odmian a poziomem ich mrozoodporności zwiększył się tylko nieznacznie ($r = 0,356$) i pozostawał na niskim poziomie.



Rys. 1. Zależność pomiędzy mrozoodpornością (wyrażoną w % przeżywalności siewek) a tolerancją odwodnienia (wyrażoną w % jako krytyczny deficyt wody) w badanych odmianach i rodach pszenicy ozimej

Fig. 1. Relationship between frost resistance (expressed in % as seedling survival) and dehydration tolerance (expressed in % as critical WSD) of cultivars and strains of winter wheat

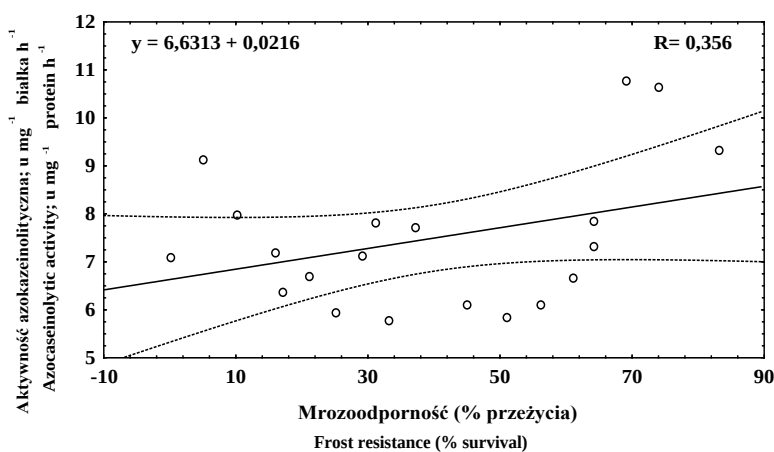


Rys. 2. Aktywność azokazeinolityczna (wyrażona w jednostkach aktywności na mg białka na godzinę) w siewkach roślin kontrolnych

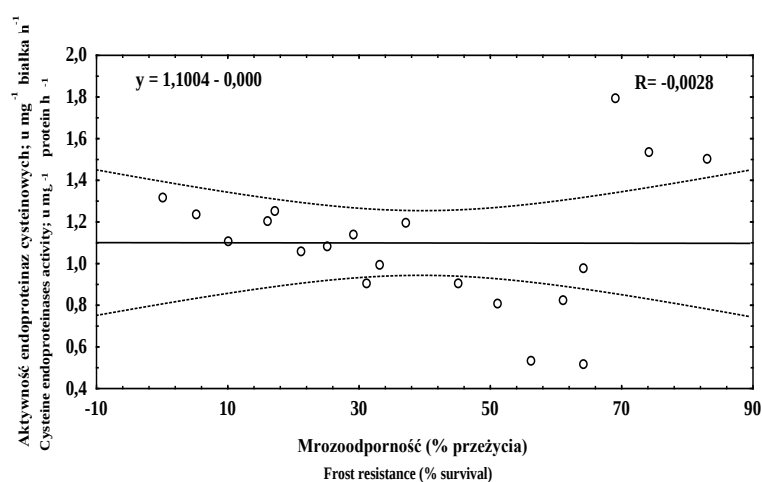
Fig. 2. Azocaseinolytic activity (expressed in units mg^{-1} protein h^{-1}) in control non-acclimated seedlings

Aktywność endoproteinaz cysteinowych wahała się w granicach $0,5\text{--}1,8 \text{ u mg}^{-1}$ białka $\cdot \text{h}^{-1}$ w siewkach roślin kontrolnych (rys. 4). Aktywność tych enzymów nie wykazywała żadnego związku z poziomem odporności na mróz i suszę badanego materiału. W wyniku natomiast harowania (aklimatyzacji), tj. zwiększenia odporności na mróz w aktywności endoproteinaz cysteinowych nastąpiły widoczne zmiany (rys. 5). U form

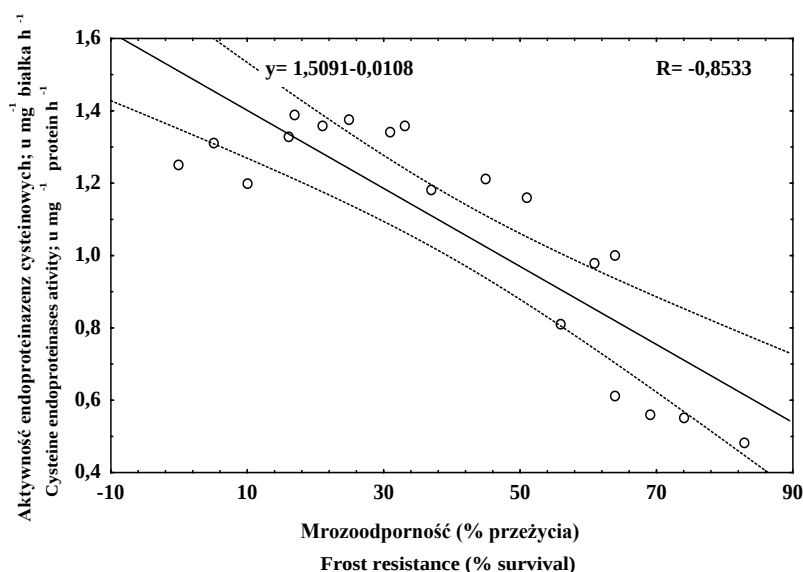
wrażliwych na mróz (przeżywalność do 30%) i suszę (krytyczny deficyt wody około 65%) aktywność enzymów nieznacznie zwiększyła się do $1,4 \text{ u mg}^{-1} \text{ białka} \cdot \text{h}^{-1}$, natomiast u rodów i odmian odpornych zmniejszyła się prawie trzykrotnie do około $0,4\text{--}0,6 \text{ u mg}^{-1} \text{ białka} \cdot \text{h}^{-1}$. Przeprowadzona analiza regresji wykazała, że istnieje ścisła ujemna korelacja pomiędzy aktywnością endoproteinaz cysteinowych a poziomem mrozoodpornością i odporności na suszę badanych odmian i rodów pszenicy ozimej zaaklimatyzowanych do niskiej temperatury ($r = -0,853$).



Rys. 3. Aktywność azokazeinolityczna w hartowanych siewkach pszenicy
Fig. 3. Azocaseinolytic activity in acclimated wheat seedlings



Rys. 4. Aktywność endoproteinaz cysteinowych w siewkach roślin kontrolnych
Fig. 4. Cysteine endoproteinases activity in control non-acclimated seedlings



Rys. 5. Aktywność endoproteinaz cysteinowych w hartowanych siewkach pszenicy
Fig. 5. Cysteine endoproteinases activity in acclimated wheat seedlings

DYSKUSJA

Mrozoodporność nie jest cechą konstytutywną roślin, ale indukowaną w odpowiedzi na niską dodatnią temperaturę. Takie przystosowanie do przeżycia mrozu, określane jako hartowanie (zabieg doświadczalny) lub aklimatyzacja (zachodząca w warunkach naturalnych) jest nieodłącznym elementem testów przeprowadzanych dla oceny mrozoodporności (Zagdańska i Rybka, 1984; Gut i Witkowski, 1987; Rybka, 1992). Porównanie różnych metod oceny mrozoodporności wykazało, że różnice w ocenie wynikają jedynie z warunków w jakich zachodzi aklimatyzacja roślin (Rybka i in., 1994). W przypadku laboratoryjnej metody oceny mrozoodporności ten problem jest pominięty, gdyż hartowanie zachodzi w takich samych warunkach dla wszystkich badanych form pszenicy ozimej. Odporność na suszę zależy głównie od zdolności rośliny do tolerowania odwodnienia czyli od możliwości znoszenia skutków deficytu wody albo od efektywności naprawy uszkodzeń powstałych wskutek odwodnienia. Jednym z kryteriów oceny zdolności tkanki do tolerowania odwodnienia jest wielkość tzw. krytycznego deficytu wody, tj. takiego deficytu (wyrażonego w procentowej utracie wody przez badaną tkankę w stosunku do całkowitej ilości wody w tkance w pełnym turgorze), który powoduje 50% uszkodzeń tkanki ocenianych poziomem wycieku elektrolitów wewnątrzkomórkowych uwalnianych do środowiska (woda redestylowana) w wyniku powstania uszkodzeń dehydracyjnych (Zagdańska, 1992). Taka ocena zdolności tkanki do tolerowania odwodnienia wydaje się być najbardziej znaczącym wskaźnikiem aktywności metabolicznej rośliny i możliwości przeżycia w warunkach suszy. Wielkość krytycznego deficytu wody wykazuje

dużą zgodność ze spadkiem plonu pszenicy jarej (Kozhushko, 1976; Zagdańska i Pacanowska, 1976; Blum, 1988).

Wysoki stopień korelacji pomiędzy poziomem mrozoodporności badanych form pszenicy ozimej zaaklimatyzowanych do warunków niskiej temperatury a odpornością na suszę (tolerancja odwodnienia) jest potwierdzeniem wcześniejszych obserwacji (Levitt, 1980; Wiśniewski i in., 1997; Thomashow, 1998). Obniżanie się temperatury otoczenia powoduje silne odwodnienie protoplastu, którego wynikiem może być denaturacja białek prowadząca do nieodwracalnych uszkodzeń komórki (Callis, 1995; Thomashow, 1998; 1999). Zwiększona ekspresja genów regulowanych przez czynnik transkrypcyjny CBF (C-repeat/dehydration-responsive element binding factor) wpłynęła na podwyższenie tolerancji mrozowej i tolerancji odwodnienia *Arabidopsis thaliana* (Jaglo-Ottosen i in., 1998; Liu i in., 1998; Kasuga i in., 1999; Gilmour i in., 2000) oraz rzepaku (Jaglo i in., 2001). Podobnie badania przeprowadzone w wielu laboratoriach wykazują, że zarówno mróz jak i susza powodują praktycznie takie same zmiany w ekspresji genów i jak dotąd nie znaleziono genów, których zmieniona ekspresja różnicuje odpowiedź rośliny na oba stresy (Ingram i Bartels, 1996; Thomashow, 1999).

Prezentowane wyniki jednoznacznie wykazały, że stopień indukcji endoproteinaz cysteinowych odzwierciedla poziom odporności pszenicy ozimej na deficyt wody i poziom tolerancji mrozowej. Obserwacje te, przeprowadzone na życzenie hodowców dla pełniejszego uwiarygodnienia przeprowadzonego testu, zostały potwierdzone na 35 odmianach pszenicy ozimej pochodzących z kolekcji roboczej Zakładu Roślin Zbożowych IHAR w Krakowie (sprawozdanie za 2001 rok)). Wiadomo, że dehydratacja komórki, spowodowana zarówno działaniem niskiej temperatury na roślinę, suszą glebową lub atmosferyczną, a także zasoleniem zazwyczaj prowadzi do zmian w natywnej konformacji białek lub do utraty ich aktywności. Dlatego zdolność rośliny do tolerowania odwodnienia musi być związana z efektywnymi mechanizmami reperującymi uszkodzone białka, usuwającymi zdenaturowane białka i w ten sposób zapobiegającymi powstawaniu uszkodzeń metabolicznych oraz usuwającymi białka zbędne tzn. takie, które w określonej sytuacji metabolicznej przestają odgrywać swoją specyficzną rolę (Ingram i Bartels, 1996). Odpowiedzią metaboliczną rośliny na stresy środowiskowe jest więc indukcja endoproteinaz cysteinowych. Jednakże badania przeprowadzone na dziesięciu odmianach pszenicy jarej różniących się zdolnością do tolerowania odwodnienia i do aklimatyzacji wykazują, że wysoka tolerancja odwodnienia pszenicy zarówno w fazie strzelania w źdźbło, jak i kłoszenia wiąże się ze zmniejszoną, a nie ze zwiększoną aktywnością endoproteinaz cysteinowych (Wiśniewski i Zagdańska, 2001). Cytowane wyniki są dodatkowo potwierdzone przez obserwacje, że odmiany pszenicy ozimej o najwyższej mrozoodporności i odporności na suszę charakteryzowały się trzykrotnie niższą aktywnością endoproteinaz cysteinowych. Mechanizm obserwowanych zmian dla rośliny nie jest w pełni wyjaśniony.

Przeprowadzone badania na znacznej liczbie (65 odmian i rodów pszenicy ozimej i jarej) o różnej tolerancji na suszę i na oba stresy jednocześnie (55 odmian i rodów pszenicy ozimej) mogą wskazywać na udział innych niż endoproteinazy cysteinowe układów proteolitycznych współdziałających i kompensujących obniżoną aktywność endoproteinaz

cysteinowych u odmian odpornych. Może nimi być szlak degradacji białek zależny od ATP (Wiśniewski i Zagdańska, 2001; Zagdańska, 2001). Nie jest jednak wykluczone, że odmiany tolerancyjne nie wymagają tak głębokiej przebudowy swoich białek (Fukuda, 1996). Jakkolwiek jednak proponowany test oparty jest na negatywnej korelacji z tolerancją pszenicy na stresy abiotyczne to niewątpliwie jest on bardzo przydatny dla hodowców, gdyż umożliwia szybką selekcję materiałów hodowlanych pszenicy odpornych w fazie siewki zarówno na mróz jak i suszę. Zaletą proponowanej metody jest stosunkowo niski koszt oznaczeń, szybkość i nieskomplikowany, niezbyt kosztowny sprzęt laboratoryjny.

LITERATURA

- Bradford M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye-binding. *Anal. Biochem.* 72: 248—254.
- Blum A. 1988. *Plant Breeding for Stress Environments*. CRC Press. Boca Raton, Florida.
- Callis J. 1995. Regulation of protein degradation. *The Plant Cell* 7: 845—857.
- Długokęcka E., Kacperska-Palacz A. 1978. Re-examination of electrical conductivity method for estimation of drought injuries. *Biol. Plant.* 20: 262—267.
- Fukuda H. 1996. Xylogenesis: initiation, progression and cell death. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 47: 299—325.
- Gilmour S.J., Sebolt A.M., Salazar M.P., Everard J.D., Thomashow M.F. 2000. Overexpression of the *Arabidopsis* CBF3 transcriptional activators mimics multiple biochemical changes associated with cold acclimation. *Plant Physiol.* 124: 1854 — 1865.
- Gut M., Witkowski E. 1987. Badania nad mrozoodpornością rodów hodowlanych pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.) w latach 1982–85. Cz. I. *Biul. IHAR* 161: 3 — 10.
- Grudkowska M., Zagdańska B. Roślinne endoproteinazy cysteinowe i ich różnorodne funkcje fizjologiczne. *Biul. IHAR* 223/224:
- Guerrero F. D., Jones J. T., Mullet J. E. 1990. Turgor-responsive gene transcription and RNA levels increase rapidly when pea shoots are wilted. Sequence and expression of three inducible genes. *Plant Mol. Biol.* 15: 11 — 26.
- Ingram J., Bartels D. 1996. The molecular basis of dehydration tolerance in plant. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 47: 377 — 403.
- Jaglo-Ottosen K. R., Gilmour S. J., Zarka D. G., Schabenberger O., Thomashow M. F. 1998. *Arabidopsis* CBF1 overexpression induces COR genes and enhances freezing tolerance. *Science* 280: 104 — 106.
- Jaglo K. R., Kleff S., Amundsen K. L., Zhang X., Haake V., Zhang J. Z., Deits T., Thomashow M. F. 2001. Components of the *Arabidopsis* C-repeat/dehydration-responsive element binding factor cold-response pathway are conserved in *Brassica napus* and other plant species. *Plant Physiol.* 127: 910 — 917.
- Jones J. T., Mullet J. E. 1995. A salt and dehydration- inducible pea gene, *Cyp15a*, encodes a cell-wall protein with sequence similarity to cysteine proteases. *Plant Mol. Biol.* 28: 1055 — 1065.
- Kasuga M., Liu Q., Miura S., Yamaguchi-Shinozaki K., Shinozaki K. 1999. Improving plant drought, salt, and freezing tolerance by gene transfer of a single stress-inducible transcription factor. *New Biotechnol.* 17: 287 — 291.
- Koizumi M., Yamaguchi- Shinozaki K., Tsuji H., Shinozaki K. 1993. Structure and expression of two genes that encode distinct drought-inducible cysteine proteinases in *Arabidopsis thaliana*. *Gene* 129: 175 — 182.
- Kozhushko N. N. 1976. Metody ocenki ustoicivosti rastienii k nieblagoprijatnym usloviam sriedy. Udovenko N.Z., ed. Kolos, Leningrad.
- Levitt J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. 2nd ed., Academic Press, New York.
- Liu Q., Kasuga M., Sakuma Y., Abe H., Miura S., Yamaguchi-Shinozaki K., Shinozaki K. 1998. Two transcription factors, DREB1 and DREB2, with an EREBP/AP2 DNA binding domain separate two

- cellular signal transduction pathways in drought- and low-temperature-responsive gene expression, respectively, in *Arabidopsis*. *Plant Cell*: 10: 1391 — 1406.
- Rybka Z. 1992. Fizjologiczno-biochemiczne kryteria oceny mrozoodporności roślin uprawnych. *Biul. IHAR* 183: 31— 36.
- Rybka Z., Zagdańska B., Gut M., Witkowski E. 1994. Przydatność metod oceny mrozoodporności materiałów hodowlanych pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 192: 59— 68.
- Schaffer M. A., Fischer R. L. 1988. Analysis of mRNAs that accumulate in response to low temperature identifies a thiol protease gene in tomato. *Plant Physiol.* 87: 431— 436.
- Schaffer M. A., Fischer R. L. 1990 Transcriptional activation by heat and cold of a thiol protease gene in tomato. *Plant Physiol.* 93: 1486 — 1491.
- Stocker O. 1929. Das Wasserdefizit von Gefasspflanzen in versiednen Klimazonen. *Planta* 7: 382 — 387.
- Thomashow M. F. 1998. Role of cold-responsive genes in plant freezing tolerance. *Plant Physiol.* 118: 1 — 7.
- Thomashow M. F. 1999. Plant cold acclimation: freezing tolerance genes and regulatory mechanisms. *Annu Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 50: 575— 599.
- Vierstra R. D. 1993. Protein degradation in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 44: 385 — 410.
- Wiśniewski K., Zagdańska B., Prończuk M. 1997. Interrelationship between frost tolerance, drought and resistance to snow mould (*Microdochium nivale*). *Acta Agron. Hung.* 45: 311 — 316.
- Wiśniewski K., Zagdańska B. 2001. Genotype — dependent proteolytic response of spring wheat to water deficiency. *J. Exp. Bot.* 52: 1455 — 1463.
- Zagdańska B., Pacanowska A. 1976. Dehydration tolerance of spring wheat and its relation to plant growth and productivity under soil drought conditions. *Biol. Plant.* 21: 452 — 461.
- Zagdańska B., Rybka Z. 1984. Laboratoryjna metoda oceny mrozoodporności jęczmienia ozimego metodą przemrażania siewek. *Biul. IHAR* 155: 51 — 55.
- Zagdańska B. 1992. Fizjologiczno-biochemiczne kryteria odporności roślin na suszę. *Biul. IHAR* 183: 11 — 19.
- Zagdańska B., Wiśniewski K. 1996. Endoproteinase activities in wheat leaves upon water deficits. *Acta Biochem. Polon.* 43: 512 — 520.
- Zagdańska B. 2001. Mechanizmy degradacji białek i ich znaczenie w odporności roślin na mróz i suszę. *Biul. IHAR* 218/219: 15— 28.
- Zhu J. K. 2001. Cell signaling under salt, water and cold stresses. *Current Opinion Plant Biol.* 4: 401— 406.

ARTUR KRYSZCZUK

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Młochowie

Kriokonserwacja — nowoczesna metoda długotrwałego przechowywania materiału roślinnego

Cryopreservation — a modern method of long-term storage of plant material

Kriokonserwacja jest to metoda przechowywania zamrożonego materiału biologicznego w bardzo niskich temperaturach, najczęściej w ciekłym azocie (-196°C). W pracy dokonano przeglądu literatury na temat kriokonserwacji materiału roślinnego pochodzącego z kultur *in vitro*, z uwzględnieniem metod, warunków procesu i możliwości szerokiego zastosowania w bankach genów. Zestawiono wyniki uzyskane przez autorów zajmujących się kriokonserwacją różnych gatunków roślin.

Słowa kluczowe: kriokonserwacja, bank genów, kultury *in vitro*

Cryopreservation is a method of storage of frozen biological material in a very low temperature, usually in liquid nitrogen (-196°C). The paper is a review of literature concerning cryopreservation of plant material from *in vitro* culture with regard to methods, conditions and possibility of application in gene banks. Results of cryopreservation of different plant species were compared.

Keywords: cryopreservation, gene bank, *in vitro* cultures

WSTĘP

Wskutek rozwoju cywilizacji i postępu technicznego drastycznie zmniejsza się różnorodność biologiczna. Często niemożliwe jest zapobieganie jej degradacji przez ochronę organizmów *in situ*, czyli w ich naturalnym środowisku. W tej sytuacji trzeba stosować ochronę *ex situ* polegającą na działalności banków genów, których podstawowym zadaniem jest utrzymywanie i rozwijanie w miarę możliwości kolekcji istniejących gatunków. Wiele gatunków roślin utrzymywanych w bankach genów rozmnażanych jest z nasion i w takiej formie może być przechowywane przez długi okres. Problem stanowi przechowywanie roślin rozmnażanych wegetatywnie lub roślin, które tworzą nasiona nie nadające się do długotrwałego przechowywania. Najczęściej używaną metodą utrzymywania w bankach genów takich gatunków jest tworzenie kolekcji polowych. Utrzymanie kolekcji polowej wymaga dużych nakładów pracy, występuje również ryzyko zniszczenia

kolekcji przez patogeny, szkodniki lub czynniki pogodowe. Kolekcja taka nie jest dostępna przez cały rok.

Inną metodą przechowywania gatunków roślin jest gromadzenie ich w kolekcjach *in vitro*. Dzięki uprawie roślin w sterylnych warunkach, na sztucznych pożywkach w pokojach fitotronowych możliwe jest ograniczenie szkodliwego wpływu czynników naturalnych na utrzymywaną kolekcję, środowisko, w którym rosną rośliny może być ściśle kontrolowane. Metoda przechowywania roślin *in vitro*, mimo znacznej przewagi nad polowym bankiem genów, również nie jest wolna od wad. Jest pracochłonna, a w przechowywanym materiale występuje ryzyko wystąpienia zmian somaklonalnych, czy infekcji mikrobiologicznej.

Kolejnym krokiem w udoskonalaniu długotrwałego przechowywania materiału roślinnego wydaje się być metoda kriokonserwacji roślin. Polega ona na zamrożeniu tkanek roślinnych i przechowywaniu ich w bardzo niskich temperaturach, najczęściej w ciekłym azocie (-196°C). Zamrożony materiał nie podlega żadnym zmianom, może więc być przechowywany przez nieograniczony czas.

Celem pracy jest przedstawienie niektórych aspektów zastosowania kriokonserwacji do długotrwałego przechowywania eksplantatów roślinnych pozyskanych z kultur *in vitro*.

PRZYGOTOWANIE MATERIAŁU ROŚLINNEGO DO ZAMRAŻANIA

Dla każdego gatunku przed rozpoczęciem badań dotyczących kriokonserwacji konieczne jest określenie metodyki rozmnażania i regeneracji *in vitro* materiału roślinnego przeznaczonego do przechowywania w niskich temperaturach. W praktyce zamraża się najczęściej: merystemy, zarodki somatyczne, kalus, protoplasty, zawiesinę komórkową. Eksplantaty przeznaczone do zamrożenia powinny być w tej samej fazie rozwojowej i wieku oraz tej samej wielkości. Komórki eksplantatów powinny być jak najmniej zróżnicowane. Gwarantuje to podobny wpływ czynników procesu kriokonserwacji (stosowanych krioprotektantów i temperatury) na wszystkie komórki eksplantatu i podobną reakcję tychże komórek na wymienione czynniki.

Wpływ na efektywność kriokonserwacji może mieć wiek kultury przeznaczonej do zamrażania (Bouafia i in., 1996), a także sposób postępowania z materiałem roślinnym znajdującym się w kulturach *in vitro*. Hartowanie materiału w niskich temperaturach, modyfikacja składu pożywki, czy zmiana rodzaju i intensywności światła mogą w znacznym stopniu zwiększyć odporność na stres wywołany przez substancje chemiczne używane w procesie kriokonserwacji oraz przez sam zabieg zamrażania i rozmrażania materiału (Benson i in., 1989; Harding i in., 1991; Vendenbussche i De Proft, 1998).

PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA KRIOKONSERWACJI

Podstawowym celem kriokonserwacji jest kontrolowane odwodnienie komórek materiału roślinnego przygotowywanego do zamrożenia. Zapobiega to powstawaniu wewnątrzkomórkowych kryształków lodu, które niszczą struktury komórkowe, co zwykle prowadzi do śmierci komórki i jest główną przyczyną niepowodzenia zamrażania (Starck

i in., 1993). Należy także pamiętać o toksycznym wpływie wielu używanych krioprotektantów i szoku, jakim jest dla komórek utrata dużych ilości wody. Te czynniki również mogą powodować zamieranie komórek, dlatego należy kontrolować ich wpływ na tkankę roślinną przygotowywaną do zamrożenia.

Krioprotektanty to związki chemiczne używane w procesie kriokonserwacji mające za zadanie zminimalizowanie szkodliwego wpływu zamrażania i rozmrażania na komórki roślinne. Można je podzielić na dwie grupy:

- przenikające do wnętrza komórki przez błony komórkowe: dimetylosulfotlenek (DMSO), glicerol, glikol propylenowy,
- nie przenikające przez błony komórkowe: cukry, glikol polietylenowy.

Kriokonserwacja składa się z kilku etapów: przygotowania materiału roślinnego do zamrażania, jego zamrożenia, rozmrożenia oraz traktowania po rozmrożeniu.

Przygotowanie do zamrażania rozpoczyna się zwykle od wyłożenia eksplantatów na pożywkę wzbogaconą w cukry (sacharoza, mannitol, sorbitol), czasami DMSO. Etap ten trwa od kilku godzin (Bouafia i in., 1996) do kilku dni (Towill, 1990). Sarkar i Naik (1998) oraz Hirai i Sakai (1999) uważają, że inkubacja eksplantatów na pożywce bogatej w cukry zwiększa tolerancję materiału roślinnego na odwodnienie, które następuje podczas dalszych etapów kriokonserwacji. Withers (1987) uważa, że etap ten ma również inne znaczenie, bo następuje wówczas inicjacja regeneracji, co ma szczególne znaczenie w wypadku eksplantatów takich jak merystemy (regeneracja w miejscach cięcia). Fretz i Lörz (1996), opisując kriokonserwację traw stwierdzają natomiast, że wykładanie eksplantatów na pożywkę wzbogaconą w cukry nie zawsze jest potrzebne.

Eksplantaty są poddawane następnie działaniu krioprotektantów. W zależności od wybranej metody kriokonserwacji i schematu postępowania używa się jednego krioprotektanta lub mieszaniny kilku związków. Inkubacja w roztworze krioprotektantów trwa od kilkunastu minut do kilku dni. Proces ten czasami prowadzi się w temperaturze ok. 0° C (Meijer i in., 1991; Matsumoto i in., 1997; Mandal i Dixit, 2000), aby zmniejszyć szkodliwy wpływ krioprotektantów na traktowany materiał roślinny.

W zależności od metody kriokonserwacji materiał roślinny zamrażany jest dwuetapowo lub jednoetapowo. Zamrażanie dwuetapowe polega na schłodzeniu materiału roślinnego do -35 lub -40° C a następnie przeniesieniu go do ciekłego azotu. Zamrażanie jednoetapowe polega na bezpośrednim zanurzeniu eksplantatów w ciekłym azocie.

Różne są również sposoby rozmrażania materiału roślinnego. Zwykle po wyjęciu z ciekłego azotu eksplantaty rozmraża się przez zanurzenie w wodzie lub płynnej pożywce o temperaturze od 21° C do 45° C (Meijer i in., 1991; Reed, 1993; Yamada i in., 1993; Hirai i Sakai, 1999). Czasami stosuje się rozmrażanie w temperaturze pokojowej (Kendall, 1993; Bouafia i in., 1996; Mandal i in., 1996).

Materiał roślinny zwykle zamraża się w roztworze krioprotektantów, w którym był inkubowany. W takim przypadku po rozmrożeniu krioprotektanty należy usunąć. Jeśli krioprotektanty są używane w dużym stężeniu mogą być toksyczne dla eksplantatów, należy więc przemyć materiał roślinny płynną pożywką.

Następnym etapem jest regeneracja roślin z materiału roślinnego poddanego kriokonserwacji. Proces ten odbywa się z wykorzystaniem pożywek regeneracyjnych przystosowanych do używanego typu eksplantatów.

METODY KRIOKONSERWACJI

Ze względu na sposób zamrażania metody kriokonserwacji możemy podzielić na dwuetapowe i jednoetapowe.

Metoda dwuetapowa, nazywana też metodą powolnego zamrażania polega na ściśle kontrolowanym, powolnym schładzaniu tkanki roślinnej. Podczas zamrażania roztworu, w którym znajdują się eksplantaty, woda przekształca się w kryształki lodu a stężenie pozostałej, niezamarzniętej części roztworu wzrasta. Hipertoniczny roztwór wymusza wypływ wody z komórek eksplantatu. Temperaturę obniża się do -35° lub -40° C. W tej temperaturze, przy odpowiednio dobranych parametrach procesu, cytozol zamarza nie tworząc kryształów lodu. Proces ten nie jest obojętny dla komórek, dlatego zwykle przed zamrożeniem materiał rośliny poddawany jest działaniu krioprotektantów w niewielkim stężeniu. Zamarznięty materiał roślinny przenosi się do ciekłego azotu. Po wyjęciu z ciekłego azotu materiał roślinny rozmraża się w temperaturze pokojowej lub w ciepłej wodzie. Po usunięciu roztworu krioprotektantów eksplantaty wykłada się na pożywkę regeneracyjną.

Obecnie odchodzi się od metod bazujących na powolnym zamrażaniu materiału roślinnego. Na skuteczność takich metod ma wpływ wiele czynników, często zupełnie niezależnych od badacza i trudnych do przewidzenia. Proces odwadniania eksplantatów podczas powolnego zamrażania zależy w znacznym stopniu od budowy i składu chemicznego komórek. W związku z tym metodyka musi być zmieniana i przystosowana, dla każdego gatunku a nawet odmiany (Steponkus i in., 1992). Metoda powolnego zamrażania wymaga drogiego, specjalistycznego sprzętu umożliwiającego ściśle kontrolowane obniżanie temperatury.

Wśród jednoetapowych metod kriokonserwacji należy wyróżnić dwie, obecnie najczęściej stosowane i intensywnie rozwijane: witryfikację i zamrażanie kapsułkowanych eksplantatów. Cechami łączącymi obie metody jest zamrażanie polegające na zanurzeniu materiału roślinnego w ciekłym azocie. Dzięki temu metody te są łatwe do wykonania i mogą być zastosowane do zamrażania wielu gatunków bez konieczności znacznych modyfikacji procedur. Metody te są tanie, ponieważ nie wymagają zastosowania drogiego sprzętu służącego do kontrolowania powolnego zamrażania. Podczas stosowania witryfikacji lub zamrażania kapsułkowanych eksplantatów nie występuje problem wrażliwości na chłód niektórych gatunków roślin. Metody te mogą być stosowane do zamrażania tkanek lub organów, ponieważ ich powodzenie nie zależy od budowy zamrażanego materiału w tak dużym stopniu jak ma to miejsce podczas stosowania powolnego zamrażania (Steponkus i in., 1992).

Witryfikacja polega na poddaniu materiału roślinnego procesom zapewniającym, przekształcenie wody w amorficzny stan, tzw. zeszklenie, podczas zanurzania eksplantatów w ciekłym azocie. Wykluczone jest wówczas tworzenie kryształów lodu.

Proces rozpoczyna się od wyłożenia materiału roślinnego na pożywkę z dużą ilością cukru. Zwykle jest to sacharoza, choć Sarkar i Naik (1998) sugerują, że dodanie mannitolu może znacznie podwyższyć przeżywalność eksplantatów po rozmrożeniu.

Następnie materiał roślinny inkubuje się w roztworze krioprotektantów. Zwykle inkubacja jest dwuetapowa. Pierwszy (wprowadzający) etap polega na dodaniu do pożywki krioprotektantów w stężeniu 1–2 M. Służy on zwiększeniu koncentracji roztworu komórkowego. W ten sposób przygotowany materiał roślinny jest w stanie przeżyć następny etap, czyli odwadnienie. Polega on na inkubacji eksplantatów w roztworze krioprotektantów o stężeniu ok. 8 M, co prowadzi do usunięcia z komórki 90% osmotycznie aktywnej (wolnej) wody. Często, w celu zmniejszenia toksycznego wpływu krioprotektantów na tkankę roślinną, stosuje się różne roztwory krioprotektantów w fazie wprowadzającej i w fazie odwadniania (Hirai i in., 1998; Hirai i Sakai, 1999), jednak nie jest to regułą. Sarkar i Naik (1998) stosują z powodzeniem ten sam roztwór, stopniowo zwiększając jego stężenie, zaś Steponkus i wsp. (1992) polecają witrifikację jedno-stopniową. Jest to metoda skuteczna w odniesieniu do merystemów ziemniaka.

Materiał roślinny umieszczony w roztworze krioprotektantów zamraża się przez zanurzenie w ciekłym azocie. Eksplantaty rozmraża się zanurzając w cieczy o temperaturze do 38° C. Roztwór krioprotektantów należy usunąć natychmiast po rozmrożeniu, a eksplantaty przemyć płynną pożywką. Aby zapobiec nagłemu osmotycznemu przepływowi wody do komórek używa się pożywek zawierających duże stężenie sacharozy (1,2 M). Materiał roślinny płucze się kilkakrotnie w ciągu 15–30 minut, a następnie wyklada na pożywkę regeneracyjną.

Tak jak inne metody kriokonserwacji mrożenie kapsułkowanego i odwodnionego materiału roślinnego ma na celu zwiększenie koncentracji roztworu komórkowego i pozbawienie komórek ok. 80–90% wody. Jednak w metodzie tej jedynym używanym krioprotektantem jest sacharoza, a odwodnienie uzyskuje się przez suszenie materiału roślinnego.

Proces rozpoczyna się od wyłożenia eksplantatów na pożywkę z dużą ilością cukru. Po kilku (kilkunastu) godzinach materiał roślinny zanurza się w płynnej pożywce nie zawierającej wapnia, ale wzbogaconej o alginat sodowy. Następnie za pomocą pipety pobiera się kroplę roztworu zawierającą materiał roślinny i wkrapla do pożywki zawierającej wapń, w której kapsułki twardnieją. Tak przygotowany materiał roślinny inkubuje się w płynnej pożywce o wysokim stężeniu sacharozy. Etap ten trwa od kilkunastu godzin do kilku dni. Następnie, po wyłożeniu na otwartą szalkę, kapsułkowane eksplantaty suszy się w komorze z laminarnym przepływem powietrza (Engelmann i in., 1995) lub z użyciem żelu krzemionkowego (Bouafia i in., 1996; Martinez i in., 1999). Metoda suszenia nie ma większego znaczenia, niezwykle ważna natomiast jest zawartość wody w materiale przeznaczonym do zamrażania. Największą efektywność regeneracji eksplantatów po rozmrożeniu (ok. 80%) osiągnano, gdy materiał roślinny wysuszono do ok. 20% świeżej masy (Bouafia i in., 1996; Paul i in., 2000). Kolejno, materiał roślinny zamraża się przez bezpośrednie zanurzenie w ciekłym azocie. Po wyjęciu eksplantaty najczęściej rozmraża się w temperaturze pokojowej, czasami stosuje się rozmrażanie w ciepłej wodzie (Niino i

Sakai, 1992; Vandenbussche i De Proft, 1998). Rozmrożone eksplantaty wykłada się na pożywkę regeneracyjną.

Zwykle materiał roślinny pozostawiano w kapsułkach, gdyż nie hamowały one wzrostu i regeneracji (Paulet i in., 1993; Martinez i in., 1999), jednak Matsumoto i wsp. (1998) wykazali, że kapsułki ograniczały rozwój merystemów zatrwanu po rozmrożeniu.

Metoda kapsułkowania zasadniczo przeznaczona jest do przechowywania zorganizowanych struktur roślinnych takich jak merystemy i zarodki somatyczne. Kapsułkowanie używane było jednak również do zawiesiny komórkowej (Bachiri i in., 1995; Shibli i in., 2001).

Czasami łączy się dwie metody kriokonserwacji: witryfikację i mrożenie kapsułkowanego materiału roślinnego. Wówczas przed poddaniem materiału roślinnego witryfikacji zamyka się go w kapsułkach alginowych. Ma to na celu ochronę eksplantatów przed uszkodzeniami i ułatwienie manipulacji nimi (Hirai i Sakai, 1999).

Istnieją przykłady zastosowania innych metod kriokonserwacji, w których materiał roślinny zamraża się przez zanurzenie w ciekłym azocie. Metod tych jednak nie można zakwalifikować jako witryfikację lub mrożenie kapsułkowanego i suszonego materiału roślinnego. Materiał roślinny jest inkubowany przez jeden dzień w płynnej pożywce, traktowany krioprotektantami w stężeniu niższym niż ma to miejsce podczas witryfikacji (zwykle jest to DMSO w stężeniu ok. 10%), następnie jest zamrażany przez zanurzenie w ciekłym azocie. Eksplantaty rozmraża się zanurzając w ciekłej pożywce. Następnie materiał roślinny wykłada się na pożywkę regeneracyjną (Mix-Wagner, 1996; Schäfer-Menuchr i in., 1996; Mix-Wagner, 1999). Schäfer-Menuchr (1996) nazywa swoją metodę oraz jej podobne ultra szybkim zamrażaniem, zaś Sarkar i Naik (1998) metodą zamrażania kropelek.

PERSPEKTYWY ROZWOJU KRIOKONSERWACJI

W ostatnich latach metoda przechowywania materiału roślinnego w bardzo niskich temperaturach przechodzi intensywny rozwój. Opublikowano szereg prac przedstawiających metody kriokonserwacji różnych gatunków roślin. Najczęściej używane są metody bazujące na zamrażaniu przez zanurzenie w ciekłym azocie: witryfikacja i kapsułkowanie z wysuszeniem. Dzięki odchodzeniu od procedur opartych na powolnym zamrażaniu materiału roślinnego kriokonserwacja staje się dostępna dla wielu ośrodków badawczych, ponieważ jej stosowanie nie wymaga drogiego sprzętu. Nowoczesne metody są proste w zastosowaniu i uniwersalne, dzięki czemu mogą być w łatwy sposób modyfikowane.

Kriokonserwacją zajmuje się wiele placówek badawczych na całym świecie. Rośnie ilość gatunków roślin, które mogą być przechowywane w ciekłym azocie. Z dużym powodzeniem zamrażano gatunki takich rodzajów, jak: *Cantharanthus*, *Ipomea*, *Limonium*, *Lilium*, *Mentha*, *Solanum* i wielu innych (tab. 1). Nie bez znaczenia jest również intensywny rozwój technik *in vitro*, dzięki czemu możemy obecnie zamrażać w ciekłym azocie wiele form kultur *in vitro*: merystemy, zarodki somatyczne, kalus czy zawiesinę komórkową (tab. 1).

Tabela 1

Zestawienie gatunków roślin przechowywanych w ciekłym azocie i użytych metod kriokonserwacji
List of plant species stored in liquid nitrogen and cryopreservation methods used

Metoda kriokonserwacji Method of cryopreservation	Rodzaj/Gatunek Genus/ Species	Materiał roślinny Plant material	Autor Author
Kapsułkowanie z wysuszeniem Encapsulation-dehydration	<i>Beta vulgaris</i> (L.)	merystemy meristems	Vandenbussche, De Proft, 1998
	<i>Catharanthus roseus</i> (L.)	zawiesina komórkowa cell suspension	Bachiri i in., 1995
	<i>Daucus carota</i> (L.)	zarodki somatyczne somatic embryos	Dereuddre i in., 1991
	<i>Limonium</i> sp.	merystemy meristems	Matsumoto i in., 1998
	<i>Saccharum</i> sp.	merystemy meristems	Paulet i in., 1993
	<i>Solanum phureja</i> (L.)	merystemy meristems	Bouafia i in., 1996
Kapsułkowanie z wysuszeniem + witrifikacja Encapsulation-dehydration + vitrification	<i>Fragaria</i> × <i>ananasa</i> (Duch.)	merystemy meristems	Hirai i in., 1998
	<i>Limonium</i> sp.	merystemy meristems	Matsumoto i in., 1998
Witrifikacja Vitrification	<i>Citrus sinensis</i> (Osb.)	zawiesina komórkowa cell suspension	Sakai i in., 1990
	<i>Colocasia esculenta</i> ([L.] Schott)	merystemy meristems	Takagi i in., 1997
	<i>Ipomea batatas</i> ([L.] Lam.)	merystemy meristems	Towill i Jarret, 1992
	<i>Lilium japonicum</i> (Thunb.)	merystemy meristems	Matsumoto i in., 1995
	<i>Limonium</i> sp.	merystemy meristems	Matsumoto i in., 1998
	<i>Mentha aquatica</i> × <i>M. spicata</i> (L.)	merystemy meristems	Towill, 1990
	<i>Nicotiana tabacum</i> (L.)	zawiesina komórkowa cell suspension	Reinhoud i in., 1995
Dwustopniowa: powolne zamrażanie do -35° -40° C, następnie -196° C Two step freezing: slow freezing to -35° -40° C, then -196° C	<i>Hordeum vulgare</i> (L.)	zawiesina komórkowa, kalus cell suspension callus	Fretz i Lörz, 1995
	<i>Triticum aestivum</i> (L.)	zawiesina komórkowa cell suspension	Reinhoud i in., 1995
	<i>Nicotiana tabacum</i> (L.)	zawiesina komórkowa cell suspension	Reinhoud i in., 1995
	<i>Rubus</i> sp.	merystemy meristems	Reed, 1993
	<i>Larix decidua</i> (Mill.) <i>Picea glauca</i> (Moench) <i>Pinus strobus</i> (L.)	zawiesina komórkowa cell suspension	Charest i in., 1996

Mimo znacznego postępu w badaniach dotyczących kriokonserwacji nie może być ona uznana za standardową metodę przechowywania materiału roślinnego, jaką są kolekcje polowe i kultury *in vitro*. Stale niewiele jest przykładów zastosowania zamrażania materiału roślinnego jako rutynowej metody używanej w bankach genów. Do długotrwałego przechowywania materiału roślinnego kriokonserwację stosują Instytut Hodowli Roślin (Institut für Pflanzenbau) w Brunszwiku w Niemczech i Laboratorium Przechowywania Nasion (National Seed Storage Laboratory) w Fort Collins w USA. Prace

nad zastosowaniem kriokonserwacji do przechowywania merystemów ziemniaka trwają w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Młochowie. Konieczne jest dalsze doskonalenie metod przechowywania zasobów genowych w ultra niskich temperaturach i prowadzenie badań na dużą skalę w bankach genów. Dzięki temu będzie możliwe tanie i mało pracochłonne przechowywanie bardzo dużej ilości genotypów na niewielkiej przestrzeni. Wobec ciągle postępujących niekorzystnych zmian w środowisku i związanej z tym wzrastającej roli banków genów wydaje się to logiczną konsekwencją.

LITERATURA

- Bachiri Y., Gazeau C., Hansz J., Morisset C., Dereuddre J. 1995. Successful cryopreservation of suspension cells by encapsulation-dehydration. *Plant Cell, Tiss. Org. Cult.* 43: 241 — 248.
- Benson E., Harding K., Smith H. 1989. Variation in recovery of cryopreserved shoot-tips of *Solanum tuberosum* exposed to different pre- and post-freeze light regimes. *Cryo-Letters* 10: 323 — 344.
- Bouafia S., Jelti N., Lairy G., Blanc A., Bonnel E., Dereuddre J. 1996. Cryopreservation of potato shoot tips by encapsulation-dehydration. *Potato Res.* 39: 69 — 78.
- Charest P. J., Bonga J., Klimaszewska K. 1996. Cryopreservation of plant tissue cultures: the example of embryogenic tissue from conifers. In K. Lindsey (ed.) *Plant Tissue Culture Manual*: C9: 1 — 27.
- Dereuddre J., Hassen N., Blandin S., Kaminski M., 1991. Resistance of alginate-coated somatic embryos of carrot (*Daucus carota* L.) to desiccation and freezing in liquid nitrogen: 2. Thermal analysis. *Cryo-Letters* 12: 135 — 148.
- Engelmann F., Benson E. E., Chabrilange N., Gonzales Arnao M. T., Mari S., Michaux-Ferriere N., Paulet F., Glaszmann J. C., Charrier A. 1995. Cryopreservation of several tropical plant species using encapsulation/dehydration of apices. In: M. Terzi et al. (eds.), *Current issues in plant molecular and cellular biology*: 315 — 320.
- Fretz A., Lörz H. 1995. Cryopreservation of *in vitro* cultures of barley (*Hordeum vulgare* L. and *H. murinum* L.) and transgenic cells of wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Plant Physiol.* 146: 489 — 496.
- Fretz A., Lörz H. 1996. Cryopreservation of *in vitro* cultures of *graminaceous* species. In: S. M. Jain, S. K. Sopory i R. E. Veilleux (eds.), *In vitro* haploid production in higher plants. Vol. 2: 339 — 352.
- Harding K., Benson E., Smith H., 1991. The effects of pre-freeze *in vitro* culture period on the recovery of cryopreserved shoot-tips of *Solanum tuberosum*. *Cryo-Letters* 12: 17 — 22.
- Hirai D., Shirai K., Shirai S., Sakai A. 1998. Cryopreservation of *in vitro*-grown meristems of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) by encapsulation-vitrification. *Euphytica* 101: 109 — 115.
- Hirai D., Sakai A. 1999. Cryopreservation of *in vitro*-grown meristems of potato (*Solanum tuberosum* L.) by encapsulation-vitrification. *Potato Res.* 42: 153 — 160.
- Kendall E. J. K., Kartha K. K., Qureshi J. A., Chermak P. 1993. Cryopreservation of immature spring wheat zygotic embryos using an abscisic acid pretreatment. *Plant Cell Rep.* 12: 89 — 94.
- Mandal B. B., Chandel K. P. S., Dwivedi S. 1996. Cryopreservation of yam (*Dioscorea* spp.) shoot apices by encapsulation-dehydration. *Cryo-Letters* 17: 165 — 174.
- Mandal B. B., Dixit S. 2000. Cryopreservation of shoot-tips of *Dioscorea deltoidea* Wall. - an endangered medicinal plant. *IPGRI Newsletter for Asia, the Pacific and Oceania*, No. 33: 23.
- Martinez D., Tames R. S., Revilla M. A. 1999. Cryopreservation of *in vitro*-grown shoot-tips of hop (*Humulus lupulus* L.) using encapsulation/dehydration. *Plant Cell Rep.* 19: 59 — 63.
- Matsumoto T., Sakai A., Yamada K. 1995. Cryopreservation of *in vitro*-grown meristems of lily by vitrification. *Plant Cell, Tiss. Org. Cult.* 41: 237 — 241.
- Matsumoto T., Nako Y., Takahashi C., Sakai A. 1997. Induction of *in vitro* cultured masses of shoot primordia of hybrid statice and its cryopreservation by vitrification. *Hort Science* 32: 309 — 311.
- Matsumoto T., Takahashi C., Sakai A., Nako Y. 1998. Cryopreservation of *in vitro*-grown apical meristems of hybrid statice by three different procedures. *Scientia Horticulturae* 76: 105 — 114.

- Meijer E. G. M., van Iren F., Schrijnemakers E., Hensgens L. A. M., van Zijderveld M., Schilperoort R. A. 1991. Retention of the capacity to produce plants from protoplasts in cryopreserved cell lines of rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Cell Rep.* 10: 171 — 174.
- Mix-Wagner G. 1996. Management of the *in vitro* genebank of old potato cultivars at the Institute of Crop Science in Braunschweig. *Landbauforschung Völkenrode* 1: 5 — 9.
- Mix-Wagner G. 1999. The conservation of potato cultivars. *Potato Res.* 42: 427 — 436.
- Niino T., Sakai A. 1992. Cryopreservation of alginate-coated *in vitro*-grown shoot tips of apple, pear and mulberry. *Plant Sci.* 87: 199 — 206.
- Paul H., Daigny G., Sangwan-Norreel B. S. 2000. Cryopreservation of apple (*Malus X domestica* Borkh.) shoot tips following encapsulation-dehydration or encapsulation-vitrification. *Plant Cell Rep.* 19: 768 — 774.
- Paulet F., Engelmann F., Glaszmann J. C. 1993. Cryopreservation of apices of *in vitro* plantlets of sugarcane (*Saccharum* sp. hybrids) using encapsulation/dehydration. *Plant Cell Rep.* 12: 525 — 529.
- Reed B. M. 1993. Responses to ABA and cold acclimation are genotype depended for cryopreserved blackberry and raspberry meristems. *Cryobiology* 30: 179 — 184.
- Reinhoud P. J., Schrijnemakers E. W. M., van Iren F., Kijne J. W. 1995. Vitrification and heat-shock treatment improve cryopreservation of tobacco cell suspensions compared to two-step freezing. *Plant, Cell, Tissue and Organ Culture* 42: 261 — 267.
- Sakai A., Kobayashi S., Oiyama I. 1990. Cryopreservation of nuclear cells of navel orange (*Citrus sinensis* Osb. var. *brasiliensis* Tanaka) by vitrification. *Plant Cell Rep.* 9: 30 — 33.
- Sarkar D., Naik P. S. 1998. Cryopreservation of shoot tips of tetraploid potato (*Solanum tuberosum* L.) clones by vitrification. *Annals of Botany* 82: 455 — 461.
- Shibli R. A., Haagenson D. M., Cunningham S. M., Berg W. K., Volenec J. J. 2001. Cryopreservation of alfalfa (*Medicago sativa* L.) cells by encapsulation-dehydration. *Plant Cell Rep.* 20: 445 — 450.
- Schäfer-Menuchr A. 1996. Refinement of cryopreservation techniques for potato. Final Report for the period September 1, 1991 August 31, 1996.
- Schäfer-Menuchr A., Müller E., Mix-Wagner G. 1996. Cryopreservation: an alternative for the long-term storage of old potato varieties. *Potato Res.* 39: 507 — 513.
- Steponkus P. L., Langis R., Fujikawa S. 1992. Cryopreservation of plant tissues by vitrification. In: Steponkus P. L. (ed.) *Advances in low-temperature biology*. JAI press Ltd.: 1 — 62.
- Starck Z., Chołuj D., Niemyska B. 1993. Fizjologiczne reakcje roślin na niekorzystne czynniki środowiska. *Rozprawy naukowe i monografie*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Takagi H., Thien Thinh N., Islam O. M., Senboku T., Sakai A. 1997. Cryopreservation of *in vitro*-grown shoot tips of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) by vitrification. 1. Investigation of basic conditions of the vitrification procedure. *Plant Cell Rep.* 16: 594 — 599.
- Towill L. E. 1990. Cryopreservation of isolated mint shoot tips by vitrification. *Plant Cell Rep.* 9: 178 — 180.
- Towill L. E., Jarret R. L. 1992. Cryopreservation of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam.) shoot tips by vitrification. *Plant Cell Rep.* 11: 175 — 178.
- Yamada T., Sakai A., Matsumura T., Higuchi S. 1993. Plant regeneration of meristematic callus of white clover (*Trifolium repens* L.) cooled to -196° C by vitrification. *Euphytica* 70: 197 — 203.
- Vandenbussche B., De Proft M. P. 1998. Cryopreservation of *in vitro* sugar beet shoot tips using the encapsulation-dehydration technique: influence of abscisic acid and cold acclimation. *Plant Cell Rep.* 17: 791 — 793.
- Withers L. A. 1987. The low temperature preservation of plant cell, tissue and organ cultures and seeds for genetic conservation and improved agricultural practice. In: *The effect of low temperatures on biological systems*. B. W. W. Grout, G. J. Morris (eds.), Edward Arnold, New York: 389 — 409.

TADEUSZ OLEKSIK

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Efekty hodowli pszenicy ozimej Część I. Zmiany potencjału plonowania odmian

Effects of winter wheat breeding Part I. Yield potential changes

W ostatnich latach pojawiło się szereg nowych odmian o wysokiej jakości technologicznej ziarna, a jednocześnie o zwiększonych możliwościach plonowania. W pracy oceniono efekty hodowli pszenicy i ich wykorzystanie w praktyce. Ocenę przeprowadzano metodą zmiany potencjału plonotwórczego odmian. W warunkach doświadczeń odmianowych, w okresie 1986–2001, w efekcie hodowli odmian średni przyrost plonów pszenicy wynosił 41 kg/ha/rok. Praktyczne wykorzystanie efektów hodowli jest mniejsze, ograniczane dodatkowo niskim poziomem agrotechniki w gospodarstwach. Jednym z głównych czynników niesatysfakcjonującego poziomu oddziaływania hodowli na produkcję jest rosnący rozdzźwięk między efektami hodowli, a wynikającym z braku popytu, pogarszającym się zaopatrzeniem w nasiona nowych odmian.

Słowa kluczowe: hodowla, nasiennictwo, plony, pszenica

Many new high yielding wheat varieties with good grain quality appeared recently on the Polish market. The effects of wheat breeding and their practical utilization were estimated. The estimation was conducted by the method of yield potential changing of varieties. As an effect of breeding, the average yield of wheat increased by 41 kg/ha per year, in the conditions of varietal tests carried out during the period of 1986–2001. Practical utilization of the plant breeding effects was lower. One of the main reasons of unsatisfied breeding influence on production was increasing dissonance between breeding effects and low seed supply of new varieties resulting from the lack of demand for seeds.

Key words: breeding, seed production, wheat, yields

WSTĘP

Pod względem powierzchni uprawy pszenica ozima, z udziałem 22,6%, jest drugim po życie gatunkiem uprawianym w Polsce. Jednak udział w wielkości produkcji ziarna (33%), udział w rynku nasiennym (42%), a tym bardziej znaczenie w gospodarce żywnościowej powodują że to pszenica ozima jest głównym gatunkiem na krajowym rynku zbóż.

W wyniku postępu biologicznego (coraz plenniejsze odmiany, lepszy materiał siewny), staranniejszej agrotechniki, ale także coraz silniejszej chemizacji rolnictwa (wyższe dawki NPK, coraz większe zużycie pestycydów), od lat obserwujemy stały wzrost plonów

pszenicy. Tempo wzrostu jest bardzo zróżnicowane; duże, jeśli analizujemy wyniki doświadczeń odmianowych, znacznie mniejsze w warunkach produkcyjnych gdzie poziom agrotechniki często znacznie odbiega od zaleceń uprawowych.

Celem pracy jest ocena efektów prac hodowlanych. Stanowi też ona próbę odpowiedzi na pytanie jakie są możliwości pełniejszego wykorzystania uzyskanych efektów hodowli w praktyce. Odpowiedź na te pytania jest szczególnie istotna ze względu na pogłębiającą się dysproporcję między plonami uzyskiwanymi w warunkach doświadczeń odmianowych a plonami uzyskiwanymi w produkcji.

MATERIAŁ I METODY

W pracy wykorzystano wyniki doświadczeń odmianowych Stacji Doświadczalnych Oceny Odmian (SDOO) z lat 1966–2001, dane Inspekcji Nasiennej (IN) z lat 1986–2001 dotyczące odmianowej struktury produkcji nasiennej pszenicy oraz wyniki prowadzonych we współpracy z Instytutem Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej (IERiGŻ) badań ankietowych gospodarstw indywidualnych. Dane ankietowe pochodzą z 7244 pól z okresu 1986–2001.

Ocenę postępu w hodowli pszenicy ozimej i jej wykorzystania w produkcji przeprowadzono na etapach;

- badań odmianowych SDOO
- produkcji nasiennej
- produkcji towarowej.

Ocenę efektów hodowli przeprowadzano metodą zmiany potencjału plonotwórczego odmian (Feyerherm, 1984). Wykorzystano wskaźnik wartości odmian DYA (differential yielding ability) obliczany dla poszczególnych odmian na podstawie wyników badań odmianowych. Uwzględniono dane z badań odmianowych w latach 1983–2001.

Potencjał plonotwórczy odmian obliczano wg wzoru:

$$DYAi = \sum_{r=1}^{Ni} (Yir - Ycr) : Ni$$

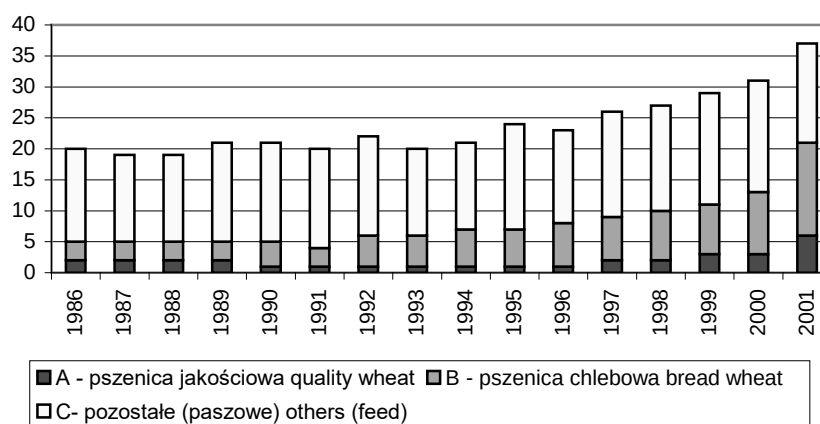
- $DYAi$ — potencjał plonotwórczy odmiany i
- Yir — plon odmiany i -tej w r -tym roku
- Ycr — plon kontroli w r -tym roku
- Ni — liczba lat badań odmiany i .

Oprócz czynnika odmianowego analizowano również zmiany w poziomie głównych czynników agrotechniki; jakość gleb przeznaczanych pod żyto, nawożenie mineralne, intensywność chemicznej ochrony roślin, stosowanie kwalifikowanego materiału siewnego.

WYNIKI I DYSKUSJA

Trudno znaleźć uniwersalną miarę oceny postępu w hodowli. Stosowane mogą być różne kryteria, w zależności od tego co przyjmiemy za główny cel programu hodowlanego.

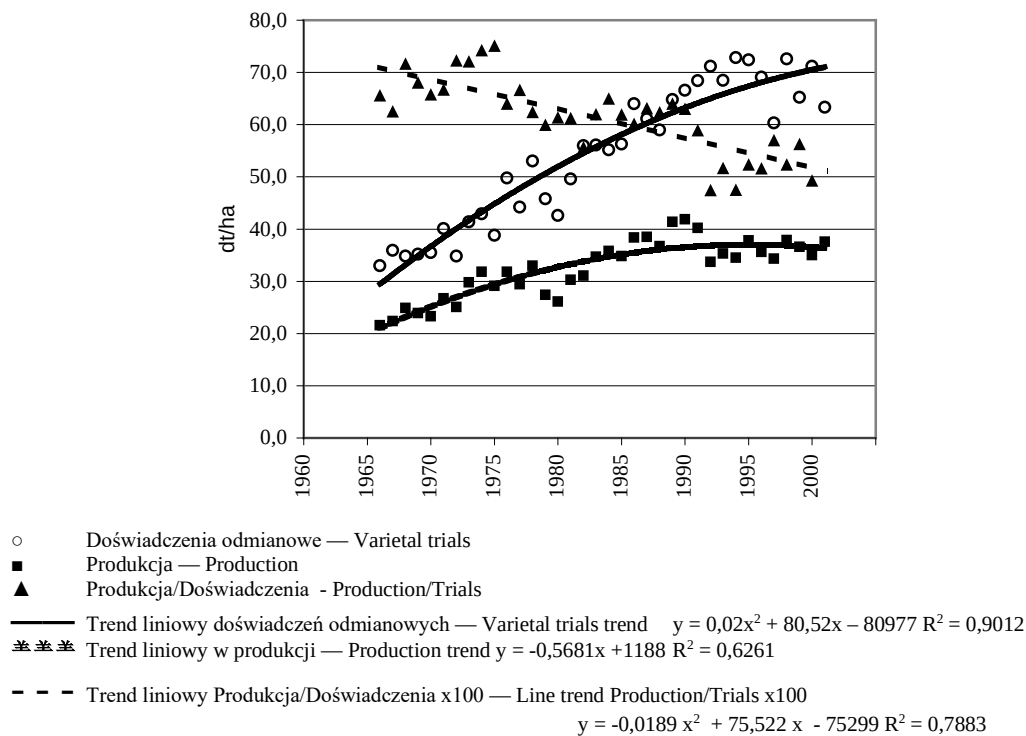
Przyjmując założenie, że skoro warunkiem wpisania odmiany do Rejestru Odmian jest wykazanie wyższej wartości gospodarczej (plenność, poprawa wartości żywieniowej, paszowej bądź technologicznej uzyskiwanego plonu, zwiększenie odporności na patogeny itp.) to za miarę oceny intensywności hodowli roślin rolniczych można przyjąć liczbę rejestrowanych odmian. W pięcioleciu 1996–2000 na Listę Odmian Roślin Rolniczych wpisano 15 odmian pszenicy czyli więcej niż średnio w ciągu dziesięciolecia 1986–1995, a w samym tylko 2001 roku 7 kolejnych odmian. Ilościowe efekty hodowli przedstawiono na rysunku 1. Od końca lat 90. następuje zdecydowany wzrost oferty hodowlanej — zwiększa się liczba odmian pszenicy dostępnych na rynku. Dotyczy to w zasadzie odmian o wysokiej jakości ziarna, przydatnych dla przetwórstwa. Jeszcze na początku lat 90. ich udział w Rejestrze Odmian nie przekraczał 25%, obecnie większość oferowanych odmian to odmiany o wysokiej wartości technologicznej ziarna. Nie zmieniła się zasadniczo ilość odmian paszowych. Wzrastała nie tylko wartość technologiczna ale przede wszystkim plony ziarna które można wykorzystać jako uproszczone, syntetyczne kryterium oceny efektów hodowli.



Rys. 1. Odmiany pszenicy ozimej w Rejestrze Odmian i ich wartość technologiczna
Fig.1. The registered wheat cultivars and their bread making quality

Hodowla jest procesem bardzo rozciągniętym w czasie, a jej efekty weryfikowane są w badaniach odmianowych prowadzonych w zmieniających się warunkach pogodowych. W jeszcze większym stopniu dotyczy to wykorzystania nowych odmian w warunkach produkcji gdzie efekty zależą od szybkości i skali upowszechnienia odmian a dodatkowo modyfikowane są poprzez zmienne warunki glebowe i agrotechniczne. Wynik oceny, w pewnym stopniu, zależy również od zastosowanej metodyki.

Najprostszym sposobem zobiektywizowanej oceny tempa wzrostu plonów jest porównanie współczynników regresji plonu względem lat. Mimo pewnych wahań między kolejnymi latami wzrost plonów pszenicy ozimej w SDOO można opisać w postaci funkcji liniowej (rys. 2).



Rys. 2. Plony i trendy w plonowaniu pszenicy ozimej w doświadczeniach odmianowych i w produkcji
Fig. 2. Yields and trends of winter wheat yields in varietal trials and in production

Obiektywne oceny efektów hodowli możliwe są jedynie dla wielolecia, im krótszy okres oceny, tym jest ona mniej precyzyjna i obciążona większym błędem. Wahania plonów między kolejnymi latami powodują że wynik oceny w dużym stopniu może zależeć od tego jaki okres czasowy przyjmemy do badań. Obiektywne i wiarygodne mogą być tylko wskaźniki oceny wynikające z wieloletnich trendów. Metoda ta zastosowana dla odpowiednio długiego okresu minimalizuje możliwość wypaczenia wynikającego z przypadkowego lub tendencyjnego doboru okresu jak i z wpływu wahań w plonowaniu spowodowanych czynnikami pogodowymi. Zwiększanie się plonów uzyskiwanych w doświadczeniach odmianowych w ciągu ostatnich 35 lat świadczy o stałym wzroście potencjalnych możliwości plonotwórczych gatunku. W latach 1966–2001 plony pszenicy uzyskiwane w badaniach odmianowych, mierzone współczynnikiem regresji, wzrosły o 41,3 dt/ha, czyli o 118 kg rocznie. Wielkość ta jest porównywalna ze wzrostem plonów pszenicy we Francji czy też Wielkiej Brytanii, a więc w krajach gdzie warunki uprawy są zdecydowanie lepsze tak pod względem jakości gleb jak i pod względem warunków klimatycznych. W ostatnich latach tempo wzrostu plonów wyraźnie się zmniejszyło. W okresie 1986–2001 plony pszenicy w badaniach odmianowych wzrosły o około 11,7 dt/ha, czyli średnie tempo wzrostu plonów zmniejszyło się do 78 kg rocznie. Wzrost potencjalnych możliwości

plonotwórczych gatunku nie znajduje odzwierciedlenia w warunkach praktyki rolniczej. Analogicznie plony w produkcji w latach 1966–2001 wzrosły o 19,1 dt/ha w okresie 1986–2001 zaledwie o 2,5 dt/ha, a ostatnio można mówić nawet o regresie. Tym samym dysproporcja między doświadczeniami a produkcją pogłębiła się. Jeszcze w latach 80. plony uzyskiwane w produkcji stanowiły ponad 60% plonów z doświadczeń. W ostatnich latach relacja ta nieznacznie przekraczała 50%, a w roku 2000 plony w produkcji stanowiły zaledwie 46,1% plonów doświadczeń.

Czynniki odmianowe, choć bardzo ważne, nie działają w oderwaniu od zmieniających się a równie istotnych warunków agrotechnicznych i klimatycznych. Dodatkowo efekty odmianowe modyfikowane są poprzez współdziałanie z czynnikami agrotechnicznymi i klimatycznymi. Analiza trendów pozwala odpowiedzieć na pytanie jak się zmieniają plony i jakie są dysproporcje między doświadczeniami a produkcją, nie daje jednak odpowiedzi na pytanie jaki jest w tym udział hodowli. Dlatego do oceny efektów i ich praktycznego wykorzystania przyjęto metodę bonitującą odmiany według ich zdolności plonowania, ocenianej na podstawie średnich wartości wieloletnich, umożliwiając porównywanie zdolności plonotwórczej odmian znajdujących się w uprawie w różnych okresach.

Pierwszym elementem oceny jest obliczenie, na podstawie wyników doświadczeń SDOO, indeksu DYA_i charakteryzującego potencjał plonotwórczy każdej odmiany w relacji do wzorca. Dzięki temu możliwe jest porównywanie plonowania odmian uprawianych w różnych latach (tab. 1). Wybór właściwego wzorca stanowi zasadniczy element oceny jako że w relacji do niego ustalane są indeksy charakteryzujące (bonitujące) plenność poszczególnych odmian. O ile w przypadku innych gatunków mogą być problemy ze znalezieniem badanej przez odpowiednio długi okres odmiany wzorcowej to w przypadku pszenicy ozimej możliwe było zastosowanie wzorca stałego, złożonego z dwóch odmian; Almari i Begra.

Na podstawie indeksów poszczególnych odmian DYA_i określono indeksy roczne DYA_r czyli potencjał plonowania gatunku w kolejnych latach w stadium doświadczeń, w produkcji nasiennej i w produkcji towarowej. Jako potencjalną zdolność plonotwórczą gatunku na etapie doświadczeń przyjęto średnią wartość indeksu obliczonego dla wszystkich badanych odmian znajdujących się w doświadczeniach. Potencjał gatunku w produkcji nasiennej obliczano ważąc indeksy poszczególnych odmian ich procentowym udziałem w produkcji nasiennej. Analogicznie, w produkcji towarowej potencjał gatunku (możliwy do uzyskania przy zapewnieniu poziomu agrotechnicznego doświadczeń) obliczano ważąc indeksy poszczególnych odmian ich procentowym udziałem określonym w badaniach ankietowych. Dla obliczenia rzeczywistego efektu konieczna jest ekstrapolacja uzyskanych wyników do średnich warunków w produkcji w zależności od zaopatrzenia w materiał siewny, poziomu agrotechniki i warunków uprawy. Średnie efekty hodowlane na poszczególnych etapach drogi od hodowli do praktyki (doświadczenia, nasiennictwo, produkcja) charakteryzowane są wartością współczynników regresji wartości DAY_r względem lat. Pozwala to na ocenę jak w wyniku hodowli zmieniają się możliwości plonotwórcze gatunku i w jakim stopniu efekty te trafiają do produkcji nasiennej a następnie do produkcji towarowej, czyli jak są wykorzystywane w praktyce.

Tabela 1

Potencjał genetyczny pszenicy ozimej w stosunku do wzorca stałego — odmiany jakościowe i chlebowe
Genetic potential of yielding of winter wheat in relation to a constant standard — quality cultivars and bread making cultivars

Odmiana Cultivar	Kraj pochodzenia Country of origin	Rok wpisania do RO Introduction year	Lata badań Years of trails	Wartość indeksu DYA DYA value
jakościowe — grupa A, quality — group A				
Begra	PL	1982	1986–2001	-3,75
Mironowska	SU	1986	1986–1987	-10,34
Korweta	PL	1997	1995–2001	2,85
Zyta	PL	1999	1997–2001	6,68
Turnia	PL	2001	1999–2001	4,30
Pegassos	DE	2001	1999–2001	8,79
Sukces	PL	2001	1998–2001	8,42
chlebowe — grupa B, bread-making — group B				
Gama	PL	1983	1986–1997	-2,70
Panda	PL	1984	1986–1999	-2,79
Juma	PL	1992	1991–2001	0,92
Kobra	PL	1992	1991–2000	5,21
Roma	PL	1992	1991–2000	1,38
Mikon	DE	1994	1991–2000	2,19
Sakwa	PL	1996	1994–2001	5,48
Mobela	PL	1998	1996–2001	1,07
Rysa	PL	1999	1996–2001	3,50
Mewa	PL	2000	1997–2001	4,49
Soraja	PL	2000	1997–2001	5,26
Tortija	PL	2000	1998–2001	6,82
Clever	DE	2001	1999–2001	13,68
Kris	GB	2001	1998–2001	13,08
Nutka	PL	2001	1999–2001	10,22
Sława	PL	2001	1999–2001	1,62
Tonacja	PL	2001	1999–2001	9,83

W wyniku prac hodowlanych z roku na rok potencjał plonowania odmian zwiększał się. W okresie 1986–2001 średnioroczny przyrost plonów pszenicy ozimej w doświadczeniach odmianowych wynosił 41 kg/ha/rok. Analizując łącznie wszystkie odmiany gatunku trudno byłoby wskazać okresy szybszego bądź wolniejszego wzrostu, jako że różnice między corocznymi efektami hodowli były niewielkie a tempo wzrostu nie zmieniało się istotnie. Jedynie w ostatnich 5 latach można zauważyć wyraźne zwiększenie dynamiki wzrostu plonowania pszenicy. W tym okresie średnioroczny przyrost potencjału plonowania pszenicy ozimej w doświadczeniach odmianowych wynosił 59 kg/ha/rok. Nastąpiło to głównie dzięki hodowli odmian chlebowych i jakościowych o wyższej jakości technologicznej ziarna, co przez dłuższy czas było słabszą stroną polskiej hodowli. Przez lata rolnicy nie mieli dużego wyboru jeśli chodzi o odmiany przydatne dla przemysłu spożywczego. Dopiero w końcu lat 90. wyhodowano i wprowadzono na rynek szereg odmian o wysokiej wartości technologicznej ziarna a jednocześnie dobrze plonujących. Wcześniej, praktycznie tylko wprowadzona do uprawy w 1982 roku Begra spełniała standardy jakościowe klasy A. Odmiany o wyższej wartości technologicznej wykazywały znacznie większą dynamikę wzrostu plonowania niż odmiany paszowe. Średnioroczne przyrosty potencjału plonowania pszenicy ozimej obliczone dla okresu 1986-2001

wyniosły 69 kg/ha/rok dla odmian jakościowych i 53 kg/ha/rok dla odmian chlebowych a dla ostatniego 5-lecia odpowiednio 124 i 144 kg/ha/rok. Przyrost ten, w głównej mierze, jest efektem krajowej hodowli (tab. 2).

Tabela 2

Efekty postępu hodowlanego — średnioroczne przyrosty potencjału plonowania (kg/ha)
Effects of breeding progress — average yearly increases of yield potential (kg/ha)

Pszenice Wheats	1986–2001		1997–2001	
	wszystkie odmiany all cultivars	tylko odmiany krajowe only domestic cultivars	wszystkie odmiany all cultivars	tylko odmiany krajowe only domestic cultivars
Jakościowe A Quality wheat	69	44	124	107
Chlebowe B Bread wheat	53	49	144	91
Pozostałe (paszowe) C Other	36	36	25	25

W ostatnich latach zarejestrowano cały szereg nowych odmian chlebowych i jakościowych dobrze plonujących i o dobrej zdrowotności, np. Zyta, Tortija, Nutka czy Sukces, które mogą skutecznie konkutować z odmianami firm zachodnich. Jak wynika z danych SDOO postępowi w zakresie poprawy jakości wypiekowej ziarna towarzyszy pogorszenie się mrozoodporności, po kilku latach łagodnych zim, niedocenianej cechy. Dotyczy to szczególnie odmian zagranicznych. Ostra zima może zweryfikować wartość wielu wysoko plonujących odmian o niskiej mrozoodporności.

O wykorzystaniu istniejącego potencjału decyduje sprawność funkcjonowania nasienictwa i poziom stosowanej agrotechniki. W produkcji nasiennej pszenicy ozimej po krótkim okresie wzrostu w połowie lat 90. podobnie jak i w innych gatunkach roślin rolniczych przeważają tendencje spadkowe. W stosunku do roku 1998 zasiewy nasienne zmniejszyły się o 33% i w 2001 roku wynosiły 36,6 tys. ha. Przyczyną malejącej produkcji jest niewielki popyt na nasiona. Jest to szersze zjawisko dotyczące także innych zbóż, chociaż w przypadku pszenicy ozimej spadek jest relatywnie niewielki. Wyjątek stanowią odmiany jakościowe o najwyższej wartości technologicznej ziarna, których udział w produkcji szybko wzrastał. Udział odmian pszenicy jakościowej w produkcji nasiennej pszenicy ozimej, wzrósł z 1,6% w roku 1997 do 28,3% w 2001 roku.

Wskaźnik wzrostu plonów w wyniku hodowli obliczony na podstawie struktury odmianowej w produkcji nasiennej pszenicy wyniósł 38 kg/ha rocznie, co oznacza że dobór odmian do reprodukcji był właściwy i umożliwiał przekazywanie efektów postępu biologicznego do produkcji, jednak pod warunkiem odpowiedniego poziomu zaopatrzenia producentów w kwalifikowany materiał siewny najnowszych odmian. Niemal identyczny wskaźnik wzrostu potencjału plonów obliczony na podstawie danych ankietowych z gospodarstw produkcyjnych, który wynosił 38 kg/ha/rok, nie świadczy wcale że istnieje doskonały system przekazywania postępu biologicznego do produkcji.

Tabela 3

Technologia uprawy w regionach wg badań ankietowych — średnie dla lat 1995–2000
Cultivation technology in regions, according to inquiry data — average for the years 1995–2000

Wyszczególnienie Specification	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
N (kg/ha)	108,0	59,0	90,5	65,6	73,3	47,7	82,4	56,4
P ₂ O ₅ (kg/ha)	33,2	47,4	44,3	37,4	47,0	39,3	56,6	43,7
K ₂ O (kg/ha)	38,7	49,6	54,1	38,0	55,7	41,1	66,3	53,4
NPK (kg/ha)	179,9	156,0	188,9	141,0	176,0	128,1	205,3	153,5
Herbicydy (średnia ilość zabiegów) Herbicides (average number of treatments)	1,2	1,1	1,3	1,1	1,3	1,1	1,4	1,0
Fungicydy (średnia ilość zabiegów) Fungicides (average number of treatments)	0,6	0,4	0,7	0,2	0,9	0,3	0,9	0,6
Nasiona kwalifikowane (procentowy udział) Certified seeds (% share)	38,9	31,7	42,6	33,1	64,2	32,8	81,4	24,0
Wartość odmiany DYA Variety value DYA	2,90	3,82	3,37	3,22	3,59	2,80	3,69	3,16
Ilość wysiewu (kg/ha) Sowing rate	270,1	258,2	271,6	270,9	290,1	278,5	315,0	265,2
Jakość gleby (punkty 18–100) Soil quality (points 18–100)	67,8	63,9	62,1	61,4	68,8	72,3	67,0	68,6
Plon relatywny Relative yield (dt/ha)	97,2	100,1	110,4	89,2	103,8	87,5	101,1	86,5
Plon w ankietowanych gospodarstwach (dt/ha) Yield in inquired farms (dt/ha)	40,1	40,3	43,8	34,8	41,0	33,6	37,4	33,7
Plon w doświadczeniach (dt/ha)* Yields in trials	65,6	68,7	70	64,1	65,9	69,5	55,0	64,8
Produkcja /doświadczenia Production/trials (%) *	61,1	58,7	62,6	54,3	62,2	48,3	68,0	52,0

* — 1996–1998

Malejąca z roku na rok wielkość produkcji nasiennej i pogarszające się zaopatrzenie w kwalifikowany materiał siewny powoduje że, w praktyce wykorzystanie efektów hodowli jest znacznie mniejsze. Dopiero co najmniej 40% udział nasion kwalifikowanych w materiale siewnym, taki jaki był w ankietowanych gospodarstwach, umożliwia docieranie do produkcji osiągnięć hodowli. W dużych gospodarstwach towarowych częstotliwość wymiany nasion jest niemal taka jak w państwach UE. Według danych ankietowych za rok 2001 udział nasion kwalifikowanych pszenicy ozimej w badanych gospodarstwach towarowych wynosił 41,1%, a w grupie gospodarstw o powierzchni UR powyżej 50 ha 65,7%. Średni udział nasion kwalifikowanych pszenicy wynikający z porównania teoretycznego zapotrzebowanie na nasiona z wielkością sprzedaży kwalifikowanego materiału siewnego w całym kraju wynosił w tym samym roku 13,5%. Oznacza to, że w praktyce z postępu biologicznego, przy aktualnej wielkości produkcji nasiennej, może w pełni korzystać co trzecie gospodarstwo.

Wyraźne są również różnice regionalne (tab. 3). Nowe odmiany najszybciej docierają tam gdzie udział kwalifikowanego materiału siewnego jest największy a więc głównie do regionów Polski południowo zachodniej. Możliwości wykorzystania istniejącego

potencjału genetycznego odmian ogranicza niski poziom stosowanej agrotechniki, szczególnie we wschodniej części Polski. Wysokość nawożenia i intensywność chemicznej ochrony roślin w dużych gospodarstwach produkcyjnych niejednokrotnie odbiega od zaleceń agrotechnicznych i od poziomu stosowanego w doświadczeniach odmianowych jednak mimo to i tak znacznie przewyższa średnie wartości krajowe. Duże gospodarstwa towarowe zdecydowanie lepiej wykorzystują istniejące możliwości zwiększania plonów tak poprzez wprowadzanie osiągnięć postępu biologicznego jak i przez stosowaną agrotechnikę.

WNIOSKI

1. W okresie 1986–2001 w wyniku prac hodowlanych potencjał plonowania odmian pszenicy ozimej w doświadczeniach odmianowych zwiększał się średniorocznie o 41 kg/ha/rok.
2. W ostatnich 5 latach można zauważyć wyraźny zwiększenie dynamiki wzrostu plonowania pszenicy w efekcie postępu hodowlanego. W tym okresie średnioroczny przyrost potencjału plonowania pszenicy ozimej w doświadczeniach odmianowych wynosił 59 kg/ha/rok.
3. Nastąpiło to głównie dzięki hodowli odmian chlebowych i jakościowych o wyższej jakości technologicznej ziarna hodowli. Średnioroczne przyrosty potencjału plonowania pszenicy ozimej obliczone dla okresu 1986-2001 wyniosły 69 kg/ha/rok dla odmian jakościowych i 53 kg/ha/rok dla odmian chlebowych a dla ostatniego 5-lecia odpowiednio 124 kg/ha/rok i 144. Przyrost ten, w głównej mierze, jest efektem krajowej hodowli roślin.
4. Malejąca z roku na rok wielkość produkcji nasiennej i pogarszające się zaopatrzenie w kwalifikowany materiał siewny powoduje że, w praktyce wykorzystanie efektów hodowli jest znacznie mniejsze.
5. Dopiero 40% udział nasion kwalifikowanych w materiale siewnym, umożliwia docieranie do produkcji osiągnięć hodowli. Rzeczywisty udział nasion kwalifikowanych pszenicy w kraju wynosi 13,5%. Oznacza to że w praktyce z postępu biologicznego, przy aktualnej wielkości produkcji nasiennej, może korzystać co trzecie gospodarstwo.

LITERATURA

- Feyerherm A.M., Paulsen G.M., 1984, Contribution of Genetic Improvement to Recent Wheat Yield Increases in the USA, *Agron. J.* 76: 985-990.
- Krzymuski J., Laudański Z., Oleksiak T., 1993 Metody oceny postępu genetycznego, *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rolnictwo* Nr 223
- Syntezy wyników doświadczeń odmianowych z lat 1986-2000. Zboża ozime. COBORU.

STANISŁAW WĘGRZYN

TADEUSZ WOJAS

TADEUSZ ŚMIAŁOWSKI

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Krakowie

Uwarunkowania genetyczne oraz współzależności plonu i wybranych cech użytkowych pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.)

Heritability and interrelationships of yield and certain agronomic traits in winter wheat (*Triticum aestivum* L.)

Na podstawie analizy doświadczeń hodowlanych z rodami pszenicy ozimej omówiono genetyczne uwarunkowanie i współzależności takich cech, jak: plon z poletka, masa 1000 ziaren, liczba dni od 1 maja do kłoszenia, wysokość roślin oraz odporność na choroby grzybowe: mączniak, rdzę brunatną, plamistości liści i septoriozę kłosa. Wszystkie cechy, z wyjątkiem plonu, odporności na plamistości liści i septoriozę kłosa, odznaczały się wysokim współczynnikiem genetycznego uwarunkowania, w granicach 0,78–0,94. Dla trzech ostatnich cech współczynnik ten był średni: od 0,43 do 0,56, przy czym najniższa wartość odnosi się do plonu. Obliczone korelacje miały w większości niskie i średnie wartości; korelacje genotypowe były z reguły nieznacznie wyższe, co oznacza że korelacje fenotypowe były uwarunkowane głównie genotypem roślin. Dla kilku par cech wartości korelacji były statystycznie istotne. Najsilniej skorelowane dodatnio były: odporność na plamistości liści z liczbą dni do kłoszenia, odporność na plamistości liści z odpornością na septoriozę kłosa, plon z masą 1000 ziaren oraz odporność na septoriozę kłosa z wysokością (ta ostatnia zależność jest niekorzystna z punktu widzenia hodowli). Wykazano także ujemną, niezbyt wysoką, lecz statystycznie istotną korelację pomiędzy plonem a liczbą dni do kłoszenia, co oznaczało wyższy plon form wcześniejszych.

Słowa kluczowe: cechy użytkowe, genetyczne uwarunkowanie, pszenica ozima, współzależności cech

Basing on the results of breeding trials with winter wheat strains the heritability and interrelationships of such traits as: grain yield, 1000 kernel weight, number of days from 1st May to heading, plant height and resistance to fungal diseases (powdery mildew, leaf rust, leaf and ear septorias). All the traits under study, except grain yield and resistance to leaf and ear septorias, showed high heritability coefficient, ranging from 0.78 to 0.94. For the last three mentioned traits this coefficient amounted from 0.43 to 0.56 (the lowest value refers to grain yield). Correlation coefficients, both phenotypic and genotypic, attained medium to low values, although in several cases they were statistically significant. Genotypic correlation values exceeded, as a rule, those of phenotypic correlation; that indicated at the dependence of phenotypic correlation on plant genotype. The highest

positive correlations were shown for the following pairs of traits: resistance to leaf septoria and number of days to heading, resistance to leaf septoria and resistance to ear septoria, grain yield and 1000 kernel weight, resistance to ear septoria and plant height (the latter was disadvantageous to breeding). On the other hand, correlation between yield and number of days to heading was negative, i.e. earlier forms had higher grain yield.

Key words: agronomic traits, heritability, interrelationships, winter wheat

WSTĘP

Znajomość poziomu genetycznego uwarunkowania cech użytkowych oraz korelacji (zwłaszcza genotypowych) pomiędzy nimi ma ogromne znaczenie w hodowli roślin. Ułatwia ona dobór komponentów do krzyżowań z punktu widzenia szans uzyskania korzystnych rekombinantów, a także wybór odpowiedniej metody selekcji i wielkości selekcyjnej populacji (Węgrzyn, 1983). Jeśli poprawiana cecha ma wysoki wskaźnik genetycznego uwarunkowania, można z powodzeniem prowadzić na nią bezpośrednią selekcję, w przeciwnym przypadku należy szukać innej cechy, o lepszej odziedziczalności, silnie skorelowanej z cechą poprawianą, dla prowadzenia selekcji pośredniej. Plon ziarna z poletka, co podkreśla wielu autorów (Fonseca, Patterson, 1968; Ketata i in., 1976; Sidwell i in., 1976; Lonc i in., 1983a; Budak, Yildirim, 1999), charakteryzuje się niską odziedziczalnością, dlatego często prowadzi się selekcję na parametry plonu lub inne cechy o wysokiej odziedziczalności silnie skorelowane z plonem, zwłaszcza wtedy, gdy współczynniki korelacji genotypowej mają wysoką i statystycznie istotną wartość oraz badana cecha wywiera na plon bezpośredni wpływ, określony analizą ścieżkową (Węgrzyn, 1983). Znajomość korelacji pozwala także przewidzieć, które cechy w trakcie selekcji na daną cechę mogą się równocześnie poprawiać lub pogarszać. Jak wykazał Falconer (1960), można przewidzieć zmiany cechy nieselekcyjowanej, jeśli znamy wielkość korelacji pomiędzy cechą selekcyjowaną a nieselekcyjowaną i współczynniki odziedziczalności obu cech. Ponadto jeśli stwierdzamy istnienie silnych korelacji, niekorzystnych z hodowlanego punktu widzenia, poszukujemy genotypów, u których te zależności będą przełamane. Postęp w hodowli jest właśnie w dużej mierze uzależniony od możliwości przełamywania niekorzystnych korelacji, czyli sprzężeń pomiędzy genami. Dotychczas większość autorów badała współzależności pomiędzy plonem a jego różnymi parametrami, takimi jak: masa ziaren z kłosa, liczba ziaren z kłosa, masa 1000 ziaren, liczba kłosów z rośliny, całkowita biomasa roślin, indeks późniwny, długość kłosa, liczba kłosków w kłosie, wysokość roślin, także pomiędzy plonem a niektórymi cechami jakości wypiekowej, natomiast rzadziej pomiędzy plonem a innymi cechami, jak np. odpornością na choroby, odpornością na wyleganie czy zimotrwałością.

Celem niniejszej pracy było określenie genetycznego uwarunkowania (odpowiednik wskaźnika odziedziczalności w klasycznym znaczeniu) oraz współzależności plonu i kilku cech, związanych z plonem i odpornością na choroby grzybowe.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło pięć zestawów doświadczeń hodowlanych (międzyzakładowe, przedwstępne i wstępne) z rodami pszenicy ozimej, przeprowadzonych w latach 1993–1999. Każdy zestaw, obejmujący 15–19 genotypów (rody i wzorce), był badany w wymienionych doświadczeniach przez trzy kolejne lata w trzech miejscowościach. Kombinacje lat z miejscowościami zostały potraktowane łącznie jako środowiska. W ten sposób otrzymaliśmy po dziewięć środowisk dla każdego zestawu. Badaniami objęto osiem cech, tj. plon ziarna, masa 1000 ziaren, liczba dni od 1 maja do kłoszenia, wysokość roślin oraz odporność na mączniak, rdzę brunatną, plamistość liści i choroby kłosa.

Dla każdego zestawu i każdej cechy przeprowadzono analizę wariancji według dwukierunkowej klasyfikacji, rozdzielając zmienność całkowitą na składnik związany ze środowiskami, składnik wynikający z różnic genetycznych między genotypami i pozostały składnik, będący interakcją genotypu ze środowiskiem. Ten ostatni składnik posłużył jako mianownik dla testu F przy weryfikacji hipotez o składnikach głównych. Ze średnich kwadratów dla genotypów i interakcji genotypowo-środowiskowej oszacowano współczynniki genetycznego uwarunkowania cech (H), jako odpowiedniki współczynników odziedziczalności (h^2), według wzoru podanego przez Bakera i wsp. (1968), czyli

$$H = (m_1 - m_2)/m_1,$$

gdzie H jest współczynnikiem genetycznego uwarunkowania cechy,

m_1 i m_2 są średnimi kwadratami odpowiednio dla genotypów i interakcji genotypowo-środowiskowej. Błąd standardowy współczynnika H obliczono według Hallauera i Mirandy (1995). Następnie dla każdej cechy obliczono ważony współczynnik genetycznego uwarunkowania i błąd standardowy ze wszystkich zestawów doświadczeń.

Te same składniki analizy wariancji posłużyły do obliczenia korelacji fenotypowych i genotypowych między badanymi cechami. Do obliczeń współczynników korelacji posłużono się wzorami Bakera i wsp. (1968). Kolejność obliczeń była taka sama, jak przy oszacowywaniu współczynnika genetycznego uwarunkowania cech. Aby ocenić, jak duża jest interakcja genotypowo-środowiskowa, wyrażono ją w procentach średniej arytmetycznej w postaci współczynnika zmienności (CV). Wartość CV do 5% wskazuje, że średni kwadrat dla interakcji genotypowo-środowiskowej jest uwarunkowany wyłącznie przyczynami losowymi, natomiast wyższe wartości CV są powodowane obecnością tej interakcji.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza wariancji przeprowadzona dla plonu i badanych cech (tab. 1) wykazała wysoce istotne zróżnicowanie środowisk pod względem wszystkich badanych cech, w większości przypadków także istotne zróżnicowanie genotypów. Jedynie dla plonu stwierdzono brak różnic między genotypami w pierwszych trzech zestawach doświadczeń, przy stosunkowo

dużym błędzie, który obejmował zarówno interakcję pomiędzy obiektami a środowiskiem, jak i błąd losowy doświadczenia.

Tabela 1

Analiza wariancji dla plonu i badanych cech 5 zestawów doświadczeń z rodami pszenicy ozimej
Analysis of variance for yield and the investigated traits in 5 sets of trials with winter wheat strains

Cecha Trait	Źródło zmienności Source of variation	Zestaw 1 Set 1		Zestaw 2 Set 2		Zestaw 3 Set 3		Zestaw 4 Set 4		Zestaw 5 Set 5	
		st. swob. df	średni kwadrat mean square	st. swob. df	średni kwadrat mean square	st. swob. df	średni kwadrat mean square	st. swob. df	średni kwadrat mean square	st. swob. df	średni kwadrat mean square
Plon Yield	Środowiska (E) Environments	8	5496,9**	8	4534,5**	8	1866,1**	8	998,2**	8	1800,9**
	Genotypy (G) Genotypes	18	68,70	17	58,00	14	32,92	14	70,40**	17	81,42**
	G × E	144	55,61	136	35,54	112	59,99	112	25,04	136	37,97
	CV (%)	11,08		7,56		10,68		6,10		7,41	
MTZ	Środowiska (E) Environments	7	183,70**	8	326,87**	8	375,63**	8	106,62**	8	128,29**
	Genotypy (G) Genotypes	18	72,48**	17	40,09**	14	50,12**	14	53,74**	17	48,62**
	G × E	126	12,16	136	9,80	112	8,81	112	6,78	136	6,69
	CV (%)	8,47		7,04		6,55		5,68		5,51	
LDK	Środowiska (E) Environments	8	753,92**	8	653,99**	8	308,22**	8	66,41**	8	267,42**
	Genotypy (G) Genotypes	18	16,05**	17	19,50**	14	31,07**	14	29,09**	17	27,29**
	G × E	144	1,17	136	1,19	112	2,13	112	1,67	136	1,52
	CV (%)	3,00		2,86		3,67		3,64		3,66	
WYS	Środowiska (E) Environments	8	2036,5**	8	1623,6**	8	2121,2**	8	1697,6**	8	918,01**
	Genotypy (G) Genotypes	18	275,29**	17	387,20**	14	178,38**	14	86,76**	17	256,81**
	G × E	144	25,19	136	32,52	112	21,79	112	16,68	136	19,43
	CV (%)	5,05		5,85		4,51		4,13		4,34	
MAC	Środowiska (E) Environments	8	1336,2**	8	439,57**	8	1987,2**	8	1330,0**	8	1364,9**
	Genotypy (G) Genotypes	18	129,07**	17	131,25**	14	146,57**	14	228,72**	17	146,07**
	G × E	144	32,44	136	28,42	112	24,51	112	50,88	136	33,96
	CV (%)	9,64		8,83		8,08		11,31		8,72	
RBR	Środowiska (E) Environments	8	2950,0**	8	2260,3**	8	3459,9**	8	3213,7**	8	1765,9**
	Genotypy (G) Genotypes	18	143,78**	17	220,89**	14	435,26**	14	191,35**	17	368,82**
	G × E	144	56,67	136	45,95	112	63,69	112	33,80	136	31,63
	CV (%)	11,26		11,00		13,82		11,23		10,57	
PLL	Środowiska (E) Environments	8	498,62**	8	609,35**	8	826,11**	8	965,93**	8	660,68**
	Genotypy (G) Genotypes	18	79,86**	17	43,93**	14	35,79**	14	38,47	17	25,45
	G × E	144	24,24	136	11,40	112	12,66	112	22,22	136	21,99
	CV (%)	8,34		6,12		6,33		8,46		8,25	
CHK	Środowiska (E) Environments	8	1160,5**	8	630,26**	8	233,80**	8	307,95**	8	1634,4**
	Genotypy (G) Genotypes	18	67,81*	17	56,99**	14	132,44**	14	39,05*	17	38,77**
	G × E	144	39,68	136	23,78	112	27,81	112	20,37	136	15,85
	CV (%)	10,24		7,94		8,78		7,26		6,02	

* Istotne na poziomie p = 0,05

* Significant at p = 0.05

** Istotne na poziomie p = 0,01

** Significant at p = 0.01

MTZ — Masa 1000 ziaren — 1000 grain weight

LDK — Liczba dni od 1 maja do kłoszenia — No. of days from May 1st to heading

WYS — Wysokość roślin — Plant height

MAC — Odporność na mączniaka — Resistance to powdery mildew

RBR — Odporność na rdzę brunatną — Resistance to leaf rust

PLL — Odporność na plamistości liści — Resistance to leaf septoria

CHK — Odporność na choroby kłosa — Resistance to ear septoria

Stosunkowo wysoki współczynnik zmienności plonu wskazywał właśnie na obecność tej interakcji, co może wyjaśniać brak istotnego zróżnicowania genotypów. Nieistotną zmienność badanych genotypów wykazała również cecha odporności na plamistość liści w zestawach czwartym i piątym, na co również mogła mieć wpływ interakcja genotypowo-środowiskowa. Dla pozostałych cech we wszystkich zestawach stwierdzono zróżnicowanie genotypów (rodów) istotne na poziomie $p = 0,01$, a tylko dla chorób kłosa w dwóch zestawach na poziomie $p = 0,05$.

Dla badanych cech współczynnik genetycznego uwarunkowania (H) był zróżnicowany (tab. 2). Najwyższą wartość wykazywał dla wczesności kłoszenia, wahał się od 0,927 do 0,944, przyjmując wartość średnią 0,937. Uzyskane wartości zbliżone są do wykazywanych przez innych autorów, analizujących zarówno pszenicę ozimą, jak i jarą (Fonseca, Patterson, 1968; Bhatt, 1972; Ketata i in., 1976; Sidwell i in., 1978; Ehdaie, Waines, 1989; Pochaba, Węgrzyn, 2000). Również wysoki współczynnik H miała wysokość roślin — 0,890 (0,808–0,924). W badaniach innych autorów cecha ta wykazywała średnio wysoką lub wysoką odziedziczalność — od 0,49 u Węgrzyna i Pochaby (1981), do 0,88 u Pochaby i Węgrzyna (2000). Masa 1000 ziaren i odporność na rdzę brunatną także należały do cech o wysokim współczynniku H , odpowiednio 0,828 (0,756–0,874) oraz 0,793 (0,606–0,914), przy czym wahania współczynnika genetycznego uwarunkowania dla odporności na rdzę brunatną wynikały częściowo z niejednakowego nasilenia tej choroby w różnych latach obserwacji i przy małym nasileniu współczynnik ten przyjmował niższe wartości. Wysokie wartości H dla masy 1000 ziaren otrzymali Baker i wsp. (1968), Bhatt (1972), Ehdaie i Waines (1989) oraz Pochaba i Węgrzyn (2000) — w granicach 0,77–0,93. Średnio wysoką odziedziczalność MTZ stwierdzili natomiast Ketata i wsp. (1976), Jedyński i Lonc (1983), Lonc i wsp. (1983b) — w granicach 0,26–0,78, Sidwell i wsp. (1976, 1978) — od 0,50 do 0,65 oraz Węgrzyn i Pochaba (1981) — od 0,47 do 0,79. Stosunkowo niską odziedziczalność tej cechy stwierdzili Fonseca i Patterson (1968), zwłaszcza w pokoleniu F_1 . Białowas i Lonc (1983) wykazali szeroki zakres wahań odziedziczalności tej cechy w pokoleniu F_2 — od 0,02 do 0,61. U pszenicy jarej Sayed (1978) stwierdził dość znaczną odziedziczalność MTZ w szerszym sensie, lecz niską — w wąskim sensie, co wskazuje na duże znaczenie genów nieaddytywnych w dziedziczeniu tej cechy. Nieliczne dane dotyczące odziedziczalności odporności na rdzę brunatną, również oparte na obserwacjach rodów w doświadczeniach hodowlanych, wskazują na niezbyt wysokie wartości współczynnika H (Węgrzyn i in., 1994; Pochaba, Węgrzyn, 2000), w granicach 0,46–0,69, a więc wyraźnie niższe niż uzyskane przez autorów. Podobnie niewiele jest doniesień o odziedziczalności odporności na inne choroby. W przypadku mączniaka stwierdzono przeważnie wysokie wartości współczynnika H : Lonc i wsp. (1989) uzyskali $H = 0,81$, Węgrzyn i wsp. (1994) od 0,53 do 0,80, a Pochaba i Węgrzyn (2000) nawet 0,98, co zasadniczo odpowiada wartościom uzyskanym w naszych badaniach. W przypadku pozostałych chorób (kłosa i liści) odziedziczalność była wyraźnie niższa i zróżnicowana w latach: dla chorób kłosa (głównie septorioza) współczynnik H wyniósł 0,565 (przy wahaniami od 0,415 do 0,790), a dla plamistości liści 0,530 (0,136–0,740). Niską odziedziczalność odporności na septoriozę kłosa wykazali Lonc i wsp. (1989) — 0,29 oraz Pochaba i Węgrzyn (2000) — 0,27. Ostatni autorzy stwierdzili także

dość niską odziedziczalność septoriozy liści — 0,35. Znaczne zróżnicowanie odziedziczalności odporności na plamistości liści było prawdopodobnie rezultatem doboru materiału badawczego, pewne znaczenie mógł mieć też stopień porażenia tymi chorobami (wpływ środowiska).

Tabela 2

Średnie wartości i współczynniki genetycznego uwarunkowania (H) badanych cech pszenicy ozimej
Mean values and heritability coefficients (H) of the investigated traits

Cecha Trait	Wartość średnia cechy Mean value	Średnie współczynniki genetycznego uwarunkowania (H) Mean values of heritability coefficients
Plon Yield	76,78 (67,28–83,11)*	0,427 ± 0,038 (0,190–0,644)*
MTZ	44,73 (41,17–46,94)	0,828 ± 0,038 (0,756–0,874)
LDK	36,6 (33,7–39,7)	0,937 ± 0,037 (0,927–0,944)
WYS	100,1 (97,5–103,5)	0,890 ± 0,037 (0,808–0,924)
MAC	7,02 (6,62–7,61)	0,780 ± 0,037 (0,749–0,833)
RBR	6,47 (5,55–7,61)	0,793 ± 0,038 (0,606–0,914)
PLL	6,27 (6,06–6,61)	0,530 ± 0,038 (0,136–0,740)
CHK	7,04 (6,76–7,52)	0,565 ± 0,037 (0,415–0,790)

* W nawiasach podano uzyskane zakresy wartości

* Obtained ranges of values are given in parentheses

Oznaczenia cech jak w tabeli 1

Trait symbols as in table 1

Większość badaczy, którzy analizowali współzależności pomiędzy różnymi cechami pszenicy zwyczajnej, koncentrowała się na związkach plonu i jego parametrów, a także parametrów plonu i cech wartości wypiekowej, rzadziej natomiast badano wpływ chorób na parametry plonu i wartości wypiekowej. Spośród analizowanych zależności pomiędzy plonem i pozostałymi badanymi cechami, istotną dodatnią korelację, zarówno fenotypową jak i genotypową, wykazano dla plonu i masy 1000 ziaren (tab. 3). Korelacja fenotypowa miała średnią, a genotypowa niską wartość, przy czym pierwsza z nich była prawie dwukrotnie wyższa, co wskazuje na podobne oddziaływanie genotypów i środowiska na badaną zależność. Inni autorzy dla tej zależności podają prawie zawsze dodatnie wartości, przeważnie statystycznie istotne (Baker i in., 1968; Fonseca, Patterson, 1968; Knott, Talukdar, 1971; Sidwell i in., 1976; Virk i in., 1977; Kadłubiec i in., 1989), czasami również nieistotne (Ehdaie, Waines, 1989; Singh i in., 1998; Budak, Yildirim, 1999; Pochaba, Węgrzyn, 2000). Jednak istotność stwierdzano wyłącznie na poziomie fenotypowym, a nie genotypowym, co oznaczało duży wpływ środowiska na tę zależność. Zdaniem wielu autorów korelacja pomiędzy plonem a masą 1000 ziaren wynika przede wszystkim z bezpośredniego wpływu tej cechy na plon, co stwierdzano na drodze analizy ścieżkowej. Warto zaznaczyć, że spośród badanych w licznych pracach zależności

pomiędzy plonem a jego parametrami, tylko liczba kłosów z rośliny (bądź poletka) wykazywała z reguły silniejszy wpływ na plon niż masa 1000 ziaren (Fonseca, Patterson, 1968; Sidwell i in., 1976; Virk i in., 1977; Ehdaie, Waines, 1989; Singh i in., 1998).

Tabela 3

Korelacje fenotypowe i genotypowe pomiędzy cechami użytkowymi pszenicy ozimej
Phenotypic and genetic correlations between agronomy traits of winter wheat

Cecha Trait	Plon Yield	MTZ	LDK	WYS	MAC	RBR	PLL	CHK
Plon Yield		0,40**	-0,23*	-0,13	-0,01	0,03	-0,12	0,01
MTZ	0,22*		0,02	0,21	-0,01	0,04	0,11	0,00
LDK	-0,30**	0,04		0,01	-0,13	0,13	0,49**	0,06
WYS	0,02	0,25*	0,01		-0,07	0,05	0,17	0,29**
MAC	-0,16	-0,01	-0,15	-0,07		0,04	0,13	0,16
RBR	0,38**	0,28*	0,14	0,07	0,03		0,20	0,14
PLL	0,02	0,00	0,73**	0,26*	0,03	0,34**		0,32**
CHK	0,04	-0,01	0,10	0,41**	0,23*	0,13	0,44**	

Korelacje fenotypowe — powyżej przekątnej

Phenotypic correlations — above the diagonal

Korelacje genotypowe — poniżej przekątnej

Genetic correlations — below the diagonal

Oznaczenia cech jak w tabeli 1

Trait symbols as in table 1

Inną, statystycznie istotną, lecz ujemną korelację stwierdzono pomiędzy plonem a wczesnością wyrażoną liczbą dni od 1 maja do kłoszenia zarówno na poziomie fenotypowym, jak i genotypowym. Zależność ta była korzystna z hodowlanego punktu widzenia: formy wcześniejsze plonowały przeciętnie lepiej niż późniejsze. Uzyskany rezultat jest częściowo zgodny z wynikami uzyskanymi przez niektórych badaczy (Fonseca, Patterson, 1968), gdzie plon był istotnie ujemnie skorelowany z wczesnością kłoszenia, która wywierała na plon zasadniczo pośredni wpływ poprzez takie parametry jak: masa 1000 ziaren, liczba kłosów na poletku oraz liczba ziaren z kłosa. Singh i wsp. (1998) uzyskali odwrotny rezultat — plon był tu istotnie dodatnio skorelowany z terminem kłoszenia. Jednak w większości przypadków dane z literatury wskazują na brak istotnej zależności tych cech (Kassem, 1978; Ehdaie, Waines, 1989; Pochaba, Węgrzyn, 2000), choć częściej spotyka się wartości dodatnie, wskazujące na generalnie wyższy plon form późniejszych. Stąd można wnioskować, że te zróżnicowane wyniki badań nad omawianą zależnością wskazują na duży wpływ użytego materiału badawczego.

Korelacje pomiędzy plonem a wysokością fenotypowe, jak i genotypowe, okazały się nieistotne. W literaturze spotyka się skrajne zróżnicowanie tej zależności: ujemne wartości uzyskali Ehdaie i Waines (1989) oraz Singh i wsp. (1998), natomiast dodatnie Virk i wsp. (1977), Kadłubiec i wsp. (1989), a także Budak i Yildirim (1999). Kassem (1978) również stwierdził wysoce istotną dodatnią korelację fenotypową pomiędzy tymi cechami, przy jednoczesnej ujemnej korelacji genotypowej, co wskazywało na obecność silnej interakcji genotypowo-środowiskowej. Z przytoczonych wyników badań wynika, że znak rozpatrywanej korelacji nie miał związku z formą ozimą lub jaram, natomiast często uwidaczniał się tu silny wpływ bądź analizowanego materiału badawczego, bądź też środowiska.

Wpływ odporności na choroby na poziom plonowania okazał się w zasadzie nieistotny, zwłaszcza w przypadku korelacji fenotypowych. Jedynie wyraźnie uwidocznił się związek plonu z odpornością na rdzę brunatną na poziomie genotypowym (tab. 3). Oznaczało to potencjalnie wyższą plenność rodów posiadających niektóre geny odporności na tę chorobę. Pochaba i Węgrzyn (2000) wykazali istotny, głównie bezpośredni, korzystny wpływ odporności na septoriozy kłosa i liści na wielkość plonu, natomiast nie stwierdzili istotnego związku plonu z odpornością na mączniak i rdzę brunatną. O ile nasze badania wykazują jednak pewne znaczenie odporności na rdzę brunatną, to potwierdza się brak zależności pomiędzy plonem a odpornością na mączniaka.

Zwraca uwagę dodatnia, choć niska, korelacja masy 1000 ziaren z wysokością roślin, istotna tylko w sensie genotypowym. Jest to częściowo zgodne z wynikami badań Fonseki i Pattersona (1968), którzy stwierdzili istotną zależność pomiędzy tymi cechami, ale tylko w pokoleniu F₂. Odmienne rezultaty uzyskali Ehdaie i Waines (1989), którzy także stwierdzili istotną korelację, ale o znaku ujemnym. Inni autorzy (Singh i in., 1998; Budak, Yildirim, 1999) nie stwierdzili istotnej zależności pomiędzy tymi cechami. Nie wykazano istotnej zależności pomiędzy masą 1000 ziaren a liczbą dni do kłoszenia, podczas gdy w badaniach niektórych autorów (Fonseca, Patterson, 1968; Singh i in., 1998) korelacja ta była wysoce istotna i ujemna, co oznaczało, że formy kłoszące się wcześniej miały wyższą masę 1000 ziaren. Stwierdzono istotną i dodatnią, chociaż także niską, genotypową korelację masy 1000 ziaren z odpornością na rdzę brunatną, przy braku korelacji na poziomie fenotypowym, co przy wysokim współczynniku genetycznego uwarunkowania obu cech, wskazywało na maskujący wpływ środowiska na tę zależność.

Stwierdzono dodatnią korelację odporności na plamistości liści z liczbą dni do kłoszenia, średnio wysoką o charakterze fenotypowym, a wysoką o charakterze genotypowym, co oznaczało większą odporność form późno kłoszących się, uwarunkowaną przede wszystkim genetycznie. Wykazano również dodatnią zależność pomiędzy odpornością na choroby kłosa i liści (wywołane głównie przez patogeny z rodzaju *Septoria* spp.) a wysokością roślin, wyraźniejszą na poziomie genotypowym. Zależności te są niekorzystne dla hodowli i przy selekcji w kierunku wczesności i skróceniu żdźbła należy zwracać baczną uwagę na porażanie materiału hodowlanego przez te patogeny.

Pomiędzy cechami odporności na choroby występowały na ogół dodatnie korelacje o stosunkowo niskich wartościach, w kilku przypadkach statystycznie istotne (zwłaszcza genotypowe), dla takich par cech jak: odporność na mączniaka i choroby kłosa, rdzę brunatną i plamistości liści oraz plamistości liści i choroby kłosa. Spośród wymienionych par cech, najsilniejszy związek występował pomiędzy plamistościami liści a chorobami kłosa, co można tłumaczyć powodowaniem tych chorób przez te same lub pokrewne patogeny, a w związku z tym podobnym genetycznym podłożem mechanizmów odpornościowych.

WNIOSKI

1. Najwyższą odziedziczalnością charakteryzowały się liczba dni do kłoszenia oraz wysokość roślin. Wysoką odziedziczalność (0,606–0,914) wykazywały ponadto masa

- 1000 ziaren, odporność na mączniak i rdzę brunatną. Pozostałe badane cechy (plon, odporność na plamistość liści i choroby kłosa) odznaczały się przeważnie niską i zmienną odziedziczalnością (0,136–0,790), przy czym plon — przeciętnie najniższą.
2. W kilkunastu przypadkach wykazano istnienie istotnych współzależności pomiędzy badanymi cechami. Najściślej skorelowane dodatnio były odporność na plamistość liści z liczbą dni do kłoszenia, co oznacza że formy późniejsze okazały się bardziej odporne na te patogeny. Istotne dodatnie zależności stwierdzono ponadto pomiędzy plonem a masą 1000 ziaren, masą 1000 ziaren a wysokością, odpornością na choroby kłosa a wysokością, odpornością na choroby kłosa a odpornością na mączniaka, odpornością na rdzę brunatną a odpornością na plamistość liści oraz pomiędzy odpornością na choroby kłosa a odpornością na plamistość liści. Natomiast pomiędzy plonem a wczesnością wykazano istotną ujemną korelację (formy wcześniejsze były z reguły plenniejsze).
 3. Dla istotnych korelacji wartość genotypowa była przeważnie wyższa od fenotypowej, lecz tego samego znaku, co wskazywało na niewielki wpływ środowiska bądź nie-addytywnych form działania genów na badane zależności. Jedynie w przypadku plonu i odporności na rdzę brunatną wpływ tych czynników był wyraźny.

LITERATURA

- Baker R. J., Bendelow V. M., Kaufmann M. L. 1968. Inheritance and interrelationships among yield and several quality traits in common wheat. *Crop Sci.* 8: 725 — 728.
- Bhatt G. M. 1972. Inheritance of heading date, plant height, and kernel weight in two spring wheat crosses. *Crop Sci.* 12: 95 — 98.
- Budak N., Yildirim M. B. 1999. Correlations among the yield and yield components at segregating populations derived from selection based on harvest index in bread wheat. *Cereal Res. Commun.* 27: 267 — 272.
- Ehdaie B., Waines J. G. 1989. Genetic variation, heritability and path-analysis in landraces of bread wheat from southwestern Iran. *Euphytica* 41: 183 — 190.
- Falconer D., S. 1960. Introduction to quantitative genetics. Oliver and Boyd, London.
- Fonseca S., Patterson F. L. 1968. Yield component heritabilities and interrelationships in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop Sci.* 8: 614 — 617.
- Hallauer A. R., Miranda J. B. 1995. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State Univ., Ames.
- Jedyński S., Lonc W. 1983. Odziedziczalność i efekty genowe cech użytkowych mieszańców pszenicy ozimej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 290: 193 — 200.
- Kassem A. A. 1978. Genetic analysis and inter-relationships of quantitative characters in spring wheat. *Alex. J. Agric. Res.* 26: 333 — 342.
- Ketata H., Edwards L. H., Smith E. L. 1976. Inheritance of eight agronomic characters in a winter wheat cross. *Crop Sci.* 16: 19 — 22.
- Knott D. R., Talukdar B. 1971. Increasing seed weight in wheat and its effect on yield, yield components, and quality. *Crop Sci.*, 11: 280 — 283.
- Lonc W., Białowas S., Choma K., Krupa F. 1989. Zastosowanie taksonomii wrocławskiej do oceny wartości hodowlanej kilku odmian pszenicy ozimej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, Z. 382: 119 — 125.
- Lonc W., Malawko-Murawska Z., Strugała J. 1983 a. Odziedziczalność i postęp genetyczny cech ilościowych mieszańców F₂ pszenicy ozimej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. Z.* 290: 159 — 167.
- Lonc W., Malawko-Murawska Z., Strugała J. 1983 b. Zmienność i odziedziczalność masy 1000 ziarn i liczby opadania mieszańców pszenicy ozimej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 290: 229 — 243.

- Pochaba L., Węgrzyn S. 2000. Zmienność i współzależność kilku cech pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 216: 261 — 266.
- Sayed H. I. 1978. Inheritance of five quantitative characters of bread wheat. *Theor. Appl. Genet.* 52: 73 — 76.
- Sidwell R. J., Smith E. L., McNew R. W. 1976. Inheritance and interrelationships of grain yield and selected yield-related traits in a hard red winter wheat cross. *Crop Sci.* 16: 650 — 654.
- Sidwell R. J., Smith E. L., McNew R. W. 1978. Heritability and genetic advance of selected agronomic traits in a winter wheat cross. *Cereal Res. Commun.* 6: 103 — 111.
- Singh R. P., Rajaram S., Miranda A., Huerta-Espino J., Autrique E. 1998. Comparison of two crossing and four selection schemes for yield, yield traits, and slow rusting resistance to leaf rust in wheat. *Euphytica* 100: 35 — 43.
- Virk D. S., Aulakh H. S., Pooni H. S. 1977. A path coefficient analysis of grain yield in three bread wheat crosses. *Cereal Res. Commun.* 5: 31 — 39.
- Węgrzyn S. 1983. Znaczenie korelacji w hodowli roślin. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 290: 15 — 21.
- Węgrzyn S., Strzembicka A., Gajda Z. 1994. Variability of the winter wheat breeding materials with respect to their reaction to leaf rust and powdery mildew. *Genet. Pol.* 35 B: 241 — 245.

TADEUSZ WOJAS**MAGDALENA GUT**

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Krakowie

Współzależności pomiędzy odpornością na porastanie a innymi cechami użytkowymi pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.)

Interrelationships between preharvest sprouting and some agronomic traits in winter wheat (*Triticum aestivum* L.)

W oparciu o rezultaty doświadczeń z kolekcją roboczą pszenicy ozimej, przeprowadzonych metodą wzorcową w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin Oddział w Krakowie w latach 1998/99, 1999/2000 i 2000/01, analizowano zmienność i genetyczne uwarunkowanie odporności na porastanie, a także fenotypowe i genotypowe współzależności tej cechy i 8 innych cech użytkowych pszenicy ozimej, tj. masy 1000 ziaren, liczbę dni do kłoszenia i dojrzewania, wysokości roślin oraz odporności polowej na mączniak, rdzę brunatną, septoriozę liści i septoriozę kłosa. Wykazano wysokie genetyczne uwarunkowanie badanej cechy: współczynnik genetycznego uwarunkowania osiągnął wartość 0,78. Odporność na porastanie dla 31 odmian i rodów charakteryzowała się bardzo dużą zmiennością - współczynnik zmienności w poszczególnych latach przyjmował wartości od 20,6% do 53,9%, przy czym większość badanych form wykazywała niską odporność. Średnie wartości cechy wynosiły w latach odpowiednio 3,48, 3,66 i 6,17 w skali bonitacyjnej od 1 do 9. Stwierdzone korelacje miały niskie i statystycznie nieistotne wartości w zakresie od -0,17 do 0,29. Uzyskano dodatnie wartości korelacji z terminem kłoszenia i dojrzewania oraz z wysokością roślin, natomiast z masą 1000 ziaren, odpornością na rdzę brunatną i septoriozę kłosa odporność na porastanie korelowała ujemnie.

Słowa kluczowe: cechy użytkowe, porastanie przedzniwne, pszenica ozima, współzależności

Variability, heritability and phenotypic/genetic correlations of preharvest sprouting with certain agronomic traits (1000 kernel weight, plant height, heading and maturity date, resistance to four fungal diseases: powdery mildew, leaf rust, leaf and ear septoria) were analysed basing on the results of field trials carried out with 31 genotypes of winter wheat in one locality through three years (1999–2001). Preharvest sprouting showed very high variability, coefficients ranging from 20.6 to 53.9% depending on a year, but the mean resistance was low — 3.48, 3.66 and 6.17 respectively, in the 1–9 scale. The coefficient of heritability was high and scored 0.78. The obtained phenotypic and genetic correlations between preharvest sprouting resistance and the remained traits were low and insignificant, attaining a maximal value of 0.29 in case of date of heading. The resistance to preharvest sprouting tended to be unfavourably connected with the plant height, 1000 kernel weight, resistance to leaf rust and ear septoria.

Key words: agronomy traits, correlations, preharvest sprouting, winter wheat

WSTĘP

W niektórych regionach uprawy pszenicy na świecie osiągnięcie zadowalającego poziomu odporności na porastanie jest jednym z głównych celów twórczej hodowli tego gatunku (Derera i in., 1977). W warunkach klimatycznych Polski również występuje problem przedźniwnego porastania ziarna zbóż, w tym także pszenicy. Niska odporność odmian na niekorzystny układ warunków pogodowych w okresie żniw, kiedy deszcze opóźniają termin zbioru, powoduje nasilone wystąpienie tego zjawiska, a w efekcie straty ekonomiczne, będące skutkiem obniżenia jakości mąki z ziarna, w którym nastąpił częściowy rozkład skrobi, spowodowany uaktywnieniem enzymów amylolitycznych. Szacuje się, że straty z tego tytułu mogą sięgać do 10% wyprodukowanego ziarna (Węgrzyn i in., 1991). Już pobieżna analiza odporności odmian i rodów, stanowiących materiał wyjściowy do krzyżowań hodowlanych, testowanych w kolekcji roboczej pszenicy ozimej, prowadzonej w Zakładzie Roślin Zbożowych Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin wykazuje, że tylko niewielki procent tych form jest odpornych na porastanie w zadowalającym stopniu. Odbija się to niekorzystnie na jakości rodów wyhodowanych na bazie materiału kolekcyjnego. Z danych Centralnego Ośrodka Badań Odmian Roślin Uprawnych wynika, że wśród 35 rodów hodowlanych pszenicy ozimej, ocenianych w latach 1997–1999 w ramach doświadczeń przed-rejestrowych, brak było rodów odpornych na porastanie. Pięć z nich można było zaliczyć do średnio odpornych, a pozostałe trzydzieści należało uznać za porastające lub silnie porastające (Kaczyński, 2000). Poprawa odporności na porastanie stanowi zatem istotny element prac hodowlanych. W tym celu potrzeba z jednej strony znajomości sposobu dziedziczenia, genetycznego uwarunkowania (odziedziczalności) i ewentualnych współzależności z innymi cechami rolniczymi, z czego wynikają odpowiednie metody selekcji, z drugiej — dysponowania materiałem o wysokiej odporności (Gut i in., 1997). Głównym celem prowadzonych badań było określenie fenotypowych i genotypowych współzależności odporności na porastanie z ważnymi cechami rolniczymi, to jest: wczesnością mierzoną liczbą dni od 1 maja do kłoszenia i dojrzewania, wysokością roślin, odpornością na choroby oraz masą tysiąca ziaren. Badano także zmienność i genetyczne uwarunkowania odporności na porastanie.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło 31 odmian i rodów pszenicy ozimej wchodzących w skład kolekcji roboczej Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w latach 1999–2001. Doświadczenia przeprowadzono metodą wzorcową na poletkach o powierzchni 1 m², przy standardowym poziomie nawożenia. Obserwacje wczesności mierzonej liczbą dni od 1 maja do kłoszenia i dojrzewania, wysokości roślin i odporności na choroby wykonano w polu w okresie wegetacji, a masę tysiąca ziaren wyliczono w laboratorium, po zbiorze ziarna. Odporność na porastanie określano w warunkach prowokacyjnych metodą Schmidta (Gut i in., 1997) w skali bonitacyjnej od 1 do 9 (1 — całkowity brak odporności, 9 — pełna odporność). W roku 2001 na skutek długotrwałych opadów w okresie

przedzmiwnym, wszystkie badane formy porastały na poletkach, co spowodowało, że odporność na porastanie oznaczano obliczając procent ziaren porośniętych w kłosie, przeliczając następnie te wartości na skalę bonitacyjną. Uzyskane wyniki stanowiły podstawę do obliczenia zmienności, genetycznego uwarunkowania, a także korelacji fenotypowych i genotypowych odporności na porastanie i pozostałych cech. Współczynnik genetycznego uwarunkowania (H), będący odpowiednikiem współczynnika odziedziczalności (h^2), oszacowano ze średnich kwadratów dla genotypów i interakcji genotypowo-środowiskowej z analizy wariancji, według wzoru podanego przez Kearsaya i Poonie'go (1996):

$$H = \frac{S_1^2 - S_2^2}{S_1^2},$$

gdzie S_1^2 i S_2^2 są średnimi kwadratami odpowiednio dla genotypów i interakcji genotypowo-środowiskowej.

Błąd standardowy współczynnika H obliczono według Hallauera i Mirandy (1995), a korelacje fenotypowe i genotypowe według Upadhyay i Paulsen (1988).

WYNIKI I DYSKUSJA

W latach 1999 i 2000 średnia odporność na porastanie była niska i wyniosła odpowiednio 3,48 i 3,66 w dziewięciostopniowej skali bonitacyjnej. Jedynie w roku 2001 obserwowano wyższe wartości, przy średniej 6,17 (tab. 1).

Tabela 1

Średnie i współczynniki zmienności odporności na porastanie w kolejnych latach badań
Mean values and coefficients of variability for resistance to preharvest sprouting in subsequent years of study

	1999 Rok — Year	2000 Rok — Year	2001 Rok — Year
Średnia wartość Mean value	3,48	3,66	6,17
Współczynnik zmienności (%) Coefficient of variability (%)	53,9	43,1	20,6

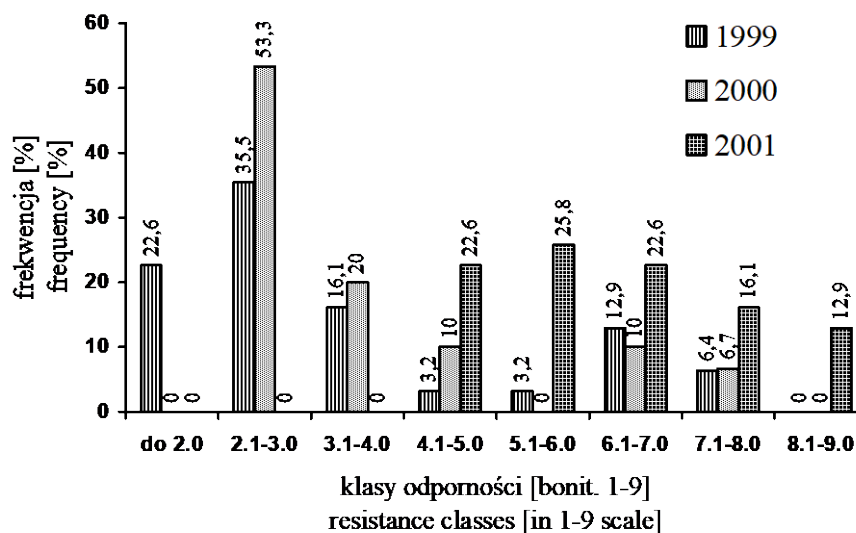
Różnice ocen w latach były spowodowane warunkami pogodowymi, gdyż czynniki środowiskowe bardzo silnie modyfikują zarówno stan spoczynku ziarna, jak i aktywność α -amylazy dwóch podstawowych elementów odpowiedzialnych za odporność na porastanie (Stoy, 1982; Gut i in., 1993, 1997). Współczynnik zmienności tej cechy w latach 1999 i 2000 wyniósł odpowiednio 53,9 i 43,1%, a w roku 2001 był on niższy, ale również wysoki i przekraczał 20% (tab. 1). Tak wysokie wartości świadczą nie tylko o genetycznym zróżnicowaniu badanego materiału, ale i o wpływie środowiska lub interakcji genotypowo-środowiskowej na ekspresję cechy, podobnie jak to było w przypadku doświadczeń przeprowadzonych przez Wu i Carvera (1999). Potwierdziła to analiza wariancji (tab. 2), która wykazała, że zarówno zróżnicowanie obiektów, jak i różnice pomiędzy latami badań były wysoce istotne. Podział badanych form na klasy odporności wykazał, że tylko nieliczne z nich wykazały dobrą odporność na porastanie; większość stanowiły odmiany i

rody łatwo ulegające porośnięciu, co ilustruje wykres (rys. 1). Z wykresu wynika również, że udział badanych form w poszczególnych klasach był w każdym roku nieco inny, co potwierdza obserwowane we wcześniejszych badaniach zjawisko, że poszczególne genotypy różnie reagowały na zmienne warunki pogodowe (Gut i in., 1997), co wykazały także prace innych autorów (Derera i in., 1977; Wu, Carver, 1999).

Tabela 2

Analiza wariancji odporności na porastanie w latach 1999–2001
Analysis of variance for resistance to preharvest sprouting in 1999–2001

Źródło zmienności Source of variance	Liczba st. swobody Degrees of freedom	Średni kwadrat Mean square	Test F F test
Genotypy (G) Genotypes	30	5,366	4,132**
Lata (Y) Years	2	73,295	56,437**
Błąd (G x Y) Error (G x Y)	60	1,299	



Rys. 1. Frekwencja form pszenicy ozimej (w %) z kolekcji roboczej w klasach odporności na porastanie

Fig. 1. Distribution (in %) of the studied winter wheat genotypes in classes of resistance to preharvest sprouting

Ponieważ niewiele było form odpornych, warto w tym miejscu je wymienić. Najbardziej odpornymi (zakres 6,1–7,5) spośród badanych odmian okazały się: Renan, Estica, Zodiac, Bussard, Euris i STH 9055, w większości pochodzące z hodowli zachodnio-

europejskich. Interesujące wydają się również formy spoza badanej grupy — Winni, NAD 491/95, Atlantis, Tinos i PBIS 98/125 wykazujące w roku 2001 odporność w granicach 8,1–8,7, które zostaną włączone do badań w latach następnych.

Współczynnik genetycznego uwarunkowania H , obliczony w oparciu o analizę wariancji, wyniósł 0,76. Oznacza to, że w badanym materiale odporność na porastanie była silnie uwarunkowana genetycznie. Mała zmienność efektów interakcji genotypów z latami badań potwierdza wysoką odziedziczalność i sugeruje, że chociaż środowisko silnie modyfikuje addytywnie ekspresję tej cechy, to jednak na jej genetyczną ekspresję wpływa w niewielkim stopniu. Wysoki stopień genetycznego uwarunkowania ułatwia selekcję pod względem odporności na porastanie i sprawia, że może być ona prowadzona w późniejszych pokoleniach. Doniesienia innych autorów wskazują na średnią lub wysoką odziedziczalność odporności na porastanie. Upadhyay i Paulsen (1988) w badaniach nad potomstwem odmiany odpornej Clarks Cream wykazali odziedziczalność odporności na porastanie w kłosie w zakresie 0,40–0,56, ale dla cech pokrewnych wartości wyższe: dla aktywności α -amylazy — 0,67–0,88, a dla kiełkowania zarodków - 0,49–0,74. W badaniach DePauw i McCaiga (1991) odziedziczalność odporności na porastanie w kłosie była znacznie wyższa i wyniosła 0,77–0,85, co odpowiada wartości uzyskanej w niniejszej pracy.

Korelacje fenotypowe i genotypowe pomiędzy odpornością na porastanie a wybranymi cechami użytkowymi przedstawiono w tabeli 3. Wartości obu współczynników okazały się podobne, były one jednak nieistotne i niskie. Najwyższą korelację tak fenotypową jak i genotypową (odpowiednio 0,28 i 0,29) osiągnięto dla terminu kłoszenia. Może to sugerować silniejszą skłonność do porastania odmian wcześniejszych, co nie jest zjawiskiem korzystnym z punktu widzenia hodowli. Podobną, lecz silniejszą zależność między tymi cechami wykazali Upadhyay i Paulsen (1988) oraz DePauw i McCaig (1991). Upadhyay i Paulsen (1988) stwierdzili także ujemną korelację pomiędzy porastaniem a masą 1000 ziaren, tzn. że ziarna o niskiej masie silniej porastały. Zależności takiej nie obserwowano ani w niniejszej pracy ani we wcześniejszych badaniach (Gut i in., 1997). Wykazywane przez tych autorów zależności mogą mieć związek z rozmieszczeniem loci genów odpowiedzialnych za porastanie głównie na chromosomach 2A, 5A, 6A i 7B (Zanetti i in., 2000), na których ulokowane są również geny odpowiedzialne m. in. za kłoszenie i kwitnienie, masę ziarniaków, długość źdźbła i odporność na niektóre choroby (mączniak, rdza brunatna i żółta) (Tarkowski, 1974; Morris, 1978). Fakt, że inni autorzy badali najczęściej współzależności z cechami morfologicznymi i fizjologicznymi ziarna, rzadziej natomiast z cechami rolniczymi, uniemożliwia dokładniejsze przedyskutowanie uzyskanych wyników. Generalnie niskie i statystycznie nieistotne wartości korelacji wskazują na brak sprzężeń genów warunkujących odporność na porastanie z genami warunkującymi pozostałe badane cechy, co wynika również z poligenicznego dziedziczenia się tej cechy. Oznacza to, że odporność na porastanie dziedziczy się w dużym stopniu niezależnie, zatem selekcja na tę cechę może być prowadzona niezależnie i w późniejszych pokoleniach.

Tabela 3

Korelacje fenotypowe i genotypowe pomiędzy odpornością na porastanie a wybranymi cechami użytkowymi pszenicy ozimej
Phenotypic and genetic correlations between resistance to preharvest sprouting and selected agronomic traits in winter wheat

Cecha Trait	Masa 1000 ziaren 1000 kernel weight	Wysokość Height	Liczba dni od 1.05 do Days from 1.05 to		Odporność na choroby Resistance to diseases			
			kłoszenia heading	dojrzałości maturity	mączniak powdery mildew	rdza brun. leaf rust	septoria liści leaf septoria	septoria kłosa ear septoria
Korelacja fenotypowa Phenotypic correlation	-0,12	0,15	0,28	0,18	0,03	-0,17	-0,04	-0,08
Korelacja genotypowa Genotypic correlation	-0,12	0,16	0,29	0,28	0,08	-0,12	0,13	-0,07

WNIOSKI

1. Wysoki stopień genetycznego uwarunkowania odporności na porastanie oraz brak korelacji z innymi cechami rolniczymi wskazuje na niezależne dziedziczenie się tej cechy.
2. Podniesienie potencjalnej odporności na porastanie w materiale hodowlanym jest zatem celem stosunkowo łatwo osiągalnym, a selekcję pod względem tej cechy można prowadzić w późniejszych pokoleniach.

LITERATURA

- DePauw R. M., McCaig T. N. 1991. Components of variation, heritabilities and correlations for indices of sprouting tolerance and seed dormancy in *Triticum* spp. *Euphytica*, 52: 221 — 229.
- Derera N.F., Bhatt G.M., McMaster C.J. 1977. On the problem of preharvest sprouting of wheat. *Euphytica*, 26: 299 — 308.
- Gut M., Cygankiewicz A., Ptak B. 1993. Odporność na porastanie rodów i odmian pszenicy (*Triticum aestivum* L.). Część II. Pszenica jara. *Biul. IHAR* 185: 55 — 62.
- Gut M., Struś M., Mazurkiewicz B. 1997. Odporność na porastanie a cechy struktury plonu form pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.) zgromadzonych w kolekcji roboczej. *Biul. IHAR*, 204: 67 — 73.
- Hallauer A. R., Miranda J. B. 1995. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State Univ., Ames.
- Kaczyński L. 2000. Pszenica ozima. W: COBORU, Syntezy wyników doświadczeń odmianowych 1999. Zboża ozime, Z. 1163: 9 — 34.
- Kearsey M. J., Pooni H. S. 1996. The genetical analysis of quantitative traits. Chapman and Hall.
- McCrack A. J., Nielsen M. T., Paulsen G. M., Heyne E. G. 1982. Relationship between sprouting in wheat and embryo response to endogenous inhibition. *Euphytica*, 31: 193 — 200.
- Morris R. 1978. Chromosomal locations of genes for wheat characters. *Ann. Wheat Newsl.*, 24: 4 — 17.
- Stoy V. 1982. Progress and prospect in sprouting research. In: Third international symposium on pre-harvest sprouting in cereals. J. E. Kruger, D. E. La Berge (eds.) Westview Press, Boulder, pp. 3 — 7.
- Tarkowski C. 1974. Genetyka, hodowla roślin, nasiennictwo. PWN, Warszawa.
- Upadhyay M. P., Paulsen G. M. 1988. Heritabilities and genetic variation for preharvest sprouting in progenies of Clark's Cream white winter wheat. *Euphytica*, 38: 93 — 100.
- Węgrzyn S., Gut M., Cygankiewicz A., Ptak B. 1991. Odporność rodów i odmian pszenicy (*Triticum aestivum* L.) na porastanie. Część I. Pszenica ozima. *Biul. IHAR*, 180: 121 — 129.

- Wu Jiming, Carver B F. 1999. Sprout damage and preharvest sprout resistance in hard white winter wheat. *Crop Sci.*, 39: 441 — 447.
- Zanetti S., Winzeler M., Keller M., Keller B., Messmer M. 2000. Genetic analysis of pre-harvest sprouting resistance in a wheat x spelt cross. *Crop Sci.* 40: 1406 — 1417.

JÓZEF PILCH

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Krakowie

Wartość technologiczna introgresywnych form pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.)

Bread-making quality of introgressive forms of winter wheat (*Triticum aestivum* L.)

W okresie 3 lat badano wartość technologiczną ziarna 76 ozimych linii introgresywnych uzyskanych z krzyżowań międzygatunkowych i międzyrodzajowych pszenicy *T. aestivum* L. z *T. durum* Desf. v. Mirable, Khapli Fuensemuiduro, *T. timopheevii* Zhukov. v. 5013, 5030, *Ae. speltoides* Taush., *L. perenne* L. v. Anna. Wyselekcjonowano je spośród 1165 mieszańców oddalonych na podstawie wysokiej zawartości białka ogółem w ziarnie (%), wskaźnika sedimentacji Zeleny'ego (ml), liczby opadania (s) i wartości wypiekowej klasy E (elitarna) lub A (jakościowa) w stosunku do odmiany Begra według kryteriów Klockiewicz-Kamińska i Brzeziński (1997). Uzyskanie bardzo wysokich wartości wskaźników technologicznych przekraczających dane wzorca *T. aestivum* L. (klasa E) wskazuje na efekt introgresji genów genomów A i B *T. durum* Desf., *T. timopheevii* Zhukov., *Ae. speltoides* Taush., genomu G *T. timopheevii* Zhukov i genomu L *L. perenne* L. Zidentyfikowane linie mogą w przyszłości stanowić materiał wyjściowy do wytworzenia źródeł genetycznych dla hodowli jakościowej pszenicy ozimej.

Słowa kluczowe: introgresywne formy, pszenica *T. aestivum* L., wartość technologiczna, ziarno

Bred-making quality of grain of 76 winter introgressive lines derived from interspecific and intergeneric crosses of wheat *T. aestivum* L. with *T. durum* Desf. v. Mirable, Khapli Fuensemuiduro, *T. timopheevii* Zhukov. v. 5013, 5030, Taush., and *L. perenne* L. v. Anna was investigated during three years. The lines were selected out of 1165 wide-hybrids on the basis of high protein content (%), sedimentation value (ml), falling number (s) and baking value of the classes E (Exclusive) and A (Qualitative) in the relation to variety Begra according to Klockiewicz-Kamińska i Brzeziński (1997). Retaining of very high values of the technological indicators which exceeded the quality check *T. aestivum* L. (the class E) point out the effects of the introgression of the genes of the genomes A and B of *T. durum* Desf., *T. timopheevii* Zhukov., *Ae. speltoides* Taush., the genome G of *T. timopheevii* Zhukov. and the genome L of *L. perenne* L. The identified lines may in the future constitute the initial material for developing the genetic sources for the quality breeding of winter wheat.

Key words: introgression, wheat, grain, bread-making quality

WSTĘP

Hodowla pszenicy *Triticum aestivum* L. wprowadza do uprawy nowe odmiany głównie z przeznaczeniem paszowym, na chleb i dla przemysłu ciastkarskiego. Zasadniczym

czynnikiem decydującym o takim wykorzystaniu jest ilość i jakość białka w ziarnie; co najmniej 12,5% jest wymagane, aby uzyskać wymaganą objętość i jakość chleba (Klockiewicz-Kamińska i Brzeziński, 1997). O jakości białka decydują odpowiednie jego frakcje glutenin i gliadyn kodowane przez homeologiczne loci *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-D1*, *Glu-A3*, *Glu-B3* i *Glu-D3* na chromosomach 1A, 1B i 1D oraz loci *Gli-A1*, *Gli-B1*, *Gli-D1*, *Gli-A2*, *Gli-B2* i *Gli-D2* na chromosomach I i VI grupy homeologicznej 1AS, 1BS, 1DS, 6AS, 6BS, 6DS (MacRitchie i in., 1990). Stanowią one system genetyczny warunkujący wartość technologiczną ziarna pszenicy *T. aestivum* L.

W białku, podjednostki HMW stanowią prawie 20% glutenin i występują zwykle w liczbie 3–5 w odmianach pszenicy *T. aestivum* L. Zdaniem Flavella i Payna (1987) zwiększając w danej odmianie ich ilość można zwiększyć wartość wypiekową tej odmiany. Jest to jednak niemożliwe do osiągnięcia konwencjonalnymi metodami hodowli, ale całkiem realne za pomocą inżynierii genetycznej poprzez introgresję obcych genów. Stąd też poszukiwanie nowych podjednostek lub korzystnych kombinacji w gatunkach spokrewnionych z *T. aestivum* L. w obrębie rodziny *Poaceae* i przenoszenie ich do materiałów hodowlanych może okazać się jednym z możliwych sposobów poprawy wskaźników jakościowych w ziarnie nowych odmian.

W Zakładzie Roślin Zbożowych IHAR prowadzona jest transformacja genomu pszenicy *T. aestivum* L. uwzględniająca cechy kłosa i ziarna z wykorzystaniem wybranych gatunków *Triticum* L. (2x, 4x, 6x), *Secale* L. (2x, 4x), *Hordeum* L. (2x, 4x), *Aegilops* L. (2x, 4x, 6x), *Elymus* L. (2x), *Lolium* L. (2x, 4x). Dokonano introgresji obcych genów cech morfologicznych, uzyskano wiele wartościowych form i wytworzono szereg nowych generacji (Pilch, 2002).

Celem niniejszych badań było zbadanie w okresie 3 lat wartości technologicznej wyselekcjonowanych wcześniej linii jako efektu możliwej introgresji obcych genów

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło ziarno 76 introgresywnych pod względem cech kłosa ozimych linii pszenicy *Triticum aestivum* L. reprezentujących generacje F₄–F₆ (43 linie), F₇–F₉ (24 linie), F₉–F₁₁ (6 linii), F₁₁–F₁₃ (3 linie) wyselekcjonowanych spośród 1165 międzygatunkowych i międzyrodzajowych mieszańców (Pilch i in., 1999). Uzyskano je w efekcie międzygatunkowych i międzyrodzajowych krzyżowań *T. aestivum* L. v. Favorit, Chinese Spring, Jara, Milan, M. Marksmann, CHD 661, TAW 125974/84, SMH 7843, OLH 2925/17, OLH 3095/3, OLH 535, STH 3432, STH 290, STH 5576, STH 8663, AND 166, AND 103/84 z wybranymi gatunkami (4x) *Triticum* L. (*T. durum* Desf. v. Mirable, Khapli, Fuensemduro, *T. timopheevii* Zhukov. v. 5013, 5030), (2x) *Aegilops* L. (*Ae. speltoides* Taush.), (2x) *Lolium* L. (*L. perenne* L. v. Anna) według metodyki opisanej wcześniej (Pilch, 1996). Linie ulepszone były pod względem 1–7 cech kłosa, jak: długość, liczba kwiatków w kłosie, liczba kwiatków w 1 kłosku, liczba ziaren z kłosa, masa ziaren z kłosa, wielkość i wypełnienie ziaren oraz odporność kompleksowa na choroby kłosa wywoływane przez gatunki *Septoria* sp., *Fusarium* sp. i *Helminthosporium* sp.

Liczebność badanych linii, ich pochodzenie i generacje wyszczególnione zostały w tabeli 1. Linie rozmnażano corocznie w tych samych warunkach uprawy i nawożenia na polu doświadczalnym Zakładu Roślin Zbożowych IHAR w Krakowie. Przeciw chwastom stosowano 1-krotnie Chwastox-Extra i pilenie ręczne. Innych środków chemicznych nie stosowano.

Ocena technologiczna ziarna prowadzona była w okresie 3 kolejnych cykli wegetacyjnych I (1999 r.), II (2000 r.), III (2001 r.) i obejmowała: zawartość białka ogółem (%), wskaźnik sedymentacji Zeleny'ego (ml), liczbę opadania (s) i wartość wypiekową (klasy: E, A, B, C) wycenioną na podstawie tych wskaźników wg Klockiewicz-Kamińskiej i Brzezińskiego (1997). Oznaczenia wykonano metodami aktualnie stosowanymi dla pszenicy w Pracowni Biochemii i Technologii Zbóż Zakładu Roślin Zbożowych IHAR w Krakowie (Pilch i in., 1999). Podział na klasy jakościowe E, A, B, C przedstawiono jako dystans do odmiany Begra w każdym roku i w syntezie 3 lat (tab. 2–4) według metodyki COBORU (Klockiewicz-Kamińska i Brzeziński, 1997).

Opracowanie statystyczne wyników obejmowało analizę wariancji, odchylenie standardowe, współczynnik wariancji według Little i Hills (1975). Wartości w % transformowano na arc sine $\sqrt{x}$ wg Little i Hills (1975).

WYNIKI

W pracy badano 76 linii heksaploidalnych wykazujących introgresję cech morfologicznych kłosa gatunków spokrewnionych z *T. aestivum* L. Dobór tych linii nie był przypadkowy, lecz wyselekcjonowano je na podstawie wartości klasy E, A wskaźników technologicznych, spośród 1165 linii jakie wytworzono na bazie krzyżowań międzygatunkowych i międzyrodzajowych pszenicy *T. aestivum* L.

W pierwszym roku analiz, pod względem zawartości białka ogółem w ziarnie klasę E miały 32 linie. Pochodziły one z krzyżowań pszenicy *T. aestivum* L. z *T. durum* Desf., *T. timopheevii* Zhukov i *Ae. speltoides* Taush. Brak było form z *L. perenne* L.. Klasę A miały 44 linie. Wskaźnik sedymentacji Zelenyego klasy E miało 18 linii pochodzących z krzyżowania *T. aestivum* L. z *T. durum* Desf., *T. timopheevii* Zhukov, *L. perenne* L. i *Ae. speltoides* Taush; klasę A miało 58 linii. Liczbę opadania klasy E miało 56 linii, które pochodziły z krzyżowania *T. aestivum* L. z *T. durum* Desf., *T. timopheevii* Zhukov, *L. perenne* L., *Ae. speltoides* Taush; i klasę A — 20 linii. Ocena wartości wypiekowej wykazała, że klasę E, tj. lepszą od odmiany wzorcowej Begra miało 7 linii, pochodziły one z krzyżowania *T. aestivum* L. z *T. durum* Desf., *T. timopheevii* Zhukov i *Ae. speltoides* Taush. Brak było form z *L. perenne* L. Klasę A, czyli poziom odmiany Begra miało 69 linii.

Współczynnik wariancji był najniższy dla pierwszego roku analiz, ograniczony był bowiem wynikami mieszczącymi się w granicach klas E i A, którymi się kierowano w selekcji technologicznej materiału. W następnych latach analiz (II, III) był on znacznie wyższy.

Tabela 1

Pochodzenie 76 linii introgressywnych pszenicy ozimej *Triticum aestivum* L. badanych technologicznie
Pedigree of 76 introgressive lines of winter wheat *Triticum aestivum* L. technologically investigated

Linie Lines	Kombinacja krzyżowań Cross combinations
1–4	<i>T. aestivum</i> L. v. TAW125974/84 × /(<i>T. aestivum</i> L. v. Chinese Spring × <i>T. durum</i> Desf. v. Mirable) × <i>T. aestivum</i> L. v. CHD 661/, F ₄ –F ₆
5–6	<i>T. aestivum</i> L. v. SMH17843 × (<i>T. aestivum</i> L. v. Chinese Spring × <i>T. durum</i> Desf. v. Fuensemiduro), F ₄ –F ₆
7–8	<i>T. aestivum</i> L. v. OLH2925/17 × (<i>T. aestivum</i> L. v. Chinese Spring × <i>T. durum</i> Desf. v. Mirable, F ₄ –F ₆
9–10	<i>T. aestivum</i> L. v. OLH 3095/3 × /(<i>T. aestivum</i> L. v. Chinese Spring × <i>T. durum</i> Desf. v. Fuensemiduro) × <i>T. aestivum</i> L. v. M. Marksmann/, F ₄ –F ₆
11	<i>T. aestivum</i> L. v. STH 3432 × /(<i>T. aestivum</i> L. v. Chinese Spring × <i>T. durum</i> Desf. v. Mirable) × <i>T. aestivum</i> L. v. CHD 661 /, F ₄ –F ₆
12	(<i>T. aestivum</i> L. v. Chinese Spring × <i>T. durum</i> Desf. v. Fuensemiduro) × <i>T. aestivum</i> L. v. M. Marksmann, F ₄ –F ₆
13–15	/(<i>T. aestivum</i> L. v. mono-5B Jara × <i>L. perenne</i> L. v. Anna) × <i>T. aestivum</i> L. v. / × <i>T. aestivum</i> L. v. AND 166, F ₄ –F ₆
16–17	(<i>T. aestivum</i> L. v. mono-5B Favorit × <i>T. durum</i> Desf. v. Fuensemiduro) × <i>T. aestivum</i> L. F ₄ –F ₆
18–19	(<i>T. aestivum</i> L. v. mono-5B Favorit × <i>T. durum</i> Desf. v. Fuensemiduro) × <i>T. aestivum</i> L. v. AND 166, F ₄ –F ₆
20	(<i>T. aestivum</i> L. v. mono-5B Favorit × <i>T. durum</i> Desf. v. Fuensemiduro) × <i>T. aestivum</i> L. F ₄ –F ₆
21	(<i>T. aestivum</i> L. v. mono-5B Favorit × <i>T. durum</i> Desf. v. Fuensemiduro) × <i>T. aestivum</i> L. v. OLH 3095/3, F ₄ –F ₆
22	(<i>T. aestivum</i> L. v. mono-5B Favorit × <i>T. durum</i> Desf. v. Fuensemiduro) × <i>T. aestivum</i> L. F ₄ –F ₆
23–24	(<i>T. aestivum</i> L. v. mono-5B Favorit × <i>T. timopheevii</i> Zhukov. v. 5013) × <i>T. aestivum</i> L., F ₄ –F ₆
25	(<i>T. aestivum</i> L. v. mono-5B Favorit × <i>T. timopheevii</i> Zhukov. v. 5030) × <i>T. aestivum</i> L. v. STH 3432, F ₄ –F ₆
26–27	<i>T. aestivum</i> L. v. STH 290 × (<i>T. aestivum</i> L. v. Chinese Spring × <i>T. durum</i> Desf. v. Khapli) F ₄ –F ₆
28–29	<i>T. aestivum</i> L. v. STH 290 × (<i>T. aestivum</i> L. v. Chinese Spring × <i>T. durum</i> Desf. v. Fuensemiduro) × <i>T. aestivum</i> L. v. M. Marksmann, F ₄ –F ₆
30	<i>T. aestivum</i> L. v. STH 5576 × /(<i>T. aestivum</i> L. v. Chinese Spring × <i>T. durum</i> Desf. v. Fuensemiduro) × <i>T. aestivum</i> L. v. M. Marksmann, F ₄ –F ₆
31	<i>T. aestivum</i> L. v. STH 5576 × /(<i>T. aestivum</i> L. v. Chinese Spring × <i>T. durum</i> Desf. v. Mirable) × <i>T. aestivum</i> L. v. CHD 661/, F ₄ –F ₆
32	<i>T. aestivum</i> L. v. STH 5576 × /(<i>T. aestivum</i> L. v. Chinese Spring × <i>T. durum</i> Desf. v. Mirable) × <i>T. aestivum</i> L. v. M. Marksmann/, F ₄ –F ₆
33	<i>T. aestivum</i> L. v. STH 8663 × /(<i>T. aestivum</i> L. v. Chinese Spring × <i>T. durum</i> Desf. v. Mirable) × <i>T. aestivum</i> L. v. M. Marksmann/, F ₄ –F ₆
34–35	<i>T. aestivum</i> L. v. STH 8663 × /(<i>T. aestivum</i> L. v. Chinese Spring × <i>T. durum</i> Desf. v. Fuensemiduro) × <i>T. aestivum</i> L. v. M. Marksmann /, F ₄ –F ₆
36	<i>T. aestivum</i> L. v. STH 8663 × /(<i>T. aestivum</i> L. v. Chinese Spring × <i>T. durum</i> Desf. v. Mirable) × <i>T. aestivum</i> L. v. M. Marksmann /, F ₄ –F ₆
37–41	<i>T. aestivum</i> L. v. Milan × /(<i>T. aestivum</i> L. v. Chinese Spring × <i>T. durum</i> Desf. v. Fuensemiduro) × <i>T. aestivum</i> L. v. M. Marksmann /, F ₄ –F ₆
42	<i>T. aestivum</i> L. v. OLH 535 × /(<i>T. aestivum</i> L. v. Chinese Spring × <i>T. durum</i> Desf. v. Mirable) × <i>T. aestivum</i> L., F ₄ –F ₆
43	<i>T. aestivum</i> L. v. AND 103/84 × /(<i>T. aestivum</i> L. v. Chinese Spring × <i>T. durum</i> Desf. v. Mirable) × <i>T. aestivum</i> L. v. M. Marksmann /, F ₄ –F ₆
44–67	(<i>T. aestivum</i> L. v. mono-5B Favorit × <i>T. durum</i> Desf. v. Mirable) × <i>T. aestivum</i> L. F ₇ –F ₉
68	(<i>T. aestivum</i> L. v. Chinese Spring × <i>T. timopheevii</i> Zhukov.) × <i>T. aestivum</i> L. v. Jara, F ₉ –F ₁₁
69–73	(<i>T. aestivum</i> L. v. Chinese Spring × <i>Ae. speltoides</i> Taush.) × (<i>T. aestivum</i> L. v. Chinese Spring × <i>T. durum</i> Desf. v. Mirable), F ₉ –F ₁₁
74	(<i>T. aestivum</i> L. v. Chinese Spring × <i>T. durum</i> Desf. v. Mirable) × <i>T. aestivum</i> L. v. CHD 661, F ₁₁ –F ₁₃
75–76	(<i>T. aestivum</i> L. v. Chinese Spring × <i>T. durum</i> Desf. v. Mirable) × <i>T. aestivum</i> L., F ₁₁ –F ₁₃

Synteza uwzględniająca 3-letnie wyniki technologiczne wykazała zmiany w liczbie linii poszczególnych klas jakościowych w porównaniu do roku wyjściowego (tab. 5). Średnie wartości krytyczne w tej syntezie były znacznie wyższe i przedstawiono je w tabelach 2–4.

Tabela 2

Wartości krytyczne klas zawartości białka (%)
Critical limits of the protein classes (%)

Klasa Class	I cykl I cycle	II cykl II cycle	III cykl III cycle	Synteza Synthesis
E	> 14,3	> 15,1	> 14,3	> 14,5
A	13,2–14,2	14,0–15,0	13,2–14,2	13,3–14,4
B	13,1–12,7	13,4–13,9	12,6–13,1	13,2–12,8
C	< 12,6	< 13,3	< 12,5	< 12,7
Begra	13,6	14,5	13,7	13,9

Tabela 3

Wartości krytyczne klas wskaźnika sedymentacji (ml)
Critical limits of the sedimentation classes (ml)

Klasa Class	I cykl I cycle	II cykl II cycle	III cykl III cycle	Synteza Synthesis
E	> 46,0	> 53,0	> 57,0	> 52,3
A	34,0–45,9	40,0–52,9	43,0–56,9	38,3–52,2
B	22,0–33,9	25,0–39,9	29,0–42,9	38,2–24,3
C	< 21,9	< 24,9	< 28,9	< 24,2
Begra	44,0	46,0	50,0	45,3

Tabela 4

Wartości krytyczne klas liczby opadania (s)
Critical limits of the falling number classes (s)

Klasa Class	I cykl I cycle	II cykl II cycle	III cykl III cycle	Synteza Synthesis
E	> 198,0	> 236,0	> 271	> 226,0
A	167,0–197,9	186,0–235,9	231,0–270,9	225,9–186,0
B	136,0–166,9	156,0–185,9	191,0–230,9	185,9–146,0
C	< 135,9	< 155,9	< 190,9	< 145,9
Begra	262,0	325,0	360,0	315,7

W klasie E zawartości białka, tj. wyższej od odmiany wzorcowej Begra liczba linii nieco zwiększyła się i wynosiła 39 linii. Wszystkie linie pochodziły z krzyżowań *T. aestivum* L. z *T. durum* Desf., *T. timopheevii* Zhukov, *L. perenne* L. i *Ae. speltoides* Taush; W klasie A liczba linii zmniejszyła się wyraźnie do 33 linii. Wystąpiły niższe klasy jakościowe B i C, które wykazywały 4 linie. Pod względem wskaźnika sedymentacji w klasie E była podobna liczba linii, które pochodziły z krzyżowania *T. aestivum* L. z *T. durum* Desf., *T. timopheevii* Zhukov, *L. perenne* L. Zmniejszyła się znacznie liczba linii klasy A i wynosiła 46 linii, a 11 linii uzyskało wartości niższej klasy, czyli B. W przypadku liczby opadania utrzymywane zostały te same klasy E i A, przy czym wyraźnie zwiększyła się liczba linii klasy E, poziomu odmiany Begra i wynosiła 74 linie, wszystkie pochodziły z krzyżowania *T. aestivum* L. z *T. durum* Desf., *T. timopheevii* Zhukov, *L. perenne* L. i *Ae. speltoides* Taush. Tylko 2 linie uzyskały klasę A. Oceniając wartość wypiekową na podstawie tych

wskaźników, 17 linii, czyli więcej o 10 linii wykazało klasę E — wyższą od odmiany wzorcowej Begra (klasa A). Pochodziły one z krzyżowania *T. aestivum* L. z *T. durum* Desf., *T. timopheevii* Zhukov i *L. perenne* L. Brak było form z *Ae. speltoides* Taush. W porównaniu z pierwszym rokiem analiz, klasy E nie utrzymały 2 linie. W klasie A było 46 linii.

Tabela 5

Liczba linii w poszczególnych klasach jakości dla syntezy wyników 3 lat
Number of the lines in the quality classes for the synthesis of 3 year results

Klasa Class	Białko Protein (%)	Sedymentacja Sedimentation (ml)	Liczba opadania Falling number (s)	Wartość wypiekowa Baking value
E	39	19	74	17
A	33	46	2	46
B	3	11	0	12
C	1	0	0	1
Razem Total	76	76	76	76

Ocena syntetyczna 3 letnich wyników odbiega również od wyników uzyskanych w trzecim roku badań (III). Opiera się ona bowiem na stabilności lub niestabilności wskaźników w okresie 3 lat i ich uśrednianiu. Natomiast trzeci rok (III) odzwierciedla efekt homozygotyzacji alleli kodujących wskaźniki technologiczne względem roku wyjściowego. Nie ma pewności jednak iż stan homozygotyczny tych alleli został osiągnięty w trzecim roku rozmnożeń. W zakresie poziomu białka jedynie 9 linii wykazywało stabilność w okresie 3 lat, tzn. tę samą klasę jakości E lub A. Pozostałe 67 linii miało inne klasy w roku I, II i III. Ostatecznie w trzecim roku badań klasę E miało 59 linii, które pochodziły z krzyżowania *T. aestivum* L. z *T. durum* Desf., *T. timopheevii* Zhukov, *L. perenne* L. i *Ae. speltoides* Taush.

Klasę A miało 13 linii, 4 linie obniżyło swoją klasę (B, C) w porównaniu do pierwszego roku badań. W przypadku wskaźnika sedymentacji, 15 linii utrzymywało tę samą klasę (E, A) w poszczególnych 3 latach badań, pozostałe 61 linii miało różne klasy. W trzecim roku, 24 linie miało klasę E i pochodziły one z krzyżowania *T. aestivum* L. z *T. durum* Desf., *T. timopheevii* Zhukov. Brak było form z *L. perenne* L. i *Ae. speltoides* Taush. Z kolei 41 linii miało klasę A i 11 linii obniżyło swoją jakość do klasy B. Liczba opadania okazała się cechą niezwykle stabilną w okresie 3 lat, 50 linii zachowywało tę samą klasę jakości (E, A), a 26 linii wykazywało zmienność poziomu tego wskaźnika jakości. W trzecim roku klasę E miały 64 linie i wszystkie pochodziły z krzyżowania *T. aestivum* L. z *T. durum* Desf., *T. timopheevii* Zhukov, *L. perenne* L. i *Ae. speltoides* Taush. Klasę A miało 12 linii.

W III roku wystąpiło najwięcej wartościowych linii stanowiących klasę E wartości wypiekowej. Klasę E miały 23 linie i pochodziły z krzyżowania *T. aestivum* L. z *T. durum* Desf., *T. timopheevii* Zhukov i *Ae. speltoides* Taush; brak było form z *L. perenne* L. Klasę A miało 41 linii i 12 linii miało niższe klasy wypiekowości (klasa B — 11 linii, klasa C — 1 linia).

Zidentyfikowanie linii o wyższej jakości ziarna od odmiany Begra, tj. klasy E dla zawartości białka ogółem w ziarnie, sedymentacji i wartości wypiekowej lub też na poziomie wzorca (klasa A) oraz klasy E dla liczby opadania (poziom odmiany Begra), po 3 latach selekcji lub utrzymujących te wartości w okresie 3 lat stanowić mogą w przyszłości wartościowy materiał genetyczny dla hodowli jakościowej pszenicy ozimej.

DYSKUSJA

Poprawę wartości odżywczej ziarna pszenicy ozimej *T. aestivum* L. można uzyskać nie tylko poprzez zwiększenie zawartości białka zapasowego, ale przez modyfikowanie jego składu i jakości. Pomimo, że poziom % białka w ziarnie w dużym stopniu uzależniony jest od warunków uprawy (Anderson i in., 1998) to jednak kontrolowany jest on genetycznie (Halloran, 1975). Wskazuje to, że w hodowli pszenicy metodami konwencjonalnymi możliwe jest uzyskanie odmian wysokoplonujących i równocześnie o wysokiej zawartości białka ogółem w ziarnie. Warunkiem jest jednak posiadanie na poziomie heksaploidalnym źródeł genetycznych wysokiej zawartości białka w ziarnie, a takich jest niewiele. Stanowi to zasadniczą barierę i hamuje postęp hodowli jakościowej. Dotychczas efektywnymi źródłami jedynie okazały się odmiany Atlas 66 i NapHal utrzymujące 19,4% i 19,6% białka ogółem w ziarnie (Johnson i in., 1985). Stosując je, Johnson i wsp. (1985) otrzymali linie pszenicy łączące wysoki plon z wysoką zawartością białka ogółem w ziarnie przewyższające dotychczasowe wysokobiałkowe odmiany, lecz nisko-plonujące w USA.

Źródła heksaploidalne dla hodowli konwencjonalnej mogą być wytworzone w procesie introgresji genów obcych gatunków. W pracy, w efekcie krzyżowań międzygatunkowych i międzyrodzajowych zidentyfikowano bowiem 76 linii o zawartości białka w naszych warunkach uprawy w granicach 13,2%–15,9%, z których poziom odmiany wzorcowej Begra miały 44 linie, a wyższą klasę (E) miały 32 linie. Po okresie 3 lat wyselekcjonowano 59 linii klasy E o wyższej zawartości białka od 14,3% do 18,0%. Zaś na podstawie syntezy 3-letniej zidentyfikowano 39 linii utrzymujących przez ten okres średni poziom klasy E. Wszystkie linie wysokobiałkowe (klasy E) pochodziły z krzyżowań odmian Favorit i Chinese Spring (*T. aestivum* L.) o niskiej zawartości białka (klasa B) z *T. durum* Desf, *T. timopheevii* Zhukov, *L. perenne* L. i *Ae. speltoides* Taush.

Różnice jakościowe białka związane są głównie z homeologicznymi genami wysoko (HMW) i niskocząsteczkowych (LMW) glutenin rozmieszczonych na chromosomach 1A, 1B i 1D. Kodują one odpowiednie podjednostki białek zapasowych endospermu. W odmianach pszenicy pochodzenia amerykańskiego podjednostki HMW-GS 5 + 10 genu *Glu-D1* miały największy pozytywny efekt na właściwości ciasta (Dong i in., 1991). Również większość kanadyjskich odmian zawierała podjednostki HMW-GS 5 + 10 (Bushuk, 1998). Z kolei, spośród grupy 11 odmian jakościowych w Niemczech, 9 odmian miało podjednostki HMW-GS 5 + 10 (Wieser i Zimmermann, 2000). Ta kombinacja przedstawiała korelację dodatnią ze wskaźnikami wysokiej wartości wypiekowej odmian w Niemczech (Wieser i Zimmermann, 2000), Wielkiej Brytanii (Payne i in., 1987), Norwegii (Uhlen, 1990), Syrii (MirAli i in., 1999), USA (Dong i in., 1991), Włoch (Redaelli i in., 1997). Wskazuje to na niezwykle istotność locus *Glu-D1* w poprawianiu

wartości wypiekowej. Locus ten jednak nie mógł uczestniczyć w materiale badawczym na zasadzie introgresji, albowiem żaden z gatunków obcych uczestniczących w hybrydyzacji oddalonej nie był jego nośnikiem. Gatunki *T. durum* Desf., *T. timopheevii* Zhukov, *Ae. speltoides* Taush, i *L. perenne* L były dawcami genomów A, B, G i L. Odmiana meksykańskiej pszenicy Anza o niskiej wartości wypiekowej miała podjednostki (HMW) glutenin: null (*Glu-A1c*), 7 + 8 (*Glu-B1b*), 2 + 12 (*Glu-D1a*); zaś odmiana Cajeme 71 o wysokiej jakości wykazywała obecność podjednostek: 1 (*Glu-A1a*), 17 + 18 (*Glu-B1i*) i 5 + 10 (*Glu-D1d*) (Carrillo i in., 1990).

Odmiana Chinese Spring wykorzystana w niniejszej pracy jako podstawowy genotyp w uzyskaniu mieszańców „F₁ — bridge” odznaczała się bardzo niskimi wskaźnikami jakości ziarna, podobnie jak odmiana Favorit. Nie mogły one zatem stanowić źródeł wysokich wskaźników technologicznych materiału badawczego. Badane 76 linii uzyskano z międzygatunkowych i międzyrodzajowych krzyżowań *T. aestivum* L., z których:

- 64 linie (tab. 1, nr 1–12, 16–22, 26–67, 74–76) z *T. durum* Desf. dawcą genomów A, B,
- 4 linie (tab. 1, nr 23–25, 68) z *T. timopheevii* Zhukov. dawcą genomów A, G,
- 3 linie (tab. 1, nr 13–15) z *L. perenne* L. dawcą genomu L,
- 5 linii z *Ae. speltoides* Taush. dawcą genomu B i *T. durum* Desf. dawcą genomów A, B (tab. 1, nr 69–73).

Z powyższego widać, że introgresji mogły podlegać loci *Glu-A1*, *Glu-A3* glutenin i *Gli-A1*, *Gli-A2* gliadyn genomu A, oraz loci *Glu-B1*, *Glu-B3* glutenin i *Gli-B1*, *Gli-B2* gliadyn genomu B. Loci genomu A, *Glu-A1*, *Glu-A3*, *Gli-A1*, *Gli-A2* pochodziły jednak z dwóch różnych źródeł, tj. pszenicy tetraploidalnej *T. durum* Desf. i *T. timopheevii* Zhukov. Z kolei loci genomu B, *Glu-B1*, *Glu-B3*, *Gli-B1* i *Gli-B2* pochodziły również z 2 różnych źródeł, tj. pszenicy tetraploidalnej *T. durum* Desf i kozińca diploidalnego *Ae. speltoides* Taush.

Introgresji podlegały również dwa nowe i niespotykane u *T. aestivum* L. genomy, tj. G z *T. timopheevii* Zhukov i L z *L. perenne* L. O wpływie ich genów na jakość ziarna pszenicy u *T. aestivum* L. nic nie wiadomo.

Poprzez wykonane krzyżowania międzygatunkowe i międzyrodzajowe uzyskano w genomach A i B *T. aestivum* L. nową zmienność genetyczną cech jakościowych, która nie występuje u tego gatunku. Z pewnością wzbogacona była ona jeszcze substytucją nieznaną genów genomu G z *T. timopheevii* Zhukov i genomu L z *L. perenne* L. Efektem tego mogły być wysokie wartości wskaźników technologicznych (klasa E) wykraczające poza genotyp jakościowy odmiany Begra.

U odmian pszenicy tetraploidalnej *T. durum* Desf., które wykorzystano w pracy istnieją korelacje genetyczne loci genomów A i B, mogących podlegać introgresji z niektórymi wskaźnikami technologicznymi. Blanco i wsp. (1998) stwierdzili, że liczba sedimentacji kodowana była przez 7 loci na 7 różnych chromosomach 1AL, 1BS, 3AS, 3BL, 5AL, 6AL i 7BS. Sprzężenia dotyczyły loci na chromosomach 5AL, 6AL, 7BS. Na chromosomie 1AL zlokalizowano za pomocą QTL locus *Glu-A1*, a na chromosomie 1BS loci *Gli-B1/Glu-B3* kodujące niektóre gluteniny i gliadyny. Geny wpływające na zawartość białka zapasowego w ziarnie zlokalizowano metodą QTL na 7 różnych chromosomach, tj. 4AL, 4BS, 5AL, 6A, 6BL, 7AL, 7BS. Wartości sedimentacji były dodatnio skorelowane z zawartością białka w

ziarnie natomiast nie obserwowano korelacji z komponentami plonu (Blanco i in., 1998). Z kolei Dexter i Matsuo (1987) stwierdzili wysoką korelację pomiędzy wskaźnikami sedymentacji a siłą glutenu i jakością ugotowanego makaronu. Nie stwierdzono zależności pomiędzy wskaźnikiem sedymentacji a podjednostkami (HMW) glutenin 6 + 8, 7 + 22 (wprowadzone z *T. dicoccoides* L.) kodowanymi przez oba allele *Glu-B1*.

Również u pszenicy *T. aestivum* L. występują podobne zależności loci genomów A i B, które powinny być odpowiedzialne za poprawę wskaźników technologicznych materiału badawczego. Nieto-Taladriz i wsp. (1994) badali wpływ loci *Gli-A1*, *Gli-B1*, *Glu-A3*, *Glu-B1*, *Glu-D3* na właściwości ciasta. Wykazali, że locus *Gli-B1* istotnie wpływał na wszystkie właściwości ciasta reologiczne, natomiast locus *Glu-B1* jedynie na jego stałość. Addytywne epistatyczne efekty 15% stwierdzono w przypadku stałości ciasta. Epistazę 15% i addytywne efekty 4% wystąpiły dla rozciągliwości ciasta. Dla energii ciasta epistaza wynosiła 14% i addytywność 9%.

Branlard i Dardevet (1985) wykazali dodatnią korelację podjednostek 2 (*Glu-A1*), 7 + 9 (*Glu-B1*), 5 + 10 (*Glu-D1*) glutenin (HMW) ze stałością ciasta i siłą glutenu oraz podjednostek 1 (*Glu-A1*), 13 + 16, 17 + 18 (*Glu-B1*) z rozciągliwością ciasta. Z kolei największą oporność na rozciąganie ciasta powodowały podjednostki 5 + 10, 2 + 12 kodowane przez locus *Glu-D1d*, a mniejszy efekt stwierdzono w przypadku podjednostek 2 > 1 > null kontrolowanych przez locus *Glu-A1* i podjednostek 7 + 9 > 20, 7 + 8 > 7 + 9 kodowane przez *Glu-B1* (Lawrence i in., 1987).

Lorenzo i wsp. (1987) wykazali, że wysokie wartości sedymentacji i objętość chleba zawsze były związane z podjednostkami 5 + 10 glutenin (HMW), zaś Odenbach i Mahgoub (1988), że wysoka sedymentacja — z podjednostkami 2* (*Glu-A1*), 7 + 8 (*Glu-B1*), 7 + 9 (*Glu-B1*), 5 + 10 (*Glu-D1 d*), a niska wartość sedymentacji — z podjednostkami null (*Glu-A1*), 6 + 8 (*Glu-B1*), 2 + 12 (*Glu-D1*).

Lagudah i wsp. (1988) wykazali, że większa stałość ciasta i oporność na rozciąganie związane były z obecnością podjednostek 5 + 10 glutenin (HMW) locusa *Glu-D1 d* w przeciwieństwie do allelicznych podjednostek 2 + 12, które ujemnie wpływały na te cechy. Lawrence i wsp. (1988) udowodnili, że utrata podjednostek 5 + 10 glutenin (HMW) locusa *Glu-D1 d* i 17 + 18 locusa *Glu-B1* i miały duży wpływ ujemny na zmiany miksograficzne ciasta.

Carrillo i wsp. (1990) wykazali bardzo silny związek podjednostek glutenin (HMW) kodowanych przez homeologiczne loci *Glu-A1*, *Glu-B1* i *Glu-D1* chromosomów 1AL, 1BL i 1DL z zawartością białka w ziarnie, kremową barwą ciasta i wskaźnikiem sedymentacji. Nie stwierdzono efektów epistazy pomiędzy kremową barwą ciasta a plonem, natomiast wystąpiły one pomiędzy zawartością białka a wskaźnikiem sedymentacji i indeksem obłuszczenia ziarna. Loci *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-D1* wykazywały addytywne efekty dla plonu, białka i wskaźnika sedymentacji. Kremowa barwa ciasta była silnie związana z *Glu-B1*, *Glu-D1*, natomiast indeks obłuszczenia ziarna — z *Glu-A1* i *Glu-B1*.

Schepers i wsp. (1993) również wykazali w odmianach holenderskich silny związek podjednostek glutenin (HMW) zwłaszcza locusa *Glu-D1 a d* (2 + 12, 5 + 10) ze wskaźnikiem sedymentacji.

Z powyższego wynika, że substytucja lub introgresja chromosomów *1A*, *1B*, *1D* odpowiedzialnych za wysokie parametry jakościowe w gatunku *T. aestivum* L. przez ich homeologów może prowadzić do wyraźnych wzrostów jakościowych ziarna. Taka ewentualność mogła mieć również miejsce w przypadku badanych linii. We wczesnych generacjach krzyżowań międzygatunkowych i międzyrodzajowych, szczególnie w F_2 wykorzystano 15 odmian i rodów *T. aestivum* L. w celu uzyskania płodnego potomstwa. Mansur i wsp. (1990) wykazali, że wprowadzenie chromosomów *1A*, *1B*, *1D*, *3A*, *3B*, *7A*, *7B* z odmiany Cheyenne spowodowało wzrost objętości chleba u odmiany Chinese Spring. Podobny efekt u odmiany Cappelle Deprez spowodowały chromosomy *1A*, *1D*, *4A*, *4D*, *5D*, *6B*, *6D* wprowadzone z odmiany Bezostaja 1 (Krattiger i in., 1987). Rogers i wsp. (1988) wykazali, że substytucja międzyodmianowa powoduje interakcję wśród genów występujących na różnych chromosomach „jakościowych“, dając nowe kombinacje w efekcie, których pojawiają się wyższe wskaźniki jakościowe.

U *T. aestivum* L. obserwuje się korelacje niektórych wskaźników jakościowych z cechami polowymi. Większość jednak cech polowych nie wykazuje powiązań z wysoką jakością a zatem nie może być prowadzona selekcja z ich wykorzystaniem na zwiększanie jakości (Schepers i in., 1993). Stwierdzili oni ujemną korelację pomiędzy zawartością białka a wskaźnikiem sedymentacji co wskazywało, że nie może być prowadzona równoczesna selekcja na plon i wartość wypiekową chyba, że dotyczyłaby tych materiałów gdzie wcześniej wykonano selekcję na określone podjednostki glutenin (HMW). W przypadku najlepszej aktualnie odmiany Otome uprawianej w Nowej Zelandii wystąpiła wysoka dodatnia korelacja pomiędzy masą 500 ziaren a wymiאלowością, lecz nie było takiej korelacji z objętością chleba (Sutton i in., 1992). Również nieistotna była korelacja zawartości białka z objętością bochenka.

Niepowtarzalność wartości wskaźników technologicznych w latach (I–III) w przypadku większości badanych linii mogła błędnie sugerować ich powiązania z cechami kłosa. Była ona raczej wynikiem rozszczepień heterozygotycznych alleli odpowiedzialnych za wskaźniki technologiczne. Należy bowiem zwrócić uwagę na selekcjonowanie i rozmnażanie linii, które począwszy od generacji F_2 związane było z silną selekcją cech kłosa (Pilch, 2002). Jak widać wraz z najlepszymi cechami kłosa mogły być selekcjonowane wysokie wskaźniki technologiczne, o ile byłyby z nimi sprzężone. A zatem przez tak wiele generacji mogły one być utrwalone na poziomie homozygot. Jednak uzyskane wyniki wskazują, że takiego sprzężenia nie było, a większość linii w pierwszym roku badań było heterozygotycznymi genotypami dając rozszczepienia w następnych latach badań (II, III rok), czyli wyższych generacjach F . Należy sądzić, że uzyskanie homozygot pod względem badanych wskaźników jakościowych wymaga prowadzenia oddzielnej na nie selekcji.

Można także sądzić, że poprawienie wartości technologicznej ziarna w badanym materiale mogło wynikać z polimorfizmu glutenin u odmian i rodów *T. aestivum* L. wykorzystanych w krzyżowaniach. Taka ewentualność mogłaby mieć miejsce jednak wcześniej wykonane analizy elektroforetyczne glutenin wykazały ich jednorodność.

Literatura potwierdza, że zwiększanie wartości technologicznej ziarna pszenicy *T. aestivum* L. można uzyskać metodami niekonwencjonalnymi opartymi na introgresji

obcych genów z wykorzystaniem krzyżowań międzygatunkowych i międzyrodzajowych. Źródłem wartościowych wskaźników technologicznych dla hodowli jakościowej pszenicy mogą być gatunki *Poaceae*. Wymagają one jednak pokonywania barier krzyżowalności, stąd są trudniejszym materiałem dla hodowli, aniżeli źródła heksaploidalne „*aestivum*”. Jednak wnoszą one inne uwarunkowania genetyczne, dając możliwość uzyskania nowych rekombinacji genowych w genotypie *T. aestivum* L. dotychczas niespotykanych.

I tak, źródłem wysokiej zawartości białka w ziarnie mogą być niektóre gatunki *Aegilops* L., jak *Ae. ovata* L. (CCMM), *Ae. kotschy* Boiss. (CCSS), *Ae. tauschii* Coss. Schmal (DD), u których wynosiła ona od 18,4% do 19,7% (Ahmad i in., 1997). Niektóre biotypy *T. dicoccoides* Schweinf. (AA BB) mają zawartość białka powyżej 19% (Ahmad i in., 1997). Również biotypy diploidalnej pszenicy *T. monococcum* L. (AA) stały się źródłem tej cechy dla odmian heksaploidalnej pszenicy *T. aestivum* L. (Vallega, 1992). Z powodzeniem wprowadzono do odmiany Plainsman V geny wysokiej zawartości białka z gatunków *Aegilops* L. uzyskując wzrost o 2–3% białka ogółem w ziarnie (Finney, 1978). Do wielu odmian izraelskich jak Miriam, Lakkish wprowadzono geny wysokiej zawartości białka z dzikich gatunków pszenic, w tym *T. dicoccoides* Tell. (Levy i Feldman, 1987). Łączyły one wysoki plon ziarna z hektara z wysoką zawartością białka w ziarnie przełamując ujemną korelację pomiędzy nimi.

Również wartość wypiekowa może być poprawiana poprzez introgresję obcych genów. D'Ovidio i wsp. (1992) wykazali polimorfizm loci *Gli-1*, *Gli-2*, *Glu-1* i *Glu-3* kodujących białka gliadynowe i gluteninowe u *T. aestivum* L. i spokrewnionych gatunków diploidalnych, tetraploidalnych *Triticum* L. i *Aegilops* L. stanowiące źródła nowej zmienności genetycznej dla *T. aestivum* L. i zwiększania jakości ziarna.

Hsam i wsp. (2001) udowodnili na przykładzie syntetycznej pszenicy heksaploidalnej AA BB DD (AA BB × DD), że duży wpływ na objętość chleba, gluten indeks, rezystencję, sedymentację-SDS, wygląd ciasta miał genom D pochodzący z diploidalnego gatunku *Ae. tauschii* Coss. Schmal.. Podobne efekty zwiększania wartości wypiekowej przez introgresję genomu DD z obcych gatunków uzyskali Sekiguchi i wsp. (1993) u amphidiploida syntetycznego DD RR uzyskanego z krzyżowania *Ae. squarrosa* L.(DD) z żytem *S. cereale* L. (RR). W tym przypadku wartość wypiekowa ziarna wyższa od żyta *S. cereale* L. wynikała wyłącznie z genomu D, pozbawiona była zatem wpływu innych genomów pszenicy A, B.

Wcześniejsze badania nad wpływem genomu D na wartość wypiekową, które przeprowadzili Peña i wsp. (1995), wykazały w syntetycznych liniach pszenicy heksaploidalnej AA BB DD pozytywny efekt podjednostek glutenin HMW-Gs 5 + 12 i 5 + 10 na niektóre cechy reologiczne ciasta. Jednak nowowprowadzony gen *Glu-D1* z *T. tauschii* (Coss.) Schmal. nie miał tak silnego wpływu wraz z *Glu-B1*, *Glu-B3* pszenicy tetraploidalnej *T. turgidum* L.

W krzyżowaniach *T. aestivum* L. z *T. dicoccoides* Tell. zwiększenie jakości ziarna wynikało z nowej kombinacji alleli *Glu-A1* ($2^* > 1$); *Glu-B1* ($7 + 8 > 17 + 18$, $13 + 16 > 7 + 9$); *Glu-D1* ($5 + 10 > 2 + 12$), (Grama i in., 1987).

Wykorzystując diploidalny gatunek pszenicy *T. boeoticum* Boiss. ssp. Thaoudar (AA) Rogers i wsp. (1997) wprowadzili do odmiany pszenicy jarej Sicco (*T. aestivum* L.) 2 allele

obce glutenin (HMW): *Glu-A1 r* kodujący podjednostki 39 + 40 i *Glu-A1 s* podjednostki 41 + 42. W efekcie zwiększono ilość podjednostek w odmianie Sicco (6 podjednostek). Odmiana ta miała 3 podjednostki, tj. 1, 7 + 9, 5 + 10 kodowane przez *Glu-A1 a*, *Glu-B1 c* i *Glu-D1 d*. Efektem introgresji tych alleli było poprawienie niektórych wskaźników jakości, jak: zmniejszenie lepkości ciasta, zwiększenie jakości glutenu, liczby sedymentacji i stałości ciasta.

Oprócz genów jądrowych należy również uwzględnić efekt cytoplazmy jaki może zachodzić w krzyżowaniach międzygatunkowych i międzyrodzajowych. Istnieje wpływ cytoplazmy gatunków obcych, jak i różnych odmian *T. aestivum* L. na zwiększanie jakości ziarna. W efekcie introgresji cytoplazmy *Ae. cylindrica* Host, *Ae. variabilis* Eig., *Ae. uniaristata* Vis. i *T. turgidum* L. zwiększono zawartość białka zapasowego w ziarnie (Ekiz i in., 1998). Z kolei cytoplazmy *Ae. cylindrica* Host. i *Ae. ventricosa* powodowały wzrost wskaźnika sedymentacji. Zróżnicowany efekt wykazywały także cytoplazmy różnych odmian *T. aestivum* L., spośród których cytoplazmy odmian Bolal 2973, Kirac 66 i Bezostaja 1 zwiększały wskaźnik sedymentacji (Ekiz i in., 1998).

W badanym materiale efekt cytoplazmy nie mógł występować albowiem w mieszańcach „F₁-bridge” zawsze były to znane cytoplazmy odmian Favorit i Chinese Spring (*T. aestivum* L.)

Osiągnięcia biologii molekularnej dają nowe możliwości introgresji obcych genów (transgenów) i poprawiania jakości ziarna pszenicy *T. aestivum* L. Może odbywać się ono z wykorzystaniem inżynierii molekularnej poprzez insercję skopiowanych w laboratoriach genów podjednostek HMW — glutenin lub nowych genów odpowiedzialnych za wysoką jakość (Flavell i Payne, 1987). Dotychczas uzyskano syntetyczne kopie ponad 5 genów, w tym kodujących podjednostki 1 (*Glu-A1*), 7 + 9 (*Glu-B1*), 5 + 10 (*Glu-D1*), z których najlepiej rozeznano geny podjednostek 1, 5, 10. Pomimo, że działania technik molekularnych wydają się być jeszcze odległe powinny jednak być uwzględnione w najbliższej przyszłości. Znane są już bowiem techniki insercji kopii genów do komórek transformowanej odmiany, aby otrzymać stabilne transformanty z wbudowanymi obcymi genami w chromosomach. Z powodzeniem dokonano insercji genów HMW-glutenin do żyta, stąd też niezbyt długo należy czekać na podobne efekty u pszenicy (Flavell i Payne, 1987). Geny glutenin włączono nawet do tytoniu i stwierdzono, że utrzymują swoją funkcjonalność w endospermie nasion, czyli w tym samym miejscu gdzie były aktywne u pszenicy (Flavell i Payne, 1987). Oznacza to, że geny roślin 1-liściennych są rozpoznawane i kontrolowane w organizmach roślin 2-liściennych. Dowodzi to, że wyizolowane i oczyszczone DNA genów glutenin pozostają nieuszkodzone i funkcjonują także po ponownym wprowadzeniu do pszenicy *T. aestivum* L.

WNIOSKI

1. Gatunki obce *T. durum* Desf., *T. timopheevii* Zhukov, *L. perenne* L., *Ae. speltoides* Taush. jakie wykorzystano w pracy okazały się efektywnymi źródłami genetycznymi wysokiej zawartości białka i wskaźnika sedymentacji klasy E wyższej lub na poziomie (klasa A) odmiany Begra oraz liczby opadania klasy E.

2. Uzyskanie wysokich wartości technologicznych przekraczających dane wzorca *T. aestivum* L. (klasa E) może wskazywać na efekt introgresji genów genomów A i B (*T. durum* Desf., *T. timopheevii* Zhukov., *Ae. speltoides* Taush.), genomu G (*T. Timopheevii* Zhukov) i genomu L (*L. perenne* L.).
3. Trzyletnia ocena linii nie wskazuje, aby wysokie parametry cech morfologicznych kłosa, jak i odporności na choroby były związane z wysokimi wartościami (klasy E, A) wskaźników technologicznych ziarna.
4. Uzyskane linie o wskaźnikach technologicznych klasy E i A mogą stanowić w przyszłości materiał wyjściowy do wytworzenia źródeł genetycznych tych cech dla hodowli jakościowej pszenicy ozimej *T. aestivum* L.
5. Międzygatunkowa i międzyrodzajowa hybrydyzacja okazuje się skutecznym sposobem introgresji do pszenicy ozimej *T. aestivum* L., nie tylko obcych genów determinujących cechy kłosa, ale również wskaźników technologicznych ziarna.

LITERATURA

- Ahmad M., Arain M. A., Siddiqui K. A. 1997. Screening of *Aegilops*, *Triticum* and *Hordeum* species for grain weight protein and lysine content. Wheat Inf. Service. No. 85: 7 — 13.
- Anderson W.K., Shakley B.J., Sawkins D. 1998. Grain yield and quality: does there have to be a trade-off. Euphytica 100: 183 — 188.
- Blanco A., Bellomo M. P., Lotti C., Pasquolone A. 1998. Mapping of quantitative trait loci for grain quality using recombinant inbred lines of durum wheat. Proc. of the 10th EWAC Meeting, Viterbo, Italy (Ed. C. Ceoloni, Worland A. J.): 106 — 109.
- Branlard G., Dardevet M. 1985. Diversity of grain protein and bread wheat quality. II. Correlation between high molecular weight subunits of glutenin and flour quality characteristics. J. Cereal Sci.3: 345 — 354.
- Bushuk W., 1998. Wheat breeding for end-product use. Euphytica 100: 137 — 145.
- Carrillo J. M., Rousset M., Qualset C. O., Kasarda D. D. 1990. Use of recombinant inbred lines of wheat for study of associations of high-molecular weight glutenin subunit alleles to quantitative traits. I. Grain yield and quality prediction tests. Theor. Appl. Genet. 73: 321 — 330.
- Dexter J. E., Matsuo R. R. 1987. Relationship between durum wheat properties and pasta dough rheology and spaghetti cooking quality. J. Agric. Food. Chem. 26: 899 — 905.
- Dong H., Cox T. S., Sears R. G., Lockhard G. L. 1991. High molecular weight glutenin genes: Effects on quality in wheat. Crop Sci. 31: 971 — 979.
- D'Ovidio R., Tanzarella O. A., Masci S., Lafiandra D., Porceddu E. 1992. RFLP and PCR analyses at *Gli-1*, *Gli-2*, *Glu-1* and *Glu-3* loci in cultivated and wild wheats. Hereditas 116: 79 — 85.
- Ekiz H., Safi Kinal A., Akain A., Simsek L. 1998. Cytoplasmic effects on quality traits of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Euphytica 100: 189 — 196.
- Finney K. F. 1978. Genetically high protein hard winter wheat. Bakers Dig. 52: 32.
- Flavell R., Payne P. 1987. Introducing molecular biology into wheat breeding for better bread making quality. Biotechnology in Agriculture: 14 — 15.
- Grama A., Wright D. C. S., Gressey P. J., Lindley T. 1987. Hexaploid wild emmer wheat derivatives grown under New Zealand condition. 1. Relationship between protein composition and quality parameters. J. Agric. Res. 30: 35 — 43.
- Halloran G. M. 1975. Genetic analysis of grain protein percentage in wheat. Theor. Appl. Genet. 46: 79 — 86.
- Hsam S. L. K., Kieffer R., Zeller F. J. 2001. Significance of *Aegilops tauschii* glutenin genes on bread making properties of wheat. Cereal Chem. 78 (5): 521 — 525.
- Johnson V. A., Mattern P. J., Peterson C. J., Kuhr S. L. 1985. Improvement of wheat protein by traditional breeding and genetic techniques. Cereal Chem. 62 (5): 350 — 355.

- Klockiewicz-Kamińska E., Brzeziński W. J. 1997. Metoda oceny i klasyfikacji jakościowej odmian pszenicy. Wiad. Odm. COBORU, 67: 1 — 18.
- Krattiger A. F., Payne P. I., Law C. N. 1987. The relative contribution of proteins and other components to bread making quality of varieties determined using chromosome substitution lines. Proc. 3rd Int. Workshop Gluten Proteins, Budapest-Hungary: 254 — 265.
- Lagudah E. S., O'Brien L., Halloran G. M. 1988. Influence of gliadin composition and high molecular weight subunits of glutenin on dough properties in an F₃ population of a bread wheat cross. J. Cereal Sci. 7: 33 — 42.
- Lawrence G. J., Moss H. J., Shepherd K. W., Wrigley C.W. 1987. Dough quality of biotypes of eleven Australian wheat cultivars that differ in high-molecular-weight glutenin subunit composition. J. Cereal Sci. 6: 99 — 101.
- Lawrence G. J., Mac Ritchie F., Wrigley C. W. 1988. Dough and baking quality of wheat lines deficient in glutenin subunit controlled by the *Glu-A1*, *Glu-B1* and *Glu-D1* loci. J. Cereal Sci. 7: 109 — 112.
- Levy A. A., Feldman M. 1987. Increase in grain protein percentage in high-yielding common wheat breeding lines by genes from wild tetraploid wheat. Euphytica 36: 353 — 359.
- Little T. M., Hills F. J. 1975. Statistical methods in agricultural research. 2nd ed. (eds. T. M. Little F. J. Hills, Univ. California, Davis).
- Lorenzo A., Kronstad W. E., Vieira L. C. E. 1987. Relationship between high molecular weight glutenin subunits and loaf volume in wheat as measured by the sodium dodecyl sulfate sedimentation test. Crop Sci. 27: 253 — 257.
- MacRitchie F., DuCros D. L., Wrigley C. W. 1990. Flour polypeptides related to wheat quality. Adv. In Cereal Sci. and Tech. (Ed. Y. Pomeranz, Am. Assoc. of Cereal Chem., USA), vol. 10: 79 — 146.
- Mansur L. M., Qualset C. O., Kasarda D. D., Morris R. 1990. Effects of "Cheyenne" chromosomes on milling and baking quality of "Chinese Spring" wheat in relation to glutenin and gliadin storage proteins. Crop Sci. 30: 35 — 47.
- MirAli N., Arabi M. I. E., Al-Safadi B. 1999. High molecular weight glutenin subunits composition of Syrian grown bread wheat and its relationships with gluten strength. J. Genet. Breed. 53: 237 — 245.
- Nieto-Taladriz M. T., Perretant M. R., Rousset M. 1994. Effect of gliadins and HMW and LMW subunits of glutenin on dough properties in the F₆ recombinant inbred lines from a bread wheat cross. Theor. Appl. Genet. 88: 81 — 88.
- Odenbach W., Mahgoub E. S. 1988. Relationships between HMW glutenin subunit composition and the sedimentation value in reciprocal sets of inbred backcross lines derived from two winter wheat crosses. Proc. 7th Int. Wheat Genet. Symp., Cambridge (England): 987 — 991.
- Payne P. J., Nightingale M. A., Krattiger A. F., Holt L. M. 1987. The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. J. Sci. Food. Agric. 40: 51 — 65.
- Peña R. J., Zarco-Hernandez J., Mujeib-Kazi A. 1995. Glutenin subunit composition and bread-making quality characteristics of syntetic hexaploid wheats derived from *Triticum turgidum* × *Triticum tauschii* (Coss) Schmal crosses. J. Cereal Sci. 21: 15 — 23.
- Pilch J. 1996. Performance of interspecific and intergeneric hybrids of *Triticum aestivum* L. for wheat improvements. Part II. Breeding value of spring-type generations F₆–F₁₀ of *T. aestivum* L. with *Triticum* (2x, 4x), *Aegilops* (2x, 4x), *Secale* (2x) and *Hordeum* (2x) species in respect of some characters of spike. Plant Breed. Seed Sci. 41/1: 3 — 15.
- Pilch J., Głowacz E., Cygankiewicz A. 1999. Wartość wypiekowa ziarna mieszańców pszenicy pochodzących z krzyżowań międzygatunkowych i międzyrodzajowych. Biul. IHAR 210: 71 — 83.
- Pilch J. 2002. Transformacje genomu pszenicy *Triticum aestivum* L. z wykorzystaniem międzygatunkowej i międzyrodzajowej hybrydyzacji (w druku).
- Glu-A1 encoding two high-molecular-weight Redaelli R., Pogna N.E., Ng P.K. 1997. Effects of prolamins encoded by chromosomes 1B and 1D on the rheological properties of dough in near-isogenic lines of bread wheat. Cereal Chem. 74: 102 — 107.

- Rogers W. J., Law C. N., Sayers E. J. 1988. Dosage effects of homoeologous group 1 chromosomes upon the breadmaking quality of hexaploid wheat. Proc. 7th Int. Wheat Genet. Symp., Cambridge (England): 1003 — 1008.
- Rogers W. J., Miller T. E., Payne P. I., Seekings J. A., Sayers E. J., Holt L. M., Law C. N. 1997. Introduction to bread wheat (*Triticum aestivum* L.) and assessment for bread-making quality of alleles from *T. boeoticum* Boiss ssp. *Thaoudar* at subunits of glutenin. Euphytica 93: 19 — 27.
- Schepers J., Keizer L.C.P., Kolster P. 1993. The relation between high molecular weight glutenin subunits, bread-making quality and agronomic properties of winter wheat. Cereal Res. Commun. 21, No.4: 289 — 296.
- Sekiguchi S., Ono J., Taira T. 1993. Detection of HMW glutenin genes by DNA hybridization and breadbaking quality of amphidiploid synthesized between *Aegilops squarrosa* and *Secale cereale*. Wheat Inf. Serv. 76: 77 — 79.
- Sutton K. H., Hay R. L., Mouat C. H. 1992. The effect of kernel weight on the assessment of baking performance of wheat by RP-HPLC of glutenin subunits from single grains. J. Cereal Sci. 15: 253 — 265.
- Uhlen A.K. 1990. The composition of high molecular weight glutenin subunits in Norwegian wheats and their relation to bread-making quality. Norweg. J. Agric. Sci. 4: 1 — 17.
- Wieser H., Zimmermann G. 2000. Importance of amounts and proportions of high molecular weight subunits of glutenin for wheat quality. Eur. Food Res. Technol. 210: 324 — 330.
- Vallega V. 1992. Agronomic performance and breeding value of selected strains of diploid wheat *Triticum monococcum*. Euphytica 16: 13 — 23.

HANNA SUBDA**ANETA JAROSŁAWSKA****ANNA UNTON****ZOFIA KAROLINI-SKARADZIŃSKA**

Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Zbóż

Akademia Rolnicza, Wrocław

Ocena wpływu wybranych cech chemicznych pszenicy ozimej na jakość ciasta i chleba

The effect of selected chemical features of winter wheat flour on the quality of dough and bread

Materiał badawczy stanowiło ziarno 9 odmian pszenicy ozimej: Gama, Almari, Begra, Roma, Wanda, Kaja, Korweta, Izolda, Rysa. Ziarno otrzymano z 3 Stacji Doświadczalnych Oceny Odmian, ze zbioru w latach 1997–1999. Z ziarna ocenianych odmian pszenicy otrzymano średnio 65,9% mąki. Odmiany pszenicy różniły się zawartością badanych białek ($V = 7,4$ do $V = 87,1\%$), pentozańców rozpuszczalnych ($V = 14,7\%$), nierozpuszczalnych ($V = 18,5\%$) i ogółem ($V = 14,8\%$). Mąka pszenna charakteryzowała się niską aktywnością enzymów proteolitycznych (2,0 jednostki) i α -amylazy (317 s) mierzonej liczbą opadania oraz wysoką liczbą sedymentacji (63 cm³). Z mąki pszennej otrzymano dużo glutenu mokrego (34,8%) o rozpląwalności 4 do 10 mm. Ilość i jakość glutenu oraz liczba sedymentacji zależały od zawartości badanych białek. Oceniana mąka miała wysoką początkową (78,2° C) i końcową temperaturę (91,0° C) oraz długi czas kleikowania (44,0 min). Kleiki mączne odznaczały się niską lepkością maksymalną (286 jB) i po przetrzymaniu w 95° C (304 jB), a znacznie wyższą lepkością po ochłodzeniu do 50° C (482 jB). Mąka pszenna charakteryzowała się dużą wodochłonnością (58,2–62,4%). Ciasto otrzymane z tej mąki odznaczało się dobrymi właściwościami reologicznymi. Na właściwości reologiczne ciasta istotny wpływ miały oceniane białka i aktywność α -amylazy. Chleb wypieczony z mąki pszennej charakteryzował się dużą objętością w przeliczeniu na 100 g mąki (617 cm³) i nadpiekiem (48,8%) oraz odpowiednią strukturą miękkiszu. Objętość i nadpiek chleba zależały od aktywności enzymów proteolitycznych.

Słowa kluczowe: białko, chleb, ciasto, enzymy, gluten, pentozańcy, pszenica

Grain quality parameters were tested for nine winter wheat varieties: Gama, Almari, Begra, Roma, Wanda, Kaja, Korweta, Izolda, and Rysa. The grain was supplied by three Experimental Stations and came from harvests of 1997–1999. The wheat grain yielded 65.9% flour on an average. The varieties differed in their content of proteins ($V = 7.4$ to $V = 87.1\%$), pentosans soluble ($V = 14.7\%$), insoluble ($V = 18.5\%$) and total ($V = 14.8\%$). The wheat flour was characterized by low activity of proteolytic enzymes /2.0 unit/ and alpha-amylase (317 s) measured with the falling number, as well as by high sedimentation value /63 cm³/. Much wet gluten was obtained (34.8%) of 4 to 10 mm flowness. The quantity and quality of gluten, as well as the sedimentation value depended on the content of proteins.

The initial and terminal temperatures of starch gelatinization were high (78.2° C and 91.0° C, respectively) and the gelatinization time was long (44.0 min). Flour pastes were characterized by low peak viscosity (286 UB) and low viscosity after having been kept at 95° C (304 UB), but much higher one after having been cooled down to 50° C (482 UB). The wheat flour was characterized by high water absorbability (58,2–62,4%). Dough made of the flour had good rheologic properties having been significantly influenced by proteins and activity of alpha-amylase. Bread baked of the wheat flour was characterized by large volume 617 cm³ (100 g of flour) and overbake (48.8%), as well as by proper structure of crumb. The volume and overbake depended on the activity of proteolytic enzymes.

Key words: bread, dough, enzymes, gluten, pentosans, protein, wheat

WSTĘP

Hodowcy ciągle pracują nad wytworzeniem nowych odmian pszenicy, które charakteryzują się większą plennością oraz odpornością na choroby, a czasem także lepszą jakością technologiczną. Dlatego też istnieje konieczność oceny tych odmian pod względem przydatności do celów piekarskich.

Celem badań było określenie składu chemicznego mąki odmian pszenicy ozimej i ocena jego wpływu na jakość ciasta i chleba pszennego.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło ziarno 9 odmian pszenicy ozimej: Gama, Almari, Begra, Roma, Wanda, Kaja, Korweta, Izolda, Rysa, otrzymane ze Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian w Tarnowie Śląskim, Jeleniej Górze i Zybiszowie, ze zbioru w latach 1997–1999.

Mąkę do badań uzyskano z przemiału ziarna w młynie Quadrumat Senior. Zawartość białka ogółem określono metodą Kjeldahla (N x 5,7). Ilość białka rozpuszczalnego w SDS i gluteniny wysokocząsteczkowej oznaczono metodą opisaną przez Subdę (1989). Aktywność α -amylazy, określono na podstawie liczby opadania, metodą Hagberga–Pertena. Aktywność enzymów proteolitycznych mierzono metodą AACC (1976) opisaną przez Subdę (1984 a). Za jednostkę aktywności przyjęto ilość μ moli tyrozyny powstałej w czasie 1 min z 1 g mąki. Zawartość skrobi oznaczono metodą opisaną przez Lue i współaut. (1991), natomiast zawartość pentozań metodą kolorymetryczną (Subda, 1984 b). Liczbę sedimentacji oznaczono metodą Axforda i wsp. (1979), a ilość i rozpuszczalność glutenu według PN-77/A-74041 (1989).

Właściwości reologiczne ciasta określono za pomocą farinografu Brabendera. Wycenę farinogramów przeprowadzono metodą AACC (1972). Właściwości kleików mącznych oznaczono amylograficznie (Bhatty, 1993). Wypiek chleba wykonano metodą Biskupskiego, opisaną przez Karolini-Skaradzińską i wsp. (2001).

Ocenę materiału badawczego przeprowadzono na podstawie wartości średnich i współczynników zmienności. Ponadto obliczono współczynniki korelacji liniowej prostej. Zawartość białka ogółem oznaczono w ziarnie i w mące, a wartości pozostałych cech określono w mące. Zawartość białka rozpuszczalnego w SDS, gluteniny wysokocząsteczkowej i białka nierozpuszczalnego przeliczono na białko ogółem.

WYNIKI

Z ziarna pszenicy ozimej otrzymano od 63,8 do 69,7% mąki (tab. 1). Najwięcej mąki uzyskano z ziarna odmiany Wanda (69,7%), a znacznie mniej z ziarna odmian Izolda (63,8%) i Begra (64,6%). Stwierdzono, że wydajność mąki była ujemnie skorelowana z lepkością kleików mącznych (tab. 2), wodochłonnością mąki, czasem rozwoju ciasta i wartością walorymetryczną (tab. 6).

Tabela 1

Średnie wartości cech jakościowych ziarna i mąki pszenicy ozimej ze zbioru w latach 1997–1999
Means values of qualitative traits of grain and flour of winter wheat harvested in 1997–1999

Odmiana Variety	Cecha Trait				
	wydajność mąki flour extraction %	białko ogółem total protein %		białko rozpuszczalne w SDS sds soluble protein %	glutenina wysokocząsteczkowa high-molecular glutenin %
		w ziarnie in grain	w mące in flour		
Gama	66,8	14,0	10,4	73,90	20,80
Almari	66,0	14,7	12,3	68,10	27,10
Begra	64,6	14,2	12,4	68,10	28,75
Roma	65,7	14,0	13,1	63,76	21,20
Wanda	69,7	12,9	10,4	75,50	19,90
Kaja	66,8	14,2	11,9	74,50	22,65
Korweta	63,9	14,2	12,6	68,50	25,10
Izolda	63,8	12,3	10,2	77,50	18,80
Rysa	67,1	14,0	12,5	69,60	28,80
$\bar{x}$	65,9	13,7	11,9	70,56	23,26
V%	5,5	7,4	11,0	8,4	20,1

V% — Współczynnik zmienności

V% — Coefficient of variation

Zawartość białka ogółem w ziarnie większości badanych odmian była podobna (14,0 do 14,7%) (tab. 1). Mniej białka zawierały odmiany Wanda (12,9%) i Izolda (12,3%). Zawartość białka ogółem w mące wahała się od 10,2 do 13,1%.

Zawartość białka rozpuszczalnego w SDS, przeliczona na białko ogółem, wahała się od 63,76 do 77,50% (tab. 1). Wykazano zmienność zawartości gluteniny wysokocząsteczkowej (od 18,80 do 28,75%, V = 20,1%) (tab. 1). Odmiany pszenicy w dużym stopniu różniły się zawartością białka nierozpuszczalnego (1,60 do 15,10%). Spośród omawianych białek najbardziej zmienne było białko nierozpuszczalne (V = 87,1%).

Badane odmiany pszenicy różniły się aktywnością enzymów proteolitycznych (od 1,38 do 3,20 jednostki, V = 37,8%) (tab. 3). Najwyższą aktywność (3,20 jednostki) miała mąka odmiany Rysa. Mąka ocenianych odmian charakteryzowała się niską aktywnością α -amylazy, mierzonej liczbą opadania (269 do 390 s, V = 20,7%).

Okazało się, że zawartość pentozanów nierozpuszczalnych była w większym stopniu zróżnicowana (od 1,53 do 1,96%, V = 18,5%) niż rozpuszczalnych (od 0,30 do 0,42%, V = 14,7%) i ogółem (od 1,83 do 2,30%, V = 14,8%) (tab. 3). W mące pszennej wykazano od 63,9 do 76,1% skrobi (tab. 3). Pszenice Gama (76,1%) i Roma (70,2%) wyróżniały się większą zawartością skrobi w porównaniu z innymi odmianami (od 63,9 do 68,2%).

Tabela 2

Istotne wartości współczynników korelacji liniowej prostej (P = 0,95)
Significant values of linear correlation coefficients (P = 0,95)

Cecha Trait	Gluten mokry Wet gluten	Rozpływalność glutenu Flowness of gluten	Liczba sedymentacji Sedimentation value	Początkowa temperatura kleikowania Initial temperature of gelatinization	Maksymalna lepkość Peak viscosity	Lepkość po przetrzymaniu Viscosity at end of hold	Lepkość po ochłodzeniu Viscosity after cooling
Białko ogółem w ziarnie Total protein in grain	0,63		0,67				
Białko ogółem w mące Total protein in flour	0,52		0,75				
Białko rozpuszczalne w SDS SDS-soluble protein		0,66	-0,72				
Glutenina wysokocząsteczkowa High-molecular glutenin							
Białko nierozpuszczalne Insoluble protein		-0,51	0,50				
Aktywność proteolityczna Activity of proteolytic enzymes	0,48						
Liczba opadania Falling number				-0,68			
Skrobia Starch	0,52						
Wydajność mąki Flour extraction					-0,58	-0,62	-0,68

n = 18

Z mąki ocenianych odmian pszenicy otrzymano dużo glutenu mokrego (28,2 do 39,2%) o rozpływalności od 4,0 do 10,0 mm (tab. 3). Najwięcej glutenu wymyło z mąki odmiany Gama (39,2%) i Rysa (38,7%). Wydajność glutenu była skorelowana z zawartością białka ogółem w ziarnie i w mące, aktywnością enzymów proteolitycznych i zawartością skrobi (tab. 2). Rozpływalność glutenu zwiększała się wraz z podwyższeniem zawartości białka rozpuszczalnego. Korzystny wpływ na rozpływalność glutenu miało białko nierozpuszczalne.

Wykazano zmienność liczby sedymentacji (od 40 do 74 cm³, V = 17,7%) (tab. 3). Stwierdzono, że wartość liczby sedymentacji zależała od zawartości białka ogółem w ziarnie i w mące, białka rozpuszczalnego w SDS oraz białka nierozpuszczalnego (tab. 2).

Mąka pszenna miała wysoką średnią początkową (78,2° C) i końcową (91,0° C) temperaturę oraz długi czas kleikowania (44,0 min) (tab. 4). Początkowa temperatura kleikowania zależała od aktywności α -amylazy, mierzonej liczbą opadania (tab. 2). Wykazano małą zmienność temperatury początkowej (V = 2,9%) i końcowej (V = 1,7%) oraz czasu kleikowania (V = 2,3%).

Tabela 3

Średnie wartości cech jakościowych mąki pszenicy ozimej ze zbioru w latach 1997–1999
Means values of qualitative traits of flour of winter wheat harvested in 1997–1999

Odmiana Variety	Cecha Trait								
	aktywność enzymów proteolityczna w jednostkach activity of proteolytic enzymes in units	liczba opadania falling number s	pentozany % pentosans %			skrobia starch (%)	gluten mokry wet gluten (%)	rozpływalność glutenu flowness of gluten (mm)	liczba sedymentacji sedimentation value (cm³)
			rozpuszczalne soluble	nie- rozpuszczalne insoluble	ogółem total				
Gama	1,50	274	0,34	1,62	1,96	76,1	39,2	10,0	62
Almari	1,38	291	0,34	1,96	2,30	65,6	34,9	9,0	68
Begra	1,78	269	0,38	1,60	1,98	67,8	34,3	5,5	74
Roma	1,94	352	0,42	1,76	2,18	70,2	36,1	5,0	73
Wanda	1,49	269	0,30	1,55	1,83	65,3	33,8	7,5	60
Kaja	1,92	269	0,34	1,53	1,88	63,9	36,9	9,0	59
Korweta	2,38	365	0,33	1,59	1,92	65,9	34,6	4,0	70
Izolda	2,16	306	0,40	1,90	2,30	68,2	28,2	7,0	40
Rysa	3,20	390	0,38	1,62	2,00	67,5	38,7	7,0	63
$\bar{X}$	2,0	317	0,36	1,67	2,0	67,5	34,8	6,6	63
V%	37,8	20,7	14,7	18,5	14,8	10,0	12,0	42,7	17,7

Tabela 4

Średnie wartości cech amylograficznych mąki pszenicy ozimej ze zbioru 1997–1999
Mean values of amylographic traits of flour of winter wheat harvested in 1997–1999

Odmiana Variety	Cecha Trait					
	początkowa temperatura kleikowania initial temperature of gelatinization (°C)	końcowa temperatura kleikowania terminal temperature of gelatinization (°C)	czas kleikowania time of gelatinization (min)	maksymalna lepkość kleików mącznych (jB) peak viscosity of flour pastes (UB)	lepkość po przetrzymaniu przez 30 minut w temperaturze 95°C (jB) viscosity at end of hold by 30 minute (UB)	lepkość po ochłodzeniu do temperatury 50° C (jB) viscosity after cooling to 50° C (UB)
Gama	82,0	91,0	44,0	230	210	310
Almari	79,0	89,5	43,0	280	260	390
Begra	79,4	90,7	43,0	280	295	475
Roma	77,6	92,1	44,7	277	300	487
Wanda	78,0	89,8	43,1	280	300	440
Kaja	79,6	90,5	43,6	305	330	505
Korweta	76,1	90,1	43,4	317	330	513
Izolda	77,5	92,7	45,1	305	335	585
Rysa	77,5	92,5	45,0	240	280	480
$\bar{X}$	78,2	91,0	44,0	286	304	482
V%	2,9	1,7	2,3	11,2	14,5	18,1

Kleiki otrzymane z mąki odmian pszenicy odznaczały się niską maksymalną lepkością (230–317 jB). Największą lepkość miał kleik mąki odmiany Korweta (317 jB), a najmniejszą kleik odmiany Gama (230 jB). Stwierdzono małą lepkość kleików mącznych

po przetrzymaniu przez 30 min w 95° C (210 do 335 jB). Lepkość kleików odmian Gama, Almari, Kaja i Korweta zmniejszyła się o 5 do 20 jB, lepkość pozostałych odmian uległa zwiększeniu o 15 do 40 jB. Wskazuje to, że ziarna skrobi różniły się trwałością. Lepkość kleików mącznych po ochłodzeniu do 50°C uległa zwiększeniu o 100 do 248 jB i wahała się od 310 do 585 jB (tab. 4). Największą lepkość miał kleik mąki odmiany Izolda (585 jB). Duże zwiększenie lepkości po ochłodzeniu do 50° C wskazuje, że kleiki mąki pszennej łatwo retrogradują.

Tabela 5

Średnie wartości cech farinograficznych i wypiekowych mąki pszenicy ozimej ze zbioru w latach 1997–1999

Mean values of farinographic and baking traits of wheat flour harvested in 1997–1999

Odmiana Variety	Cecha Trait							
	wodochłonność mąki water absorption (%)	rozwój ciasta development of dough (min)	stałość ciasta stability of dough (min)	współczynnik tolerancji na miesienie (jB) tolerance index (UB)	wartość walorymetry- czna valorimetric value	objętość chleba ze 100g mąki bread volume from 100g of flour (cm ³)	nadpiek chleba overbake of bread (%)	porowa- tość wg skali Dallmanna porosity of crumb
Gama	61,2	1,7	3,4	70	48	648	49,4	7,0
Almari	58,2	1,9	2,0	60	50	600	49,4	8,0
Begra	62,4	2,3	4,3	35	54	626	50,6	7,5
Roma	62,3	2,0	6,5	47	55	645	49,2	6,7
Wanda	58,4	1,5	3,0	80	45	691	47,8	7,5
Kaja	57,4	1,8	2,7	80	50	594	49,1	7,5
Korweta	60,5	1,9	11,3	37	60	609	50,5	8,0
Izolda	59,4	1,7	1,8	80	49	549	47,9	6,0
Rysa	58,6	2,0	4,3	50	54	568	41,5	5,0
$\bar{x}$	60,1	1,8	5,1	58	52	617	48,8	7,1
V%	42	20,2	87,9	36,6	11,1	8,2	4,8	16,4

Wykazano dużą zmienność właściwości reologicznych ciasta ($V = 11,1$ do $V = 87,9\%$) (tab. 5). Najbardziej zmienny okazał się czas stałości ciasta ($V = 87,9\%$), a najmniej wartość walorymetryczna ($V = 11,1\%$). Ciasto otrzymane z mąki ocenianych odmian odznaczało się dobrymi właściwościami reologicznymi. Stwierdzono, że jakość ciasta zależała od zawartości białka ogółem w mące, białka rozpuszczalnego w SDS, gluteniny wysokocząsteczkowej oraz aktywności α -amylazy (tab. 6).

Chleb wypieczony z mąki badanych odmian odznaczał się dużą objętością (549 do 691 cm³ w przeliczeniu na 100 g mąki) i nadpiekiem (41,5 do 50,6%) oraz dobrą strukturą miękkiszu. Porowatość miękkiszu oceniono na 5 do 8 punktów w skali 8 punktowej. Chleb uzyskany z mąki odmian Wanda, Gama i Roma wyróżniał się dużą objętością. Stwierdzono, że objętość i nadpiek chleba zależały od aktywności enzymów proteolitycznych (tab. 6).

Tabela 6

Istotne wartości współczynników korelacji liniowej prostej ($P = 0,95$)**Significant values of linear correlation coefficients ($P = 0,95$)**

Cecha Trait	Wodochłonność mąki Water absorption	Czas rozwoju ciasta Development of dough	Współczynnik tolerancji na miesienie Tolerance index	Wartość walorymetryczna Valorimetric value	Objętość chleba Bread volume	Nadpiek chleba Overbake
Białko ogółem w mące Total protein in flour			-0,50			
Białko rozpuszczalne w SDS SDS-soluble protein			0,72	-0,60		
Glutenina wysokocząsteczkowa High-molecular glutenin			-0,50			
Aktywność proteolityczna Activity of proteolytic enzymes					-0,52	-0,51
Liczba opadania Falling number				0,54		
Wydajność mąki Flour extraction	-0,60	-0,65		-0,74		

DYSKUSJA

Wyniki uzyskane w omawianej pracy wskazują, że zawartość białka w badanych obecnie odmianach była większa w porównaniu z odmianami ocenianymi przez Subdę i Karolini-Skaradzińską (1996). Ponadto w prezentowanej pracy oraz w badaniach Faubiona i Hoseneya (1990), Subdy (1991) oraz Johanssena i wsp. (1996) wykazano, że ilość i jakość białka wpływa na wartość wypiekową mąki pszennej. Według Subdy i wsp. (1996) odmiany o dobrej wartości wypiekowej zawierają więcej gluteniny wysokocząsteczkowej w porównaniu z odmianami odznaczającymi się gorszą jakością. W przedstawionej obecnie pracy należy zwrócić uwagę na odmiany Rysa i Begra, które zawierały największą ilość gluteniny wysokocząsteczkowej. Według El Hadala i wsp. (1995) oraz Johnssona i wsp. (1995) glutenina wysokocząsteczkowa ma korzystny wpływ na jakość ciasta i chleba pszennego.

Oceniane odmiany były zróżnicowane pod względem aktywności proteolitycznej i α -amylazy. Największą aktywnością proteolityczną wyróżniała się odmiana Rysa, natomiast pszenica Almari, Wanda i Gama miały niską aktywność tych enzymów. Ponadto odmiany Rysa, Korweta i Roma charakteryzowały się małą aktywnością α -amylazy. Ibrachim i D'Appolonia (1989) oraz Martin i Hoseney (1991) wykazali, że enzymy proteolityczne i α -amylaza mają znaczny wpływ na właściwości ciasta i jakość pieczywa. W naszych badaniach wykazano, że objętość i nadpiek chleba były uwarunkowane aktywnością enzymów proteolitycznych.

W mące pszennej występują pentozany stosunkowo w niedużych ilościach. Według Hoseneya (1984) oraz Yina i Walkera (1992) wywierają one wpływ na wartość wypiekową mąki, odgrywając dużą rolę w powstawaniu ciasta i wypieku chleba. Oceniane odmiany Almari, Izolda oraz Roma charakteryzowały się największą ilością pentozanów ogółem.

Natomiast pszenica Wanda i Kaja zawierały najmniej pentozańców ogółem. W badaniach własnych nie wykazano wpływu pentozańców na wartość wypiekową mąki.

Bardzo ważną rolę w procesie powstawania ciasta i wypieku chleba odgrywa skrobia. Wpływa ona na wodochłonność mąki, lepkość i gęstość ciasta (Kulkarni i in., 1997) oraz starzenie się chleba (Jacobson i in., 1997). W badaniach własnych odmiany różniły się ilością skrobi. Najwięcej jej miała pszenica Gama, natomiast najmniej odmiana Kaja. Ponadto nie wykazano wpływu skrobi na jakość ciasta i chleba. Stwierdzono natomiast, że ziarna skrobi są trwałe, a kleiki mączne łatwo retrogradują.

WNIOSKI

1. Mąka odmian pszenicy ozimej różniła się zawartością ocenianych białek, pentozańców, aktywnością enzymów proteolitycznych i α -amylazy mierzonej liczbą opadania. Na uwagę zasługują odmiany Rysa i Begra, które odznaczały się największą ilością gluteniny wysokocząsteczkowej.
2. Mąka pszenna charakteryzowała się dużą wydajnością glutenu mokrego i wysoką liczbą sedymentacji. Odmiany Gama i Rysa wyróżniały się największą ilością wymytego glutenu mokrego, a odmiany Begra i Roma wysoką liczbą sedymentacji.
3. Mąka pszenna miała wysoką początkową i końcową temperaturę oraz długi czas kleikowania. Stwierdzono zróżnicowanie mąki pszennej pod względem lepkości kleików. Wykazano, że ziarna skrobi są trwałe tzn. trudno rozpadają się, a kleiki mączne łatwo retrogradują.
4. Mąka pszenna charakteryzowała się dużą wodochłonnością, a szczególnie odmiany Begra i Roma. Ciasto pszenne uzyskane z mąki odmian Begra i Korweta odznaczało się najlepszymi parametrami oceny reologicznej.
5. Chleb uzyskany z mąki odmian Wanda, Gama i Roma miał dużą objętość oraz nadpiek.
6. Na podstawie uzyskanych wartości współczynników korelacji stwierdzono, że:
 - wydajność i rozplywalność glutenu oraz liczba sedymentacji zależały od zawartości badanych białek oraz aktywności enzymów proteolitycznych,
 - na cechy fizyczne ciasta istotny wpływ miało białko ogółem i białko rozpuszczalne w SDS, glutenina wysokocząsteczkowa oraz aktywność α -amylazy.

LITERATURA

- AACC. 1972. The farinograph handbook. Amer. Assoc. Cereal Chem. St. Paul.
- AACC. 1976. American Association of Cereal Chemists. Approve methods of the AACC. The Association: St. Paul. M. N.
- Axford D.W.E., Mc Dermott E. E, Redman D. G. 1979. On the sodium dodecyl sulfate test of bread — making quality. Comparison with Pelshenke and Zeleny test. Cereal Chem. 56: 582-584.
- Bhatty R. S. 1993. Physicochemical properties of roller-milled bran and flour. Cereal Chem. 70: 397 — 402.
- El Hadal I., Aussenac T., Fabre J.L., Sarrafi H. 1995. Relationship between polymeric glutenin and the characteristic for seven common wheats (*Triticum aestivum*) grown in the field and greenhouse. Cereal Chem. 72: 598 — 601.
- Faubion J. M., Hoseney R. C. 1990. The viscoelastic properties of wheat flour doughs. Pages 29–66 in dough rheology and baked product texture. Van Nostrand Reinhold: New York.
- Hoseney R. C. 1984. Functional properties of pentosans in baked foods. Food Technol. 1: 114 — 115.

- Ibrachin Y. D., D'Appolonia B. L. 1979. Sprouting in hard red spring wheat. *Bak. Dig.* 15: 17 — 21.
- Jacobson M. R., Obanni M., BeMiller J. N. 1997. Retrogradation of starches from different botanical sources. *Cereal Chem.* 74: 511 — 518.
- Janssen A. M., Vliet T. V., Vereijken J. M. 1996. Rheological behaviour of wheat glutens at small and large deformation. Effect gluten composition. *J. Cereal Sci.* 23: 33 — 42.
- Johansson E., Svensson G. 1995. Contribution of the high molecular glutenin subunit 21* to bread making quality of Swedish wheats. *Cereal Chem.* 70: 500 — 511.
- Karolini-Skaradzińska Z., Subda H., Korczak B., Kowalska M., Żmijewski. M., Czubaszek A. 2001. Ocena technologiczna ziarna i mąki wybranych odmian pszenicy ozimej. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość.* 2 (27): 68 — 77.
- Kulkarni J.G., Ponte J. R., Kulp K. 1987. Significance of gluten content as index of flour quality. *Cereal Chem.* 64: 1 — 3.
- Lue S., Hsieh F., Huff H.E., 1991. Estimation cooking of corn meal and sugar beet fiber: effects on expansion properties, starch gelatinization and dietary fiber content. *Cereal Chem.* 68: 227 — 234.
- Martin M. L., Hoseney R. C. 1991. A mechanism of bread firming II. Role of starch hydrolyzing enzymes. *Cereal Chem.* 68: 503 — 507.
- PN-77/A-74041 (1989). Oznaczanie ilości i jakości glutenu. Wyd. Normalizacyjne „Alfa”.
- Subda H. 1984 a. Instrukcja wdrożeniowa oznaczania aktywności enzymów proteolitycznych. *Biul. IHAR.* 152: 139 — 141.
- Subda H. 1984 b. Metoda oznaczania zawartości pentozanów rozpuszczalnych w wodzie (Instrukcja). *Biul. IHAR.* 155: 225 — 226.
- Subda H. 1989. Zależność wartości wypiekowej mąki pszennej od składu chemicznego. Cz. II. Ekstraktywność białek pszenicy w różnych rozpuszczalnikach. *Hod. Rośl. Aklim.* 31: 27 — 35.
- Subda H. 1991. Charakterystyka biochemiczna i technologiczna pszenicy jarej i ozimej. Cz. I. Ilość i jakość białek. *Biul. IHAR.* 35: 69 — 82.
- Subda H., Karolini-Skaradzińska Z., 1996. Ocena składu chemicznego i wartości wypiekowej kilku odmian pszenicy. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu. Techn. Żywn.* X nr. 305: 57 — 67.
- Subda H., Gil Z., Czubaszek A., Karolini-Skaradzińska Z. 1996. Zawartość różnych postaci białka w mące pszennej i pszenżytniej. *Rocz. Nauk. Rol. Seria A., T 112, Z. 1-2:* 63 — 70.
- Yin Y., Walker C. E. 1992. Pentosans from gluten — washing wastewater isolation, characterisation and role in baking. *Cereal Chem.* 69: 592 — 596.

MARIA CHRZĄSTEKInstytut Genetyki i Hodowli Roślin
Akademia Rolnicza, Lublin

Wpływ dodanych i podstawionych chromosomów żyta (*Secale cereale* L.) na wybrane cechy ilościowe pszenicy (*Triticum aestivum* L.)

**Effect of added and substituted rye chromosomes (*Secale cereale* L.) on some
quantitative features of wheat (*Triticum aestivum* L.)**

Wykonano obserwacje i pomiary biometryczne linii addycyjnych, linii substytucyjnej 1B/1R i form wyjściowych w celu określenia wpływu chromosomów żyta odmiany Dańkowskie Złote na fenotyp i niektóre elementy struktury plonu pszenicy heksaploidalnej odmiany Grana. Analizowano liczbę dni do kłoszenia, wielkość liścia flagowego, długość pędu głównego i osadki kłosowej, liczbę i masę ziarniaków z kłosa głównego i całej rośliny, masę 1000 ziarniaków, płodność kłosa, zbitość kłosa oraz zawartość białka w ziarniakach. Największe zmiany morfologiczne dotyczące głównie kłosów i liści, a także ogólnego pokroju roślin obserwowano w linii 2R. Zarówno addycja jak i substytucja chromosomu 1R wpływała istotnie na skrócenie pędu. We wszystkich liniach stwierdzono istotnie niższą płodność kłosa w porównaniu z pszenicą. Większość badanych linii charakteryzowała się istotnie niższą od pszenicy masą tysiąca ziarniaków, a zarazem wyższą procentową zawartością białka w ziarniakach. Linie addycyjne 3R i 6R różniły się bardziej od pszenicy pod względem większości analizowanych cech niż linie z dodanymi chromosomami telocentrycznymi 3RS i 6RL.

Słowa kluczowe: cechy ilościowe, linie addycyjne, pszenica, substytucja 1B/1R, żyto

The observations and biometric measurements of addition lines, 1B/1R substitution line and initial forms have been done in order to examine the influence of rye chromosomes (cv. Dańkowskie Złote) on the phenotype and some components of yield structure of the hexaploid wheat cv. Grana. The number of days to heading, flag leaf size, length of main stem and ear, number and weight of kernels per head ear and per plant, 1000 kernels weight, density of ear and protein content in kernels were analyzed. The biggest morphological changes, relating mainly to ear, leaf and whole plants were observed for the 2R addition line. Both, addition and substitution of the 1R chromosome has significantly influenced stem shortening. Fertility of spikelet in all lines was significantly lower than in wheat. Most of the tested lines, in comparison with wheat, had lower 1000 kernel weight but higher percent of protein in kernels. The 3R and 6R lines differed from wheat more, with regard to majority of features, than the lines with added telocentric chromosomes 3RS and 6RL.

Key words: addition lines, 1B/1R substitution line, quantitative traits, rye, wheat

WSTĘP

Manipulacje chromosomowe w obrębie podplemienia *Triticinae* dotyczą najczęściej rodzajów *Triticum*, *Secale* i *Aegilops*. Homeologia chromosomów w obrębie rodzaju *Triticum*, jak i pomiędzy poszczególnymi rodzajami oraz wyprowadzenie przez Searsa kompletnych serii linii aneuploidalnych w odmianie pszenicy Chinese Spring dały podstawy do rozwoju inżynierii chromosomowej (Sears, 1972; Jiang i in., 1994).

W pracach genetyczno-hodowlanych nad pszenicą i żytem często są wykorzystywane addycje, substytucje i translokacje chromosomów.

W liniach addycyjnych pszenicy są dodane pary chromosomów żyta, bądź ich ramion. Linie te uzyskuje się najczęściej poprzez krzyżowanie pszenicy z żytem, a mieszańce po podwojeniu liczby chromosomów zapyla się wstecznie pyłkiem pszenicy. W ten sposób powstają monosomiczne, a wyniku ich samozapylenia disomiczne linie addycyjne (O'Mara, 1940). Linie te wykorzystuje się głównie do wyprowadzania form substytucyjnych (Sears, 1968; Miller, 1984) oraz do lokalizacji genów na chromosomach żyta i określania ich ekspresji w obcym tle genetycznym (Schlegel i Mettin, 1982; Devos i in., 1993; Chrzastek i in., 1995; Cyran i in., 1996; Masojć i in., 1996; Miazga i Szot, 1996; Ma i in., 2001).

W liniach substytucyjnych para chromosomów pszenicy jest zastąpiona przez parę chromosomów żyta. Otrzymuje się je głównie poprzez krzyżowanie monosomików lub nullisomików pszenicy z odpowiednimi liniami addycyjnymi, a następnie samozapylenie lub krzyżowanie wsteczne uzyskanych mieszańców. Linie substytucyjne wykorzystuje się do badania homeologii pomiędzy chromosomami pszenicy i innych rodzajów. Mają one również zastosowanie w praktycznej hodowli. Na świecie od wielu lat uprawia się odmiany pszenicy, które zawierają substytucje i translokacje obejmujące chromosomy *1B* i *1R* (Rabinovich, 1998; Graybosch, 2001).

Celem prezentowanej pracy było określenie wpływu chromosomów żyta odm. Dańkowskie Złote na niektóre cechy ilościowe pszenicy odmiany Grana przy pomocy zestawu linii addycyjnych i linii substytucyjnej *1B/1R*.

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem badań była uzyskana w Instytucie Genetyki i Hodowli Roślin Akademii Rolniczej w Lublinie seria linii pszenicy odm. Grana z dodanymi kompletnymi i telocentrycznymi chromosomami żyta odm. Dańkowskie Złote: *1R*, *2R*, *3R*, *3RS*, *4R*, *5R*, *6R*, *6RL*, *7R* oraz linia substytucyjna *1B/1R* Grana/Dańkowskie Złote. Ponadto analizowano formy wyjściowe, tj. pszenicę odm. Grana, żyto odm. Dańkowskie Złote oraz powstałe w wyniku ich krzyżowania pszenżyto oktoploidalne.

Ze względu na konieczność corocznego testowania cytologicznego i małą liczbę ziarniaków, początkowo linie addycyjne i substytucyjne oraz formy wyjściowe wysadzano w wazonach. W ostatnich latach wszystkie materiały były wysiewane na mikropoletkach. W okresie wegetacyjnym w 1999 roku wykonano niektóre obserwacje, a po zbiorze przeprowadzono laboratoryjną ocenę pojedynków. Badania przeprowadzono na podstawie

pomiarów biometrycznych około 30 roślin z każdej linii i formy wyjściowej. Analizowano następujące cechy:

- liczba dni do kłoszenia (od 1 maja do dnia, gdy połowa kłosa wydostała się z pochwy liściowej),
- długość, szerokość i powierzchnia blaszki liścia flagowego (przy pomocy planimetru),
- długość pędu głównego (cm),
- liczba kłosków w kłosie głównym,
- liczba ziarniaków w kłosie głównym,
- masa ziarniaków z kłosa głównego (g),
- zbitość kłosa (liczba kłosków przypadająca na 1 dm osadki kłosowej),
- płodność kłosa (liczba ziarniaków przypadająca na jeden kłosek w kłosie głównym),
- masa tysiąca ziarniaków (MTZ) (g),
- liczba ziarniaków z rośliny,
- masa ziarniaków z rośliny (g).

Zawartość białka w ziarniakach oznaczono w Centralnym Laboratorium Analitycznym AR metodą Kjeldahla stosując przelicznik białkowy 5,7.

Do statystycznego opracowania wyników wykorzystano program opracowany przez Ośrodek Informatyki Akademii Rolniczej w Lublinie. Zastosowano test F-Snedecora, a w celu stwierdzenia istotności różnic pomiędzy obiektami wykorzystano przedziały ufności Tukeya. Istotne różnice pomiędzy liniami i pszenicą Grana, żytem Dańkowskie Złote oraz pszenżytem zaznaczono w tabelach odpowiednimi symbolami. W interpretacji wyników zwracano głównie uwagę na różnice pomiędzy liniami z dodanymi bądź podstawionymi chromosomami żyta, a pszenicą odm. Grana.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wprowadzenie do genomu pszenicy chromosomów żyta powoduje zmiany w fenotypie roślin. Różnice dotyczą głównie wielkości i proporcji poszczególnych organów (Riley i Chapman, 1958). W porównaniu z pszenicą, we wszystkich badanych liniach z wyjątkiem 2R obserwowano istotne skrócenie pędu głównego (tab. 1). Linia 2R wyróżniała się spośród pozostałych najdłuższym, a zarazem ciekim, wiotkim i delikatnym źdźbłem. Podobnie scharakteryzował linię 2R Riley (1960), analizując serię linii addycyjnych Holdfast — King II. W linii 2R serii Grana — Dańkowskie Złote we wczesnych stadiach rozwojowych obserwowano antocyjanowe zabarwienie koleoptyla. Oznacza to, że na chromosomie 2R żyta Dańkowskie Złote znajduje się gen *An1*, decydujący o syntezie antocyjanu (Chrzastek i Miazga, 1988). Najkrótszym pędem głównym w badanej serii charakteryzowały się linie 5R i 1R. Również linia substytucyjna 1B/1R miała istotnie krótszy pęd niż pszenica Grana (rys. 1). Wszystkie analizowane linie addycyjne oraz substytucyjna były znacznie niższe od żyta i pszenżyta oktoploidalnego.

Tabela 1

Wartości średnie wybranych cech ilościowych linii addycyjnych Grana — Dańkowskie Złote, linii substytucyjnej i form wyjściowych
Mean values of some quantitative features of the Grana — Dańkowskie Złote addition lines, the substitution line and the initial forms

Linie i formy wyjściowe Lines and initial forms	Liczba dni do kłoszenia Number of days to heading	Długość pędu głównego Length of main stem (cm)	Liczba międzywęźli w pędzie głównym Number of internodes in main stem	Liczba ziarniaków z rośliny Number of kernels per plant	Masa ziarniaków z rośliny Weight of kernels per plant (g)	Masa 1000 ziarniaków Weight of 1000 kernels (g)	Zawartość białka w ziarnie Content of protein in grains (%)	Liść flagowy Flag leaf		
								Długość length (cm)	Szerokość width (cm)	Powierzchnia area (cm2)
Linie addycyjne Addition lines										
1R	36xyz	60,98xyz	3,03xyz	150,33x	4,74x	32,67xyz	14,35xyz	16,59y	1,50xy	19,24xy
2R	30xyz	84,86yz	4,00	90,83xy	2,57xy	21,17xyz	14,95xyz	15,71y	1,20x	14,33xy
3R	31yz	66,93xyz	2,81xyz	115,14xy	4,18xy	35,49xyz	15,14xyz	16,76y	1,55xy	19,97xy
3RS	28xyz	79,62xyz	3,67yz	173,39xz	7,09x	42,64x	12,35z	16,18y	1,47xy	18,45xy
4R	25xy	64,07xyz	3,07xyz	80,70xy	2,10xy	25,79xyz	19,15xyz	22,97xyz	1,51xy	27,48yz
5R	26xy	59,26xyz	3,08xyz	132,84x	5,39x	42,59x	14,44xyz	18,60y	2,01xyz	26,60yz
6R	31yz	80,55xyz	3,31xyz	123,96x	5,16x	43,76	15,79xyz	16,05y	1,74yz	22,29yz
6RL	31yz	78,96xyz	3,69yz	130,53x	6,44x	50,00yz	12,60yz	18,26y	1,80yz	26,92yz
7R	32yz	74,59xyz	3,54xyz	113,08xy	5,36x	47,31z	17,59xyz	20,21xyz	1,84yz	29,82xyz
Linia substytucyjna Substitution line										
1B/1R	32yz	55,09xyz	3,31xyz	148,25x	4,30xy	32,07xyz	12,62yz	16,71y	1,51xy	19,67xy
Formy wyjściowe Initial forms										
Grana (2n = 6x = 42)	32	88,84	3,85	315,76	15,33	46,63	12,02	17,30	1,79	24,36
Dańkowskie Złote (2n = 2x = 14)	18	123,92	4,11	200,06	8,33	45,07	11,81	10,99	1,03	8,25
Grana × Dańkowskie Złote (2n = 8x = 56)	26	93,92	4,16	90,56	4,21	41,55	16,76	17,20	1,39	17,72

^x — Istotne różnice w porównaniu z pszenicą przy p = 0,05; Differences with wheat significant at α = 0.05

^y — Istotne różnice w porównaniu z żytem przy p = 0,05; Differences with rye significant at α = 0.05

^z — Istotne różnice w porównaniu z oktoploidalnym pszenżytem przy p = 0,05; Differences with 8x triticale significant at α = 0.05



Rys. 1. Od lewej: pszenica Grana, linie addycyjne: 1R, 2R, 3R, 4R, 5R, 6R, 7R, 3RS, 6RL i linia substytucyjna 1B/1R

Fig. 1. From the left: wheat cv. Grana, addition lines: 1R, 2R, 3R, 4R, 5R, 6R, 7R, 3RS, 6RL and 1B/1R substitution line

Duży wpływ na produktywność roślin zbożowych ma wielkość i ustawienie liścia flagowego (Thorne i in., 1965; Berdahl i in., 1972; Walton, 1972). Według Mahmood i wsp. (1991) usunięcie liścia flagowego u pszenicy w fazie kłoszenia powoduje redukcję plonu ziarna o 16,1%, masy tysiąca ziarniaków o 11,2%, liczby ziarniaków w kłosie o 12,9%. Z badań Nalborczyka i wsp. (1981) wynika, że znaczenie liścia flagowego u żyta jest mniejsze. W procesie fotosyntezy największą rolę odgrywa w tym przypadku źdźbło. Liście natomiast są małe i wcześniej zasychają. Według Kubickiej i Dec (2001) długość liścia flagowego i podflagowego w mieszańcach linii wsobnych żyta jest uwarunkowana trzema, a szerokość dwoma genami o działaniu addytywnym. Powierzchnia blaszki liściowej w kilku rodach pszenżyta heksaploidalnego badanych przez Dolińskiego (1986) była ponad dwa razy większa niż u żyta i nieznacznie mniejsza niż w pszenicy. W badaniach własnych średnia powierzchnia blaszki liścia flagowego pszenicy Grana wynosiła 24,36 cm², żyta Dańkowskie Złote 8,25 cm², a oktoploidalnego pszenżyta 17,72 cm² (tab. 1). Wśród testowanych linii addycyjnych największą powierzchnię liścia flagowego obserwowano w linii 7R (29,82 cm²), a najmniejszą w linii 2R (14,33 cm²). Większość linii addycyjnych i linia substytucyjna 1B/1R charakteryzowały się istotnie mniejszym liściem flagowym niż pszenica Grana. Liść flagowy badanych linii różnił się od pszenicy głównie pod względem szerokości blaszki liściowej. We wszystkich badanych liniach liść flagowy był istotnie większy niż u żyta Dańkowskie Złote. Średnia długość liścia żyta wynosiła 10,99 cm, a szerokość 1,03 cm. W badaniach Kubickiej i Malepszego (1996) średnia długość liścia flagowego pięciu linii wsobnych żyta pokolenia S₁₂ wahała się od 7,6 do 19,8 cm, a szerokość od 0,6 do 1,2 cm. Linia addycyjna 2R wyróżniała się

pośród wszystkich testowanych, najkrótszym i najwęższym liściem flagowym, wyglądem przypominającym liść żyta. Powierzchnia liścia flagowego badanych linii z dodanymi chromosomami żyta (z wyjątkiem linii 2R) była większa niż w pszenżycie. W przypadku linii 4R, 5R, 6R i 7R różnice były istotne. Zdecydowana większość badanych linii miała liść flagowy szerszy, a dwie (4R i 7R) istotnie dłuższy niż pszenżyto oktoploidalne. W linii substytucyjnej 1B/1R liść pod względem długości, szerokości i powierzchni był podobny do pszenżyta.

Dodane bądź podstawione do pszenicy chromosomy żyta mają wpływ na morfologię kłosa, głównie jego długość, zbitość, barwę, kształt, ościstość i inne cechy. Długość osadki kłosowej jest istotnym elementem struktury plonu ziarna. Badane linie addycyjne i substytucyjna miały kłosa istotnie krótsze od pszenicy i żyta (tab. 2).

Tabela 2

Wartości średnie wybranych cech ilościowych kłosa głównego linii addycyjnych Grana — Dańkowskie Złote, linii substytucyjnej i form wyjściowych
Mean values of some quantitative features of head spike in the addition lines the Grana — Dańkowskie Złote, the substitution line and the initial forms

Linie i formy wyjściowe Lines and initial forms	Długość osadki kłosowej Length of ear (cm)	Liczba kłosków No. of spikelets	Liczba ziarniaków No. of kernels	Masa ziarniaków Weight of kernels (g)	Zbitość kłosa Density of ear	Płodność kłosa Fertility of spikelet
Linie addycyjne Addition lines						
1R	6,80 ^{xyz}	19,97 ^{xyz}	40,57 ^{yz}	1,35 ^{xy}	28,27 ^{xyz}	2,01 ^{xyz}
2R	7,14 ^{xyz}	19,00 ^{xyz}	22,53 ^{xy}	0,64 ^{xyz}	25,23 ^{yz}	1,17 ^x
3R	7,07 ^{xyz}	18,57 ^{xyz}	30,86 ^{xy}	1,14 ^{xy}	24,76 ^{yz}	1,57 ^{yz}
3RS	8,13 ^{yz}	20,79 ^{yz}	43,70 ^{yz}	1,84 ^{yz}	24,46 ^{yz}	2,10 ^{xyz}
4R	8,02 ^{yz}	16,81 ^{xyz}	26,89 ^{xy}	0,69 ^{xy}	19,86 ^{xy}	1,60 ^{yz}
5R	7,44 ^{xyz}	18,16 ^{xyz}	41,60 ^{yz}	1,77 ^{yz}	23,13 ^{xyz}	2,27 ^{xyz}
6R	7,57 ^{xyz}	20,69 ^{yz}	37,41 ^{xyz}	1,65 ^{xyz}	26,08 ^{yz}	1,80 ^{xyz}
6RL	7,78 ^{yz}	20,31 ^{yz}	41,86 ^{yz}	2,09 ^{yz}	24,93 ^{yz}	2,04 ^{xyz}
7R	7,73 ^{yz}	18,31 ^{xyz}	26,51 ^{xyz}	1,27 ^{xy}	22,34 ^{xyz}	1,40 ^{yz}
Linia substytucyjna Substitution line						
1B/1R	5,94 ^{xyz}	17,31 ^{xyz}	43,75 ^{yz}	1,44 ^{xyz}	27,55 ^{xyz}	2,51 ^{yz}
Formy wyjściowe Initial forms						
Grana (2n = 6x = 42)	8,32	21,73	57,03	2,66	25,01	2,62
Dańkowskie Złote (2n = 2x = 14)	11,14	34,73	46,72	2,07	30,52	1,34
Grana × D. Złote (2n = 8x = 56)	10,44	22,68	22,80	1,03	20,79	0,96

^x — Istotne różnice w porównaniu z pszenicą przy p = 0,05; Differences with wheat significant at α = 0.05

^y — Istotne różnice w porównaniu z żytem przy p = 0,05; Differences with wheat significant at α = 0.05

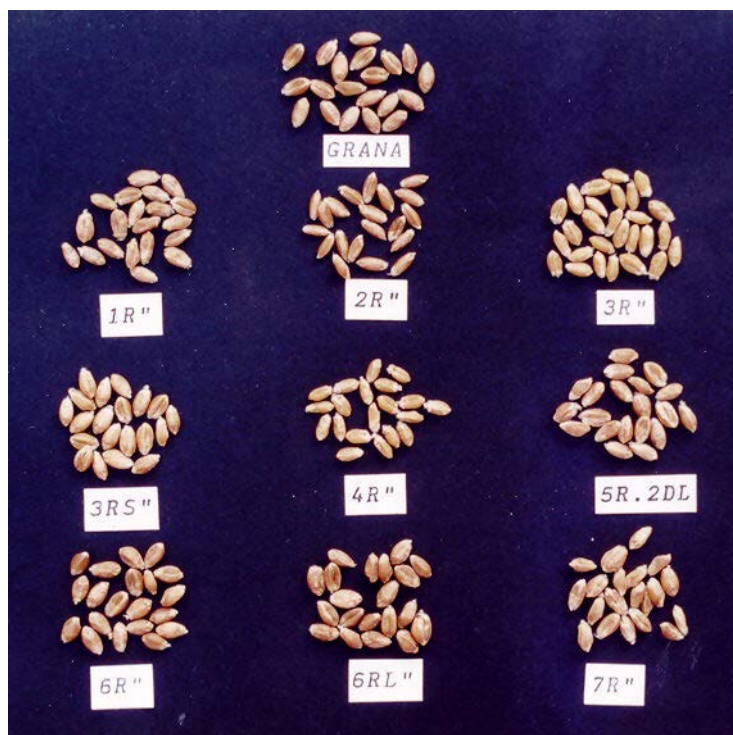
^z — Istotne różnice w porównaniu z oktoploidalnym pszenżytem przy p = 0,05;

Differences with wheat significant at α = 0.05

Stwierdzono zróżnicowanie pod tym względem pomiędzy liniami. Najdłuższe kłosa wytwarzała linia 3RS (8,13 cm), a najkrótsze 1R (6,80 cm) oraz substytucyjna 1B/1R (5,94

cm). W linii 1R stwierdzono największą zbitość kłosa. Na jednym decymetrze osadki kłosowej tej linii było średnio 28,27 kłosek, podczas gdy w linii 4R tylko 19,86. Porównując badane linie z pszenicą Grana stwierdzono, że cztery z nich, a mianowicie 1R, 2R, 6R i 1B/1R miały kłosa bardziej zbite. Kłosa wszystkich linii, z wyjątkiem 4R, były bardziej zbite niż u pszenżyta oktoploidalnego, ale luźniejsze niż u żyta. Kłos linii 2R różnił się od innych kształtem. Podobnie jak w badanych przez Rileya i Chapmana (1958) liniach serii Holdfast — King II był cienki, z twardymi, trudno wymłacalnymi plewkami. Kłosa wszystkich badanych linii były bezostne.

Ziarniaki analizowanych linii różniły się pod względem kształtu i barwy (rys. 2).



Rys 2. Ziarniaki pszenicy Grana i linii addycyjnych
Fig 2. Kernels of Grana wheat and addition lines

W linii 2R były one wąskie, długie, dobrze wypełnione i przypominały ziarniaki żyta. Linie 6R i 6RL z badanej serii Grana — Dańkowskie Złote wyróżniały się okrągłymi, intensywnie czerwonymi ziarniakami. Wcześniejsze badania wykazały, że na długim ramieniu chromosomu 6R żyta Dańkowskie Złote jest zlokalizowany gen *Rog* odpowiadający za okrągły kształt ziarniaków i gen *Reg* determinujący czerwoną barwę ziarniaków (Miazga i Chrząstek, niepublikowane). O lokalizacji genów *Rog* i *Reg* na chromosomie 6R informowało wielu Autorów między innymi Miller (1984). Ziarniaki linii addycyjnej 4R z analizowanej serii były pomarszczone, co wpływało niekorzystnie na ich

masę (MTZ = 25,79g). Według Bennetta (1977) jednym z czynników odpowiedzialnych za pomarszczenie ziarniaków w pszenżycie są zakłócenia w podziałach mitotycznych w bielmie. W badaniach własnych mejoza w linii 4R przebiegała regularnie. Rogalska (1981) wykazała wprost proporcjonalną zależność pomiędzy dorodnością ziarniaków w pszenżycie a zawartością konstytutywnej heterochromatyny. Niską masę 1000 ziarniaków notowano także w linii addycyjnej 2R, w której ziarno było dobrze wypełnione, lecz drobne. Największą masę tysiąca ziarniaków stwierdzono w linii 6RL (50,00 g) i 7R (47,31 g). Linie te przewyższały pod względem analizowanej cechy pszenicę Grana. W większości pozostałych linii addycyjnych masa tysiąca ziarniaków była istotnie mniejsza aniżeli w kontrolnej odmianie pszenicy (45,07 g) (tab. 1). Ziarniaki linii substytucyjnej 1B/1R, mimo dobrego wypełnienia, charakteryzowały się niską MTZ, zbliżoną najbardziej do linii addycyjnej 1R.

Cechą plonotwórczą decydującą o wartości użytkowej linii jest średnia płodność kłoska. Z badań innych autorów wynika, że w większości przypadków linie pszenicy z chromosomami żyta mają obniżoną płodność, tylko sporadycznie dorównują pszenicy. Według Riley'a (1960) niska płodność linii addycyjnych jest powodowana interakcjami pomiędzy chromosomami żyta i genotypem pszenicy. Linie addycyjne Grana — Dańkowskie Złote podobnie jak linie serii Holdfast — King II, charakteryzowały się płodnością istotnie mniejszą od pszenicy (tab. 2). W badanych liniach wartość tej cechy wahała się od 1,17 (2R) do 2,27 (5R), podczas gdy u pszenicy Grana wynosiła 2,62. Obniżenie płodności jest szczególnie niekorzystne wówczas, gdy geny wywołujące ten efekt są sprzężone z genami warunkującymi równocześnie wartościowe cechy gospodarcze na przykład odporność na choroby. Spośród badanych linii tylko substytucyjna 1B/1R charakteryzowała się zbliżoną do pszenicy średnią płodnością kłoska. Linie z dodanymi chromosomami telocentrycznymi 3RS i 6RL cechowała wyższa płodność kłoska niż te z dodanymi całymi chromosomami 3R i 6R.

W badaniach Riley'a (1960) najpłodniejsza była linia 4R, natomiast najmniej ziarniaków w kłosku było w linii addycyjnej 2R. Według autora niska płodność linii 2R mogła wynikać ze złego wykształcenia pylników. W badaniach własnych płodność kłoska w linii 2R była również mała, nie obserwowano jednak żadnych anomalii w rozwoju i wielkości pylników.

Zróżnicowanie wśród linii pszenicy z dodanymi bądź podstawionymi chromosomami żyta dotyczyło również długości okresu wegetacji (tab. 1). Liczba dni do kłoszenia wahała się od 25 do 36. W porównaniu z pszenicą Grana dwie linie (4R i 5R) wchodziły w fazę kłoszenia średnio o tydzień wcześniej, a jedna linia (1R) prawie o tydzień później. Początek kłoszenia pozostałych linii przypadał niemalże na ten sam termin, co pszenicy Grana. Pszenżyto oktoploidalne kłosiło się istotnie wcześniej od większości badanych linii. W przypadku linii addycyjnej 1R różnica była największa i wynosiła 10 dni. Wszystkie testowane linie zaczynały kłosić się około dwa tygodnie później niż żyto Dańkowskie Złote.

Zawartość białka ogółem w liniach addycyjnych Grana-Dańkowskie Złote wahała się od 12,35 (3RS) do 19,15% (4R) i była większa niż w pszenicy Grana (12,02%) (tab. 1). W linii substytucyjnej 1B/1R wartość ta była zbliżona do pszenicy. Według Riley'a i Ewarta (1970) chromosomy żyta dodane do pszenicy mają wpływ na zawartość białka w

ziarniakach. W badanej przez nich linii pszenicy cv. Holdfast z dodanym chromosomem 6R żyta cv. King II było 19,8% białka, podczas gdy w pszenicy 15,4%. Autorzy nie stwierdzili natomiast różnicy pomiędzy pszenicą a linią addycyjną 1R. W naszych badaniach zarówno linia addycyjna 1R jak i 6R różniły się istotnie od pszenicy Grana.

WNIOSKI

1. Stwierdzono duży wpływ chromosomów żyta na fenotyp pszenicy. Zmiany dotyczyły głównie rozmiarów i proporcji poszczególnych organów. We wszystkich liniach, z wyjątkiem 2R, nastąpiło skrócenie pędu głównego, a w większości linii również osadki kłosowej. Chromosom 1R zarówno w linii addycyjnej jak i substytucyjnej wpływał na skrócenie pędu głównego średnio o 30 cm, a kłosa odpowiednio o 1,5 i 2,4 cm.
2. Największe zmiany morfologiczne obserwowano w linii addycyjnej 2R. Linia ta swoim wyglądem przypominała bardziej żyto niż pszenicę. Charakteryzowała się delikatnym, bardzo wiotkim źdźbłem, najdłuższym spośród badanych linii, wąskim kłosem, wydłużonymi ziarniakami i małym liściem flagowym. Na chromosomie 2R zlokalizowano gen *An1* odpowiadający za antocyjanowe zabarwienie koleoptyla.
3. Chromosomy żyta dodane do pszenicy miały wpływ na średnią płodność kłoska. Wartość ta dla wszystkich badanych linii addycyjnych była istotnie mniejsza niż w pszenicy. Największe obniżenie płodności w porównaniu z pszenicą wystąpiło w linii 2R, najmniejsze zaś w 5R. W linii substytucyjnej płodność kłoska była zbliżona do pszenicy.
4. Linie addycyjne 3R i 6R różniły się bardziej od pszenicy pod względem większości analizowanych cech niż linie z dodanymi chromosomami telocentrycznymi 3RS i 6RL. W liniach 3R i 6R stwierdzono większą redukcję długości osadki kłosowej, obniżenie płodności kłoska i masy 1000 ziarniaków oraz podwyższenie zawartości białka ogółem.

LITERATURA

- Bennett M. D. 1977. Heterochromatin, aberrant endosperm nuclei and grain shriveling in wheat-rye genotypes. *Heredity* 39: 411 — 419.
- Berdahl J.D., Rasmusson D.C., Mass D.N. 1972. Effect of leaf area photosynthetic rate, light penetration and grain yield in barley. *Crop Sci.* 12: 177 — 180.
- Chrząstek M., Masłowski J., Miazga D. 1995. Chromosome location of genes controlling aluminum tolerance in rye. *EWAC Newsletter* 108 — 109.
- Chrząstek M., Miazga D. 1988. Studies on the cv. Grana wheat (*Triticum aestivum* L.) lines with the cv. Dańkowskie Złote rye (*Secale cereale* L.) chromosome additions. II. An estimate of important quantitative traits. *Genet. Pol.* 29: 21 — 26.
- Cyran M., Rakowska M., Miazga D. 1996. Chromosomal location of factors affecting content and composition of non-starch polysaccharides in wheat-rye addition lines. *Euphytica* 89: 153 — 157.
- Devos K. M., Atkinson M. D., Chinoy C. N., Francis H. A., Harcourt R. L., Koeber R. M. D., Liu C. Y., Masojć P., Xie D. X., Gale M. D. 1993. Chromosomal rearrangements in the rye genome relative to that of wheat. *Theor. Appl. Genet.* 85: 673 — 680.

- Doliński R. 1986. Badania nad produktywnością pszenżyta, pszenicy i żyta. Cz. II. Porównanie wybranych form pszenżyta, pszenicy i żyta pod względem wskaźników charakteryzujących okres napełniania ziarna. Ann. Univ. Mariae Curie-Sklodowska, Vol.10, S.E. 105 — 117.
- Graybosch R.A. 2001. Uneasy unions: quality effects of rye chromatin transfer to wheat. J. Cereal Sci. 33: 3 — 16.
- Jiang J., Friebe B., Gill B.S. 1994. Recent advances in alien gene transfer in wheat. Euphytica 73:199 — 212.
- Kubicka H., Dec D. 2001. Analiza genetyczna długości i szerokości liścia flagowego i podflagowego u żyta ozimego (*Secale cereale* L.) Biul. IHAR 218/219: 351 — 360.
- Kubicka H., Malepszy S. 1996. Zróżnicowanie wielkości liścia flagowego i podflagowego u żyta (*Secale cereale* L.). Biul. IHAR 200: 99 — 104.
- Ma X.F., Wanous M.K., Houchins K., Rodriguez Milla M.A., Goicoechea P.G., Wang Z., Xie M., Gustafson J.P. 2001. Molecular linkage mapping in rye (*Secale cereale* L.) Theor. Appl. Genet. 102: 517 — 523.
- Mahmood A., Alam K., Salam A., Iqbal S. 1991. Effect of flag leaf removal on grain yield, its components and quality of hexaploid wheat. Cereal Res. Comm. 19(3): 305 — 310.
- Masojć P., Stojalowski S., Łapiński M., Miazga M. 1996. Genetic regulation of alpha-amylase synthesis in rye grain. J. Appl. Genet. 37(2): 141 — 152.
- Miazga D., Szot B. 1996. The influence of added rye chromosomes on physical properties of kernels of addition lines *T. aestivum* Grana — *S. cereale* Dańkowskie Złote. J. Appl. Genet. 37(1): 37 — 47.
- Miller T. E. 1984. The homoeologous relationship between the chromosomes of rye and wheat. Current status. Can. J. Genet. Cytol. 26: 578 — 589.
- Nalborczyk E., Nalborczyk T., Wawrzonowska B. 1981. Models of photosynthetic activity in cereals in photosynthesis and productivity. Balaban Inst. Sic. Serv. Philadelphia 97 — 106.
- OMara J. G. 1940. Cytogenetic studies on Triticale. I. A method for determining the effect of individual *Secale* chromosomes on *Triticum*. Genetics 25: 401 — 408.
- Rabinovich S.V. 1998. Importance of wheat-rye translocations for breeding modern cultivars of *Triticum aestivum* L. Euphytica 100: 323 — 340.
- Riley R. 1960. The meiotic behaviour, fertility and stability of wheat-rye chromosome addition lines. Heredity 14: 89 — 100.
- Riley R., Chapman V. 1958. The production and phenotypes of wheat-rye chromosome addition lines. Heredity 12: 301 — 315.
- Riley R., Ewart J. A. D. 1970. The effect of individual rye chromosomes on the amino-acid content of wheat grains. Genet. Res. Camb., 15: 209 — 219.
- Rogalska S. 1981. Wpływ heterochromatyny telomerycznej w chromosomach żyta na dorodność ziarniaków Triticale. Biul. IHAR 2/3: 6 — 9.
- Schlegel R., Mettin D. 1982. The present status of chromosome recognition and gene localisation in rye, *Secale cereale* L. Proc. EUCARPIA Meet. in Rye Breeding and Research, DDR 198: 131 — 152.
- Sears E. R. 1968. Relationships of chromosomes 2A, 2B and 2D with their rye homoeologue. Proc. 3rd Int. Wheat Genet. Symp., Canberra, Aust. Acad. Sci.: 53 — 61.
- Sears E. R. 1972. Chromosome engineering in wheat. Stadler Genet. Symp. 4: 23 — 38.
- Thorne G.N. 1965. Photosynthesis of ears and flag leaves of wheat and barley. Ann. Bot. 29: 317 — 320.
- Walton P.D. 1971. The use of factor analysis in determining characters for yield selection in wheat. Euphytica 21: 416 — 421.

MARIA CHRZĄSTEKInstytut Genetyki i Hodowli Roślin
Akademia Rolnicza, Lublin

Reakcja linii pszenicy z dodanymi i podstawionymi chromosomami żyta na egzogeny kwas giberelinowy

The reaction of wheat lines with added and substituted rye chromosomes to exogenic gibberellic acid

Oceniano reakcję linii addycyjnych i linii substytucyjnej *1B/1R* oraz form wyjściowych, tj. pszenicy, żyta i pszenżyta oktoploidalnego na działanie kwasu giberelinowego (GA_3). Test giberelinowy przeprowadzono w komorze wegetacyjnej w warunkach kontrolowanych. Siewki podlewano roztworem gibereliny o stężeniu 50 mg/g przez 18 dni, po czym mierzono długość koleoptyla i całą siewkę. Badane linie różniły się między sobą i od pszenicy pod względem reakcji na GA_3 . Najdłuższą siewkę i koleoptyl stwierdzono w linii addycyjnej *2R*. Na podstawie uzyskanych wyników można wnioskować, że na chromosomie *2R* żyta odmiany Dańkowskie Złote znajdują się geny kontrolujące metabolizm związany z wykorzystaniem giberelin.

Słowa kluczowe: geny karłowatości, linie addycyjne, pszenica, substytucja *1B/1R*, żyto, test giberelinowy

The reaction of addition lines, *1B/1R* substitution line and initial forms: wheat, rye, octoploid triticale to the treatment with gibberellic acid (GA_3) was estimated. The gibberellic test was performed in a vegetation chamber under controlled conditions. Seedlings were watered with gibberellic acid solution, at 50mg/g concentration, during 18 days, then the seedlings and coleoptyles were measured. The tested lines differed from each other and in comparison with wheat with regard to the reaction to GA_3 . The longest seedling and coleoptile were stated for the *2R* addition line. On the ground of received results it was found that genes controlling the metabolism connected with utilization of gibberellins are situated on the *2R* chromosome of rye cv. Dańkowskie Złote.

Key words: addition lines, dwarfing genes, gibberellic test, rye, substitution *1B/1R*, wheat

WSTĘP

Skrócenie źdźbła u roślin zbożowych ma istotny wpływ na zwiększenie odporności na wyleganie, a w dalszej konsekwencji na wysokość i jakość plonu (Flintham i in., 1997). W hodowli krótkosłomych, wysokoplonujących odmian pszenicy w świecie szeroko wykorzystuje się geny karłowatości *Rht* (reduced height) niewrażliwe na kwas giberelinowy.

Spośród ponad 20 poznanych genów karłowatości największą rolę odegrały *Rht1*, *Rht2* i *Rht3* (Worland i Law, 1985). Geny *Rht1* i *Rht2* zidentyfikowano w pszenicy cv. Norin ponad 40 lat temu. Pierwsze krzyżowanie, w którym jednym z komponentów była pszenica odm. Norin wykonał Borlaug w 1955 roku (za Sourdille i in., 1998). Z badań Flinham i wsp. (1997) wynika, że geny *Rht1*, *Rht2* i *Rht3* redukują wysokość roślin odpowiednio o 14, 17, 50 procent, a kombinacje genów *Rht1* + *Rht2* i *Rht2* + *Rht3* o 49 i 59%. Oprócz alleli *Rht1*, *Rht2* i *Rht3* w literaturze opisano kilka innych genów niewrażliwych na GA₃ między innymi *Rht1S* i *Rht10*. Allele *Rht1*, *Rht3* oraz *Rht1S* znajdują się na chromosomie 4BS, a *Rht2* i *Rht10* na 4DS (Gale i Youssefian, 1985; Worland i Petrović, 1988). W pszenicy geny karłowatości niewrażliwe na egzogennie stosowany kwas giberelinowy można identyfikować przy pomocy prostego testu giberelinowego (Gale i Gregory, 1997; Kowalczyk i in., 1997, 1999). W odróżnianiu genotypów z poszczególnymi genami niezwykle przydatne są markery molekularne DNA. Sourdille i wsp. (1998) znaleźli markery molekularne sprzężone z genami *Rht1* i *Rht2* w pokoleniu F₂ dwóch populacji mieszańców międzyodmianowych pszenicy (Renan × Camp Rémy i Rendez-Vous × Roazon).

Sukcesy w hodowli krótkosłomych odmian pszenicy skłoniły hodowców do szukania genów karłowatości w innych roślinach zbożowych, głównie w podatnym na wyleganie życie.

W życie diploidalnym, podobnie jak w pszenicy, występują dwie kategorie genów karłowatości, tj. wrażliwe i niewrażliwe na kwas giberelinowy (Börner i Melz, 1988; Börner, 1991; Börner i in., 1992). Dotychczas zidentyfikowano kilkanaście genów karłowatości (Kubicka i Kubicki, 1990; Melz i in., 1992; Börner i Korzun, 1996; Korzun i in., 1998). Większość z nich poza *Dw1* i *Dw2* ma charakter recesywny. Börner i wsp. (1992) zidentyfikowali recesywne geny karłowatości w czterech genotypach żyta diploidalnego. Największe znaczenie w praktycznej hodowli krótkosłomych odmian żyta odegrały geny *Dw1* i *ct2*.

Celem pracy była ocena reakcji linii pszenicy z dodanymi i podstawionymi chromosomami żyta na egzogennie stosowany kwas giberelinowy.

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem badań była seria linii pszenicy heksaploidalnej (*Triticum aestivum* L.) odmiany Grana z dodanymi kompletnymi bądź telocentrycznymi chromosomami żyta (*Secale cereale* L.) odmiany Dańkowskie Złote: 1R, 2R, 3R, 3RS, 4R, 5R, 6R, 6RL, 7R oraz linia substytucyjna 1B/1R. Równocześnie analizowano formy wyjściowe tj. pszenicę i żyto oraz pszenżyto oktoploidalne uzyskane w wyniku ich krzyżowania.

Ziarniaki wszystkich linii i form wyjściowych wykładano na wilgotną bibułę do szalek Petriego i umieszczano w kielkowniku. Po inicjacji kiełkowania przez 12 godzin w temperaturze 25° C szalki z ziarniakami przenoszono do lodówki, gdzie w temperaturze ok. 4° C następowało wyrównanie kiełkowania. Po 3 dniach, po 20 ziarniaków z każdej linii i formy wyjściowej wysadzano do kuwet z wilgotnym perlitem i podlewano codziennie roztworem kwasu giberelinowego. Roztwór podstawowy o stężeniu gibereliny

625 mg/g przygotowywano rozpuszczając 1/4 tabletki Berelex zawierającej kwas giberelinowy w 400 cm³ wody destylowanej. Do podlewania stosowano roztwór kwasu giberelinowego o stężeniu 50 mg/g. Kuwety z siewkami umieszczano w komorze wegetacyjnej w temperaturze 20° C w dzień i 14° C w nocy, przy oświetleniu 14 godzin na dobę. Doświadczenie założono metodą bloków losowanych. Zastosowano dwa powtórzenia, wysadzając po 20 ziarniaków w bloku. Po zakończeniu testów, które trwały 18 dni od inicjacji kiełkowania, mierzono długość koleoptyla i całych siewek.

Wyniki opracowano statystycznie stosując test F-Snedecora. W celu wykazania istotności różnic pomiędzy obiektami wykorzystano przedziały Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

W prezentowanych badaniach testowano kwasem giberelinowym linie pszenicy z dodanymi i podstawionymi chromosomami żyta Dańkowskie Złote oraz formy wyjściowe. Reakcja poszczególnych linii była zróżnicowana. Najkrótszy koleoptyl stwierdzono w linii substytucyjnej *1B/1R* (6,85 cm) (tab. 1). W liniach addycyjnych długość koleoptyla wahała się od 6,86 cm (*3RS*) do 9,92 cm (*2R*). Linia *2R* różniła się istotnie od pozostałych linii addycyjnych i form wyjściowych. Średnia długość koleoptyla w pszenicy Grana po potraktowaniu GA₃ wynosiła 6,95 cm, w życie Dańkowskie Złote 7,58 cm, a w pszenżyte oktoploidalnym Grana × Dańkowskie Złote 6,90 cm.

Długość koleoptyla może być jednym z kryteriów selekcji przy poszukiwaniu źródeł karłowatości. Botwright i wsp. (2001) badali wpływ genotypu, budowy kłosa i czynników środowiskowych na długość koleoptyla w odmianach pszenicy zawierających geny karłowatości wrażliwe i niewrażliwe na kwas giberelinowy. Autorzy zmierzylili koleoptyl w 6 odmianach o standardowej wysokości roślin z genami *rht*, oraz w 2 odmianach z genami *Rht1* i *Rht2* niewrażliwymi na kwas giberelinowy i dwóch z genami *Rht8* i *Rht8/9* wrażliwymi na GA₃. Okazało się, że w odmianach z genami *rht*, *Rht8* i *Rht8/9* koleoptyl był o 25–40% dłuższy niż w odmianach zawierających geny karłowatości niewrażliwe na kwas giberelinowy. Ponadto stwierdzono, że genotyp miał większy wpływ na zróżnicowanie długości koleoptyla niż pozostałe uwzględnione w eksperymencie czynniki.

Linie pszenicy Grana z dodanymi i podstawionymi chromosomami żyta Dańkowskie Złote potraktowane egzogenie kwasem giberelinowym różniły się między sobą i od form rodzicielskich pod względem długości siewek (tab. 1). Spośród linii addycyjnych najdłuższe siewki stwierdzono w linii *2R* (26,09 cm). Były one istotnie dłuższe od siewek z pozostałych linii. Wszystkie linie z dodanymi chromosomami żyta miały nieznacznie krótsze siewki niż pszenica Grana (22,80 cm) i pszenżyto oktoploidalne (23,10 cm). Najkrótszą siewkę spośród wszystkich badanych linii zanotowano w linii substytucyjnej *1B/1R*. Średnia długość siewki tej linii wynosiła 17,40 cm i była istotnie mniejsza od wartości tej cechy u pszenicy i pszenżyta. W życie Dańkowskie Złote siewka miała średnią długość 27,15 cm. W porównaniu z żytem najmniej różniła się linia *2R* (26,09 cm) i *3R* (22,23 cm) a w pozostałych przypadkach różnice były istotne. Uzyskane wyniki dowodzą, że na chromosomie *2R* żyta Dańkowskie Złote są zlokalizowane geny kontrolujące metabolizm związany z wykorzystaniem giberelin. Wyniki te potwierdzają wcześniejsze

doniesienie Gale i Law (1973), którzy stwierdzili u monosomików drugiej grupy homeologicznej pszenicy Bersee niższy poziom całkowitej wolnej gibereliny niż w pozostałych grupach. Według autorów może to oznaczać, że na chromosomach drugiej grupy homeologicznej u pszenicy są zlokalizowane geny kontrolujące metabolizm kwasu giberelinowego.

Tabela 1

Długość koleoptyli i siewek w liniach addycyjnych Grana — Dańkowskie Złote, linii substytucyjnej i formach wyjściowych testowanych GA₃
Length of coleoptyles and seedlings in the addition lines Grana — Dańkowskie Złote, the substitution line and the initial forms tested with GA₃

Linie i formy wyjściowe Lines and initial forms	Długość koleoptyla Coleoptyle length (cm)			Długość siewki Seedling length (cm)		
	zakres range		średnia mean	zakres range		średnia mean
	od from	do to		od from	Do To	
linie addycyjne addition lines						
1R	4,0	8,9	7,81	15,5	25,3	20,82 ^y
2R	9,2	11,0	9,92 ^{xyz}	23,3	28,9	26,09
3R	4,5	7,7	6,91	15,8	25,1	22,23
3RS	6,4	7,4	6,86	6,6	22,8	20,59 ^y
4R	5,8	7,7	7,15	17,7	25,6	20,34 ^y
5R	4,4	8,0	7,02	13,4	23,9	19,01 ^y
6R	5,9	8,0	7,03	15,5	24,0	19,09 ^y
6RL	5,5	9,0	7,46	13,0	22,8	19,48 ^y
7R	4,0	8,5	7,03	10,2	23,0	19,15 ^y
linia substytucyjna substitution line						
1B/1R	4,9	8,6	6,85	9,8	23,5	17,39 ^{xyz}
formy wyjściowe initial forms						
Grana (2n = 6x = 42)	6,9	8,5	6,95	20,3	26,7	22,82
Dańkowskie Złote (2n = 2x = 14)	4,6	8,2	7,58	18,6	34,0	27,15
Grana × Dańkowskie Złote (2n = 8x = 56)	4,8	9,7	6,90	18,8	38,0	23,10

^x — Istotne różnice w porównaniu z pszenicą przy p = 0,05; Differences with wheat significant at α = 0,05

^y — Istotne różnice w porównaniu z żytem przy p = 0,05; Differences with rye significant at α = 0,05

^z — Istotne różnice w porównaniu z oktoploidalnym pszenżytem przy p = 0,05;
Differences with 8x triticales significant at α = 0,05

W diploidalnym życie geny karłowatości *ct1* i *ct2* zostały zlokalizowane odpowiednio na chromosomach 5R i 7R (Sturm i Müller, 1982; Börner i in., 1992). Gen *ct2* zmapowano na długim ramieniu chromosomu 5R (Plaschke i in., 1993), a gen *ct1* w pobliżu centromeru na chromosomie 7R (Plaschke i in., 1995). Według Korzuna i wsp. (1996) na chromosomach 5R i 7R żyta znajdują się również dominujące geny karłowatości *Ddw1* i *Ddw2* wrażliwe na GA₃. Wbrew oczekiwaniom, biorąc pod uwagę homeologię chromosomów pszenicy i żyta, nie znaleziono genów karłowatości na chromosomie 4R. Wprawdzie wskutek licznych translokacji chromosomy 5R i 7R zawierają fragmenty

homeologiczne z odcinkami chromosomów czwartej grupy homeologicznej pszenicy (Koller i Zeller, 1976; Naranjo i in., 1987; Naranjo i Fernández-Rueda, 1991; Liu i in., 1992; Devos i in., 1993), ale dotyczy to długich ramion chromosomów, podczas gdy geny *Rht1* i *Rht2* znajdują się odpowiednio na chromosomach *4BS* i *4DS*. Według Börnera i Korzuna (1996) na chromosomie *2R* żyta (*Secale cereale* L.) znajduje się recesywny gen *dw2* wrażliwy na GA_3 .

U jęczmienia gen karłowatości *RhtH1* niewrażliwy na kwas giberelinowy zlokalizowano w okolicy centromeru na chromosomie *2HL* (Börner i Korzun, 1996).

Według Börnera i wsp. (1998) wyniki licznych eksperymentów wskazują, że przy lokalizacji genów karłowatości niewrażliwych na kwas giberelinowy wewnątrz płemienia *Triticeae* należy uwzględnić 4 grupy homeologiczne (4 grupa z pszenicy, 5 i 7 grupa z żyta oraz 2 grupa z jęczmienia). Lokalizacja genów karłowatości niewrażliwych na GA_3 u pszenicy nie koresponduje z odpowiednimi homeologami u żyta i jęczmienia. Natomiast w grupie genów karłowatości wrażliwych na kwas giberelinowy dwa geny tj. *Rht12* z pszenicy i *Ddw1* z żyta należą do tej samej grupy homeologicznej i są zlokalizowane na chromosomach *5AL* i *5RL*.

WNIOSKI

1. Reakcja roślin poszczególnych linii z dodanymi chromosomami żyta i linii substytucyjnej *1B/1R* na egzogeny kwas giberelinowy wskazuje, że na chromosomie *2R* żyta Dańkowskie Złote są zlokalizowane geny kontrolujące przemiany metaboliczne związane z wykorzystaniem giberelin.
2. Największe skrócenie zarówno siewki, jak i koleoptyla stwierdzono w linii substytucyjnej *1B/1R*. Linia ta różniła się od wszystkich linii addycyjnych i form wyjściowych.

LITERATURA

- Börner A. 1991. Genetical studies of gibberellic acid insensitivity in rye (*Secale cereale* L.). *Plant Breeding* 106: 53 — 57.
- Börner A., Korzun V. 1996. Genetic and comparative mapping of genes controlling plant height and development. *Vortr. Pflanz.* 35: 273 — 279.
- Börner A., Korzun V., Worland A. J. 1998. Comparative genetic mapping of loci affecting plant height and development in cereals. *Euphytica* 100: 245 — 248.
- Börner A., Melz G. 1988. Response of rye genotypes differing in plant height to exogenous gibberellic acid application. *Arch. Züchtungsforsch.* 18: 79 — 82.
- Börner A., Melz G., Lenton J. R. 1992. Genetical and physiological studies of gibberellic acid insensitivity in semidwarf rye. *Hereditas* 116: 199 — 201.
- Botwright T. L., Rebetzke G. J., Condon A. G., Richards R. A. 2001. Influence of variety, seed position and seed source on screening for coleoptile length in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica* 119: 349 — 356.
- Devos K. M., Atkinson M. D., Chinoy C. N., Francis H. A., Harcourt R. L., Koeberner R. M. D., Liu C. Y., Masojć P., Xie D. X., Gale M. D. 1993. Chromosomal rearrangements in the rye genome relative to that of wheat. *Theor. Appl. Genet.* 85: 673 — 680.
- Flintham J. E., Börner A., Worland A. J., Gale M. D. 1997. Optimizing wheat grain yield: effects of *Rht* (gibberellin-insensitive) dwarfing genes. *J. Agric. Sci.* 128: 11 — 25.

- Gale M. D., Law C. N. 1973. Semi-dwarf wheats induced by monosomy and associated changes in gibberellin levels. *Nature* 241: 211 — 212.
- Gale M. D., Gregory R. S. 1977. A rapid method for early generation selection of dwarf genotypes in wheat. *Euphytica* 26: 733 — 738.
- Gale M. D., Youssefian S. 1985. Dwarfing genes in wheat. In: *Progress in Plant Breeding*. Ed. G.E. Russel, Butterworths, London 1 — 35.
- Koller O. L., Zeller F. J. 1976. The homoeologous relationships of rye chromosomes 4R and 7R with wheat chromosomes. *Genet. Res.* 28: 177 — 188.
- Korzun V., Malyshev S., Kartel N., Westermann T., Weber W. E., Börner A. 1998. A genetic linkage map of rye (*Secale cereale* L.). *Theor. Appl. Genet.* 96: 203 — 208.
- Korzun V., Melz G., Börner A. 1996. RFLP mapping of the dwarfing (*Ddw1*) and hairy peduncle (*Hp*) genes on chromosome 5 of rye (*Secale cereale* L.). *Theor. Appl. Genet.* 92: 1073 — 1077.
- Kowalczyk K., Miazga D., Grzesik H. 1997. Identyfikacja genów karłowatości niewrażliwych na egzogeny kwas giberelinowy w polskich odmianach i rodach pszenicy ozimej oraz karłowatych mutantach pszenżyta ozimego. *Biul. IHAR* 203: 31 — 36.
- Kowalczyk K., Chrzastek M., Miazga M. 1999. Identyfikacja genów karłowatości w polskich odmianach pszenicy jarej. *Biul. IHAR* 211: 35 — 38.
- Kubicka H., Kubicki B. 1990. Two types of dwarfness in winter rye (*Secale cereale* L.). *Genet. Pol.* 31(2): 9 — 19.
- Liu C. J., Atkinson M. D., Chinoy C. N., Devos K. M., Gale M. D. 1992. Non-homoeologous translocations between group 4, 5 and 7 chromosomes within wheat and rye. *Theor. Appl. Genet.* 83: 305 — 312.
- Melz G., Schlegel R., Thiele V. 1992. Genetic linkage map of rye (*Secale cereale* L.). *Theor. Appl. Genet.* 85: 33 — 45.
- Naranjo T., Fernández-Rueda P. 1991. Homoeology of rye chromosome arms to wheat. *Theor. Appl. Genet.* 82: 577 — 586.
- Naranjo T., Roca A., Goicoechea P. G., Giraldez R. 1987. Arm homoeology of wheat and rye chromosomes. *Genome* 29: 873 — 882.
- Plaschke J., Börner A., Xie D. X., Koebner R. M. D., Schlegel R., Gale M. D. 1993. RFLP mapping of genes affecting plant height and growth habit in rye. *Theor. Appl. Genet.* 85: 1049 — 1054.
- Plaschke J., Korzun V., Koebner R. M. D., Börner A. 1995. Mapping the GA₃ insensitive dwarfing gene *ct1* on chromosome 7 in rye. *Plant Breeding*, 114: 113 — 116.
- Sourdille P., Charmet G., Trottet M., Tixier M. H., Boeuf C., Negre S., Barloy D., Bernard M. 1998. Linkage between RFLP molecular markers and the dwarfing genes *Rht-B1* and *Rht-D1* in wheat. *Hereditas* 128: 41 — 46.
- Sturm W., Miller H. 1982. Localization of the recessive gene of the Moscow dwarf mutant short straw character in *Secale cereale* L. *Citol. Genet.* 16: 13 — 17.
- Worland A. J., Law C. N. 1985. Dwarfing genes for gibberellic acid insensitivity in European wheats. *Plant Breed. Inst. Ann. Rap.* 61 — 62.
- Worland A. J., Petrović S. 1988. The gibberellic acid insensitive dwarfing gene form the wheat variety Saitama 27. *Euphytica* 38: 55 — 63.

JERZY GRABIŃSKI**JAN MAZUREK**

Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa, Puławy

Plonowanie żyta mieszańcowego odmiany Nawid w warunkach rzadkich siewów

Yielding of hybrid winter rye cultivar Nawid under low sowing density

Celem badań było określenie produktywności żyta mieszańcowego przy stosowaniu małych ilości wysiewu. Badania przeprowadzono na polu należącym do kompleksu żyniego bardzo dobrego. Badano 4 gęstości siewu (100, 150, 200, 250 ziaren/m²) na tle różnych poziomów nawożenia azotem (od 0 do 160 kg N·ha⁻¹). Przy siewie najrzadszym (100 ziaren/m²) plon ziarna sięgał 5,5 t·ha⁻¹. Zwiększanie gęstości siewu powodowało nieznaczny, nie przekraczający 0,5 t·ha⁻¹ przyrost plonu. Interakcji między nawożeniem i gęstością siewu nie stwierdzono. Najwyższe plony ziarna uzyskano przy dawce N 120 kg·ha⁻¹.

Key words: hybrid rye, nitrogen dose, sowing density, yielding

The aim of the study was to determine productivity of hybrid winter rye under low sowing densities. The experiment was conducted on soil classified as a very good rye type. Four sowing densities (100, 150, 200 and 250 grain/m²) were tested on background of different nitrogen doses (0–160 kg N·ha⁻¹). The lowest density (100 grain/m²) resulted in the grain yield reaching 5.5 t·ha⁻¹. Increase of sowing density influenced yield weakly, below 0.5 t·ha⁻¹. Interaction between sowing density and nitrogen fertilization was not confirmed. The highest yield was obtained at 120 kg N·ha⁻¹.

Słowa kluczowe: dawka azotu, ilość wysiewu, plonowanie, żyto mieszańcowe

WSTĘP

Ilość wysiewu należy do podstawowych czynników kształtujących warunki wzrostu roślin zbożowych w łanie. Podstawą do wyboru ilości wysiewu jest analiza warunków siedliska i agrotechniki oraz właściwości danej odmiany (Ruszkowski, 1988). Wybór określonej gęstości siewu w danej technologii ma także wymiar ekonomiczny, ponieważ zakup materiału siewnego (zwłaszcza kwalifikowanego) stanowi istotny koszt w technologii produkcji. W przypadku odmian mieszańcowych żyta jest to koszt szczególnie wysoki, ponieważ ziarnem siewnym musi być materiał mateczny (F₁), którego cena jednostkowa jest wysoka. Wysiew ziarna żyta mieszańcowego w pokoleniu F₂ prowadzi do znacznej obniżki poziomu plonowania.

W warunkach zmniejszonej obsady roślin na jednostce powierzchni odpowiednie zagęszczenie łanu uzyskuje się poprzez zwiększoną krzewistość roślin, a ta w zasadniczym stopniu zależy od stopnia odżywienia azotem (Grabiński, Mazurek, 1995).

Celem przeprowadzonych badań było określenie możliwości zmniejszenia ilości wysiewu żyta mieszańcowego w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia zostały przeprowadzone w latach 1998-2000 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Grabów na glebie pseudobielicowej wytworzonej z piasku słabogliniastego, na glinie lekkiej (kompleks żytni dobry), charakteryzującej się średnią zawartością fosforu i potasu oraz magnezu. Przedplonem dla żyta w pierwszym roku badań była pszenica ozima a w drugim mieszanka zbożowo-strączkowa. Uwzględniono 4 gęstości siewu: 100, 150, 200, 250 kiełkujących ziaren/m² oraz 5 poziomów nawożenia azotem 0 kg N·ha⁻¹, 40 kg N·ha⁻¹ (jednorazowo w czasie ruszania vegetacji), 80 kg N·ha⁻¹ (50 kg N·ha⁻¹ w czasie ruszania vegetacji + 30 kg N·ha⁻¹ w początku strzelania w źdźbło), 120 kg N·ha⁻¹ (70 kg N·ha⁻¹ w czasie ruszania vegetacji + 50 kg N·ha⁻¹ w fazie początek strzelania w źdźbło) i 160 kg N·ha⁻¹ (70 kg N·ha⁻¹ w czasie ruszania vegetacji + 50 kg N·ha⁻¹ w fazie początek strzelania w źdźbło+40 kg N·ha⁻¹ w początku kłoszenia). Ziarno siewne charakteryzowało się bardzo dobrą jakością (zdolność kiełkowania 95–98%). Największa stosowana w eksperymencie gęstość siewu była równa zalecanej w tych warunkach glebowych. Przygotowanie pola do założenia doświadczenia polegało na zastosowaniu podorywki gruberem bezpośrednio po zbiorze przedplonu, bronowaniu oraz orce siewnej wykonanej na głębokość 25 cm. Bezpośrednio do siewu pole było przygotowane agregatem typu Krone. Wysiew ziarna w rozstawie 12 cm wykonano w terminie optymalnym siewnikiem Amazone. Doświadczenie założono metodą split-plot w 4 powtórzeniach. Wielkość poletka do zbioru wynosiła 28,6 m². W czasie vegetacji określano terminy pojawiania się poszczególnych faz wzrostu oraz poziom wylegania. Po zbiorze określono plon ziarna przy wilgotności 15% oraz masę tysiąca ziaren, a w pobranych próbach roślin (0,25 m²) rozkrzewienie produkcyjne, obsadę kłosów oraz masę ziarna z kłosa. Wyniki opracowano statystycznie, oceniając istotność różnic za pomocą testu Tukeya dla P = 0,95.

WYNIKI I DYSKUSJA

Warunki meteorologiczne w obu latach badań były na ogół korzystne dla wzrostu i rozwoju zbóż ozimych. Rośliny żyta wchodziły w okresy zimowe dość dobrze rozkrzewione. Wiosny były bardzo wczesne (ruszenie vegetacji w II–III dekadzie marca). W roku 1999 w fazie strzelania w źdźbło (I dekada maja) wystąpił okres dość dużego ochłodzenia. W późniejszych fazach wzrostu (czerwiec 2000 rok — nalewanie ziarna i lipiec 1999 rok-początek dojrzałości woskowej) wystąpiły niedobory opadów, nie powodując jednak wyraźnych zaburzeń we wzroście i rozwoju roślin żyta.

Wpływ gęstości siewu i dawki nawożenia azotem na plonowanie żyta był podobny w obu latach. Przy siewie najrzadszym 1 mln ziaren/ha plony ziarna sięgały 5,5 t/ha i nie różniły się istotnie od plonów uzyskiwanych przy gęstości 1,5 mln ziaren/ha. Dopiero zwiększenie gęstości siewu do 2 mln ziaren/ha powodowało istotny wzrost plonu ziarna. Dalszy wzrost gęstości siewu do 2,5 mln ziaren/ha nie miał wpływu na poziom uzyskiwanych plonów. Plonowanie żyta w obiektach bez nawożenia azotem było stosunkowo wysokie, niezależnie od gęstości siewu przekraczało 4 t·ha⁻¹. Najniższa dawka azotu (40 kg N·ha⁻¹) wpływała na istotny przyrost masy plonu ziarna (średnio 1,09 t·ha⁻¹). Rosnące do 80 kg na ha dawki azotu istotnie zwiększały poziom uzyskiwanych plonów ziarna żyta. Dalszy wzrost dawki nie był efektywny. Interakcja pomiędzy czynnikami doświadczenia nie została udowodniona statystycznie ale na uwagę zasługują tendencje do obniżki plonów po zastosowaniu najgęstszego siewu (2,5 mln ziaren/ha) na obiektach nawożonych wysokimi dawkami azotu (120 i 160 kg N·ha⁻¹). Uzyskane wyniki odbiegają od rezultatów badań uzyskanych przez Maciorowskiego i wsp. (2000), w których wzrost plonu ziarna następował do gęstości siewu 300 ziaren na 1 m². Również wcześniejsze badania własne (Grabiński, Mazurek, 1995) wykonane w warunkach mikropoletkowych wskazywały na potrzebę większej gęstości siewu żyta mieszańcowego, tj. ok. 2,5 mln ziaren/ha (tab. 1).

Tabela 1

Wpływ gęstości siewu i nawożenia azotem na plonowanie żyta ozimego odmiany Nawid (Grabów 1999–2000)
Effect of sowing density and nitrogen fertilization on yielding of the winter rye cultivar Nawid yielding (Grabów 1999–2000)

Dawka N kg N·ha ⁻¹ N dose in kg N per ha	Gęstość siewu w mln ziaren/ha Sowing density in millions grain per ha				Średnia Average
	1	1,5	2,0	2,5	
0	4,06	4,53	4,49	4,59	4,42
40	5,23	5,47	5,58	5,78	5,51
80	5,92	5,99	6,18	6,26	6,08
120	6,04	6,41	6,61	6,53	6,40
160	6,07	6,33	6,55	6,40	6,33
Średnia Average	5,46	5,75	5,88	5,91	
NIR dla LSD for	Gęstości siewu (Sowing density) — 0,403; Dawka N (N dose) — 0,350 Interakcja (Interaction) (I × II) — r.n (Not significant); Interakcja (Interaction) (II × I) — r.n.; (Not significant)				

Wysoki poziom plonowania żyta przy małych ilościach wysiewu był związany z intensywnym krzewieniem produkcyjnym, szczególnie przy rzadkich siewach. W obu sezonach wegetacyjnych warunki dla bujnego wzrostu i krzewienia się roślin żyta były korzystne. Najmniejszy współczynnik krzewienia produkcyjnego miało żyto przy ilości wysiewu 2,5 a największy przy ilości wysiewu 1 mln ziaren/ha. Nawożenie azotem nie różnicowało istotnie stopnia rozkrzewienia żyta, natomiast brak tego nawożenia powodował redukcję krzewienia produkcyjnego (tab. 2, 3). Uzyskane wyniki są zgodne z

naszymi wcześniejszymi badaniami (Grabiński, Mazurek, 1995) oraz zbliżone do rezultatów uzyskanych przez Maciorowskiego i wsp. (2000).

Tabela 2

Rozkrzewienie produkcyjne żyta mieszańcowego odmiany Nawid w zależności od gęstości siewu (Grabów 1999–2000)
Productive tillering of the winter rye cultivar Nawid depending on sowing density (Grabów 1999–2000)

Rok Year	Gęstość siewu w mln ziarn/ha Sowing density in mln per ha				
	1	1,5	2	2,5	NIR LSD
1999	3,08	2,56	2,28	1,90	0,35
2000	4,12	3,22	2,82	2,19	0,56

Tabela 3

Rozkrzewienie produkcyjne żyta mieszańcowego odmiany Nawid w zależności od dawki azotu (Grabów 1999–2000)
Productive tillering of the winter rye cultivar Nawid depending on N dose (Grabów 1999–2000)

Rok Year	Dawka N kg·ha ⁻¹ N dose kg per ha					
	0	40	80	120	160	NIR LSD
1999	2,08	2,60	2,70	2,71	2,69	0,50
2000	2.35	3.19	3.16	3.24	3.35	0.46

Tabela 4

Wpływ gęstości siewu i nawożenia azotem na liczbę kłosów na 1 m² żyta ozimego odmiany Nawid (Grabów 1999–2000)
Effect of sowing density and nitrogen fertilization on ears number per 1 m² of the winter rye cultivar Nawid (Grabów 1999–2000)

Nawożenie azotem w kg N·ha ⁻¹ Nitrogen fertilization in kg N per ha	Gęstość siewu w mln ziaren/ha Sowing density in millions per ha				
	1	1,5	2,0	2,5	Średnia Average
0	315	342	355	392	351
40	371	408	489	489	439
80	423	474	505	533	484
120	475	473	520	556	506
160	468	508	531	500	502
Średnia Average	411	441	480	494	
NIR dla	Gęstości siewu (Sowing density) — 38,7; Dawka N (N dose) — 56,3; Interakcja (Interaction)				
LSD for	(I × II) — 67,5; Interakcja; (Interaction) (II × I) — 49,7				

Stwierdzono istotną interakcję pomiędzy czynnikami doświadczenia w zakresie kształtowania liczby kłosów na jednostce powierzchni (tab. 4). Obiekty nie nawożone azotem charakteryzował stosunkowo mały, ale systematyczny wzrost obsady kłosów w

miarę zwiększania gęstości siewu. Obiekty nawożone dawkami 40, 80 i 120 kg N·ha⁻¹ charakteryzowały się mniejszą obsadą kłosów przy wysiewie 1,0 mln ziaren/ha w stosunku do wysiewów 2,0 i 2,5 mln ziaren/ha. Na najwyższym poziomie nawożenia 160 kg N·ha⁻¹ mniejsza liczba kłosów na obiektach sianych najrzadziej miała charakter tendencji (nieistotnej statystycznie).

Masa ziarna z kłosa zmieniała się pod wpływem czynników doświadczenia w sposób odmienny w obu latach badań. Przy czym stwierdzono interakcję gęstości siewu i nawożenia azotem.

W roku 1999 na obiektach bez nawożenia N i nawożonych małą dawką N (40 kg·ha⁻¹) małe ilości wysiewu (1,0 i 1,5 mln ziaren/ha) oddziaływały korzystnie na masę ziarna z kłosa, natomiast na nawożeniu intensywnym (120 i 160 kg N·ha⁻¹) ilość wysiewu nie miała istotnego wpływu na wartość omawianej cechy struktury plonu (tab. 5).

Tabela 5

Wpływ gęstości siewu i nawożenia azotem na plon ziarna z kłosa żyta ozimego odmiany Nawid (Grabów, 1999)
Effect of sowing density and nitrogen fertilization on yield of grain per head of the winter rye cultivar Nawid (Grabów, 1999)

Nawożenie azotem w kg N·ha ⁻¹ Nitrogen fertilization in kg N per ha	Gęstość siewu w mln ziarn/ha Sowing density in millions per ha				Średnia Average
	1	1,5	2,0	2,5	
0	1,51	1,55	1,46	1,34	1,46
40	1,58	1,57	1,25	1,20	1,40
80	1,42	1,33	1,20	1,18	1,28
120	1,12	1,30	1,13	1,14	1,17
160	1,17	1,12	1,23	1,13	1,16
Średnia Average	1,36	1,37	1,25	1,20	
NIR dla	Gęstości siewu (Sowing density) — 0,11; Dawka N (N dose) — 0,19; Interakcja (Interaction)				
LSD for	(I × II) — 0,17; Interakcja (Interaction) (II × I) — r.n. (Not significant)				

Tabela 6

Wpływ gęstości siewu i nawożenia azotem na plon ziarna z kłosa żyta ozimego odmiany Nawid (Grabów, 2000)
Effect of sowing density and nitrogen fertilization on yield of grain per head of the winter rye cultivar Nawid (Grabów, 2000)

Nawożenie azotem w kg N·ha ⁻¹ Nitrogen fertilization in kg N per ha	Gęstość siewu w mln ziaren/ha Sowing density in millions per ha				Średnia Average
	1	1,5	2,0	2,5	
0	1,28	1,25	1,29	1,25	1,27
40	1,45	1,29	1,19	1,19	1,28
80	1,47	1,44	1,38	1,34	1,41
120	1,59	1,31	1,26	1,10	1,32
160	1,59	1,30	1,23	1,10	1,31
Średnia Average	1,47	1,32	1,27	1,20	
NIR dla	Gęstości siewu (Sowing density) — 0,17; Dawka N (N dose) — r.n. (Not significant); Interakcja				
LSD for	(Interaction) (I × II) — 0,20; Interakcja (Interaction) (II × I) — r.n. (Non significant)				

W roku 2000 na obiekcie bez N ilość wysiewu nie miała wpływu na masę ziarna z kłosa, natomiast w warunkach nawożenia azotem mała ilość wysiewu (1,0 mln ziaren/ha) sprzyjała uzyskiwaniu najwyższych plonów ziarna z kłosa. Siew najgęstszy 2,5 mln ziaren/ha wpłynął na wyraźny spadek masy ziarna z kłosa. Tylko w przypadku dawki 80 kg N·ha⁻¹, nawet najgęstszy siew nie powodował negatywnych zmian w plonie ziarna z kłosa (tab. 6).

Masa 1000 ziaren zależała zarówno od ilości wysiewu jak i dawki nawożenia azotem. Współdziałania czynników doświadczenia w tym względzie nie stwierdzono. W obu latach badań wskutek zwiększania gęstości siewu i dawki nawożenia masa 1000 ziaren zmniejszała się. Skala tych zmian była wyraźnie zróżnicowana w latach (tab. 7 i 8).

Tabela 7

**Masa 1000 ziaren żyta mieszańcowego odmiany Nawid w zależności od gęstości siewu
(Grabów 1999–2000)**

Weight of 1000 grain of winter rye cultivar Nawid depending on sowing density (Grabów 1999–2000)

Rok Year	Gęstość siewu w mln ziarn/ha — Sowing density in millions per ha					NIR LSD
	1	1,5	2	2,5		
1999	30,6	30,2	29,8	28,8		1,08
2000	34,5	33,3	32,8	32,0		1,79

Tabela 8

**Masa 1000 ziaren żyta mieszańcowego odmiany Nawid w zależności od dawki azotu
(Grabów 1999–2000)**

**Weight of 1000 grains of the winter rye cultivar Nawid depending on nitrogen dose
(Grabów 1999–2000)**

Rok Year	Dawka N kg·ha ⁻¹ — N dose in kg per ha					NIR LSD
	0	40	80	120	160	
1999	33,6	31,3	29,4	27,5	27,6	2,23
2000	35,2	33,7	32,7	32,1	32,0	1,98

Tabela 9

**Korelacja prosta pomiędzy czynnikami doświadczenia a plonem ziarna i cechami jego struktury
(Grabów 1999–2000)**

**Simple correlation between the experiment factors and grain yield and its structure components
(Grabów 1999–2000)**

Cechy Traits	1999 Rok (Year)		2000 Rok (Year)	
	Gęstość siewu Sowing density	Nawożenie azotem N dose	Gęstość siewu Sowing density	Nawożenie azotem N dose
Plon ziarna z 1 m ² Grain yield per 1 m ²	-0,59	0,14	-0,37	0,74
Liczba kłosów na 1 m ² Ears number per 1 m ²	0,38	0,82	0,52	0,66
Plon ziarna z kłosa Grain yield per head	-0,40	-0,71	-0,74	0,22
Liczba ziaren w kłosie Number of kernels per head	-0,44	0,01	-0,42	0,74
Masa 1000 ziaren Weight of thousand kernels	-0,23	-0,87	-0,60	-0,52

Omówione zależności znalazły potwierdzenie w wyliczonych współczynnikach korelacji (tab. 9).

Warunki klimatyczne w czasie prowadzenia badań nie sprzyjały wystąpieniu wylegania. Było ono niewielkie, a różnice między obiektowe w tym względzie nie przekraczały 1°. Dlatego też nie mogła się ujawnić spodziewana większa odporność na wyleganie łanów sianych rzadziej.

WNIOSKI

1. W warunkach poprawnej agrotechniki można stosować gęstości siewu żyta mieszańcowego niższe niż dotychczas polecane.
2. Bardzo rzadki siew żyta sprzyja wysokiemu plonowi ziarna w kłosie, głównie poprzez lepsze wykształcenie ziarna.

LITERATURA

- Capouchowa I., Petr J., Skerik J., Famera O. 1998. Congress ESA, Short Communication, Vol. I, Nitra Slovak Republic: 77 — 78.
- Grabiński J., Mazurek J. 1995. Plonowanie i struktura plonu nowych rodów żyta w zależności od gęstości siewu. Biul. IHAR.195/196: 329 — 331.
- Grabiński J., Mazurek J. 1995. Plonowanie i struktura plonu nowych odmian żyta w warunkach różnych terminów siewu. Biul. IHAR.195/196: 337 — 340.
- Grabiński J., Mazurek J. 1995. Reakcja nowych rodów żyta na nawożenie azotem. Biul. IHAR.195/196: 333 — 335.
- Maciorowski R., Stankowski S., Piech M., Ułasiak S., Czałczyńska E. 2000. Wpływ ilości wysiewu na produktywność odmian żyta mieszańcowego i populacyjnego. *Fragm. Agron.* 1: 78 — 86.
- Ruszkowski M. 1988. Obsada a produktywność roślin zbożowych. Konferencja naukowa Puławy, 8–9 listopada 1988 IUNG, PAN Komitet Uprawy Roślin: 7 — 24.

HELENA GRZESIK

Zakład Roślin Zbożowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Krakowie

Charakterystyka wytworzonych materiałów wyjściowych pszenżyta ozimego odpornych na porastanie

Komunikat

Characterization of the developed winter triticale strains resistant to pre-harvest sprouting

Short communication

Podano krótką charakterystykę odporności na porastanie, mrozoodporności i cech struktury plonu sześciu rodów pszenżyta ozimego o normalnej wysokości roślin wytworzonych w Zakładzie Roślin Zbożowych Instytutu Hodowli Roślin w Krakowie przez Grzesik. Rody wykazujące wysoką odporność na porastanie w ciągu 5–7 kolejnych lat badań można uznać za źródła tej cechy, co stwarza możliwość wykorzystania ich w dalszych pracach, zmierzających do wyhodowania nowych odpornych na porastanie odmian pszenżyta.

Słowa kluczowe: porastanie, pszenżyto, mrozoodporność

A short characterization of preharvest sprouting, frost resistance and yield structure traits is reported for six winter triticale strains developed by the author. The obtained strains were resistant to preharvest sprouting in 5–7 subsequent years, so they may be considered as sources of this trait for further breeding work on triticale.

Key words: preharvest sprouting, triticale, frostresistance

WSTĘP

W hodowli pszenżyta istotnym i ciągle aktualnym problemem jest uzyskanie odmian odpornych na porastanie. Jak podają Szeląg i wsp. (1995), Maćkowiak i wsp. (1998) oraz Wolski i wsp. (1998) postęp w odporności na porastanie pszenżyta jest nadal niewystarczający. Rozróżniamy porastanie jawne i ukryte. Ziarniaki z jawnym porostem możemy zauważyć na kłosach już w polu, czy też stosując warunki prowokacyjne w komorach wilgotnościowych, albo po zbiorach — w plonie. Porastanie ukryte oznaczamy

badając aktywność α -amylazy (Anioł, 1975; Nielsen, i in., 1984; Moot i Every, 1990; Moś, 1994) albo liczbę opadania (Sergeev i in., 1985; Catapan i in., 1990; Węgrzyn i in., 1998; Grzesik i in., 2001). Jak podaje Moś (1994) odziedziczalność aktywności α -amylazy w szerokim sensie była średnia lub wysoka. Współczynniki odziedziczalności wahały się od 0,34 do 0,89. Sugeruje to, że istnieje możliwość uzyskania form odpornych na porastanie. Odporność na porastanie jest cechą złożoną, zależną od genotypu rośliny (odmiany) i w dużym stopniu od przebiegu pogody w okresie dojrzewania ziarna i zbioru roślin. Zwraca na to uwagę również Doliński (1995). Zgodnie z opinią wielu autorów (Hagemann i Ciha, 1984, 1987; Nielsen i in., 1984; Węgrzyn i in., 1991) pewną ocenę odporności na porastanie można uzyskać badając w warunkach prowokacyjnych te same genotypy w ciągu kilku kolejnych lat, albo w jednym roku, ale w wielu miejscowościach.

W niniejszej pracy, której celem było uzyskanie rodów pszenżyta ozimego odpornych na przedzimyne porastanie ziarna i o dobrej mrozoodporności, ocenę tych cech prowadzono przez kilka kolejnych lat. W literaturze brak jest prac na temat współzależności pomiędzy porastaniem a mrozoodpornością. Węgrzyn i wsp. (1997, 1998) oraz Grzesik i wsp. (2001) donoszą iż pomimo braku istotnej korelacji pomiędzy tymi cechami istnieje możliwość wyselekcjonowania rodów łączących odporność na porastanie z dobrą mrozoodpornością. Uzyskane rody o korzystnych parametrach obu wymienionych cech są przedmiotem niniejszego opracowania.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym były uzyskane w poprzednich latach w Zakładzie Roślin Zbożowych IHAR w Krakowie mieszańce mrozoodpornych i odpornych na porastanie odmian i rodów pszenżyta ozimego. Źródłem mrozoodporności były odmiany i rody o normalnej wysokości roślin, a źródłem odporności na porastanie karłowe formy pszenżyta ozimego. Mieszańce te oceniano pod względem odporności na porastanie i mrozoodporności przez kilka lat prowadząc selekcję materiałów. Do dalszych badań wybierano linie o odporności na porastanie powyżej 6 w skali 9-stopniowej i o dobrej mrozoodporności. Materiały te wysiewano w ZRZb IHAR w Krakowie na poletkach o powierzchni 1m² w rozstawie 5 x 25 cm, przy standardowym poziomie nawożenia. Odporność na porastanie oznaczano metodą Schmidta (cyt. za Ruebenbauer i Brej 1957). Porastanie bonitowano w skali 9 - 1, (9 oznacza całkowitą odporność, 1 - całkowite porośnięcie). Bonitację prowadzono po 3,6,9 dniach, a uzyskane wyniki sprowadzano do jednego terminu (Węgrzyn i in. 1991). Mrozoodporność oznaczano polowo - laboratoryjną metodą Kocha i Lehmann (1969). Obliczono średnie dla lat oraz współczynniki zmienności (CV%). Do wykonania obliczeń wykorzystano statystyki opisowe z programu Excel 97. W ostatnim roku badań wykonano również pomiary biometryczne uzyskanych rodów analizując pięć cech : długość źdźbła, długość kłosa, liczbę i masę ziaren z kłosa oraz masę 1000 ziaren.

WYNIKI

W tabeli 1 zestawiono rody o normalnej wysokości roślin, które wykazywały wysoką odporność na porastanie w latach 1994 do 2000 oraz wyniki oceny ich mrozoodporności. Analizując wyniki oznaczeń w kilku latach badań zaobserwowano, że rody Tm 103/2000 i Tm 107/2000 wykazywały dużą odporność na porastanie (powyżej 6 w skali 9-stopniowej) w ciągu czterech lat. Ród Tm 103/2000 oceniany był od roku 1995 a Tm 107/2000- od roku 1996. Jednakże mrozoodporność tych rodów, zwłaszcza Tm 107/2000, była niższa od odporności na mróz odmian Bogo i Tewo. Rody Tm 108/3/2000 i Tm 109/1/2000 dużą odporność na porastanie wykazywały przez pięć lat, a rody Tm 109/3/2000 oraz Tm 111/2000 wykazywały dużą odporność na porastanie w ciągu sześciu lat. Mrozoodporność wszystkich wyżej wymienionych rodów była dobra. Ponieważ zaobserwowano niższe oceny porastania w roku 2000, zwłaszcza w przypadku rodu Tm 107/2000, policzono również procent ziaren porośniętych w warunkach naturalnych (średnia z 10 kłosów).

Tabela 1

Odporność na porastanie i mrozoodporność rodów o normalnej wysokości roślin w latach 1994–2000
Resistance to preharvest sprouting and frost resistance of some winter triticale strains in 1994–2000

Ród Strain	Odporność na porastanie – warunki prowokacyjne (skala 9-1) Resistance to preharvest sprouting – provocation (score 9-1)							Średnia Mean $\bar{x} \pm S\bar{x}$	CV (%)	% ziaren poroś- nię- tych Sprout- ed grain %	Mrozoodporność (% przeżywalności) Frost resistance (% of survival rate)						Średnia Mean $\bar{x} \pm S\bar{x}$	CV (%)
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000				2000	1994	1995	1997	1998	1999		
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000				2000	1994	1995	1997	1998	1999		
Tm 103/2000	—	6,8	7,3	6,5	6,4	5,6	5,0	6,3 ± 0,34	13,4	6,41	—	—	26,6	57,4	69,2	51,1 ± 5,89	13,2	
Tm 107/2000	—	—	7,5	8,2	8,2	6,7	4,0	6,9 ± 0,28	25,3	5,72	—	—	—	25,2	37,9	31,6 ± 6,35	28,5	
Tm 108/3/2000	8,2	3,0	8,0	6,1	7,7	4,2	6,4	6,2 ± 0,75	31,9	2,75	54,5	50,0	68,5	68,4	60,5	60,4 ± 3,68	13,7	
Tm 109/1/2000	8,2	8,1	8,0	7,7	7,4	5,6	5,9	7,3 ± 0,40	14,8	4,02	61,3	42,8	82,3	70,9	74,1	66,3 ± 6,76	22,8	
Tm 109/3/2000	7,7	6,7	5,4	7,7	7,2	6,3	6,0	6,7 ± 0,33	13,0	5,73	82,1	92,8	63,5	66,7	60,3	73,1 ± 6,18	18,9	
Tm 111/2000	8,2	8,1	8,0	7,7	7,1	6,7	5,9	7,4 ± 0,32	11,5	4,20	61,3	42,8	82,3	48,0	63,0	59,5 ± 6,87	25,9	
Odmiany Variety																		
Bogo	3,5	2,6	2,9	2,7	2,8	2,0	2,4	2,7 ± 0,17	17,1		—	57,1	36,8	49,9	66,8	52,6 ± 6,31	17,1	
Tewo	3,8	—	2,7	2,6	2,8	2,0	—	2,8 ± 0,29	23,4		—	—	—	55,0	19,5	50,2 ± 5,16	23,4	

Skala 9 — 1; 9 — odporne, 1 — porastające; CV(%) — współczynnik zmienności; $S\bar{x}$ - błąd standardowy
 Score 9 — 1; 9 — resistant, 1 — sprouted; CV(%) — coefficient of variability; $S\bar{x}$ — standard error

Tabela 2

Wyniki pomiarów biometrycznych rodów pszenżyta ozimego o dobrej odporności na porastanie
Results of biometrical measurements of winter triticale strains resistant to preharvest sprouting

Ród Strain	Długość źdźbła Culm length (cm)	Długość kłosa Ear length (cm)	Liczba ziaren z kłosa Grain number per ear	Masa ziarna z kłosa Grain weight per ear	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight
Tm 103/2000	77,3	10,5	60,8	2,94	48,30
Tm 107/2000	101,65	11,0	75,1	2,93	39,05
Tm 108/3/2000	68,94	10,3	56,55	2,58	45,60
Tm 109/1/2000	68,95	8,95	49,7	2,27	45,59
Tm 109/3/2000	75,80	9,5	57,6	2,70	46,93
Tm 111/2000	79,85	10,85	59,7	2,94	49,19
Średnia Mean	78,75	10,17	59,91	2,73	45,78
Odmiany Variety					
Bogo	79,53	9,72	50,37	1,96	38,82
Tewo	81,15	9,99	52,46	2,38	45,13

Wyniki zamieszczone w tabeli 1 wykazały, że ziarno tych rodów porastało nieznacznie, mimo że warunki pogodowe w roku 2000 były bardzo sprzyjające porastaniu. Należy dodać, że średnia odporność na porastanie badanych w tych samych warunkach odmian Bogo i Tewo wynosiła odpowiednio 2,7 i 2,8 w skali 9.-stopniowej. Średnia mrozoodporność odmiany Bogo wynosiła 52,6%. W przypadku odmiany Tewo (dane COBORU) średnia mrozoodporność wynosiła 50,2%.

Spośród ocenianych rodów najlepszą mrozoodpornością charakteryzował się ród Tm 109/3/200, a następnie Tm 109/1/2000, najniższą zaś, Tm 107/2000 (tab.1).

Na kształtowanie się mrozoodporności wpływa szereg czynników wewnętrznych i zewnętrznych. Wpływ czynników zewnętrznych szczególnie wyraźnie zaznacza się podczas hartowania w warunkach naturalnych. Dlatego też wyniki oceny mrozoodporności w poszczególnych latach mogą się różnić (Maksimov, Konstandi 1995, Zych 1994-1999, Zagdańska, 1989, inf. ustna) w zależności od przebiegu pogody. Najlepszą powtarzalność oceny mrozoodporności zaobserwowano w przypadku rodu 108/3/2000 - współczynnik zmienności (CV%) wynosił 13,7 (tab.1).

W ostatnim roku badań wykonano pomiary biometryczne omawianych rodów, celem oceny elementów struktury plonu (tab.2). W tabeli tej zamieszczono również wyniki pomiarów biometrycznych odmian Bogo i Tewo rosnących w tych samych warunkach. Odmiany te były wzorcami w doświadczeniach wstępnych do roku 1999. Możemy zauważyć, że pięć rodów charakteryzowało się nieco większą liczbą i masą ziaren z kłosa, a trzy rody również większą masą 1000 ziaren od odmiany Tewo, która w doświadczeniach wstępnych w 1999 roku była lepszym wzorcem.

Jako najlepszy z ocenianych rodów należałoby uznać ród Tm 111/2000, bowiem łączy on wysoką odporność na porastanie z dobrą mrozoodpornością (tab.1) oraz z trzema korzystnymi cechami struktury plonu (liczbą i masą ziaren z kłosa a także masą 1000 ziarn - tab.2). Jednakże wyniki pomiarów biometrycznych są jednoroczne, mogą więc być traktowane tylko jako orientacyjne.

WNIOSKI

1. Uzyskane rody wykazujące dużą odporność na porastanie w ciągu 5–6 lat badań można uznać za źródła tej cechy.
2. Cztery rody łączyły wysoką odporność na porastanie z dobrą mrozoodpornością a jeden–również z trzema korzystnymi cechami struktury plonu.
3. Odporność na porastanie uzyskanych rodów była wyższa niż zarejestrowanych odmian badanych w tych samych warunkach.
4. Mrozoodporność czterech z omawianych rodów była wyższa niż odmiany Bogo ocenianej w tych samych warunkach, a także odmiany Tewo (dane COBORU).

LITERATURA

- Anioł A. 1975 . Aktywność alfa-amylazy w dojrzewającym ziarnie różnych odmian żyta w zależności od niektórych czynników środowiska. Pam. Puł. – Prace IUNG, 62:109-119.
- Catapan M.I.S., Nunes R.M.R., Baier A.C. 1990. Evaluation of earliness, sprouting and scap resistance in triticale, wheat and rye. Proceedings of the Second International Triticale Symposium. Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brazil 1-5 October 1990: 249-252.
- Doliński R. 1995. Ocena polskich odmian uprawnych i rodów hodowlanych heksaploidalnego ozimego pszenżyta pod względem odporności na porastanie. Biul. IHAR 195/196: 147-158.
- Grzesik H., Gut M., Węgrzyn S., Cygankiewicz A. 2001. Związek porastania z innymi cechami heksaploidalnego pszenżyta ozimego (X Triticosecale Witt.) – Biul. IHAR 218/219: 269-275.
- Hagemann M.G., Ciha A.J. 1984. Evaluation of methods used in winter wheat susceptibility to preharvest sprouting. Crop Sci. 24:249-254.
- Hagemann M.G., Ciha A.J. 1987. Environmental x genotype effects on seed dormancy and after –ripening in wheat. Agron. J. 79: 192-196.
- Koch M.D., Lehman E.O. 1969. Resistenzgeschichten im Oersten und Weizensortiment Gatersleben, 7 Prufung der Frostresistenzpflanze D.A.I.XJV:263-282.
- Maćkowiak W., Budzianowski G., Cicha A., Cichy H., Mazurkiewicz L., Milewski G., Paizert K., Szeląg B., Szeląg J., Woś H. 1998. Hodowla pszenżyta w Zakładzie Doświadczalnym Hodowli i Aklimatyzacji Roślin Małyszyn. Biul.IHAR 205/206: 303-320.
- Maximov N.G., Kostandi G.V., 1995. Frost hardiness of primary hexaploid triticale strains and their parental species. Cereal Res. Comm. 23, 4:391-395.
- Moot D.J., Every D. 1990. A comparison of bread baking falling number, α -amylase assay and visual method for the assessment of preharvest sprouting in wheat. J. Cereal Sci. 11:225-234.
- Moś M. 1994. Porastanie pszenżyta ozimego. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie , Rozprawy nr 195 .
- Nielsen M.T., McCrate A.J., Heyne E.G., Paulsen G.M. 1984. Effect of weather variables during maturation on preharvest sprouting of hard white winter wheat. Crop Sci. 24: 779-782.
- Ruebenbauer T., Brey S., 1957. Hodowla Roślin Zbożowych. PWRiL, Warszawa.
- Sergeev A.W., Berkutova S.N., Cziczkin S.N. 1985. Porastanie zerna Triticale w kolose po fazam sozrevanija. Sel. Semen. 2:22-24.
- Szeląg B., Maćkowiak W., Szeląg J., Paizert K. 1995. Postęp w odporności pszenżyta ozimego na porastanie w hodowli małszyńskiej; Biul. IHAR 195/196: 137-146.
- Węgrzyn S., Gut M., Cygankiewicz A., Ptak B. 1991. Odporność rodów i odmian pszenicy (Triticum aestivum L.) na porastanie. Cz.I. Pszenica ozima. Biul IHAR 180: 121-129.
- Węgrzyn S., Gut M., Grzesik H., Struś M. 1997. Odporność na porastanie a inne cechy heksaploidalnego pszenżyta ozimego. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie 175. Rolnictwo LXV:467-471.

- Węgrzyn S., Gut M., Grzesik H., Bichoński A. and Struś M. 1998. Resistance to pre-harvest sprouting and other traits of winter triticale. Proc. of 4 th International Triticale Symposium, Red Deer, Alberta, Canada, vol. 2: 354-356.
- Wolski T., A. Szołkowski, J. Gryka, .Pojmaj M.S. 1998. Obecny stan hodowli pszenżyta ozimego w Danko. Biul. IHAR 205/206: 289-297.
- Zagdańska B. 1989. Sprawozdanie z tematu " Atestacja pszenżyta" - nie publikowane.
- Zych J. 1994-1999, Synteza wyników doświadczeń odmianowych. Pszenżyto ozime. COBORU, Zesz.: 1033, 1063, 1094, 1120, 1139, 1163, Słupia Wielka.

Składam uprzejme podziękowanie za współpracę Pani dr Magdalenie Gut z Zakładu Roślin Zbożowych IHAR w Krakowie.

BOGUSŁAWA JAŚKIEWICZ

Zakład Uprawy Roślin Zbożowych

Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa, Puławy

Określenie wymagań agrotechnicznych nowych odmian pszenżyta ozimego

Determination of agrotechnical requirements for new winter triticale varieties

W latach 1999–2001 przeprowadzono jeden eksperyment wazonowy oraz dwa mikropoletkowe w celu określenia reakcji nowych odmian pszenżyta ozimego na dawki azotu, gęstość i termin siewu. Stwierdzono, że odmiany pszenżyta ozimego miały niejednakowe wymagania w stosunku do badanych czynników.

Słowo kluczowe: termin siewu, gęstość siewu, nawożenie-N, odmiana, pszenżyto ozime, plon ziarna, struktura plonu

The effects of sowing time, sowing density and nitrogen fertilization on grain yield and its components were tested for new winter triticale varieties in a pot experiment conducted in the years 1999–2001. The investigated forms showed different requirements in regard to all the experimental factors.

Key words: sowing density, sowing time, N-fertilization, varieties, winter triticale, grain yield, yield components

WSTĘP

Dotychczasowe badania wykazały, że odmiany pszenżyta charakteryzują się zróżnicowanymi wymaganiami co do terminów siewu, obsady roślin i nawożenia azotem (Dubas i in., 1992; Jaśkiewicz, 1995, 2000; Koziara i in., 1994; Mazurek i in., 1989, 1998, 1999).

Rośliny z optymalnego terminu siewu mają wydłużony okres aktywności biologicznej, głównie okres wzrostu wegetatywnego. Sprzyja to wytworzeniu większej powierzchni asymilacyjnej, co korzystnie wpływa na liczbę pędów produkcyjnych, wielkość kłosa oraz liczbę ziaren w kłosie (Mazurek i in., 1989, 1998; Piech i in., 1990).

Rozmieszczenie roślin na jednostce powierzchni decyduje o stopniu konkurencji, a więc i zamieraniu ich w okresie krzewienia i pełni strzelania w źdźbło (Jaśkiewicz, 1995). Dlatego też właściwa ilość wysiewu dla określonego gatunku, odmiany i warunków siedliska, wpływa na najkorzystniejszą obsadę roślin i produktywność kłosa (Mazurek i in., 1998).

Odmiany posiadają genetyczne możliwości produktywnego wykorzystania azotu w okresie wzrostu i dojrzewania omawianego zboża. Odmiany dodatnio reagujące na wzrastający poziom nawożenia azotem często charakteryzuje silniejszy przyrost suchej masy w okresie krzewienie-dojrzałość woskowa i większe krzewienie produkcyjne (Listowski, 1983). Krzewienie produktywne związane jest z obsadą kłosów na jednostce powierzchni, która z kolei jest cechą najsilniej decydującą o poziomie plonowania (Jaśkiewicz, 2000; Mazurek i in., 1998, 1999).

Wprowadzenie nowych odmian pszenżyta ozimego do Listy Odmian Roślin Uprawnych, powoduje konieczność określenia ich reakcji na podstawowe czynniki agrotechniczne.

MATERIAŁ I METODY

Badania wykonano w Puławach w latach 1999-2001. Przeprowadzono trzy doświadczenia uwzględniając 13 odmian pszenżyta. Pszenżyto wysiewano na nieobetonowanych mikropoletkach, o powierzchni (do zbioru) $0,33 \text{ m}^2$, na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego, o pH 6,0 i wysokiej zasobności w fosfor. W pierwszym doświadczeniu uwzględniono trzy terminy siewu: optymalny, opóźniony o 10 dni od optymalnego i późny (opóźniony o 20 dni w stosunku do optymalnego), w drugim, trzy obsady roślin po wschodach; 200, 300, 600 roślin na m^2 . Doświadczenia założono metodą podbloków losowanych w trzech powtórzeniach. Zastosowano jednakowe nawożenie w ilości: N — 80 (w dwu dawkach: 50 + 30), P_2O_5 — 70, K_2O — 80 kg na ha.

Doświadczenie z różnymi dawkami azotu założono w wazonach Mitcherlicha, metodą serii niezależnych w trzech powtórzeniach. Wazonu napełniono glebą pseudobielicową zmieszaną z piaskiem wiślanym w stosunku 5:2. Uwzględniono 3 poziomy nawożenia azotem: 1,2; 2,4; 3,6 g N/wazon. Połowę dawki azotu (w postaci NH_4NO_3) stosowano w czasie ruszenia wegetacji, drugą zaś w fazie pełni strzelania w źdźbło. W celu zapewnienia roślinom optymalnej ilości składników pokarmowych, każdy wazon napełniono ziemią wymieszaną ze składnikami mineralnymi w następujących ilościach; 2,88 g P_2O_5 ; 1,92 g K_2O ; 50 mg $\text{FeCL}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$; 5 mg H_3BO ; 3 mg MnSO_4 ; 3 mg CuSO_4 . Do każdego wazonu wysiewano po 20 nasion. Po wschodach usunięto rośliny zbędne pozostawiając po 10 roślin w wazonie.

Wilgotność podłoża utrzymywano przez cały okres wegetacji na poziomie 60% pojemności wodnej podłoża. Zbiór wykonano w fazie dojrzałości pełnej, oznaczając plon ziaren, i elementy struktury plonu. Wyniki opracowano za pomocą analizy wariancji w układach ortogonalnych; istotność różnic oceniono za pomocą testu Tukeya dla $P = 0,95$. Posługując się kryterium istotności różnic plonu ziaren, wydzielono grupy odmian o różnej reakcji na termin siewu, gęstość siewu i dawkę nawożenia azotem.

WYNIKI I DYSKUSJA

Nie stwierdzono istotnej różnicy w procencie roślin przy zbiorze w stosunku do wczesnych u badanych odmian, w poszczególnych terminach siewu (tab. 1).

Tabela 1

Cechy struktury plonu dla grup odmian pszenżyta ozimego różnie reagujących na termin siewu
Yield components of winter triticale groups differently responding to sowing term

Cechy Traits	Grupa I — odmiany wrażliwe na termin siewu Group I — the cultivars sensitive to sowing term delay BOA298, DED798, LAD1598, MAH3098, SMH398, Krakowiak, Sekundo				Grupa II — Odmiany średnio wrażliwe na termin siewu Group II — the cultivars medium sensitive to sowing term delay DED597, LAD1698, MAH3198, RAH298, Hewo, Woltario			
	Termin siewu Sowing term							
	1	2	3	NIR LSD	1	2	3	NIR LSD
Plon ziaren z m ² Grain yield per m ²	1,27	1,09	0,94	0,161	1,13	1,14	0,88	0,233
% roślin przy zbiorze % of plants at harvest time	89	90	93	r.n	88	91	93	r.n
Liczba kłosów na m ² Number of ears/m ²	557	479	442	46,06	608	505	443	96,9
Rozkrzewienie produkcyjne Productive tillering	2,2	1,8	1,6	0,38	2,3	1,9	1,6	0,28
MTZ (g) Weight of 1000 grains	47,6	48,0	47,0	r.n	44,9	47,1	46,0	2,14
Plon ziaren z rośliny (g) Grain yield per plant	5,0	4,1	3,4	0,71	4,3	4,3	3,2	0,98
Plon ziaren z kłosa (g) Grain yield per ear	2,28	2,27	2,13	r.n	1,86	2,26	1,99	r.n
Liczba ziaren z rośliny Number of grains per plant	105	85	72	5,3	96	91	70	10,9
Liczba ziaren z kłosa Number of grains per ear	48	47	45	r.n	42	48	44	4,2
1 — Optymalny 2 — Opóźniony 3 — Późny 4 — Bardzo późny	1 — Optimal 2 — Delayed 3 — Late 4 — Very late							

Badane odmiany pszenżyta wykazały niejednakową reakcję na termin siewu. Na podstawie analizy statystycznej plonu ziaren badane odmiany pszenżyta ozimego podzielono na dwie grupy odmian o różnej reakcji na termin siewu:

- wrażliwe na termin siewu, czyli wymagające wysiewu w terminie optymalnym (BOA 298, DED 798, LAD 1598, MAH 3098, SMH 398, Sekundo, Krakowiak), u których stwierdzono zmniejszenie się plonu ziaren w miarę opóźniania terminu siewu. Związane to było ze zmniejszeniem liczby kłosów na jednostce powierzchni wynikającym głównie z słabszego rozkrzewienia produkcyjnego, oraz istotnym spadkiem plonu i liczby ziaren z rośliny. Natomiast masa 1000 ziaren, plon i liczba ziaren z kłosa tej grupy odmian nie zależały od terminu siewu.
- średnio wrażliwe na termin siewu (DED597, LAD1698, MAH3198, RAH298, Woltario, Hewo), tj. plonujące podobnie przy siewie w terminie optymalnym i opóźnionym o 10 dni, ale istotnie niżej przy późnym. Również w tej grupie odmian nastąpiła redukcja liczby kłosów i rozkrzewienia produkcyjnego w miarę opóźniania terminu siewu, ale odmiany te zareagowały na opóźnienie siewu wyższą produkcyj-

nością kłosa, spowodowaną wzrostem liczby ziaren z kłosa oraz masy 1000 ziaren. Wymienione zmiany cech struktury plonu spowodowały, że plon ziaren roślin z siewu w terminie optymalnym i opóźnionym był podobny.

W badaniach Mazurka i wsp. (1998), Piecha i wsp. (1990) i Błażeja i wsp. (1993) stwierdzono podobną reakcję pszenżyta na termin siewu. Zróżnicowanie plonu ziaren z poletka poszczególnych odmian w zależności od ilości wysiewu wykazuje możliwość wydzielenia trzech grup odmian różniących się reakcją na badany czynnik (tab. 2):

Tabela 2

Cechy struktury plonu grup odmian pszenżyta ozimego różnie reagujących na gęstość siewu
Yield components of winter triticale cultivar groups differently responding to sowing density

Cechy Traits	I — odmiany wymagające małej obsady roślin (200szt./m ²) I — cultivars with low density requirements DED597, DED798, LAD1698, MAH3198, Hewo, Woltario,				II — odmiany wymagające średniej obsady roślin (300 szt/m ²) II — cultivars with medium density requirements BOA298, RAH298, Sekundo				III — odmiany wymagające dużej ilości wysiewu (600 szt/m ²) III — varieties with high density requirements LAD1598, MAH3098, SMH398, Krakowiak			
	obsada roślin szt./m ² density after emergence, plants/m ²											
	200	300	600	NIR LSD	200	300	600	NIR LSD	200	300	600	NIR LSD
Plon ziaren z m ² Grain yield per m ²	1,14	1,15	1,20	r.n	1,08	1,26	1,25	0,168	1,16	1,21	1,44	0,224
% roślin przy zbiorze % of plants at harvest time	91	84	78	6,95	86	86	80	4,70	90	84	79	6,84
Liczba kłosów na m ² Number of heads per m ²	534	597	773	125,5	496	594	746	166,8	491	567	792	169,6
Rozkrzewienie produkcyjne Productive tillering	2,9	2,3	1,6	0,65	2,9	2,3	1,5	0,675	2,7	2,2	1,6	0,618
MTZ (g) Weight of 1000 grains (g)	44,9	43,5	41,8	r.n	46,5	46,0	43,3	r.n	48,4	45,8	44,9	r.n
Plon ziaren z kłosa (g) Grain yield per ear (g)	2,12	1,91	1,54	0,164	2,18	2,11	1,68	0,188	2,36	2,14	1,81	0,246
Plon ziaren z rośliny (g) Grain yield per plant	6,15	4,39	2,46	1,754	6,32	4,85	2,22	1,88	2,36	2,14	1,81	0,246
Liczba ziaren z rośliny Number of grains per plant	137	101	59	40,4	136	105	58	33,6	132	103	64	14,5
Liczba ziaren z kłosa Number of grains per ear	47	45	37	4,6	47	46	39	4,2	49	47	40	4,4

- odmiany podobnie plonujące, bez względu na zróżnicowanie obsady roślin po wschodach w granicach uwzględnionych w doświadczeniu, co wskazuje, że można je uprawiać przy mniejszym zagęszczeniu (DED597, DED798, LAD1698, MAH3198, Hewo, Woltario). U tych odmian wartości cech struktury plonu zmniejszały się wraz ze wzrostem zagęszczenia roślin na jednostce powierzchni. Pomimo dodatniego wpływu większej gęstości siewu na liczbę roślin i kłosów na m², odmiany te nie dawały istotnie wyższego plonu ziaren.
- odmiany reagujące istotnym wzrostem plonu na zwiększenie obsady roślin z 200 do 300 ziaren na m²; BOA298, RAH298, Sekundo. Pomimo obserwowanego spadku wartości

cech struktury plonu wraz ze wzrostem gęstości siewu, odmiany tej grupy wyraźnie niżej plonowały przy wysiewie 200 ziaren na m². Natomiast podobnie przy gęstości siewu 300 i 600 ziaren na m².

- odmiany reagujące wzrostem plonu ziaren na każde zwiększenie obsady roślin od 200 do 600 na m² — LAD1598, MAH3098, SMH398, Krakowiak. Odmiany tej grupy wykazały wyższą liczbę kłosów na m²

W doświadczeniu różnicując obsadę roślin od 200 do 600 szt/m² nie stwierdzono istotnej różnicy w masie 1000 ziaren, ale wystąpiła tendencja jej obniżenia przy gęstych siewach, co znajduje potwierdzenie w wynikach badań Dubasa i wsp. (1992), którzy uzyskali pewien spadek masy 1000 ziaren w wyniku zagęszczenia roślin na jednostce powierzchni.

Stwierdzono niejednakową reakcję badanych odmian pszenżyta ozimego na wzrastający poziom nawożenia azotem. Wszystkie odmiany wykazały duży wzrost plonu ziaren wskutek zwiększenia dawki N z 1,2 do 2,4 g na wazon oraz niektóre na zwiększenie nawożenia N z 2,4 do 3,6 g/wazon (tab. 3).

Tabela 3

Cechy struktury plonu grup odmian pszenżyta różnie reagujących na nawożenie azotem
Yield components of winter triticale groups differently responding to nitrogen fertilization

Cechy Traits	Grupa I — odmiany dobrze wykorzystujące duże dawki azotu: BOA 298, DED 597, DED 798, MAH 3098, RAH 298, SMH 398, Hewo, Krakowiak, Sekundo, Woltario Group I — cultivars efficiently utilizing high nitrogen doses				Grupa II — odmiany produktywnie wykorzystujące średnie dawki azotu: LAD 1598, LAD 1698, MAH 3198 Group II — cultivars efficiently utilizing medium nitrogen doses			
	nawożenie azotem (Ng/wazon) nitrogen fertilization (Ng/pot)							
	1,2	2,4	3,6	NIR LSD	1,2	2,4	3,6	NIR LSD
Plon ziaren a z rośliny (g) Grain yield per plant (g)	5,6	7,91	9,05	1,113	5,8	8,36	7,85	1,991
Liczba kłosów z wazonu Number of ears per pot	27	34	38	3,8	29	36	37	4,9
Plon ziaren a z kłosa (g) Grain yield per ear (g)	2,07	2,33	2,38	0,184	2,00	2,32	2,12	0,316
Rozkrzewienie produkcyjne Productive tillering	2,7	3,4	3,8	0,19	2,9	3,6	3,7	0,18
Liczba ziaren z rośliny Number of grains per plant	134	189	216	20,9	133	187	179	27,2
Liczba ziaren z kłosa Number of grains per ear	50	56	57	4,5	46	52	48	11,0
MTZ (g) Weight of 1000 grains (g)	41,8	41,9	41,9	r.n	43,7	44,6	43,9	3,92
Długość kłosa (cm) Ear length (cm)	11,5	11,8	11,8	r.n	11,5	10,8	11,1	r.n

Badane odmiany pszenżyta ozimego różniły się stopniem wykorzystania nawożenia azotem. Na podstawie analizy plonowania można zaliczyć je do dwóch grup różniących się reakcją na nawożenie azotem:

- odmiany reagujące zwyżką plonu ziaren z rośliny na duże dawki azotu: BOA 298, DED 597, DED 798, MAH 3098, RAH 298, SMH 398, Hewo, Krakowiak, Woltario, Sekundo a więc dobrze wykorzystujące intensywne nawożenie azotem.
- odmiany reagujące zwyżką plonu ziaren z rośliny na średnią dawkę azotu (2,4 g/wazon) i nie dające istotnej zwyżki plonu przy dalszym zwiększeniu dawek azotu: LAD 1598, LAD 1698, MAH 3198.

Wcześniejsze badania z innymi odmianami (Mazurek i in., 1998, 1999) wykazały, że reakcja odmian pszenżyta ozimego na poziom nawożenia azotem była związana z krzewistością produktywną i strukturą plonu.

U odmian reagujących zwyżką plonu ziaren a z rośliny na duże dawki azotu stwierdzono istotne zwiększenie się rozkrzewienia produktywnego co związane jest ze wzrostem liczby kłosów w wazonie i liczby ziaren z rośliny.

Odmiany słabiej wykorzystujące nawożenie azotem reagowały zwiększeniem plonu ziaren z rośliny na średnim poziomie nawożenia N. Dalsze zwiększenie nawożenia albo nie miało wpływu albo spowodowało obniżenie plonu ziaren z rośliny. U tej grupy odmian przy dawce 3,6 g N/wazon stwierdzono gorsze wypełnienie ziaren i niższy plon i liczbę ziaren z kłosa. Pozostałe wartości elementów struktury plonu przy średniej, jak i dużej dawce azotu, utrzymywały się na podobnym poziomie.

Możliwości kształtowania liczby kłosów przez zmianę nawożenia azotem stwierdzili również w swoich badaniach Rozbicki (1997) oraz Mazurek i wsp. (1998, 1999).

WNIOSKI

1. Na podstawie zależności plonu ziaren od terminu siewu wydzielono dwie grupy odmian:
 - wrażliwe na termin siewu, tj. obniżające plon wskutek każdego opóźniania terminu siewu: BOA 298, DED 798, LAD 1598, MAH 3098, SMH 398, Sekundo, Krakowiak,
 - średnio wrażliwe na termin siewu, tj. plonujące podobnie przy siewie w terminie, optymalnym i opóźnionym o około 10 dni: DED597, LAD1698, MAH3198, RAH298, Woltario, Hewo,
2. Wydzielono grupy odmian różniących się wymaganiami w stosunku do ilości wysiewu:
 - wymagające małego zagęszczenia (około 200 roślin/m²): DED597, DED798, LAD1698, MAH3198, Hewo, Woltario,
 - wymagające średniego zagęszczenia (około 300 roślin/m²): BOA298, RAH298, Sekundo,
 - wymagające dużego zagęszczenia roślin (około 600 roślin/m²): LAD1598, MAH3098, SMH398, Krakowiak,
3. BOA 298, DED 597, DED 798, MAH 3098, RAH 298, SMH 398, Hewo, Krakowiak, Woltario, Sekundo można zaliczyć do odmian produktywnie wykorzystujących duże, a LAD 1598, LAD 1698, MAH 3198 — średnie dawki nawożenia azotem.

LITERATURA

- Błażej J., Błażej J. 1993. Wpływ zróżnicowanej agrotechniki na plonowanie pszenżyta ozimego. *Biologia i uprawa pszenżyta*. Międzyzdroje, 6–7 września, 1993: 10.
- Dubas B., Majkowski K., Szempliński W., Wróbel E. 1992. Wpływ ilości wysiewu na plonowanie pszenżyta ozimego uprawianego w siewie czystym i mieszanym odmian. *Fragm. Agron.* 3: 5 — 13
- Jaśkiewicz B. 1995. Wzrost, rozwój oraz plonowanie pszenżyta ozimego w zależności od terminu siewu i obsady roślin. Puławy. *Seria R* (328).
- Jaśkiewicz B. 2000. Wymagania nowych odmian pszenżyta ozimego co do ilości wysiewu. *Biul. IHAR* 214: 107 — 110.
- Koziara W., Sobiech S., Rymaszewski J., Grześ S. 1994. Reakcja trzech odmian pszenżyta ozimego na deszczowanie i gęstość siewu. *Zeszyty Naukowe, AR Szczecin*, 162: 111 — 114.
- Listowski A. 1983. *Agroekologiczne podstawy uprawy roślin*. PWN, Warszawa.
- Mazurek J. Jaśkiewicz B. 1998. Wymagania nowych odmian pszenżyta ozimego co do terminu siewu i obsady roślin oraz nawożenia azotem. *Biul. IHAR*, 205/206: 189 — 194.
- Mazurek J., Jaśkiewicz B. 1999. Reakcja odmian pszenżyta ozimego na nawożenie azotem. *Biul. IHAR*, 195/196: 107 — 110.
- Mazurek J., Mazurek J. 1989. Agrotechniczna charakterystyka pszenżyta. W: *Biologia pszenżyta*. Tarkowski Cz. (red.) PWRiL, Warszawa: 297 — 321.
- Piech M., Stankowski S., Poznański M. 1990. Wpływ terminu siewu i ilości wysiewu na plon i strukturę plonu pszenżyta ozimego odmiany Lasko. *Biul. IHAR*, 175: 15 — 23.
- Rozbicki J. 1997. *Agrotechniczne uwarunkowania wzrostu, rozwoju i plonowania pszenżyta ozimego*. Fundacja. Rozwój SGGW, Warszawa.

ANDRZEJ WOŹNIAKKatedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin
Akademia Rolnicza w Lublinie

Plonowanie pszenżyta jarego w różnych systemach następstwa roślin

Yielding of spring triticale in different systems of crop sequence

Przedstawiono plonowanie pszenżyta jarego w zależności od udziału w płodozmianie i sposobu pielęgnowania roślin. Wykazano, że zwiększony udział pszenżyta jarego w płodozmianie do 75 i 100% istotnie obniżał plon ziarna, w odniesieniu do płodozmianów A (25% pszenżyta) i B (50% pszenżyta). Zniżka ta powodowana była głównie mniejszą obsadą kłosów na 1 m² oraz mniejszą masą ziarna z kłosa. Chemiczne środki ochrony roślin zwiększały plon ziarna pszenżyta jarego o 5,2% w porównaniu z obiektami bez pestycydów.

Słowa kluczowe: elementy struktury plonu, monokultura, plon ziarna, płodozmian, pszenżyto jare, sposoby pielęgnowania

An experiment with crop rotation systems for spring triticale was conducted at the Agricultural Experimental Station of Uhrusk in 1998–2001. Four crop rotations with varying proportion of spring triticale (25, 50, 75, 100%) and two plant care systems: a — basic (harrowing) and b — intensive (harrowing, herbicides, fungicides) were evaluated. The grain yield of Migo spring triticale, was affected by weather conditions during growing seasons, by the rotation systems and by plant care. Spring triticale cultivation in monoculture caused decreased of grain yield by 38,4% in relation to the crop rotation A (25% of triticale). An application of pesticides increased the grain yield by 5,2% in comparison to non-treated ones treatment.

Key word: care systems, crop rotation, elements of yield structure, grain yield, monoculture, spring triticale

WSTĘP

Badania dotyczące reakcji zbóż na uprawę w różnych warunkach siedliskowych i systemach następstwa roślin były już przedmiotem wielu opracowań. Natomiast stosunkowo nieliczne dotyczą pszenżyta jarego. Niewątpliwie wynika to z faktu, że gatunek ten pojawił się w uprawie dopiero w połowie lat 80. Dotychczas wykonane prace badawcze wskazują, że pszenżyto jare wysiewane po sobie reaguje dużą obniżką plonu ziarna (Koc i Domska, 1993; Ścigalska, 1997; Woźniak, 1999), a przyczyną tej obniżki jest wzrost zachwaszczenia i duże porażenie roślin przez choroby podstawy źdźbła, zwane chorobami

podsuszkowymi (Michalski, 1997; Parylak, 1997; Pawłowski i Woźniak, 1996 i 2000). Badania Rudnickiego i wsp. (1996) oraz Woźniaka (2000 i 2001) wskazują, że w wyniku porażenia roślin zmniejszeniu ulegają wartości elementów struktury plonu, a mianowicie obsada kłosów na 1 m², liczba i masa ziarna z kłosa oraz dorodność ziarna.

Celem badań jest ocena wpływu różnego udziału pszenżyta jarego w płodozmianie i sposobów pielęgnowania na plon ziarna i elementy jego struktury.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe prowadzono w latach 1998–2001 w Gospodarstwie Doświadczalnym Uhrusk należącym do Akademii Rolniczej w Lublinie. Eksperyment założono na poletkach, na których od 1988 roku prowadzone są badania płodozmianowe z udziałem różnych gatunków zbóż. Gleba pod doświadczeniem jest rędziną mieszaną o składzie granulometrycznym gliny lekkiej słabo spiaszczonej, zaliczaną do kompleksu żytniego bardzo dobrego. Doświadczenie prowadzono metodą losowanych podbloków w 4 powtórzeniach, na poletkach o powierzchni do zbioru 10 m².

Schemat doświadczenia uwzględniał następujące czynniki:

I. Systemy następstwa pszenżyta jarego:

- płodozmian A — 25% pszenżyta, (ziemniak — owies siewny — groch siewny — pszenżyto jare)
- płodozmian B — 50% pszenżyta, (ziemniak — pszenżyto jare — groch siewny — pszenżyto jare)
- płodozmian C — 75% pszenżyta, (ziemniak — pszenżyto jare — pszenżyto jare — pszenżyto jare)
- monokultura pszenżyta.

II. Sposób pielęgnowania zasiewów:

- pielęgnowanie podstawowe,
- pielęgnowanie intensywne.

Pielęgnowanie podstawowe polegało na dwukrotnym bronowaniu zasiewów na początku fazy krzewienia i 2 tygodnie później. W pielęgnowaniu intensywnym oprócz bronowania dodatkowo chemicznie niszczone chwasty oraz stosowano środki ochrony roślin przed chorobami grzybowymi i szkodnikami, a także chroniono rośliny przed wyleganiem. Przed siewem ziarno zaprawiono preparatem Baytan Universal 19,5 DS lub Raxil 02 DS w ilości 200 g na 100 kg ziarna. Do niszczenia chwastów zastosowano mieszaninę herbicydów Chwastox D (5 l·ha⁻¹) i Puma (1 l·ha⁻¹) w fazie krzewienia się pszenżyta (DC-28 wg Zadoksa i in., 1974). Z kolei w pełni strzelania w źdźbło zastosowano retardant Terpal C 420 SL w ilości 2 l·ha⁻¹. Występowanie chorób podsuszkowych ograniczano stosując w fazie krzewienia Siarkol K 85 WP (3,0 kg·ha⁻¹) lub Alert 375 SC (1 l·ha⁻¹), natomiast pod koniec kłoszenia się zbóż (DC-58:59) przeciw chorobom liści i kłosa Tilt CB 37,5 (1 kg·ha⁻¹).

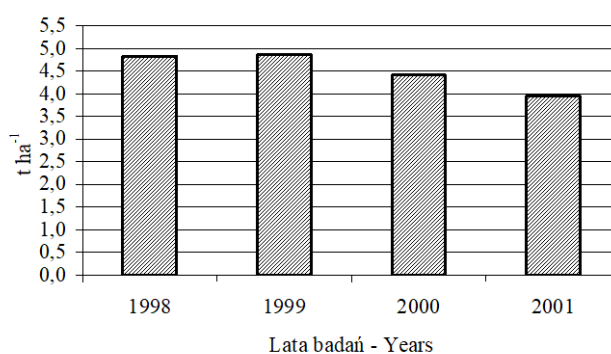
Uprawa roli pod poszczególne gatunki roślin była typowa dla systemu płużnego. Siew pszenżyta jarego, odmiany Migo, przeprowadzono w pierwszej dekadzie kwietnia, gęstość siewu wynosiła 550 ziaren na 1 m². Nawożenie fosforowe (60 kg P₂O₅) i potasowe (100 kg

K₂O na 1 ha) stosowano jesienią przed wykonaniem orki przedzimowej, natomiast azotowe wiosną w dwóch terminach: przed siewem (50 kg·ha⁻¹) oraz w fazie strzelania w źdźbło (30 kg·ha⁻¹).

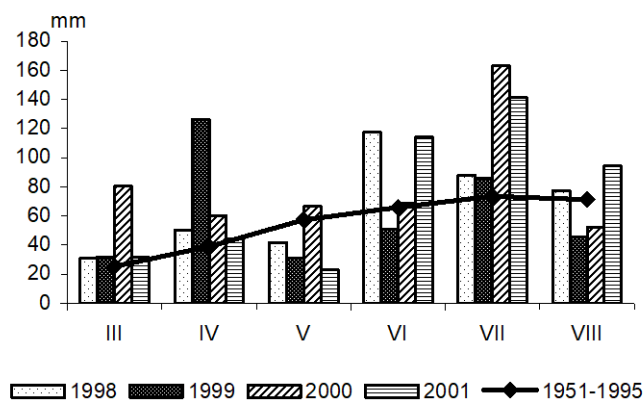
W pracy przedstawiono cechy wynikowe: plon ziarna, liczbę kłosów, liczbę i masę ziaren w kłosie oraz dorodność ziarna (mtz). Wyniki poddano analizie statystycznej, zaś istniejące różnice szacowano testem Tukeya.

WYNIKI

Pszenżyto jare cechowało się zróżnicowanymi plonami w latach badań (rys. 1).

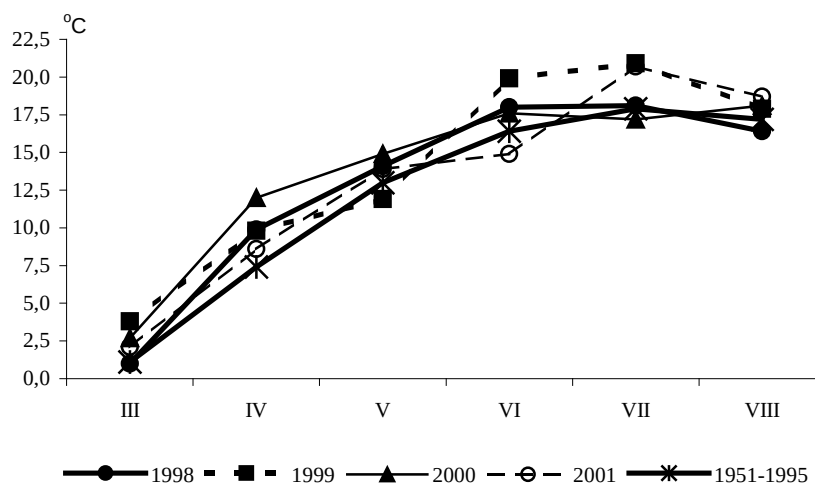


Rys. 1. Plon ziarna pszenżyta jarego (t·ha⁻¹) w latach 1998–2001
Fig. 1. The grain yields of spring triticale (t·ha⁻¹) in 1998–2001



Rys. 2. Miesięczne sumy opadów atmosferycznych wg Stacji Meteorologicznej w Uhrusku
Fig. 2. Monthly rainfalls acc. to Meteorological Station in Uhrusk

Można sądzić, że niskie plony w 2001 roku, były wynikiem niedoboru opadów wiosną, zwłaszcza w maju (rys. 2), co niewątpliwie zmniejszyło krzewistość roślin, a w rezultacie obsadę kłosów na 1 m². Natomiast średnie temperatury powietrza w latach badań nie różniły się znacząco, stąd można wnioskować, że nie różnicowały plonu ziarna (rys. 3).



Rys. 3. Średnie miesięczne temperatury powietrza wg Stacji Meteorologicznej w Uhrusku
Fig. 3. Average monthly air temperatures, acc. to Meteorological Station in Uhrusk

Zwiększony udział pszenżyta jarego w płodozmianie do 75 i 100% powodował istotną obniżkę plonu ziarna, w stosunku do płodozmianów A (25% pszenżyta) i B (50% pszenżyta) (tab. 1).

Tabela 1

Plon ziarna pszenżyta jarego w tha⁻¹ (1998–2001)
The grain yield of spring triticale in tha⁻¹ (1998–2001)

Płodozmian; udział pszenżyta w % Crop rotation; participation of triticale in %	Sposób pielęgnowania Care systems		Średnio Mean
	podstawowy basic care	intensywny intensive care	
A — 25	5,13	5,52	5,33
B — 50	4,98	5,28	5,13
C — 75	4,17	4,45	4,31
Monokultura Monoculture	3,29	3,27	3,28
Średnio Mean	4,39	4,63	—

NIR — LSD p = 0,05
 pomiędzy płodozmianami; for crop rotations = 0,16
 pomiędzy pielęgnowaniem; between care systems = 0,07
 płodozmian x pielęgnowanie; crop rotations x care systems = 0,23

W płodozmianach tych plony ziarna pszenżyta jarego były większe o 19,1% niż w płodozmianie C (75% pszenżyta) i o 38,4% niż w monokulturze. Zastosowane w pszenżycie chemiczne środki ochrony roślin istotnie zwiększały plon ziarna. Warto zaznaczyć, że chemiczna ochrona zasiewów przyniosła wzrost plonu w płodozmianach, zaś w monokulturze efektu plonotwórczego nie było. Związane to było z dużym porażeniem podstawy źdźbła przez *Gaeumannomyces graminis*, którego występowania nie ograniczały stosowane fungicydy (dane nie zamieszczone w pracy). W wyniku porażenia nastąpiła znaczna redukcja obsady kłosów, w stosunku do płodozmianów (tab. 2). Intensywna ochrona roślin zwiększała obsadę kłosów pszenżyta w największym stopniu w płodozmianach z małym udziałem w strukturze zasiewów.

Tabela 2

Liczba kłosów pszenżyta jarego na 1 m² (1998–2001)
Number of ears per 1 m² of spring triticale (1998–2001)

Płodozmian; udział pszenżyta w % Crop rotation; participation of triticale in %	Sposób pielęgnowania Care systems		Średnio Mean
	podstawowy basic care	intensywny intensive care	
A — 25	469,9	525,6	497,8
B — 50	447,1	477,5	462,3
C — 75	447,8	463,1	455,5
Monokultura Monoculture	402,0	398,8	400,4
Średnio Mean	441,7	466,2	—
NIR — LSD p = 0,05 pomiędzy płodozmianami; for crop rotations = 24,4 pomiędzy pielęgnowaniem; between care systems = 9,1 płodozmian x pielęgnowanie; crop rotations x care systems = 28,8			

Tabela 3

Masa ziarna z kłosa pszenżyta jarego w g (1998–2001)
Grain mass from ear of spring triticale in g (1998–2001)

Płodozmian; udział pszenżyta w % Crop rotation; participation of triticale in %	Sposób pielęgnowania Care systems		Średnio Mean
	podstawowy basic care	intensywny intensive care	
A — 25	1,09	1,04	1,07
B — 50	1,13	1,10	1,12
C — 75	0,96	0,97	0,97
Monokultura Monoculture	0,82	0,83	0,83
Średnio Mean	1,00	0,99	—
NIR — LSD p = 0,05 pomiędzy płodozmianami; for crop rotations = 0,05 pomiędzy pielęgnowaniem; between care systems = r.n. płodozmian x pielęgnowanie; crop rotations x care systems = r.n.			

Masa ziarna z kłosa malała wraz ze wzrostem udziału pszenżyta w płodozmianie (tab. 3). W monokulturze była ona istotnie mniejsza niż płodozmianach A i B odpowiednio o 22,4 i 25,9%, natomiast w odniesieniu do płodozmianu C o 14,4%. Zastosowane środki ochrony roślin nie różnicowały wartości tej cechy.

Liczba ziaren w kłosie pszenżyta jarego była istotnie większa w płodozmianie B niż na pozostałych obiektach (tab. 4). Użyte pestycydy, niezależnie od systemu następstwa roślin, istotnie zmniejszały wartość tej cechy (średnio o 3,9%), w stosunku do pielęgnowania podstawowego.

Masa 1000 ziaren zmniejszała się wraz ze wzrostem udziału pszenżyta w strukturze zasiewów (tab. 5). Zastosowane pestycydy zwiększały wartość tej cechy (średnio o 2,9%), w stosunku do obiektów pielęgnowanych podstawowo.

Tabela 4

Liczba ziaren w kłosie pszenżyta jarego (1998–2001)
Number of grains per ear of spring triticale (1998–2001)

Płodozmian; udział pszenżyta w % Crop rotation; participation of triticale in %	Sposób pielęgnowania Care systems		Średnio Mean
	podstawowy basic care	intensywny intensive care	
A — 25	28,1	25,9	27,0
B — 50	29,6	28,2	28,9
C — 75	27,6	27,3	27,4
Monokultura Monoculture	25,6	24,9	25,3
Średnio Mean	27,7	26,6	—
NIR — LSD $p = 0,05$ pomiędzy płodozmianami; for crop rotations = 2,1 pomiędzy pielęgnowaniem; between care systems = 0,8 płodozmian x pielęgnowanie; crop rotations x care systems = r.n.			

Tabela 5

Masa 1000 ziaren pszenżyta jarego w g (1998–2001)
Mass of 1000 grains of spring triticale in g (1998–2001)

Płodozmian; udział pszenżyta w % Crop rotation; participation of triticale in %	Sposób pielęgnowania Care system		Średnio Mean
	podstawowy basic care	intensywny intensive care	
A — 25	39,2	40,3	39,8
B — 50	39,1	39,4	39,3
C — 75	34,7	36,4	35,5
Monokultura Monoculture	32,6	34,0	33,3
Średnio Mean	36,4	37,5	—
NIR — LSD $p = 0,05$ pomiędzy płodozmianami; for crop rotations = 2,3 pomiędzy pielęgnowaniem; between care systems = 0,9 płodozmian x pielęgnowanie; crop rotations x care systems = r.n.			

Tabela 6

Współczynniki korelacji (r) między badanymi cechami pszenżyta jarego
Simple correlation coefficient (r) among features of spring triticales

Cechy Traits	Plon ziarna Yield of grain	Liczba kłosów na 1 m ² Number of ears per 1 m ²	Masa ziarna z kłosa Mass of grains per ear	Liczba ziaren w kłosie Number of grains in ear	Masa 1000 ziaren Mass of 1000 grains
płodozmian A crop rotation A					
Plon ziarna Yield of grain	1				
Liczba kłosów na 1 m ² Number of ears per 1 m ²	0,79*	1			
Masa ziarna z kłosa Mass of grains per ear	0,51*	-0,12	1		
Liczba ziaren w kłosie Number of grains in ear	-0,20	-0,67*	0,61*	1	
Masa 1000 ziaren Mass of 1000 grains	0,76*	0,68*	0,29	-0,57*	1
płodozmian B crop rotation B					
Plon ziarna Yield of grain	1				
Liczba kłosów na 1 m ² Number of ears per 1 m ²	0,81*	1			
Masa ziarna z kłosa Mass of grains per ear	-0,08	-0,64*	1		
Liczba ziaren w kłosie Number of grains in ear	-0,32	-0,75*	0,88*	1	
Masa 1000 ziaren Mass of 1000 grains	0,38	0,48	-0,30	-0,69*	1
płodozmian C crop rotation C					
Plon ziarna Yield of grain	1				
Liczba kłosów na 1 m ² Number of ears per 1 m ²	0,19	1			
Masa ziarna z kłosa Mass of grains per ear	0,28	-0,87*	1		
Liczba ziaren w kłosie Number of grains in ear	0,10	-0,83*	0,88*	1	
Masa 1000 ziaren Mass of 1000 grains	0,14	0,41	-0,33	-0,74*	1
monokultura monoculture					
Plon ziarna Yield of grain	1				
Liczba kłosów na 1 m ² Number of ears per 1 m ²	0,32	1			
Masa ziarna z kłosa Mass of grains per ear	0,73*	-0,40	1		
Liczba ziaren w kłosie Number of grains in ear	0,36	-0,19	0,52*	1	
Masa 1000 ziaren Mass of 1000 grains	0,23	-0,14	0,29	-0,65*	1

* Istotne współczynniki korelacji (p = 0,05); Significant correlation coefficient (p = 0.05)

W określeniu zależności między plonem a jego składowymi najczęściej stosowaną metodą jest analiza korelacji prostej (Zajac i in., 1998). Zależności te mają różne natężenie i niekiedy przeciwne znaki, zaś związki między plonem i jego składowymi zależą od właściwości siedliska (Gierdziewicz i Zajac, 1999). W niniejszych badaniach plon ziarna pszenżyta w płodozmianie A był ściśle skorelowany z liczbą kłosów na 1 m² ($r = 0,79$), masą 1000 ziaren ($r = 0,76$) i masą ziarna z kłosa ($r = 0,51$) (tab. 6). Istotny dodatni związek stwierdzono również między obsadą kłosów na 1 m² a dorodnością ziarna ($r = 0,68$) oraz między masą ziarna z kłosa i liczbą ziaren w kłosie ($r = 0,61$). Natomiast zwiększenie obsady kłosów na 1 m² ujemnie wpływało na liczbę ziaren w kłosie ($r = -0,67$). Również większa liczba ziaren w kłosie zmniejszała masę 1000 ziaren ($r = -0,57$).

W płodozmianie B plon ziarna dodatnio był skorelowany z liczbą kłosów na 1 m² ($r = 0,81$). Istotną dodatnią zależność stwierdzono także między liczbą ziaren w kłosie a masą ziarna z kłosa ($r = 0,88$). Obsada kłosów na jednostce powierzchni była ujemnie skorelowana z masą i liczbą ziaren w kłosie, a liczba ziaren w kłosie z masą 1000 ziaren ($r = -0,69$).

W płodozmianie C dodatnią korelację stwierdzono jedynie między liczbą ziaren w kłosie i masą ziarna z kłosa. Ujemne wartości współczynników korelacji stwierdzono między obsadą kłosów na 1 m² a masą ziarna z kłosa i liczbą ziaren w kłosie oraz między liczbą ziaren w kłosie i masą 1000 ziaren.

W monokulturze plon ziarna był dodatnio związany z liczbą kłosów na 1 m², a masa ziarna z kłosa z liczbą ziaren w kłosie. Liczba ziaren w kłosie skorelowana była ujemnie z masą 1000 ziaren (tab. 6).

WNIOSKI

1. Plon ziarna pszenżyta jarego zależał od jego udziału w strukturze zasiewów i intensywności ochrony zasiewów.
2. Zwiększenie udziału pszenżyta jarego w płodozmianie do 75 i 100% istotnie obniżało plon ziarna, w stosunku do płodozmianów z 25 i 50%. Zniżka plonu ziarna powodowana była obniżką obsady kłosów i mniejszą masą ziarna z kłosa.
3. Intensywna ochrona roślin zwiększała plon ziarna pszenżyta jarego w płodozmianach z małym jego udziałem w strukturze zasiewów, natomiast nie miała wpływu na plon w uprawie monokulturowej.

LITERATURA

- Gierdziewicz M., Zajac T. 1999. Porównanie metod szacowania siły związku między plonem ziarna pszenżyta ozimego a jego elementami strukturalnymi. *Pam. Puł.* 114: 111 — 118.
- Koc J., Domska D. 1993. Plonowanie pszenżyta jarego zależnie od przedplonu i nawożenia. *Fragm. Agron.* 4: 63 — 64.
- Michalski T. 1997. Zdrowotność i plonowanie pszenżyta jarego i pszenicy w zależności od sposobów ochrony roślin. *Zesz. Nauk AR w Szczecinie*, 175, *Rolnictwo* 65: 283 — 287.
- Parylak D. 1997. Zachwaszczenie pszenżyta ozimego w narastającej monokulturze. *Zesz. Nauk. AR Szczecin*, 175, *Rolnictwo* 65: 299 — 305.

- Pawłowski F., Woźniak A. 1996. Wpływ zróżnicowanego udziału pszenżyta ozimego w płodozmianie i sposobu pielęgnowania na porażenie roślin przez choroby podstawy źdźbła. *Rocz. Nauk Rol., ser. A*, t. 112, z. 1/2: 45 — 51.
- Pawłowski F., Woźniak A. 2000. Następczy wpływ pszenżyta ozimego uprawianego w płodozmianie i monokulturze na zachwaszczenie pszenżyta jarego. *Ann. UMCS, sect. E*, vol. LV, supp.18: 151 — 160.
- Rudnicki F., Jaskulski D., Kotwica K. 1996. Zależność plonu pszenżyta jarego od gęstości siewu i ilości opadów. *Mat. Konf. Nauk. „Hodowla, uprawa i wykorzystanie pszenżyta”*. Wyd. AR Szczecin: 92.
- Ścigalska B. 1997. Plonowanie pszenżyta jarego w pięcioletniej monokulturze i w płodozmianie. *Zesz. Nauk. AR Szczecin*, 175, *Rolnictwo* 65: 457 — 461.
- Woźniak A. 1999. Plonowanie jarych form pszenżyta, pszenicy i jęczmienia w płodozmianie i monokulturze. *Biul. IHAR*, 210: 21 — 27.
- Woźniak A. 2000. Plonowanie pszenicy jarej i pszenżyta jarego w płodozmianie i monokulturze. *Biul. IHAR*, 215: 81 — 90.
- Woźniak A. 2001. Studia nad plonowaniem, zachwaszczeniem i zdrowotnością pszenżyta jarego, pszenicy jarej oraz jęczmienia jarego w płodozmianach i krótkotrwałej monokulturze na glebie rędzinowej środkowowschodniej Lubelszczyzny. *Wyd. AR Lublin, Rozprawy Naukowe*, z. 247.
- Zadoks J.C., Chang T.T., Konzak C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14: 415 — 421.
- Zajac T., Szafranski W., Oleksy A., Witkowicz R. 1998. Indywidualny wkład komponentów plonu ziarna z jednostki powierzchni i z kłosa pszenicy jarej uprawianej po różnych przedplonach. *Fragm. Agron.* 4: 76 — 87.

KRZYSZTOF KLIMONTKrajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Wpływ naświetlania laserem nasion na plon ziarna i wartość siewną ziarna jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.)*

The influence of the laser biostimulation on the yield and seed quality of spring barley (*Hordeum vulgare* L.)

Badano wpływ światła lasera na plon i wartość siewną ziarna jęczmienia odmian Rataj i Klimek. Nasiona poddano obróbce promieniami lasera helowo-neonowego (He-Ne) emitującego wiązkę promieni czerwonych o długości fali 632,8 nm. Badania laboratoryjne i polowe prowadzono wykorzystując nasiona kontrolne i naświetlane wiązką rozbieżną lasera He-Ne o mocy 4 mW/cm² z użyciem trzech różnych dawek krotności promieniowania (2, 4, 6). Przed siewem w warunkach laboratoryjnych określono: zdolność kiełkowania, zdrowotność nasion oraz wigor nasion i siewek. Natomiast po zbiorze zbadano zdolność kiełkowania i skład chemiczny nasion, które wyrosły zarówno z nasion naświetlanych jak i nie naświetlanych. W polu określono: produktywność roślin z poletka, obsadę roślin na 1 m², wysokość roślin, długość kłosa, liczbę ziarniaków w kłosie oraz masę tysiąca ziarniaków. Przedsiewna biostymulacja nasion promieniami lasera obydwu odmian jęczmienia jarego oddziaływała korzystnie na produktywność roślin, a wyższe dawki energii cztero- i sześciokrotna wpłynęły istotnie w przypadku odmiany Klimek. Przedsiewne traktowanie nasion światłem lasera różnicowało strukturę plonu roślin. Światło lasera stymulowało wysokość roślin i MTN (odm. Klimek). Wschody polowe nasion poddanych działaniu światła lasera były zróżnicowane w zależności od odmiany, krotności naświetleń i warunków agrometeorologicznych. Zdolność kiełkowania nasion badanych odmian w zasadzie nie uległa zmianom pod wpływem zróżnicowanych poziomów energii światła laserowego. Natomiast nasiona zebrane z roślin, które wyrosły z nasion laserowanych odznaczały się lepszą zdolnością kiełkowania w stosunku do roślin, które wyrosły z nasion nie naświetlonych. Żywotność nasion poddanych obróbce promieni lasera była niższa. Siewki wyrosłe z nasion poddanych obróbce promieni lasera gromadziły mniej suchej masy niż otrzymane z nasion kontrolnych. W warunkach testu przyspieszonego starzenia, nasiona obydwu odmian jęczmienia poddane biostymulacji miały wyższy wigor. Test przyspieszonego starzenia wykazał procentowy wzrost nasion wigorowych obydwu odmian jęczmienia po zabiegu naświetlania laserem i kiełkujących normalnie (odm. Rataj). Test wzrostowy wykazał, że podwójna dawka wpływa na przyrost plumuli, a wszystkie krotności naświetleń nie modyfikują długości korzenia. Testy tetrazolinowe wykazały, że dawki energii użyte do naświetlania nasion jęczmienia obniżyły ich wigor. Natomiast odnotowano, że

* Badania przeprowadzono w ramach projektu badawczego Nr 5P06B 03713, finansowanego przez Komitet Badań Naukowych

najwyższa sześciokrotna dawka energii światła laserowego wykazała tendencję do ograniczania występujących patogenów na nasionach odmiany Klimek. Przedsiewne naświetlanie nasion nie wpływało na zawartość białka i skrobi w zebranych ziarnie, ale spowodowało wzrost włókna w ziarniakach odmiany Rataj.

Słowa kluczowe: biostymulacja, jęczmień, laser, ziarno, plon

The effect of the laser light on seeds sowing value and yield of Rataj and Klimek barley cultivars was examined. Seeds were exposed to He-Ne laser light with the wave length of 632.8 nm and the power of 4 mW/cm². Laboratory and field experiments were conducted using control seeds and seeds irradiated with three (doses: double, fourfold and sixfold) of laser light. Before sowing, standard germination, seed health and seedling vigour were determined. After harvest the sowing value and chemical composition of seeds derived from plants grown from biostimulated and non-biostimulated seeds were assessed. In the field experiments the following parameters were determined: the seed yield and its structure plants/m², height of plants, ear length, number of the kernels in the ear and thousand seeds weight. Pre-sowing biostimulation of seeds of both cultivars favourably affected the yield, and fourfold and six fold doses of irradiation caused significant yield increase of Klimek cultivar. Pre-sowing seed treatment with laser light influenced yield structure. The stimulating effect of laser on height of plants and thousand seeds weight (cv. Klimek) was noticed. Field emergence of irradiated seeds depended on the cultivar, irradiation dose and weather conditions in the year of harvest. There were no differences in germination capacity of seeds irradiated with different doses. However germination capacity of seeds harvested from plants grown from biostimulated seeds was higher than from non-irradiated. Viability of seeds that were exposed to laser light was lower. Seedlings grown from irradiated seeds cumulated less dry weight than that from control seeds. In both cultivars the accelerated ageing test showed the percentage increase of vigorous seeds and germinating seeds (cv. Rataj) after laser irradiation. Growth test showed that double dose influenced favourably growth of plumula, and all doses of irradiation did not modify the length of root. Tetrazolium tests showed, that irradiated barley seeds lowered their vigour. The highest six fold dose tend to limit the occurrence of pathogens in seeds of Klimek cultivar. Pre-sowing seeds irradiation did not affect the protein and starch content, but increased the fibre content in seeds of cv. Rataj.

Key words: biostimulation, barley, laser, germination, seed, yield

WSTĘP

Zastosowanie energii światła lasera He-Ne wymaga określenia jego wpływu na plon i jego strukturę oraz wartość siewną i skład chemiczny nasion. Metoda przedsiewnego traktowania nasion światłem lasera wykorzystuje zjawisko fizyczne polegające na zdolności pochłaniania i magazynowania energii świetlnej przez komórki i tkanki roślinne. Takimi właściwościami charakteryzują się również nasiona, które mają zdolność pochłaniania energii świetlnej i przekształcania jej w energię chemiczną, którą można magazynować i wykorzystywać w późniejszym wzroście, co zwiększa potencjał energetyczny nasion (Gładyszewska i in., 1998). Wyniki niektórych badań pokazują, że biostymulacja nasion laserem może mieć wpływ na plon nasion zarówno roślin rolniczych, jak i warzywnych, strukturę plonu, odporność na choroby (Dziamba i Koper, 1992; Inyushin i in., 1981; Koper i in., 1996; Gładyszewska i in., 1998; Klimont i in., 1999; Prażak 1999; Podleśny, 2000; Klimont, 2001).

Inne doniesienia wskazują na fakt, że światło lasera pozytywnie oddziałuje na energię i zdolność kiełkowania pszenicy, fasoli, ogórków, pomidorów, łubinu białego i rzodkiewki, a efekt oddziaływania zależał od gatunku rośliny, odmiany, wielkości dawki użytej energii

oraz warunków agrometeorologicznych (Wilde i in., 1969; Gładyszewska, 1999; Szyrmer i Klimont, 1999; Klimont i in., 1999; Podleśny, 1999). Suchorska (1989) uzyskała przyrost masy siewek dwóch ważnych roślin leczniczych po zabiegu napromieniowania laserem, a Klimont (2001) wykazał poprawę niektórych wskaźników wigoru nasion i siewek u fasoli i grochu. Badania Zubala (1990) wykazały poprawę wschodów zbóż i grochów naświetlanych nasion, co nie wpływało na wzrost plonu, natomiast, Klimont (2001) akcentował pozytywny wpływ przedsewnej biostymulacji nasion na poprawę wschodów polowych, co przekładało się na wzrost plonu nasion zbieranych z roślin wyrosłych z naświetlanych nasion.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu przedsewnej biostymulacji nasion czerwonym światłem lasera He-Ne na produktywność roślin i ich cechy morfologiczne oraz wartość siewną nasion, skład chemiczny i zdrowotność ziarna dwóch odmian jęczmienia jarego.

MATERIAŁ I METODY

Badania były przeprowadzone w Laboratorium Technologicznym Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Sandomierzu w latach 1998–2000. Badano nasiona i rośliny jęczmienia jarego odmian Rataj (dwurzędowy) i Klimek (wielorzędowy). Nasiona dwóch odmian jęczmienia naświetlano promieniami lasera helowo-neonowego (He-Ne), który emituje promienie czerwone o długości 632,8 nm. Gęstość powierzchniowa mocy rozbieżnej wiązki lasera wynosiła 4 mW/cm² (przy założeniu, że czas naświetleń nasion był równy ok. 0,1 s) w miejscu kontaktu z nasionami. Naświetlanie nasion nastąpiło podczas ich swobodnego spadku w obszarze wiązki rozbieżnej lasera, konstrukcji Kopera i Dygdały (1994). W eksperymencie zastosowano 4 warianty: bez naświetlania (wariant kontrolny) i trzy naświetlania (krotność naświetleń: 2, 4 i 6). Doświadczenie składało się z dwóch części:

- I. W warunkach laboratoryjnych określono zdolność kiełkowania (dwukrotnie po 4 i 7 dniach) wg ISTA (1996). Wigor nasion i siewek określono także wg ISTA (1995), przy zastosowaniu testu wzrostowego Perre'go, przyspieszonego starzenia (AA-test), cold-testu. Określono również, żywotność nasion i procentowy udział nasion wysokowigorowych przy pomocy topograficznego testu tetrazolinowego (ISTA, 1995). Wykonano także ocenę zdrowotności nasion wg ISTA (1996). Po zbiorach określono zdolność kiełkowania nasion, które wydały rośliny wyrosłe z naświetlanych i nie naświetlanych nasion. Określono również zawartość w nasionach białka, skrobi i włókna. W każdym roku prowadzenia eksperymentu naświetlano i wysiewano inne nasiona jęczmienia pochodzące od tego samego hodowcy w tym samym stopniu kwalifikacji.
- II. Drugą część biostymulowanych nasion przeznaczono do wysiewu w warunkach polowych. Doświadczenie polowe założono w Obrazowie jako 2 oddzielne doświadczenia (odm. Rataj i Klimek) metodą bloków losowanych w 4 powtórzeniach, powierzchnia poletka wyniosła 1 m². Eksperyment założono na czarnoziemie zdegradowanym, wytworzonym z lessu. Przed siewem, pole uprawiano zgodnie z

przyjętymi zasadami agrotechniki dla jęczmienia jarego. Siewu dokonywano ręcznie w następujących terminach: 09. 04. 1998, 09. 04. 1999, 13. 04. 2000. Norma wysiewu wynosiła od 165 do 175 kg/ha w zależności od żywotności nasion, gwarantując obsadę 350–380 nasion kiełkujących na 1 m². Do siewu używano nasion zaprawianych zaprawą nasienną T. Oceniano obsadę roślin na 1 m², produktywność roślin w postaci ziarna, wysokość roślin, długość kłosa, liczbę ziarniaków w kłosie i masę 1000 nasion. Pomiary biometryczne roślin dotyczące cech morfologicznych oraz struktury plonu przeprowadzono na pobranych losowo przed zbiorem 10 roślinach z każdego poletka. Zbierano ręcznie w fazie pełnej dojrzałości nasion, a następnie młócono kombajnem poletkowym. Warunki meteorologiczne w okresie prowadzenia badań były zróżnicowane i wpływały na wyniki uzyskiwane corocznie (tab. 1). Pierwszy rok badań (1998) był w zasadzie chłodny i wilgotny z obfitymi opadami w okresie wschodów, krzewienia i umiarkowany w okresie nalewania ziarna, co korzystnie wpłynęło na przebieg wegetacji i plon nasion, drugi rok (1999), bardziej skąpy w opady w okresie wschodów i krzewienia z wysokimi opadami w czerwcu z wysoką temperaturą lipca był mniej korzystny niż poprzedni dla obydwu jęczmion; trzeci 2000 rok z ciepłą, ale zbyt suchą wiosną oraz mokrym latem był najmniej sprzyjający wegetacji jęczmion, co skutkowało najniższym plonem ziarna.

Do obliczeń statystycznych wykorzystano analizę wariancji, a różnice między średnimi oceniono testem Tukeya przy NIR ($\alpha = 0,05$).

Tabela 1

Przebieg warunków atmosferycznych w okresie wegetacji jęczmienia jarego w latach 1998–2000
Meteorological condition during growing seasons 1998–2000

Miesiąc Month	Temperatura (°C) Temperature (°C)			Opady (mm) Rainfalls (mm)		
	1998	1999	2000	1998	1999	2000
Kwiecień — April	10,6	10,1	12,5	91,7	78,0	38,5
Maj — May	14,3	12,9	15,6	57,7	30,6	54,0
Czerwiec — June	17,9	18,1	16,3	116,1	165,0	65,1
Lipiec — July	18,2	20,1	16,8	95,5	94,7	134,8
Sierpień — August	16,9	17,4	18,7	86,8	39,1	50,2
Wrzesień — September	13,2	15,9	12,1	47,3	13,2	50,8

WYNIKI

Produktywność roślin z poletka, obsada roślin oraz niektóre cechy morfologiczne jęczmienia

Analizując średni plon nasion z poletka (produktywność) jęczmienia odmiany Rataj stwierdza się, że każda z dawek użytych do przedsiewnego naświetlania nasion wpłynęła istotnie na podniesienie wartości tej cechy. W odniesieniu do kontroli (tab. 2) odmiana Klimek reagowała zwiększeniem produktywności z poletka na wszystkie stosowane dawki laserowej biostymulacji nasion przy czym jej zwwyżki powodowane przez dawkę cztero- i sześciokrotną udowodniono statystycznie jako istotne i wynosiły one odpowiednio 29,5% oraz 32,6% w porównaniu z plonowaniem kontrolnym. Natomiast w przypadku odmiany Rataj zauważono tylko znaczące tendencje w kierunku zwiększenia produktywności roślin

z poletka. Obydwie badane odmiany Rataj i Klimek najobficiej plonowały w 1998 roku odpowiednio 0,67 i 0,69 kg/m², a najslabiej w 2000 roku, bo tylko 0,34 kg/m². Obsada roślin jęczmienia odmiany Rataj rosła (choć nie istotnie) pod wpływem kolejnych wzrastających dawek energii światła laserowego, którym obrabiano nasiona. Również obsada drugiej odmiany jęczmienia — Klimek była różnicowana przez wielkość energii użytej do przedsięwzięcia laserowania nasion i była zmienna w latach badań.

Tabela 2

Wpływ biostymulacji światła lasera na plon nasion i elementy struktury plonu roślin jęczmienia jarego odmiany Rataj i Klimek (1998–2000)
The effect of laser biostimulation on grain yield and its elements of spring barley, var. Rataj and Klimek (1998–2000)

Krotność naświetleń Doses of irradiation	Cechy Traits									
	Plon nasion z poletka Seed yield /plot kg/m ²		Wysokość roślin Height of plants (cm)		Długość kłosa length of ear (cm)		Liczba ziarniaków w kłosie Number of kernels per ear		Masa tysiąca ziarniaków Weight of 1000 kernels (g)	
	R	K	R	K	R	K	R	K	R	K
0 — kontrola; control	0,456	0,417	57,5	63,2	8,6	6,8	22,5	43,8	49,4	50,4
2	0,481	0,531	60,6	66,3	8,2	7,0	22,4	45,9	49,9	52,8
4	0,478	0,540	62,6	66,7	8,1	6,9	22,5	45,7	50,5	52,9
6	0,509	0,552	61,5	64,8	8,4	6,7	22,6	45,9	49,1	51,4
NIR ($\alpha = 0,05$)										
LSD $\alpha = 0,05$	0,059	0,122	7,9	6,0	0,8	0,6	1,5	3,4	2,8	2,9

R — Odmiana Rataj; R — Rataj variety

K — Odmiana Klimek; K — Klimek variety

Wysokość badanych roślin obydwu odmian jęczmienia nie ulegała istotnej zmianie pod wpływem żadnej z dawek energii światła lasera wykorzystanej do przedsięwzięcia biostymulacji nasion z których wyrosły badane rośliny, ale obserwowano wyraźne tendencje w kierunku stymulacji ich wzrostu (tab. 2). Warunki pogodowe w latach badań istotnie różnicowały wartość tej cechy.

Również kłosa, które wydały rośliny obydwu odmian wyrosłe z biostymulowanych różnymi dawkami energii ziarniaków nie różniły się istotnie długością w porównaniu z kontrolą (tab. 2). Tylko zmienne warunki pogodowe w latach wpływały na to, że w 1998 roku rośliny odmiany Rataj wytworzyły kłosa średniej długości 8,9 cm, istotnie dłuższe niż w 2000 roku (7,2 cm). Również kłosa roślin odmiany Klimek podobnie jak Rataj były najdłuższe w 1998 roku, a najkrótsze w 2000.

Liczba ziarniaków w kłosie jęczmienia odmiany Rataj i Klimek nie ulegała zmianom pod wpływem zróżnicowanych dawek przedsięwzięcia naświetlania nasion (tab. 2). Najkorzystniejsze warunki do zawiązywania ziarniaków w kłosie przez rośliny odmiany Rataj i Klimek panowały w 1999, w którym każdy kłos zawierał średnio odpowiednio 24,2 i 46,1 sztuk nasion, a najmniej korzystny okazał się rok 2000 dla odmian Rataj i 1998 dla odmiany Klimek.

Masa 1000 ziarniaków (MTZ) obydwu odmian jęczmienia: Rataj i Klimek zebranych z kombinacji przedsięwzięcia traktowanych laserem była wyższa (choć nieistotnie) w

porównaniu do kontrolnych, odpowiednio 49,4 oraz 50,4 g (tab. 2). Również warunki pogodowe istotnie wpływały na MTZ obydwu testowanych odmian jęczmienia. Najdородniejsze ziarniaki dla Rataja i Klimka uzyskano w pierwszym roku badań (1998), a ich MTZ wynosiła odpowiednio 52,0 oraz 52,9 g, drobniejsze w 2000 roku 49,4 oraz 49,9 g, a najdrobniejsze w 1999 roku 47,8 i 49,9 g.

Wartość siewna nasion

Przedśiewne laserowanie nasion jęczmienia wpłynęło na zróżnicowanie zdolności kiełkowania ocenianej po 4 dniach, przy czym czterokrotna aplikowana dawka światła istotnie stymulowała jego wzrost u obydwu odmian jęczmienia. Pozostałe warianty naświetleń wpływały na spadek wartości tej cechy (tab. 3). Zdolność kiełkowania nasion badanych odmian określana po 7 dniach w zasadzie nie uległa zmianom pod wpływem zróżnicowanych poziomów energii światła laserowego (tab. 3).

Tabela 3

Wpływ biostymulacji lasera na energię i zdolność kiełkowania nasion jęczmienia jarego Rataj i Klimek (test przed siewem oraz test po zbiorze (1998–2000))
The effect of laser biostimulation on seed germination of spring barley var. Rataj and Klimek (test before sowing and after harvest test (1998–2000))

Krotność naświetleń Doses of irradiation	Cechy Traits							
	Test przed siewem Test before sowing				Test po zbiorze Test after harvest			
	Pierwsze liczenie po 4 dniach Firest count (%)		Zdolność kiełkowania (liczenie po 7 dniach) Germination capacity final count (%)		Pierwsze liczenie po 4 dniach Firest count (%)		Zdolność kiełkowania (liczenie po 7 dniach) Germination capacity final count (%)	
	Rataj	Klimek	Rataj	Klimek	Rataj	Klimek	Rataj	Klimek
0 — kontrola; control	67,3	66,2	88,4	81,6	81,3	84,9	87,7	88,9
2	33,0	50,2	89,2	82,8	84,7	86,4	90,1	89,7
4	76,6	74,0	88,1	80,2	83,5	85,2	90,0	89,6
6	48,8	61,6	87,4	76,4	81,6	85,2	94,0	89,9
NIR ($\alpha = 0,05$)	7,2	5,7	3,8	10,0	6,4	5,7	13,7	2,8
LSD $\alpha = 0,05$								

Test wzrostowy oceniający przyrost długości plumuli i korzenia głównego jęczmienia wykazał, że tylko podwójna dawka użyta do naświetlania nasion jęczmienia wpłynęła istotnie na zwiększenie długości plumuli odmiany Rataj i nieistotnie odmiany Klimek (tab. 4). Dawki wyższe, tj. czterokrotna i sześciokrotna wpłynęły hamująco na długość plumuli obydwu odmian jęczmienia. Przyrost korzeni siewek odmiany Rataj i Klimek nie ulegał zmianie wskutek naświetlania nasion w stosunku do siewek kontrolnych, ale wystąpiły istotne różnice we wzajemnym oddziaływaniu poszczególnych dawek, dotyczy to zwłaszcza odmiany Klimek.

Test wigorowy, który ocenia tempo wzrostu całkowitej suchej masy siewek wykazywał istotny jej spadek u odmiany Klimek w odniesieniu do kontroli po uprzednim naświetleniu nasion dawką dwu- i sześciokrotną. Natomiast w przypadku odmiany Rataj, obniżka masy siewek przy tych samych wariantach naświetleń była nieistotna (tab. 4). Warunki

pogodowe w latach badań oddziaływały na wyniki tego testu, dotyczyło to głównie nasion odmiany Rataj.

Tabela 4

Wpływ biostymulacji światła lasera na wartość siewną nasion jęczmienia jarego odmiany Rataj i Klimek (1998–2000)
The effect of laser biostimulation on seed sowing value of spring barley var. Rataj and Klimek (1998–2000)

Krotność naświetleń Doses of irradiation	Cechy Traits													
	Test wzrostowy Seedling growth test				Sucha masa siewek Dry weight of seedling (g)		Test przyspieszonego starzenia Accelerated Ageing-test				Żywotność Viability (%)		Topograficzny test wigorowy Topographical tetrazolium test (%)	
	Długość Hipokotylu (plumula) Lenght of hypocotyl (mm)		Długość najdłuższego korzenia Length of highest root (mm)				Kielkowanie po 5 dniach Germination after 5 days (%)		Kielkowanie po 9 dniach Germination after 9 days (%)					
	R	K	R	K			R	K	R	K				
	0 — kontrola; control	79,4	101,6	162,4	175,3	0,313	0,330	32,2	71,3	54,9	87,5	88,0	84,7	40,3
2	88,2	103,9	171,5	185,3	0,294	0,283	39,1	78,2	64,9	83,5	83,0	88,0	38,0	36,3
4	72,8	84,5	170,0	165,7	0,315	0,292	38,2	70,2	66,4	72,5	74,0	70,7	5,3	7,7
6	74,6	88,5	169,7	167,4	0,282	0,281	30,2	72,7	74,0	82,4	46,3	27,0	0,1	0,1
NIR ($\alpha = 0,05$)														
LSD $\alpha = 0,05$	7,9	6,8	18,3	16,3	0,043	0,042	7,7	11,9	7,8	12,2	16,2	14,8	6,5	8,9
R — Omiara Rataj; R — Rataj variety														

R — Omiana Rataj; R — Rataj variety

K — Odmiana Klimek; K — Klimek variety

W warunkach testu przyspieszonego starzenia (AA-test) nasiona obu odmian jęczmienia naświetlane podwójną dawką energii lasera wykazały wyższy (ale nieistotnie) wigor w porównaniu z nasionami kontrolnymi. W przypadku odmiany Rataj był on jednocześnie istotnie wyższy w stosunku do nasion poddanych sześciokrotnej porcji światła laserowego (tab. 4).

Test tetrazolinowy pokazał, że najwyższa sześciokrotna porcja energii światła lasera istotnie ograniczała procent żywotności nasion u odmiany Rataj i Klimek (tab. 4).

Topograficzny test tetrazolinowy wykazał, że wyższe dawki użyte do przedsiewnego naświetlania nasion jęczmienia obniżały ich wigor w porównaniu do kontrolnych (tab. 4).

Badając wartość siewną ziarniaków obydwu jęczmion zebranych z roślin, które wyrosły z naświetlanych nasion, odnotowano, że ich zdolność kiełkowania określona w pierwszym terminie, nieznacznie (nieistotnie) wzrosła w porównaniu do nasion nie naświetlanych. Natomiast końcowa zdolność kiełkowania tych ziarniaków u odm. Rataj, wyraźnie uległa poprawie i w przypadku dawki sześciokrotnej wzrost ten wynosił nawet ponad 6%, pozostałe dwa warianty naświetleń powodowały poprawę kiełkowania nasion tej odmiany tylko rzędu 3%.

Zdrowotność i skład chemiczny nasion

Przeprowadzone trzyletnie analizy zdrowotności ziarniaków jęczmienia na obecność czynników chorobotwórczych: *Drechslera graminea* (Rob.) Schoem. (plamistość siatkowa) i *Bipolaris Sorokiniana* (Sacc.) Shoem. (zgorzel siewek), które są przyczyną głównych

chorób jęczmienia wykazywały, że tylko sześciokrotna dawka energii światła laserowego widocznie ograniczyła występowanie patogenów na nasionach odmiany Klimek, pozostałe dwie dawki nie wpływały w sposób wyraźny na stopień porażenia ziarniaków przez patogeny, chociaż obserwowano różnice w nasileniu infekcji w latach badań.

Zawartość białka i skrobi w nasionach jęczmienia zależała od odmiany (tab. 5). Przeciętnie w badanym okresie więcej białka gromadziły ziarniaki odmiany Rataj — 12,96% niż Klimek — 12,29%, natomiast średnia zawartość skrobi w nasionach obydwu testowanych odmian była zbliżona i wynosiła ok. 50,50%. Użyte w doświadczeniu porcje energii do przedśiewnego naświetlania nasion nie wpływały w sposób istotny na zawartość białka i skrobi w ziarniakach zebranych z roślin, które wyrosły z poddanych obróbce promieniami lasera nasion. Dwukrotne i czterokrotne przedśiewne laserowanie nasion spowodowało istotny wzrost zawartości włókna w zbieranych ziarniakach odmiany Rataj, natomiast w ziarniakach odmiany Klimek, takich zmian nie odnotowano. Warunki pogodowe obserwowane w latach badań istotnie różnicowały zawartość skrobi i włókna w ziarniakach jęczmienia nie wpływając w zasadzie na zawartość białka.

Tabela 5

Wpływ biostymulacji lasera na zawartość białka, skrobi i włókna w ziarniakach jęczmienia jarego odmian Rataj i Klimek 1998–2000 (test po zbiorze)
The effect of laser biostimulation on protein, starch and fibre content in spring barley seeds, 1998–2000 (after harvest test)

Krotność naświetleń Doses of irradiation	Cechy Traits					
	Zawartość białka (%) Protein content (%)		Skrobia (%) Starch (%)		Włókno (%) Fibre (%)	
	Rataj	Klimek	Rataj	Klimek	Rataj	Klimek
0 — kontrola; control	12,65	12,51	51,49	50,42	4,66	5,25
2	13,02	12,38	50,48	50,12	5,08	5,33
4	13,18	12,33	48,64	51,12	5,05	5,28
6	12,98	11,94	50,87	50,48	4,92	5,22
NIR α = 0,05						
LDS α = 0,05	0,58	0,60	4,89	1,43	0,31	0,40

DYSKUSJA

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że przedśiewna biostymulacja nasion wielorzędowej odmiany jęczmienia Klimek pozytywnie wpłynęła na produktywność roślin z poletka. Fakt ten należałoby rozpatrywać w powiązaniu ze wzrostem długości kłosa, liczbą ziarniaków w kłosie i masą 1000 ziarniaków jako głównych elementów plonotwórczych przy prawie nie zmienionej obsadzie roślin. Druga badana odmiana (dwurzędowa) Rataj nie reagowała istotnym wzrostem produktywności roślin z poletka na przedśiewną obróbkę laserem nasion. Być może istniejące różnice genotypowe powodują odmienną reakcję na energię światła lasera. Pozytywny wpływ przedśiewnego laserowania ziarna zbóż na plon zauważył (Koper, 1993; Rybiński i in., 1993; Koper i in., 1996), stwierdzając, że przyrosty plonu jęczmienia jarego pod wpływem przedśiewnej biostymulacji materiału siewnego może sięgać 10–25%, a pszenicy jarej nawet do 30%.

Naświetlanie przedsiewne nasion jęczmienia stymuluje kiełkowanie nasion określane po 4 dniach, jednakże tylko w przypadku jednej dawki w odmianie Rataj, przenosi się to na widoczny wzrost ich zdolności kiełkowania ocenianej po 7 dniach, która to cecha jest ważnym miernikiem wartości siewnej nasion. Również Drozd i wsp. (1997) obserwowali polepszenie kiełkowania ziarniaków zbóż po ich naświetleniu światłem lasera helowo-neonowego. Pozostałe testy wigorowe, którym poddano ziarniaki jęczmienia prawie wszystkie, za wyjątkiem testu przyśpieszonego starzenia wykazują mniejszy lub większy spadek wigoru bądź żywotności ziarniaków, co przy braku zmian zdolności kiełkowania nasion biostymulowanych i dobrych wschodach polowych może sugerować, że nie są one zbyt precyzyjne i w pełni przydatne do prowadzonych badań. Podobne wyniki uzyskał autor ale w przypadku roślin strączkowych (Klimont, 2001).

Nie odnotowano w zasadzie zmian w składzie chemicznym ziarna jęczmienia zebranego z roślin wyrosłych z biostymulowanych nasion, co potwierdzą dane literaturowe (Koper, 1993).

WNIOSKI

1. Wszystkie dawki energii lasera zastosowane do przedsiewnej biostymulacji nasion jęczmienia obydwu badanych odmian, wpływały na przyrost produktywności roślin uzyskanych na mikropoletkach, przy czym w przypadku odmiany Klimek efekt ten był bardziej widoczny.
2. Zmienne porcje energii aplikowane przedsiewnie na nasiona obydwu odmian jęczmienia stymulowały wysokość wyrosłych z nich roślin, długość wytworzonych kłosów i liczbę ziarniaków w kłosie, zwłaszcza u odmiany Klimek, a także masę tysiąca ziarniaków.
3. Wartość siewna nasion jęczmienia, poddanych obróbce promieniem lasera, oceniana testami wigorowymi była zróżnicowana i zależała od odmiany, krotności naświetleń, warunków pogodowych w latach badań, a przede wszystkim rodzaju użytego testu.
4. Trzyletnie obserwacje wykazały tendencje w kierunku ograniczenia występowania patogenów na ziarniakach odmiany Klimek poddanych zabiegowi laserowania.
5. Ziarniaki odmiany Rataj gromadziły przeciętnie więcej białka niż odmiana Klimek, zawartość skrobi była podobna w obydwu odmianach, natomiast niższe dawki energii lasera wpływały na wzrost włókna w nasionach odmiany Rataj zebranych z roślin wyrosłych z biostymulowanych ziarniaków.

LITERATURA

- Drozd D., Szajsner H. 1997. Laboratoryjna ocena wczesnych faz rozwojowych pszenicy jarej poddanej działaniu promieniowania laserowego. Biul. IHAR 204: 187 — 190.
- Dziamba J., Koper R. 1992. The influence of laser irradiation of seeds on crop of spring wheat seeds. *Fragm. Agron.* 1 (33): 88 — 93.
- Gładyszewska B., Koper R., Komarzyński K. 1998. Technologia i efekty przedsiewnej laserowej biostymulacji nasion ogórków. Cz. I. Zesz. Problem. Nauk Rol. z. 454: 213 — 219.
- Gładyszewska B. 1999. Ocena wpływu przedsiewnej laserowej biostymulacji nasion pomidorów na proces kiełkowania. Rozprawa doktorska. AR Lublin: 1 — 115.

- Inyushin W.M., Iljasov G.U., Fedorova N.N. 1981. Laser light and crop. Kainar Publ. Alma-Ata. International Seed Testing Association. 1995. Vigour Test Committee. 1995. Seed Vigour Testing Seminar. Copenhagen, Denmark June, 1995. H.A. van Venter. ed. ISTA Zurich, Switzerland
- International Seed Testing Association. 1996. International Rules For Seed Testing. Seed Sci. Technol. 24, Supplement. pp. 335.
- Klimont K., Rafalski A., Szyrmer J., Łucka L., Wiśniewska I. 1999. Biostymulacja nasion promieniami lasera. Materiały VIII Ogólnopolskiego Zjazdu Naukowego "Hodowla roślin ogrodnich u progu XXI wieku." AR Lublin: 223 — 226.
- Klimont K. 2001. Wpływ światła lasera na plon roślin i wartość siewną nasion fasoli (*Phaseolus vulgaris* L.) i grochu siewnego (*Pisum sativum* L.). Biul. IHAR 217: 263 — 277.
- Koper R. 1993. Przedsiewne naświetlanie nasion światłem laserowym, OWK Nr 23.
- Koper R., Dygala Z. 1994. Urządzenia do obróbki przedsiewnej nasion promieniem laserowym. Patent. U. P. R. P. Nr 162598.
- Koper R., Matyka S., Kornas-Czuczwar B. 1996. The influence of pre-sowing laser biostimulation of grains of some cereals on yielding and composition of seed, 6th International Congress on Agriculture Mechanisation and Energy, Ankara.
- Podleśny J. 1999. Wpływ biostymulacji laserowej nasion na wzrost łubinu białego w zróżnicowanych warunkach termicznych. Zesz. Problem. Nauk Rol. 469: 293 — 298.
- Podleśny J. 2000. Biostymulacja nasion światłem laserowym i jej wpływ na wzrost, rozwój oraz plonowanie roślin. Post. Nauk Rol. 6 (288): 27 — 39.
- Prażak R. 1999. Wpływ przedsiewnego traktowania nasion światłem laserowym na wzrost i rozwój goździka Chalsand. Zesz. Problem. Nauk Rol. 469: 299 — 304.
- Rybiński W., Patyna H., Przewoźny T. 1993. Mutagenic effect of laser and chemical mutagenes in barley (*Hordeum vulgare* L.). Genet. Pol. 34/4: 337 — 343.
- Suchorska K. 1989. Laser radiation as factor stimulating *Datura innoxia* Mill. and *Atropa belladonna* L. seed germination — Ann. WAU. Horticult. 15: 9 — 12.
- Szyrmer J., Klimont K. 1999. Wpływ światła lasera na jakość nasion fasoli (*Phaseolus vulgaris* L.). Biul. IHAR 210: 165 — 168.
- Wilde W. H. A., Parr W. H., Mc Peak D. W. 1969. Seeds bask in laser light. Laser Focus 5 (23): 41 — 42.
- Zubal P. 1990. Effect of laser treatment of seeds on yield of cereals and legumines. Vedecke Prace, 23: 141 — 156.

ANDRZEJ WOŹNIAKKatedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin
Akademia Rolnicza w Lublinie

Wpływ przedplonów na plonowanie, zachwaszczenie i zdrowotność jęczmienia jarego

The influence of forecrops on yielding, weed infestation and state of health of spring barley

Przedstawiono plonowanie, zachwaszczenie i zdrowotność jęczmienia jarego wysiewanego w stanowisku po ziemniaku, grochu siewnym i po 1, 2 lub 3-krotnej uprawie po sobie. Drugim czynnikiem były zróżnicowane sposoby pielęgnowania roślin. Wykazano, że jęczmień jary najwyżej plonuje po grochu siewnym i ziemniaku, natomiast istotnie niżej (o 29,3–34,4%) w stanowisku po 3-krotnej uprawie po sobie. Obniżka plonu wynikała z mniejszej obsady kłosów na jednostce powierzchni i liczby ziaren w kłosie. Uprawa jęczmienia po sobie zwiększała zachwaszczenie ładu i porażenie roślin przez choroby podstawy źdźbła. Chemiczne środki ochrony roślin przeciwdziałały spadkowi plonu, głównie w dobrych stanowiskach.

Słowa kluczowe: choroby podstawy źdźbła, elementy struktury plonu, plon ziarna, przedplony, sposoby pielęgnowania, zachwaszczenie

An experiment with forecrops for spring barley was conducted at the Agricultural Experimental of Uhrusk in 1998–2000. The experiment consists of five forecrops for spring barley: pea, potato, spring barley (1x), spring barley (2x), spring barley (3x), and two plant care systems: basic (spring harrowing) and intensive (spring harrowing, herbicides, fungicides). The yield of spring barley was significantly higher in rotation after pea and potatoes composing to monoculture spring barley (3x). Spring barley sown 2x and 3x after itself showed significant increase of plants infections by *Gaeumannomyces graminis* and *Pseudocercospora herpotrichoides* as well as increase of number and mass of weed. Pesticides increased the grain yield of barley about 6,6%, in comparison to minimalized care.

Key words: care systems, elements of yield structure, forecrops, grain yield, take-all disease, weed infestation

WSTĘP

Uprawa zbóż po sobie zwiększa zachwaszczenie ładu oraz porażenie roślin przez patogeny podstawy źdźbła, co prowadzi do obniżki plonu ziarna (Blecharczyk i Pudęłko, 1997; Pawłowski i Woźniak, 1998; Woźniak, 2000, 2001 a). Efektem działania agrofagów jest mniejsza obsada kłosów na jednostce powierzchni, a także mniejsza liczba i masa ziarna w kłosie oraz masa 1000 ziaren (Adamiak, 1980; Pawłowski i Wesołowski, 1986).

Zboża charakteryzują się zróżnicowaną tolerancją na uprawę po sobie. Najmniejszą wykazuje pszenica ozima, która jest szczególnie wrażliwa na *Gaeumannomyces graminis*, większą ma pszenżyto, jęczmień i żyto, zaś owies siewny jest odporny na tego fitopatogena (Hollins i in., 1986; Martyniuk, 1986; Thasein, 1988). Z badań Rozbickiego (1999) wynika, że uprawa pszenicy ozimej po zbożach zmniejsza plon ziarna o 8–28%, w porównaniu do stanowiska po roślinach okopowych lub strączkowych. Inne gatunki reagują mniejszą zniżką plonu, zaś jej wielkość zależy od jakości gleby, poziomu agrotechniki, rodzaju nawożenia oraz warunków pogodowych (Dmowski, 1995; Woźniak, 2001 b).

Celem badań była ocena plonowania, zachwaszczenia i zdrowotności jęczmienia jarego uprawianego po bardzo dobrych przedplonach, tj. po grochu siewnym i ziemniaku na oborniku oraz po 1, 2 lub 3-krotnej uprawie po sobie, w warunkach dwóch sposobów pielęgnowania roślin.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe prowadzono w latach 1998–2000 w Gospodarstwie Doświadczalnym Uhrusk należącym do Akademii Rolniczej w Lublinie. Gleba pod doświadczeniem jest rędziną mieszaną o składzie granulometrycznym gliny lekkiej słabo spiaszczonej, zaliczaną do kompleksu żytniego bardzo dobrego. Eksperyment prowadzono metodą losowanych podbloków w 4 powtórzeniach, o powierzchni poletek do zbioru 10 m². Czynnikiem doświadczenia były: I. przedplony jęczmienia jarego, a mianowicie: groch siewny, ziemniak oraz stanowisko po 1, 2 lub 3-krotnej uprawie po sobie. II. sposoby pielęgnowania jęczmienia, tj. zminimalizowane i intensywne.

Uprawa roli pod jęczmień jary składała się z pielęgnowanej podorywki i orki przedzimowej wykonanej w ostatnich dniach października. Nawozy fosforowe i potasowe pod jęczmień (60 kg P₂O₅ i 100 kg K₂O na 1 ha) stosowano przed wykonaniem orki przedzimowej. Wiosną rolę bronowano, po czym doprowadzono ją do siewu zestawem uprawowym. Nawozy azotowe stosowano przed siewem jęczmienia (50 kg·ha⁻¹) oraz (30 kg·ha⁻¹) w fazie strzelania w źdźbło.

Pielęgnowanie zminimalizowane polegało na dwukrotnym bronowaniu, tj. na początku krzewienia oraz 10–14 dni później. Na pielęgnowanie intensywne składało się chemiczne niszczenie chwastów oraz chemiczna ochrona zbóż przed chorobami grzybowymi i wyleganiem. Do niszczenia chwastów dwuliściennych i jednoliściennych stosowano mieszaninę herbicydów Chwastox D (s.a. MCPA + dikamba) (5 l·ha⁻¹) i Puma Super 069 EW (fenoxaprop-P-etylu) (1 l·ha⁻¹) w fazie krzewienia się zbóż. Z kolei w pełni strzelania w źdźbło stosowano retardant Terpal C 420 SL (chlorek chloromekwatu + etefon) w ilości 2 l·ha⁻¹. Występowanie chorób podsuszkowych ograniczano stosując w fazie strzelania w źdźbło Siarkol K 85 WP (siarka + karbendazym) w ilości 3,0 kg ha⁻¹ lub Alert 375 SC (flusilazol + karbendazym) — 1,0 l·ha⁻¹, natomiast przeciw chorobom liści i kłosa Tilt CB 37,5 (propikonazol + karbendazym) — 1 kg·ha⁻¹.

Siew jęczmienia jarego odmiany Mobek (340 ziaren na 1 m²), we wszystkich latach badań, przeprowadzono w pierwszej dekadzie kwietnia. W obu systemach pielęgnowania

do siewu użyto ziarno zaprawione preparatem Baytan Universal 19,5 DS (*triadimenol* + *imazalil* + *fuberidazol*) lub Raxil (*tebukonazol*).

Program badań obejmował plon ziarna, liczbę kłosów na 1 m², liczbę i masę ziaren w kłosie oraz masę 1000 ziaren w oparciu o próby pobierane z każdego poletka. Ponadto badano porażenie roślin przez choroby podstawy źdźbła zgodnie z metodą przyjętą w pracy Woźniaka (2000, 2001 b), a także liczbę i powietrznie suchą masę chwastów na 1 m² każdego poletka. Powierzchnię tę wyznaczono losowo, dwukrotnie ramką o wymiarach 1 m x 0,5 m. Zachwaszczenie oceniono w ostatnim tygodniu przed zbiorem jęczmienia. Zebrane wyniki opracowano statystycznie, a zaistniałe różnice oszacowano testem Tukeya na poziomie istotności $p = 0,05$.

WYNIKI

Największy plon ziarna jęczmienia uzyskano w stanowisku po grochu siewnym i ziemniaku (tab. 1).

Tabela 1

Plon ziarna jęczmienia jarego i elementy struktury plonu (1998–2000)
The grain yield and yield elements structure of spring barley (1998–2000)

Cechy Traits	Sposoby pielęgnowania Care systems	Przedplony Forecrops					
		A*	B	C	D	E	średnio mean
Plon ziarna w t·ha ⁻¹ Yield of grain in t·ha ⁻¹	a**	4,81	4,52	3,81	3,41	3,22	3,95g
	b	5,36	4,90	3,99	3,46	3,44	4,23h
	średnio mean	5,08d***	4,71d	3,90e	3,43f	3,33f	—
Liczba kłosów na 1 m ² Number of heads per 1 m ²	a	575,0	575,6	500,0	509,7	488,5	529,8g
	b	598,4	628,6	561,0	500,0	495,0	556,6h
	średnio mean	586,7d	602,1d	530,5e	504,8e	491,8e	—
Masa ziarna z kłosa w g Mass of grains in ears in g	a	0,83	0,82	0,79	0,64	0,63	0,74g
	b	0,93	0,83	0,75	0,60	0,63	0,75g
	średnio mean	0,88d	0,82de	0,77e	0,62f	0,63f	—
Liczba ziaren w kłosie Number grains in ear	a	17,1	16,2	17,5	14,6	15,0	16,1h
	b	17,4	15,6	16,2	14,0	13,9	15,4i
	średnio mean	17,3d	15,9e	16,8d	14,3f	14,4f	—
Masa 1000 ziaren w g Mass of 1000 grains in g	a	47,1	46,4	44,0	44,2	43,0	44,9g
	b	46,8	46,2	44,3	43,6	42,8	44,7g
	średnio mean	46,9d	46,3d	44,1e	43,9e	42,9e	—

*A — Groch siewny — Pea, B — Ziemniak — Potato, C — Jęczmień jary — Spring barley, D — Jęczmień jary (x 2) — Spring barley (x 2), E — Jęczmień jary (x 3) — Spring barley (x 3)

**a — Pielęgnowanie zminimalizowane; Minimalized care, b — Pielęgnowanie intensywne; Intensive care

*** Średnie oznaczone w wierszach tymi samymi literami nie różnią się istotnie ($p = 0,05$); Means within a row followed by the same letter are not significantly different ($p = 0,05$)

Na tych obiektach wyżki plonu wynosiły odpowiednio 34,4 i 29,3%, w porównaniu do stanowiska, w którym jęczmień wysiewano 3-krotnie po sobie. Istotnie niżej plonował jęczmień także w stanowisku po 2-krotnej uprawie po sobie, zaś niżka plonu wynosiła wówczas 32,5%, relatywnie do stanowiska po grochu. Nawet jednokrotna uprawa jęczmienia po sobie zmniejszała plon ziarna, aż o 17,2–23,2%, w porównaniu do najlepszych przedplonów.

Zastosowane w jęczmieniu chemiczne środki ochrony roślin (pielęgnowanie intensywne) istotnie zwiększały plon o 6,6%, w porównaniu do obiektów pielęgowanych tylko przez dwukrotne bronowanie zasiewów. Środki te w większym stopniu zwiększały plon ziarna po grochu siewnym i ziemniaku niż w stanowisku po sobie (tab. 1).

Badane przedplony różnicowały także obsadę kłosów jęczmienia jarego (tab. 1). Na obiektach, na których przez 3 lata wysiewano jęczmień po sobie stwierdzono o 110,3 kłosów na 1m² mniej niż po ziemniaku i o 94,9 na 1 m² niż po grochu. Dla pozostałych przedplonów różnice te były także istotne i wynosiły od 71,6 do 97,3 kłosów na 1 m², w stosunku do stanowiska po ziemniaku. Można sądzić, że tak znaczna redukcja liczby kłosów jęczmienia w stanowisku po 2 i 3-krotnej uprawie po sobie była wynikiem istotnie większego niż na pozostałych obiektach porażenia jęczmienia przez patogeny podstawy źdźbła, głównie łamliwość źdźbła — *Pseudocercospora herpotrichoides* (wskaźnik porażenia 8,1–13,4%) oraz zgorzel podstawy źdźbła — *Gaeumannomyces graminis* (10,2–13,8%) — tab. 2.

Tabela 2

Występowanie agrofagów oraz zachwaszczenie jęczmienia jarego w zależności od przedplonów (1998–2000)
Occurrence agrophage and weed infestations of spring barley in relation to forecrops (1998–2000)

Cechy Traits	Sposoby pielęgnowania Care systems	Przedplony Forecrops					
		A*	B	C	D	E	średnio mean
Wskaźnik porażenia roślin przez <i>Gaeumannomyces graminis</i> w %	a**	3,0	3,4	3,8	10,6	14,5	7,0h
Index of plants infection by <i>Gaeumannomyces graminis</i> in %	b	2,5	2,9	3,4	9,8	13,1	6,3h
	średnio mean	2,8d	3,1d	3,6d	10,2e	13,8f	—
Wskaźnik porażenia roślin przez <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i> w %	a	8,8	7,9	7,9	13,2	18,3	11,2h
Index of plants infection by <i>Pseudocercospora herpotrichoides</i> in %	b	2,1	2,8	3,0	3,0	8,4	3,9i
	średnio mean	5,4d	5,4d	5,5d	8,1e	13,4f	—
Liczba chwastów na 1 m ²	a	16,3	21,7	20,5	23,6	26,5	21,7h
Number of weeds per 1 m ²	b	3,0	8,1	3,6	6,5	9,2	6,1i
	średnio mean	9,7d	14,9e	12,0d	15,1e	17,8ef	—
Powietrznie sucha masa chwastów w g·m ⁻²	a	17,1	19,1	27,0	34,8	42,2	28,0h
Air dry matter of weeds in g·m ⁻²	b	6,1	10,9	10,9	8,9	13,8	10,1i
	średnio mean	11,6d	15,0de	19,0de	21,8e	28,0ef	—

Objaśnienia w tabeli 1; Explanations in table 1

Inną przyczyną była większa liczba chwastów (o 35,7–45,5%) i wytworzona przez nie powietrznie sucha masa (o 46,8–58,6%) niż po grochu. Potwierdzają to również współczynniki korelacji, z których wynika, wzrost porażenia źdźbeł przez *Pseudocercospora herpotrichoides* istotnie zmniejsza obsadę kłosów ($r = -0,63$). Ujemnie skorelowane z obsadą kłosów była także liczba chwastów na 1 m² ($r = -0,76$) oraz powietrznie sucha masa ($r = -0,56$) — tab. 3. Zastosowane chemiczne środki ochrony roślin istotnie zmniejszały porażenie roślin przez *Pseudocercospora herpotrichoides* (o 65%) oraz liczbę i powietrznie suchą masę chwastów (odpowiednio o 71,9 i 63,9%), w porównaniu do obiektów pielęgnowanych mechanicznie (tab. 2). Wynikiem tego była większa obsada kłosów na 1 m² na obiektach chronionych chemicznie niż jedynie mechanicznie. Obsada kłosów na jednostce powierzchni była także istotnie skorelowana z plonem ziarna ($r = 0,53$).

Tabela 3

Współczynniki korelacji (r) między elementami struktury plonu a plonem jęczmienia jarego
Simple correlation (r) among features of spring barley

Cechy Traits	Plon ziarna Yield of grain	Liczba kłosów na 1 m ² Number of heads per 1 m ²	Masa ziarna z kłosa Mass of grains per ear	Liczba ziaren w kłosie Number of grains in ear	MTZ Mass of 1000 grains	Choroby podstawy źdźbła Take-all disease		Liczba chwastów Number of weeds	Powietrz- nie sucha masa chwastów Air dry matter of weeds
						<i>Gaeumannomyces graminis</i>	<i>Pseudocercospora herpotrichoides</i>		
Plon ziarna Yield of grain	1,00								
Liczba kłosów na 1 m ² Number of heads per 1 m ²	0,53*	1,00							
Masa ziarna z kłosa Mass of grains per head	0,63*	-0,15	1,00						
Liczba ziaren w kłosie Number of grains in ear	0,10	-0,59*	0,52*	1,00					
Masa 1000 ziaren Mass of 1000 grains	0,20	0,15	0,12	-0,10	1,00				
Choroby podstawy źdźbła Take-all diseases	<i>Gaeumannomyces graminis</i>	-0,15	-0,20	0,10	0,10	0,27	1,00		
	<i>Pseudocercospora herpotrichoides</i>	-0,57*	-0,63*	-0,11	0,32	0,10	0,38	1,00	
Liczba chwastów Number of weeds	-0,43	-0,76*	-0,10	0,41	0,10	0,23	0,83*	1,00	
Powietrznie sucha masa chwastów Air dry matter of weeds	-0,14	-0,56*	-0,10	0,36	-0,51*	0,26	0,72*	0,63*	1,00

* — Istotne współczynniki korelacji ($p = 0,05$)

* — Significant correlation coefficient ($p = 0.05$)

Masa ziarna z kłosa jęczmienia była największa w stanowisku po grochu siewnym i ziemniaku (tab. 1). Jednokrotna uprawa jęczmienia po sobie istotnie zmniejszała wartość tej cechy w stosunku do stanowiska po grochu, zaś stanowisko w którym jęczmień wysiewano 2 i 3-krotnie po sobie zmniejszało masę ziarna o 29,5%, w odniesieniu do

najlepszego przedplonu (tab. 1). Badana cecha była istotnie skorelowana z plonem ziarna (tab. 3).

Na obiektach, na których przez 2–3 lata wysiewano jęczmień po sobie liczba ziaren w kłosie była najmniejsza, a po grochu siewnym największa. Po ziemniaku lub jednokrotnej uprawie po sobie jęczmień wytworzył pośrednią liczbę ziaren w kłosie (tab. 1). Masa 1000 ziaren jęczmienia uprawianego w monokulturze była istotnie mniejsza niż uprawianego po grochu siewnym lub ziemniaku (od 5,9 do 8,5%, tab. 1). Ponadto na dorodność ziarna niekorzystnie wpływało zachwaszczenie, współczynnik korelacji wynosił $r = -0,51$ (tab. 3).

WNIOSKI

1. Najlepszymi przedplonami dla jęczmienia jarego były: groch siewny i ziemniak. Plon ziarna na tych obiektach był od 29,3 do 34,4% większy niż w stanowisku, w którym jęczmień wysiewano przez 3 lata po sobie.
2. Dwukrotna lub trzykrotna uprawa jęczmienia po sobie istotnie zwiększała zachwaszczenie łąnu i porażenie roślin przez choroby podstawy źdźbła, w stosunku do przedplonów dobrych oraz powodowała istotne zmniejszenie obsady kłosów na 1 m², liczby i masy ziaren w kłosie oraz dorodności ziarna.
3. Intensywna ochrona zasiewów spowodowała wzrost plonu ziarna jęczmienia jarego uprawianego w dobrych stanowiskach, natomiast nie miała istotnego wpływu w przypadku uprawy w monokulturze.

LITERATURA

- Adamiak J. 1980. Studia nad uprawą roślin w monokulturze. II. Plonowanie roślin. Zesz. Nauk. ART. Olsztyn, Rolnictwo 30: 99 — 107.
- Blecharczyk A., Pudełko J. 1997. Przyszłość monokultur w rolnictwie europejskim. Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricultura 64: 143 — 155.
- Dmowski Z. 1995. Agroekologiczne aspekty uprawy zbóż w kraju. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, 267: 23 — 34.
- Hollins T.W., Scott P.R., Gregory R.S. 1986. The relative resistance of wheat, rye and triticale to take-all caused by *Gaeumannomyces graminis*. Plant Pathology, 35: 93 — 100.
- Martyniuk S. 1986. Ekologia i właściwości fitopatogena korzeni zbóż *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx i Olivier i grzybów pokrewnych z rodzaju *Phialophora*. Pam. Puł. 87: 187 — 193.
- Pawłowski F., Wesołowski M. 1986. Studia nad plonowaniem i zachwaszczeniem roślin w monokulturze. Cz. V. Pszenica ozima. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio E, vol. XLI: 9 — 21.
- Pawłowski F., Woźniak A. 1998. Plonowanie i zachwaszczenie pszenżyta ozimego w warunkach zróżnicowanego przedplonu i pielęgnowania. Rocz. Nauk Rol., A-113, 3/4: 29 — 38.
- Rozbicki J. 1999. Jakość ziarna zbóż na potrzeby przemysłu przetwórczego. W: „Środowiskowe i agrotechniczne uwarunkowania jakości produktów rolnych”. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa: 13 — 27.
- Tahsein A.M. Amein. 1988. Wpływ przedplonu i jego nawadnia oraz temperatury na porażenie korzeni i podstawy źdźbła pszenicy przez *Gaeumannomyces graminis* var. *Tritici* i grzyby z rodzaju *Fusarium*. Rocz. Nauk Rol., ser. E, t.18, z.2: 131 — 151.
- Woźniak A. 2000. Zdrowotność pszenżyta jarego uprawianego w płodozmianie i monokulturze. Biul. IHAR, 215: 91 — 98.

- Woźniak A.. 2001 a. Zachwaszczenie jęczmienia jarego w płodozmianie i monokulturze. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio E, vol. LVI: 19 — 27.
- Woźniak A. 2001 b. Studia nad plonowaniem, zachwaszczeniem i zdrowotnością pszenżyta jarego, pszenicy jarej oraz jęczmienia jarego w płodozmianach i krótkotrwałej monokulturze na glebie rędzinowej środkowowschodniej Lubelszczyzny. Wyd. AR w Lublinie, Rozprawy naukowe, 247.

ŚMIAŁOWSKI TADEUSZ

WĘGRZYN STANISŁAW

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Krakowie

Zmienność, zależność i genetyczne uwarunkowanie ważnych cech u rodów i odmian owsa (*Avena sativa* L.)

Variability, correlation, and heritability of the important traits of oat (*Avena sativa* L.) varieties and strains

Celem badań było poznanie zmienności i fenotypowo-genotypowej korelacji pomiędzy ważnymi cechami użytkowymi u odmian i rodów owsa, na podstawie przeprowadzonych w 5 miejscowościach w latach 1996 i 2000 doświadczeń polowych. Badano następujące cechy; plon ziarna z poletka, wysokość roślin, data wyrzucania wiech, odporność na rdzę koronową owsa i mączniak, odporność na wyleganie, % łuski w ziarnie i masę 1000 ziaren. Badania wykazały stopniowy spadek plonów nowych rodów owsa w latach 1996–2000. Natomiast obserwuje się korzystny wzrost odporności na rdzę koronową owsa, skrócenie długości słomy, którego wynikiem było zwiększenie odporności na wyleganie. Najwyższą zmiennością odznaczała się odporność na rdzę koronową ($CV = 24,9$ do $43,2\%$). Wysokim i stabilnym genetycznym uwarunkowaniem w każdym roku badań odznaczała się odporność na rdzę koronową owsa (od $0,77$ do $0,89$) i wczesność kłoszenia (od $0,82$ do $0,97$) wyłączając 1999 rok. Wysoce istotny dodatni współczynnik korelacji fenotypowej i genotypowej obserwowano pomiędzy plonem ziarna a odpornością na rdzę koronową owsa ($rP =$ od $0,66$ do $0,77$ i $rG =$ od $0,81$ do $0,98$) oraz przeciwnie, wysoce istotne, ale ujemne pomiędzy plonem ziarna a % łuski ($rP =$ od $-0,37$ do $-0,42$; $rG =$ od $-0,80$ do $-0,93$). Ponadto ujemną korelację odkryto pomiędzy wysokością roślin a odpornością na wyleganie, procentem łuski i wczesnością wyrzucania wiech. Przeprowadzona analiza wykazała, że niektóre niekorzystne korelacje pomiędzy badanymi cechami nie uległy dotychczas przełamaniu.

Słowa kluczowe: cechy struktury plonu, genetyczne uwarunkowanie, korelacje fenotypowe, korelacje genotypowe, owies jary, zmienność

The study concerned variability and phenotypic/genotypic correlations between the important useful traits in oat, basing on field experiments with strains and varieties. The investigation was carried out in the years 1996–2000, in 5 localities. The traits under study were following: grain yield per plot, plant height, date of heading, resistance to crown rust, resistance to powdery mildew, lodging, hull content, 1000 grain weight. The investigation confirmed a small regress in yield of new strains of oat in the years 1996–2000. On the contrary, the progress was observed in resistance to crown rust and shortening of straw, which resulted in higher resistance to lodging. The highest variability was stated for resistance to crown rust ($CV = 24,9–43,2\%$). The , resistance to crown rust ($0,77–0,89$) and heading date ($0,82–0,97$) showed high and constant heritability in all years of the study except for 1999. A

highly significant positive coefficients of phenotypic and genotypic correlation were observed between grain yield per plot and resistance to crown rust ($r_P = 0,66$ to $0,77$, $r_G = 0,81$ to $0,98$) and, on the contrary, the correlations between grain yield and % of hull were negative ($r_P = -0,37$ to $-0,42$; $r_G = -0,80$ to $-0,93$). Furthermore, negative correlations were found between plant height and lodging resistance hull content and date of heading. The analyses have shown that unfavourable correlations between studied traits have not been overcome yet.

Key words: heritability, spring oat, variability, phenotypic correlation, genotypic correlation, quantitative traits

WSTĘP

Owies jary należy do form botanicznych silnie zróżnicowanych morfologicznie. Ta właściwość jest wynikiem specyficznego przystosowania do bardzo odmiennych rejonów geograficznych. Opisy dzikich i uprawnych form owsa badanych w kolekcjach (Król i in., 1980; Wąs, 1982; Sawicki, 1984; Rezai i in., 1988) wskazują na ich przydatność dla potrzeb hodowli jako źródło wielu korzystnych cech użytkowych w wytwarzanych materiałach wyjściowych. Wartości tych cech charakteryzują się często dużym zróżnicowaniem. Pomiędzy nimi obserwuje się silne zależności i współzależności, które można wykorzystać w hodowli stosując selekcję pośrednią jednej cechy za pomocą innej cechy. Występują również niekorzystne korelacje pomiędzy cechami, które hodowca zmuszony jest przełamywać na drodze żmudnych zabiegów selekcyjnych. Współzależności pomiędzy cechami są ważnym problemem w hodowli roślin, który podkreśla Węgrzyn (1983). Nieliczni badacze prowadzili badania nad poznaniem korelacji u owsa. Dla owsa u 28 odmian korelacje fenotypowe pomiędzy 5 cechami struktury plonu opisał Sawicki (1984). Stwierdził wysokie istotne wartości współczynników korelacji pomiędzy plonem ziarna z poletka a plonem ziarna z wiechy i masą 1000 ziaren. Natomiast ocenę korelacji genotypowych pomiędzy kilkoma cechami w potomstwie mieszańców F_1 6 odmian owsa wykonał Petr (1966). Stwierdził wysoce istotne dodatnie korelacje genotypowe pomiędzy wysokością roślin a długością wiechy, plonem ziarna, liczbą wiech na roślinie a plonem, długością wiechy a liczbą kłosków w wieszce a także długością wiechy i liczbą kłosków na wieszce.

Celem niniejszej pracy było poznanie zmienności cech użytkowych, określenie ich genetycznych uwarunkowań, a także oszacowanie korelacji fenotypowych i genotypowych u rodów i odmian owsa badanych w doświadczeniach odmianowych, a zatem w stosunkowo wyrównanym materiale. Obliczone współczynniki korelacji w kolejnych latach, mogą wskazać, czy na skutek selekcji nastąpiło przełamanie niekorzystnych zależności pomiędzy cechami w kierunku korzystnym w badanym materiale hodowlanym.

METODA BADAŃ

Doświadczenia polowe przeprowadzono w stacjach hodowli roślin i zakładach doświadczanych IHAR w 5 miejscowościach (tab. 1). Stosowane dawki nawożenia, przedplony oraz długość okresu wegetacji były stosunkowo zbliżone. Doświadczenia zakładano metodą losowanych bloków w 4 powtórzeniach. Wielkość poletek wynosiła

10 m². Zestaw badanych obiektów był odmienny w każdym roku i obejmował od 25 do 30 rodów w tym 2 odmiany wzorcowe (tab. 1). Ocena obejmowała 8 cech; plon ziarna z poletka, wysokość, wczesność wyrzucania wiech, odporność (na wyleganie w 2 terminach, choroby; mączniaka (w 1999 roku), rdzę koronową, masę 1000 ziaren, udział łuski w procentach. Choroby i wyleganie oceniano w 1 lub 2 terminach jeśli cecha wystąpiła. Plony ziarna zebrane z poletka przeliczono z kg na dt/ha i w tej postaci użyto do dalszych obliczeń. Analiza statystyczno-genetyczna obejmowała w każdym roku obliczenie; średnich wartości dla cech z wszystkich miejscowości, współczynników zmienności (CV%), korelacji fenotypowych (rP) i genotypowych, (rG), genetyczne uwarunkowanie cech (H) oraz oszacowanie ich wartości krytycznych dla każdego roku (tab. 2 i 3). Do obliczeń statystycznych zastosowano program komputerowy FEGEKOR 3 (TP) opracowany w Zakładzie Roślin Zbożowych IHAR w Krakowie przez Stanisława Węgrzyna.

MATERIAŁ BADAWCZY

Materiał badawczy stanowiło łącznie 135 obiektów owsa (125 rodów i 4 odmiany wzorcowe). W latach 1996–2000 wysiewano w doświadczeniach wstępnych od 25 do 30 obiektów w 5 miejscowościach: Borowie, Choryni, Polanowicach, Strzelcach i Wielopolu. Ocenie poddano 8 cech: wysokość roślin, termin wyrzucania wiech, odporność na wyleganie (odnotowana w terminie 1 i 2) i rdzę koronową (odnotowana w terminie 1 i 2), mączniaka, plon (dt/ha), masa 1000 ziaren, udział łuski w procentach.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

W latach 1996–2000 w badaniach wstępnych oceniono łącznie 125 rodów owsa. Najwięcej rodów do doświadczeń wstępnych wprowadziła stacja hodowli roślin Wielopole (tab. 1) specjalizująca się w hodowli odmian owsa przystosowanych do uprawy w warunkach górskich. W każdym roku wyniki plonowania i cech porównywano do 2 wzorców. W sumie zastosowano 4 wzorcowe odmiany (tab. 1). Uzyskane plony wskazują na spadek plenności nowych rodów owsa od 66,2 dt/ha w 1996 roku do 57,5 dt/ha w 2000 roku (tab. 2). Plonowanie rodów owsa w każdym roku było bardzo wyrównane, charakteryzowało się niską zmiennością nie przekraczającą 12,1% CV. (tab. 2). Pozytywnym zjawiskiem było natomiast skrócenie wysokości u owsa od 102 cm w 1996 roku do 91 cm w 2000 roku. Cecha ta również odznaczała się małym zróżnicowaniem w badanych latach (7,1%–10,4% CV) (tab. 2). Skrócenie słomy u owsa poprawiło wyraźnie odporność na wyleganie rodów badanych w doświadczeniach wstępnych. W tym zakresie odnotowano postęp, który uwidacznia się zwiększeniem przeciętnej odporności na wyleganie w 1 terminie, od niskiej oceny — 6,5 w 1996 roku do wysokiej — 8,2 w 2000 roku. Cecha ta charakteryzowała się średnim zróżnicowaniem szczególnie w terminie 1 (od 10,9% CV w 1998 roku do 14,7% CV) oraz wysoką zmiennością w 2 terminie odnotowanym jednak tylko w 3 latach (tab. 2). Nadal ważnym problemem u owsa pozostaje poprawienie odporności na rdzę koronową. Oceniane rody owsa charakteryzowały się słabą

odpornością w 1996 roku (4,9 w skali 1–9), w kolejnych latach przeciętna odporność zwiększała się stopniowo do 1998 roku (do 7,4), aby w 2000 roku obniżyć do poziomu 6,0 (tab. 2). Cecha ta spośród obserwowanych w doświadczeniach charakteryzuje się najwyższą zmiennością osiągając 35% CV w 1998 roku (tab. 2). Natomiast odnotowano korzystne skrócenie terminu wyrzucania wiech u owsa z 49 dni w 1996 roku do 37 dni w 2000 roku (tab. 2). Stwarza to możliwość lepszej oferty nowych odmian owsa przystosowanych do trudnych klimatycznych warunków górskich. Pod względem wczesności wyrzucania wiech badane formy owsa okazały się materiałem wyrównanym (współczynnik zmienności — CV wyniósł od 1,1% w 1999 do 7,4% w 2000 roku) (tab. 2). Ważne dla wysokości plonu i jakości ziarna cechy struktury plonu; masa 1000 ziaren i % łuski również odznaczały się wyrównanym i niskim zróżnicowaniem w okresie 5 lat (tab. 2).

Tabela 1

Liczba badanych rodów i odmian owsa
The number of investigated strains and varieties

Pochodzenie rodów, miejsce doświadczeń Locations of the experiments and strain origin	Liczba obiektów w latach badań Number of objects in the years					Razem Total
	1996	1997	1998	1999	2000	
Stacja Hodowli Roślin Borów Breeding Station Borów	3	4	4	4	—	15
Stacja Hodowli Roślin Choryń Breeding Station Choryń	6	2	4	6	8	26
Stacja Hodowli Roślin Polanowice Breeding Station Polanowice	8	12	4	1	1	26
Stacja Hodowli Roślin Wielopole Breeding Station Wielopole	6	3	8	6	9	32
Zakład Doświadczalny Strzelce Experimental Station strzelce	5	7	3	6	5	26
Razem Total	28	28	23	23	23	125
Odmiany wzorcowe: Standard varieties:						
German	+	+	+			3
Kwant	+	+				2
Bajka			+	+	+	3
Jawor				+	+	2
Razem Total	30	30	25	25	25	135

W porównaniu do wyników opisanych przez Sawickiego (1984) zmienność cech struktury plonu badanych w doświadczeniach wstępnych rodów owsa okazała się znacznie wyższa i jest zbliżona do rezultatów Wąsa (1982).

U innych gatunków np. u żyta (Śmiałowski i in., 2000) również wyższą zmiennością charakteryzowały się odporność na wyleganie i choroby, a mniejszą masą 1000 ziaren i wysokością roślin.

Kolejnym zagadnieniem, którego poznanie dała możliwość wykonanych badań było określenie genetycznego uwarunkowania (H) cech u owsa. Wysokim stopniem genetycznego uwarunkowania (H) odznaczała się odporność na rdzę koronową (tab. 2) (wartość H wahała się od 0,75 w 1998 roku do 0,89 w 2000 roku).

Tabela 2

Zakresy cech, średnie wartości, współczynniki zmienności, współczynniki genetycznego uwarunkowania cech
Ranges, means, variability and heritability coefficients of he traits

Cechy Traits	Średnie wartości i zakres wartości cech Means and ranges					Współczynniki zmienności (CV (%)) Coefficient of variability					Współczynniki genetycznego uwarunkowania cech oraz błąd standardowy S.E. Heritability coefficients and standard errors S.E.				
	lata badań years of study														
	1996	1997	1998	1999	2000	1996	1997	1998	1999	2000	1996	1997	1998	1999	2000
Plon Yield	66,2 (61–73)	62,1 (55–67)	64,5 (61–73)	63,9 (58–69)	57,5 (51–62)	8,9	12,1	9,1	11,1	8,7	0,60 (0,03)	0,59 (0,05)	0,46 (0,07)	0,06 (0,08)	0,45 (0,07)
Wysokość roślin Plant height	102 (96–103)	107 (97–116)	96 (80–101)	99 (91–108)	91 (84–103)	8,9	10,3	7,1	10,4	8,7	0,20 (0,06)	0,34 (0,07)	0,71 (0,07)	0,71 (0,07)	0,86 (0,07)
Rdza koronowa Crown rust	4,9 (4,2–7,4)	5,5 (3,7–7,7)	7,4 (4,4–8,6)	6,2 (3,6–8,6)	6,0 (3,8–8,1)	24,9	37,5	34,1	35,1	43,2	0,88 (0,09)	0,77 (0,06)	0,75 (0,06)	0,85 (0,09)	0,89 (0,14)
Wyleganie 1 Lodging 1	6,5 (4,9–7,4)	7,8 (4,1–8,6)	8,2 (7,2–8,9)	8,8 (7,7–9,0)	8,2 (6,5–9,0)	14,7	12,1	10,9	11,8	10,1	0,63 (0,06)	0,37 (0,09)	0,50 (0,08)	0,62 (0,09)	0,26 (0,14)
Wyleganie 2 Lodging 2	— —	5,1 3,5–7,8	7,9 6,6–8,8	5,3 3,7–6,3	— —	— —	33,5	14,3	25,4	— —	— (0,08)	0,84 (0,07)	0,53 (0,07)	0,75 (0,05)	—
Masa 1000 ziaren 1000 grain weight	38 (35–41)	33 (31–37)	36 (27–38)	32 (27–35)	39 (35–44)	8,2	11,5	8,2	8,9	11,5	0,55 (0,06)	0,73 (0,05)	0,54 (0,098)	0,39 (0,16)	0,81 (0,07)
% łuski % hull	24 (21–27)	26 (24–31)	24 (20–31)	25 (22–28)	25 (21–28)	5,9	8,2	10,8	9,8	6,5	0,87 (0,06)	0,88 (0,05)	0,37 (0,1)	0,66 (0,15)	0,85 (0,07)
Wczesność kłoszenia Date of heading	49 (45–53)	98 (95–102)	40 (38–44)	42 (39–46)	37 (34–38)	6,9	3,9	7,5	1,1	7,4	0,93 (0,06)	0,88 (0,05)	0,82 (0,07)	0,33 (0,07)	0,94 (0,07)
Mączniak Powdery mildew	— —	— —	— —	7,6 (6,3–8,5)	— —	— —	— —	— —	14,5	— —	— —	— —	— —	0,49 (0,16)	—

S.E. — Błąd standardowy oszacowany wg Hallauera i Mirandy

S.E. — Standard errors estimated according to Hallauer and Miranda

Oznacza to, że wartość tej cechy w większym stopniu zależy od genotypu badanych form owsa niż wpływu środowiska. Inną cechą również silnie genetycznie uwarunkowaną okazała się wczesność wyrzucania wiech (wartość H wahała się od 0,33 do 0,94) oraz udział łuski w procentach i masa 1000 ziaren (tab. 2). Pozostałe cechy jak wysokość roślin charakteryzowały się wysoką wartością genetycznego uwarunkowania cech ($H = 0,86$) w 2000 roku lub bardzo niskim ($H = 0,20$) w 1996. Plon ziarna odznaczał się niskimi wartościami genetycznego uwarunkowania cech ($H = 0,06$) w 1999 roku oraz nieznacznie tylko wyższymi wartościami genetycznego uwarunkowania H w pozostałych latach (tab. 2).

Na podstawie przeprowadzonych wieloletnich doświadczeń obliczono współczynniki korelacji fenotypowych (r_P) i genotypowych (r_G) (tab. 3). Okazało się, że wysokie plonowanie odmian i rodów owsa w istotny sposób zależało od wysokiej odporności na rdzę koronową owsa szczególnie w 1996 i 1999 roku. Dowodem są obliczone w tych latach wysoce istotne współczynniki korelacji fenotypowej $r_P = 0,62^{**}$, $r = 0,71^{**}$ oraz genotypowej $r_G = 0,81^{**}$ i $0,98^{**}$ (tab. 3). Wyjątkiem okazał się rok 1998, w którym rody i odmiany owsa pomimo silnego porażenia przez rdzę koronową nie obniżyły plenności (tab. 3).

Ważnym zagadnieniem u owsa było skrócenie długości słomy tak aby nie wpłynęło negatywnie na plenność ziarna. Skuteczne zabiegi hodowlane przełamały niekorzystne korelacje pomiędzy plonem a wysokością owsa. Jeszcze w 1996 roku wyżej plonowały wysokie formy owsa ($r_P = 0,34^*$) natomiast w 1998 i 1999 wyraźniej zaznaczyły swój potencjał plonowania formy skrócone o czym dowodzą istotne współczynniki korelacji fenotypowych, odpowiednio $r_P = -0,44^*$ i $-0,42^*$ (tab. 3). Wysokie wartości współczynników korelacji genetycznej w 1998 $r_G = -0,73^{**}$ wskazują, że zjawisko to może być silnie genetycznie uwarunkowane. Natomiast odnotowana w 1999 wysoka wartość współczynnika korelacji genetycznej $r_G = -2,10$ pomiędzy plonem a wysokością wynika stąd, że obliczone korelacje genetyczne zawierają korelacje środowiskowe na co wskazuje w swoim podręczniku hodowli Falkoner (1974). Zjawisko to dotyczy również nielicznych przypadków korelacji genetycznych obserwowanych pomiędzy niektórymi badanymi cechami owsa (tab. 3). Również inni badacze (Kearsey i Pooni, 1996) twierdzą, że teoretycznie korelacje genetyczne powinny zawierać się w granicach wartości od -1 do +1 jednak czasami wartości są przekraczane. Dzieje się to w tych przypadkach, gdy

$$\sigma_B^2 = V_A^8$$

(wariancja genotypowa cech X , Y) otrzymana przez odejmowanie komponentów wariancyjnych, będzie ujemnie korelować z:

$$\sigma_W^2 = V_E$$

(wariancją środowiskową). Wówczas oszacowane wartości r_G są obciążone dużym błędem standardowym i w konsekwencji korelacje genotypowe przyjmują wartości powyżej limitu +1, -1.

Tabela 3

Korelacje fenotypowe i genotypowe pomiędzy wybranymi cechami owsa
Phenotypic and genotypic correlation between several traits in oats

rP rG	Lata Years	Cechy Traits								
		Plon Yields	Wysokość Plant height	Rdza koron. Crown rust	Wyleganie 1 Lodging 1	Wyleganie 2 Lodging 2	MTZ 1000 Grain weight	% łuski % hull	Kłoszenie Date of heading	Mączniak Powdery mildew
Plon Yields	1996		0,34*	0,62**	0,19	—	-0,17	-0,42**	0,22	—
	1997		-0,10	0,22	0,11	0,26	0,26	-0,06	-0,23	—
	1998		-0,44*	-0,36	0,06	0,17	0,06	0,001	-0,05	—
	1999		-0,42*	0,71**	0,31	0,19	0,45*	-0,37*	-0,27	0,15
	2000		0,19	0,19	-0,35	—	0,02	-0,16	-0,30	—
Wysokość Plant height	1996	0,42**		0,05	0,04	—	-0,08	0,08	0,05	—
	1997	-0,10		0,11	-0,15	-0,27	0,10	-0,12	-0,03	—
	1998	-0,73**		-0,9	-0,09	-0,16	-0,01	-0,47**	0,19	—
	1999	-2,10+		-0,08	-0,49**	-0,65**	0,15	-0,07	0,09	0,13
	2000	0,25		0,34	0,13	—	-0,05	-0,01	0,08	—
Rdza koronowa Crown rust	1996	0,81**	0,48**		0,04	—	-0,14	-0,46**	-0,06	—
	1997	0,17	0,36*		-0,15	0,07	0,15	-0,21	-0,23	—
	1998	-0,61**	0,34		-0,11	0,31	-0,09	-0,34	0,34	—
	1999	0,98**	-0,70**		0,27	0,22	0,34	0,34	0,19	0,60**
	2000	0,64**	0,42*		0,11	—	0,01	-0,10	-0,05	—
Wyleganie 1 Lodging 1	1996	0,31	0,01	0,001		—	0,31	-0,23	0,10	—
	1997	0,38*	-0,98**	0,31		0,96**	0,09	-0,18	0,12	—
	1998	0,20	-0,21	-0,33		0,82**	0,09	0,66**	0,47*	—
	1999	0,45*	-0,56**	0,46**		0,83**	-0,10	0,06	0,10	-0,33
	2000	-0,75**	0,47**	0,18		—	0,10	0,13	0,43*	—
Wyleganie 2 Lodging 2	1997	0,40*	-0,44**	0,09	1,47+		0,13	-0,18	-0,07	—
	1998	0,29	-0,02	0,53**	0,98**		-0,15	0,08	0,56**	—
	1999	0,79**	-0,68*	0,33	1,18+		-0,14	0,26	-0,24	-0,32
MTZ 1000 grain weight	1996	-0,30	0,001	-0,13	0,50**	—		0,18	-0,52**	—
	1997	0,23	0,20	0,08	0,41*	0,20		-0,18	0,09	—
	1998	-0,03	0,09	-0,20	0,01	-0,40*		-0,01	-0,44*	—
	1999	0,97**	0,45*	—	—	-0,70**		-0,47**	-0,35	0,40*
	2000	0,21	-0,09	-0,01	-0,14	—		0,18	-0,10	—
% łuski w ziarnie % hull	1996	-0,80**	0,001	-0,55**	-0,34*	—	0,33		0,001	—
	1997	-0,03	-0,21	-0,19	-0,33	-0,21	-0,16		-0,19	—
	1998	-0,07	-0,78**	-0,43*	0,66**	-0,31	-0,13		0,24	—
	1999	-0,93**	-0,20	—	—	0,53**	-0,99**		0,45*	-0,21
	2000	-0,34	-0,03	-0,11	0,26	—	0,23		0,55**	—
Kłoszenie Date of heading	1996	0,33	0,001	-0,06	0,20	—	-0,32**	0,001		—
	1997	-0,28	-0,25	-0,23	0,07	-0,07	0,04	-0,18		—
	1998	0,01	0,19	0,47**	1,14**	0,92**	-0,66**	0,47		—
	1999	-0,73**	0,11	0,33	0,45*	-0,46**	-1,29+	1,06+		0,21
	2000	-0,48**	0,07	0,001	1,13+	—	-0,09	0,63**		—
Mączniak Powdery mildew	1999	0,001	0,04	—	—	-0,76**	—	—	—	—

*,** — Istotne odpowiednio dla P = 0,05 lub P = 0,01

*,** — Significant at P = 0.05 and P = 0.01, respectively

Korelacje fenotypowe (rP) powyżej diagonalnej

Phenotypic correlation above the diagonal

Korelacje genotypowe (rG) poniżej diagonalnej

Genotypic correlation beneath the diagonal

+ — wartości współczynników korelacji genotypowych obejmujące korelacje środowiskowe

+ — values of genotypic correlations contain environmental correlations

Kontynuując analizę obliczonych zależności pomiędzy plennością a wysokością roślin owsa należy pokreślić, że wyższa plenność form niskich pośrednio wynika z ich wyższej odporności na wyleganie. Wskazują na to np. w 1999 roku istotne wysokie ujemne korelacje pomiędzy wysokością a odpornością na wyleganie 1 ($r_P = -0,49^{**}$ i $r_G = -0,56^{**}$) oraz pomiędzy wysokością a wyleganiem 2 ($r_P = -0,65^{**}$, $r_G = -0,68^{**}$) (tab. 3). Niepokoi jednak odnotowane w 2000 zjawisko odwrócenia tej korzystnej tendencji. Być może jest ono przejściowe.

Sukcesem zakończył się proces skrócenia wczesności wyrzucania wiech u nowych rodów owsa, u których równocześnie odnotowano wzrost plenności. Taka korzystna zależność uwidoczniła się szczególnie w roku 1999 i 2000. Korelacje te okazały się silnie uwarunkowane genetycznie (odpowiednio $r_G = -0,73^{**}$ i $r_G = -0,48^{**}$) (tab. 3). Przeprowadzone zabiegi hodowlane nie osłabiły korzystnych zależności pomiędzy plonem a udziałem łuski w procentach (ujemne) oraz plonem a masą 1000 ziaren (dodatnie). Podobną, korzystną zależność pomiędzy plonem a masą 1000 ziaren wskazuje Sawicki (1984) oraz Wąs (1982). Dodatnia korelacja pomiędzy plonem a masą 1000 ziaren wskazuje, że selekcja materiałów hodowlanych w celu podniesienia masy 1000 ziaren może w sposób pośredni, ale skuteczny podwyższyć plon ziarna u owsa o ile zostanie skutecznie poszerzona zmienność dla tej cechy.

Przykłady skutecznego wykorzystania korelacji genotypowych w poprawianiu niektórych elementów struktury plonu u mieszańców owsa podaje Petr (1966). Przeprowadzone obliczenia u żyta (Śmiałowski i Węgrzyn, 2000) wykazały również wysokie wartości korelacji fenotypowych i korelacji genotypowych pomiędzy niektórymi cechami. Należy sądzić, że opisane zależności u owsa mogą stanowić pomoc i ułatwienie w pracach hodowlanych mających na celu uzyskanie plenniejszych odmian.

WNIOSKI

1. Wyniki badań wskazują, na spadek plonowania rodów owsa w doświadczeniach wstępnych w latach 1996–2000. Nie wykryto bezpośrednich przyczyn tego zjawiska.
2. Wprowadzone do doświadczeń wstępnych rody charakteryzowały się większą odpornością na rdzę koronową i wyleganie oraz wczesnością wyrzucania wiech i krótszą słomą.
3. Wysokie wartości współczynnika zmienności dla odporności na wyleganie i rdzę koronową owsa wskazują, że w badanych materiałach nadal można dokonywać selekcji form o lepszych parametrach.
4. Stwierdzone korzystne korelacje fenotypowe i genotypowe pomiędzy plonem a wysokością roślin, odpornością na wyleganie i rdzę koronową wskazują na trwałe genetyczne uwarunkowanie ujawnionych zależności.

LITERATURA

- Falconer D. S. 1974. Dziedziczenie cech ilościowych. PWN, Warszawa.
- Hallauer .A. R., Miranda J. B. 1995. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa St. Univ., Ames.
- Kearsey M. J., Pooni H. S. 1996. The genetical analysis of quantitative traits. Chapman and Hall, London.
- Król J., Piróg H. 1980. Zdolność plonowania odmian uprawnych i populacji miejscowych owsa w kolekcji zlokalizowanej na Gubałówce w Zakopanem. Biul. IHAR 141: 31 — 47.
- Petr F. C., Frey K. J. 1966. Genotypic correlation, dominance, and heritability of quantitative characters in oats. Crop Sci. 259 — 280.
- Rezai A., Frey K. J. 1988. Variation and relation to geographical distribution of wild oats (*Avena sativa* L.). Euphytica 33: 407 — 413.
- Sawicki J. 1984. Struktura plonu u odmian i rodów owsa raz udział jej komponentów w kształtowaniu plonu ziarna. Acta Agraria et Silvesrta Vol. XXIII: 59 — 77.
- Śmiałowski T., Węgrzyn S. 2000 „Zmienność i zależność oraz genetyczne uwarunkowania wybranych cech u odmian i rodów żyta ozimego. Biul. IHAR 216 (1): 61 — 68.
- Wąs L. 1982. Ocena różnych form owsa zgromadzonych w kolekcji roboczej z punktu widzenia ich przydatności dla hodowli. Biul. IHAR 147: 105 — 123.
- Węgrzyn S. 1983. Znaczenie korelacji w hodowli roślin. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 290: 15 — 21.

SŁAWOMIR MICHAŁEK**EDWARD BOROWSKI**

Katedra Fizjologii Roślin

Akademia Rolnicza w Lublinie

Kielkowanie nasion i wzrost siewek krajowych odmian soi (*Glycine max* (L.) Merr.) w warunkach suszy

Seed germination and seedling growth of the Polish soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) cultivars in drought conditions

W warunkach laboratoryjnych badano kielkowanie nasion 7 krajowych odmian soi (Aldana, Jutro, Polan, Progres, Mazowia, Gaj, Nawiko) przy potencjale wody 0,0; -0,20; -0,40; -0,65 i -0,90 MPa wywołanym polietylenoglikolem (PEG-8000), a także wzrost siewek wymienionych odmian soi w pożywce Hoaglanda o potencjale wody -0,5 MPa uzyskanym przy pomocy PEG. Otrzymane wyniki wykazały, że spadek potencjału wody w roztworze w istotny sposób obniżał ilość skielkowanych nasion, szybkość ich kielkowania, a także przyrost masy kielków. Właściwe kielkowanie nasion soi możliwe jest przy potencjale wody od 0,0 do -0,4 MPa. Również niski potencjał wody w pożywce hamował wzrost łodyg soi, a także przyrost świeżej i suchej masy pędów i korzeni roślin. Warunki jednakże symulowanej suszy wpływały w większym stopniu na kielkowanie nasion niż wzrost roślin. Wyniki kielkowania nasion i wzrostu młodych roślin w warunkach suszy wykazały, że do bardziej odpornych na suszę krajowych odmian soi należy Nawiko, Mazowia i Progres, najmniej odporna okazała się odmiana Gaj.

Słowa kluczowe: kielkowanie, odmiany, soja, symulowana susza, wzrost

Germination of seven Polish soybean cultivars was analysed in laboratory conditions. The varieties (Aldana, Jutro, Polan, Progres, Mazowia, Gaj, Nawiko) were tested at the water potentials 0,0; -0,20; -0,40; -0,65 and -0,90 MPa, developed by polyethylene glycol (PEG-8000). Besides, growth of the soybean cultivars was examined in the Hoagland's solution at the water potential -0,5 Mpa, obtained by addition of PEG. The received results showed, that decline of water potential in a solution significantly reduced the number of germinated seeds, the speed of their germination as well as mass increment of shoot. Proper germination of soybean seeds was possible at water potential from 0,0 to -0,4 MPa. Low water potential in the nutrient medium slowed down also the growth of soybean stem, as well as increment of fresh and dry mass in shoots and roots of plants. However, conditions of simulated drought influenced to a greater extent the germination of seeds than the growth of plants. According to the results on germination and seedling growth Nawiko, Mazowia and Progres showed high level of drought resistance. The Gaj cultivar was out to be the least resistant.

Key words: cultivars, germination, growth, soybean, simulated drought

WSTĘP

Soja jest jedną z najcenniejszych roślin uprawnych jadalnych i pastewnych na świecie. Jako roślina strączkowa wykazuje stosunkowo duże zapotrzebowanie na wodę i jest wrażliwa na okresy suszy. Niedobór wody w glebie wywołany brakiem opadów lub wysoką temperaturą obniża w okresie kiełkowania nasion tempo wschodów i obsadę roślin, w późniejszym okresie wzrost i plonowanie roślin (Bouslama i Schapaugh, 1984; Brown i in., 1985; Kpoghomou i in., 1990; Grzesiak i in., 1996; Grzesiak i in., 1996; Helms i in., 1996). Badania przeprowadzone za granicą (Bouslama i Schapaugh, 1984; Brown i in., 1985; Kpoghomou i in., 1990), a także w kraju (Grzesiak i in., 1996; Michałek i in., 2001) wskazują, że odmiany soi różnią się wrażliwością na suszę. Celowa zatem wydaje się analiza pod tym kątem krajowych odmian soi, by móc na tej podstawie wskazać odmiany bardziej odporne, które będzie można wykorzystać do dalszych prac hodowlanych i do uprawy w rejonach o nierównomiernym rozkładzie opadów.

Ponieważ dotychczasowe badania prowadzone w laboratorium (Grzesiak i in., 1996) i w polu (Grzesiak i in., 1996) uwzględniały tylko 4 odmiany soi, podjęto badania, których celem była analiza kiełkowania nasion i wzrostu siewek 7 krajowych odmian soi (ujętych w rejestrze COBORU) w warunkach symulowanej suszy.

MATERIAŁ I METODY

Przeprowadzone badania obejmowały dwa oddzielne doświadczenia przeprowadzone w warunkach laboratoryjnych wiosną w roku 1999 i 2000.

Doświadczenia dotyczące kiełkowania

Nasiona siedmiu krajowych odmian soi (tab. 1) kiełkowały w roztworach polietylenoglicolu 8000 (PEG), w których potencjał wody wynosił -0,20, -0,40, -0,65 i -0,90 MPa wobec wody dejonizowanej jako kontroli (Michel, 1983). Zbliżonej wielkości nasiona badanych odmian soi zostały przed kiełkowaniem odkażone w 50% etanolu, a następnie umieszczone na 2 warstwach bibuły Whatman No 1 w wyprażonych płytkach Petriego o średnicy 9 cm i wysokości 1,2 cm, zawierających po 20 cm³ odpowiednich roztworów PEG. Płytki umieszczono w termostacie w temp. 25° C. Po 2, 4, 6 i 8 dniach liczono ilość skielkowanych nasion, a uzyskane wyniki posłużyły do określenia procentu kiełkowania nasion po 2 i 6 dniach oraz wskaźnika szybkości kiełkowania nasion. Wskaźnik (promptness indeks — PI) będący średnią z obu przeprowadzonych doświadczeń wyliczono wg wzoru podanego w pracy Bouslama i Schapaugh (1984),

$$PI = nd_2 (1,00) + nd_4 (0,75) + nd_6 (0,50) + nd_8 (0,25),$$

gdzie: $nd_{2,4,6,8}$ = liczba skielkowanych nasion po 2, 4, 6 i 8 dniach.

Doświadczenia likwidowano po 8 dniach, określając średnią świeżą masę kiełków. Wyniki zamieszczone w tabeli 4 obejmują tylko dane dla roztworów -0,20, -0,40 i -0,65 MPa, ponieważ kiełki na płytkach kontrolnych (0,0 MPa) zostały częściowo porażone przez grzyby, a przy stężeniu -0,90 MPa miały długość zaledwie 5–6 mm. Każda odmiana

soi kiełkowała na 6 płytkach, które traktowano jako powtórzenia, na 1 płytce umieszczano 20 nasion. Uzyskane wyniki zostały poddane weryfikacji statystycznej, przy pomocy podwójnej klasyfikacji krzyżowej, w przypadku stwierdzenia istotnych różnic określono wartość pól przedziałów ufności Tukeya oznaczonych w pracy jako NIR.

Tabela 1

Wpływ potencjału wody w roztworze na procent skielkowanych nasion krajowych odmian soi po 2 dniach
The effect of water potential in solution on the percent of germinated seeds of Polish cultivars of soybean after 2 days

B Odmiana Cultivar	1999						2000					
	A Potencjał wody w MPa Water potential in MPa					$\bar{x}$ dla — for B	A Potencjał wody w MPa Water potential in MPa					$\bar{x}$ dla — for B
	0,0	-0,20	-0,40	-0,65	-0,90		0,0	-0,20	-0,40	-0,65	-0,90	
Aldana	76,2	68,7	35,0	7,5	0,0	37,5	88,1	73,1	30,3	18,2	0,0	41,9
Gaj	60,2	58,0	25,2	1,2	0,0	28,9	41,8	37,9	27,0	13,8	0,0	24,1
Jutro	55,0	41,2	28,7	1,2	0,0	25,2	75,0	53,7	22,1	14,7	1,0	33,3
Mazowia	90,0	66,2	35,0	12,5	0,0	40,7	90,3	74,2	47,5	19,2	0,0	46,2
Nawiko	82,0	80,5	45,0	13,7	2,0	44,6	69,4	64,3	55,2	35,3	5,0	45,8
Polan	72,5	67,5	37,5	1,2	0,0	37,9	58,7	42,8	19,5	4,0	0,0	25,0
Progres	85,0	83,7	47,5	15,0	0,0	46,2	74,2	45,1	43,2	34,8	0,0	39,5
$\bar{x}$ dla — for A	74,4	66,5	36,3	7,5	0,3	37,0	71,1	55,9	35,0	20,0	0,9	36,6
NIR _(0,05) dla A; LSD _(0,05) for A	7,0						6,7					
NIR _(0,05) dla B; LSD _(0,05) for B						8,9						8,5
NIR _(0,05) dla A × B; LSD _(0,05) for A × B	23,8						22,9					

Doświadczenia dotyczące wzrostu siewek

Siewki badanych odmian soi wykiełkowane w piasku zwilżanym wodą destylowaną, zostały w fazie liścieni przełożone po 1 sztuce do kolb Erlenmajera, osłoniętych folią aluminiową i napełnionych pożywką Hoaglanda o pojedynczej koncentracji. Dalszy wzrost roślin przebiegał w pomieszczeniu wegetacyjnym w warunkach oświetlenia o intensywności około 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, przy 16-godzinnym fotoperiodzie i temperaturze 25° C/20° C (dzień/noc). Pożywkę 2–3 razy dziennie napowietrzano, a co 4–5 dni wymieniano na świeżą, utrzymując jej pH na poziomie 6,5. Każda odmiana soi rosła w 10 kolbach. Po 14 dniach wzrostu połowa losowo wybranych roślin każdej odmiany, rosła w dalszym ciągu w pożywce Hoaglanda, zaś druga połowa w pożywce Hoaglanda z dodatkiem PEG. Potencjał wody w roztworze, zawierającym 140 g PEG w 1 dm³ pożywki, wynosił -0,5 MPa (Kpoghomou i in., 1990). Po dalszych 21 dniach wzrostu roślin w stresie suszy doświadczenie zlikwidowano określając wysokość pędów ich świeżą masę, a także świeżą i suchą masę korzeni. Dla wymienionych parametrów obliczono wartość indeksu stresu (SI) wg wzoru:

$$\text{SI} = [(\text{wartość w stresie}) \times (\text{wartość w kontroli})^{-1}] \times 100.$$

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki zawarte w tabeli 1 wskazują, że potencjał wody w trakcie kiełkowania nasion soi miał istotny wpływ na udział procentowy skielkowanych nasion soi, zwłaszcza po 2 dniach trwania procesu. Średni bowiem procent skielkowanych nasion w wodzie dejonizowanej wynosił ok. 72,7%, natomiast przy potencjale wody -0,20, -0,40, -0,65 i -0,90 MPa odpowiednio 61,2; 35,6; 13,7 i 0,6%. Dane te wskazują, że wilgotność odgrywa ogromną rolę w procesie kiełkowania. Łatwy dostęp wody poza temperaturą jest podstawowym czynnikiem niezbędnym do uaktywnienia szeregu różnych enzymów zapoczątkowujących wzrost i rozwój zarodka (Kpoghomou i in., 1990; Helms i in., 1996). W obrębie poszczególnych stężeń PEG wystąpiły także wyraźne różnice pomiędzy badanymi odmianami soi. W obu latach prowadzonych badań niezależnie od potencjału wody w roztworze wysoki procent skielkowanych nasion wykazywała odmiana Nawiko (średnio 45,2), Mazowia (43,4), Progres (42,8) i Aldana (39,7). Średni procent nasion skielkowanych po 2 dniach u pozostałych badanych odmian, tj. Polan, Jutro i Gaj był istotnie niższy i wynosił odpowiednio 31,4; 29,2; 26,5.

Udział procentowy nasion zdolnych do wykiełkowania w warunkach zastosowanych poziomów suszy po 6 dniach obrazuje tabela 2.

Tabela 2

Wpływ potencjału wody w roztworze na procent skielkowanych nasion krajowych odmian soi po 6 dniach

The effect of water potential in solution on the percent of germinated seeds of Polish cultivars of soybean after 6 days

B Odmiana Cultivar	1999						2000					
	A Potencjał wody w MPa Water potential in MPa					$\bar{x}$ dla — for B	A Potencjał wody w MPa Water potential in MPa					$\bar{x}$ dla — for B
	0,0	-0,20	-0,40	-0,65	-0,90		0,0	-0,20	-0,40	-0,65	-0,90	
Aldana	96,2	96,2	90,0	45,0	3,7	66,2	91,8	91,8	88,5	51,8	8,8	66,5
Gaj	98,7	98,7	87,5	27,5	8,7	64,2	87,7	87,7	82,2	51,8	8,9	63,7
Jutro	92,5	92,5	83,7	36,2	8,7	62,7	91,8	91,8	76,0	49,8	14,9	64,9
Mazowia	100,0	98,7	90,0	35,0	15,0	67,7	100,0	100,0	99,0	55,2	12,1	73,3
Nawiko	100,0	98,7	97,5	63,7	13,7	74,7	97,4	97,4	91,8	80,3	16,1	76,6
Polan	93,7	93,7	87,5	42,5	1,2	63,7	94,0	94,2	86,2	40,8	6,0	64,2
Progres	100,0	95,0	95,0	46,2	12,5	69,7	94,3	94,3	90,8	72,2	30,2	76,4
$\bar{x}$ dla — for A	97,3	96,2	90,2	42,3	9,1	67,0	93,8	93,9	87,8	57,4	13,8	69,3
NIR _(0,05) dla A; LSD _(0,05) for A				6,7					5,2			
NIR _(0,05) dla B; LSD _(0,05) for B						8,6						7,9
NIR _(0,05) dla A × B; LSD _(0,05) for A × B					21,4						19,1	

Zamieszczone dane wskazują, że w obu latach prowadzonych badań procent nasion wykiełkowanych w kontroli (0,0 MPa) i przy potencjale wody -0,20 MPa był jednakowy. Ponieważ potencjał wody w glebach przy ich średnim uwodnieniu kształtuje się na poziomie -0,1/-0,2 MPa (Larcher, 1995), można więc sądzić, że nie ma to ujemnego wpływu na wschody roślin. Dalsze jednak zmniejszenie potencjału wody do -0,40 MPa wywołało średnio 6% spadek liczby skielkowanych nasion, zaś do -0,65 MPa, aż ponad

45%. W warunkach bardzo niskiego potencjału wody w roztworze wynoszącym -0,9 MPa kiełkowały tylko pojedyncze nasiona, a ich udział całkowity wynosił około 10%. W podobnych badaniach prowadzonych na ziarniakach pszenżyta Gawrońska i Grzelak (1991) stwierdziły przy potencjale wody 8 barów (-0,8 MPa) kiełkowanie w granicach 7%. Uzyskany w omawianych badaniach średni procent nasion krajowych odmian soi zdolnych do wykiełkowania przy potencjale wody -0,2 MPa był bardzo podobny jak przy -0,3 MPa w badaniach Grzesiaka i wsp. (1996), natomiast znacznie wyższy jak w przypadku amerykańskich odmian soi (Kpoghomou i in., 1990). Reakcja odmian na stres osmotyczny po 6 dniach kiełkowania była podobna jak w terminie wcześniejszym, chociaż różnice pomiędzy odmianami były wyraźnie mniejsze. W najwyższym procencie skiełkowała odmiana Nawiko (średnio 75,6), Progres (73,0) i Mazowia (70,5), w nieco mniejszym Aldona (66,3) w najmniejszym Jutro, Polan i Gaj (63,9%) (tab. 2).

Wartość wskaźnika szybkości kiełkowania nasion (tab. 3) wynikała bezpośrednio z liczby skiełkowanych nasion w analizowanych terminach. Dlatego też najwyższą wartością omawianego wskaźnika charakteryzowały się nasiona w warunkach kontrolnych. Spadek potencjału wody w roztworze powodował bardziej wyraźne zmniejszenie wartości wskaźnika szybkości kiełkowania nasion niż procentu nasion wykiełkowanych po 6 dniach. Wskaźnik ten może być wykorzystany nie tylko do oceny wpływu suszy na kiełkowanie nasion, ale także i innych czynników stresowych, co również podkreśla Bouslama i Shapaugh (1984) i Kpoghomou i wsp. (1990).

Tabela 3

Wpływ potencjału wody w roztworze na wartość wskaźnika szybkości kiełkowania nasion krajowych odmian soi
The effect of water potential in solution on the value of germination promptness index of Polish soybean cultivars

Odmiana Cultivar	Potencjał wody w MPa Water potential in MPa				
	0,00	-0,20	-0,40	-0,65	-0,90
Aldana	91,3	87,9	74,0	36,3	4,3
Gaj	81,6	80,0	67,7	31,2	6,0
Jutro	84,9	79,8	69,7	32,5	8,0
Mazowia	97,2	91,0	77,2	32,6	8,7
Nawiko	91,7	90,4	79,1	56,9	11,2
Polan	85,4	81,1	65,1	29,6	1,9
Progres	91,6	89,6	80,4	48,5	14,3
$\bar{x}$	89,1	85,7	73,3	38,2	7,8

Zastosowane warunki symulowanej suszy wyraźnie determinowały także wzrost i masę kiełków wytworzoną po 8 dniach kiełkowania (tab. 4). Średnia masa powstałych kiełków przy potencjale wody -0,20 MPa była około 3-krotnie wyższa niż przy potencjale wody -0,40 MPa i 16-krotnie wyższa niż przy potencjale wody -0,65 MPa. To może wskazywać, że procesy wzrostu korzonka zarodkowego wymagają więcej wody niż procesy związane z zapoczątkowaniem kiełkowania. Wyraźnie wyższa masa kiełków odmiany Nawiko, Progres, Mazowia i Aldana niż pozostałych odmian, wynikała z szybszego kiełkowania, pozostawiającego więcej czasu na procesy wzrostu.

Tabela 4

Wpływ potencjału wody w roztworze na świeżą masę kielków krajowych odmian soi po 8 dniach kielkowania (g)
The effect of water potential in solution on the mass of shoot of Polish soybean cultivars after 8 days of germination (g)

Odmiana (B) Cultivar	1999			$\bar{X}$ dla — for B	2000			$\bar{X}$ dla — for B
	Potencjał wody w MPa (A) Water potential in MPa				Potencjał wody w MPa (A) Water potential in MPa			
	-0,20	-0,40	-0,65		-0,20	-0,40	-0,65	
Aldana	4,01	1,24	0,21	1,82	3,53	0,95	0,35	1,61
Gaj	3,99	1,05	0,09	1,71	2,11	0,78	0,17	1,02
Jutro	3,72	1,16	0,13	1,67	1,20	0,84	0,27	0,77
Mazowia	4,15	1,39	0,12	1,89	5,10	1,66	0,38	2,38
Nawiko	4,70	1,51	0,31	2,17	3,01	1,13	0,57	1,57
Polan	3,93	1,22	0,16	1,77	2,76	0,91	0,46	1,38
Progres	5,47	1,20	0,18	2,28	2,88	1,11	0,46	1,48
$\bar{X}$ dla — for A	4,31	1,25	0,17	1,90	2,94	1,05	0,38	1,46
NIR _(0,05) dla A-LSD _(0,05) for A	0,36				0,28			
NIR _(0,05) dla B-LSD _(0,05) for B				0,55				0,55
NIR _(0,05) dla A × B-LSD _(0,05) for A × B	1,20				1,16			

Tabela 5

Wpływ potencjału wody w pożywce na wartość indeksu stresu określonego na podstawie wysokości pędów, świeżej i suchej masy pędów oraz świeżej i suchej masy korzeni 5-tygodniowych roślin soi
The effect of water potential in nutrient medium on the value of stress index based on shoot height, fresh and dry mass of shoot as well as fresh and dry mass of roots of 5-weeks old soybean plants

Odmiana Cultivar	Indeks stresu Stress index				
	Pęd Shoot			Korzeń Root	
	Wysokość Height	Świeża masa Fresh mass	Sucha masa Dry mass	Świeża masa Fresh mass	Sucha masa Dry mass
Aldana	83,1	42,9	91,2	47,8	72,5
Gaj	75,4	39,7	72,8	41,6	66,7
Jutro	70,6	45,5	88,7	47,0	72,9
Mazowia	86,1	45,6	88,5	63,8	89,7
Nawiko	89,6	43,0	82,2	47,7	76,5
Polan	95,5	40,7	60,1	37,8	65,1
Progres	79,4	46,8	90,8	48,6	76,5

Podobnie jak w przypadku kielkowania nasion, również obniżony do -0,5 MPa potencjał wody w pożywce Hoaglanda wyraźnie hamował wzrost roślin jak i przyrost świeżej i suchej masy pędów i korzeni (tab. 5). Wpływ jednakże suszy w okresie wzrostu siewek badanych odmian soi był mniejszy niż w czasie kielkowania nasion, co także potwierdził w podobnych badaniach Kpoghomou i wsp. (1990). Stąd też trudno niekiedy jednoznacznie wskazać w oparciu o określoną wartość indeksu stresu dla badanych cech, które odmiany okazały się bardziej, a które mniej odporne na suszę. Biorąc jednak pod uwagę wyniki dotyczące kielkowania i wzrostu siewek można stwierdzić, że do bardziej odpornych na suszę należy odmiana Nawiko, Progres i Mazowia, najmniej odporną okazała się odmiana Gaj. Również we wcześniejszych wstępnych badaniach opartych na pomiarach aktywności

fotosyntetycznej roślin i zawartości proliny autorzy stwierdzili, że odmiany Nawiko i Mazowia są odporne na suszę, ale także, że odporna jest odmiana Gaj, co nie potwierdziło się w niniejszych badaniach (Michałek i in., 2001). Także Grzesiak i wsp. (1996) na podstawie badań opartych na kiełkowaniu nasion i wzroście siewek zalicza odmianę Progres do odpornych na suszę.

WNIOSKI

1. Spadek potencjału wody w roztworze wpływał w istotny sposób na obniżenie zdolności i szybkości kiełkowania nasion, a także przyrostu masy kiełków. Właściwy przebieg kiełkowania nasion soi zachodzi przy potencjale wody od 0,0 do -0,4 MPa.
2. Obniżony potencjał wody w większym stopniu ograniczał przyrost masy kiełków niż procent skiełkowanych nasion.
3. Warunki symulowanej suszy wywołanej dodatkiem PEG wpływały w większym stopniu na kiełkowanie nasion niż wzrost młodych roślin soi.
4. Niski potencjał wody w pożywce Hoaglanda (-0,5 MPa) hamował wzrost pędów soi, a także przyrost świeżej i suchej masy pędów i korzeni roślin.
5. Odmiany soi Nawiko, Mazowia i Progres należą do bardziej odpornych na suszę niż odmiana Gaj. Wskazują na to wyniki dotyczące kiełkowania nasion i wzrostu młodych roślin soi w warunkach suszy.

LITERATURA

- Bouslama M., Schapaugh W. T. 1984. Stress tolerance in soybean. I. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Sci.* 24: 933 — 937.
- Brown E. A., Caviness C. E., Brown D. A. 1985. Response of selected soybean cultivars to soil moisture deficit. *Agron. J.* 77: 274 — 278.
- Grzesiak S., Filek W., Pienkowski S., Nizioł B. 1996. Screening for drought resistance: Evaluation of drought susceptibility index of legume plants under natural growth conditions. *J. Agronomy Crop Sci.* 177: 237 — 244.
- Grzesiak S., Filek W., Skrudlik G., Nizioł B. 1996. Screening for drought tolerance: Evaluation of seed germination and seedling growth for drought resistance in legume plants. *J. Agron. Crop Sci.* 177: 245 — 252.
- Gawrońska H., Grzelak K. 1991. Wpływ stresu suszy symulowanej glikolem polietylenowym (PEG) na kiełkowanie ziarniaków i wzrost siewek pszenżyta jarego (*Triticosecale* X Wittmack). *Biul. IHAR* 180: 53 — 64.
- Helms T. C., Deckard E., Goos R. J., Enz J. W. 1996. Soybean seedling emergence influenced by days of soil water stress and soil temperature. *Agron. J.* 88: 657 — 661.
- Kpoghomou B. K., Sapra V. T., Beyl C. A. 1990. Screening for drought tolerance: Soybean germination and its relationship to seedling responses. *J. Agronomy Crop Sci* 164: 153 — 159.
- Larcher W. 1995. *Physiological Plant Ecology*, 3rd ed., Springer Verlag, New York, 215 — 264.
- Michałek S., Borowski E., Michałek W. 2001. Reakcja krajowych odmian soi na stres wodny. *Folia Hort.* 13/1 A: 657 — 662.
- Michel B. E. 1983. Evaluation of water potential of solutions of polyethylene glycol 8000 both in the absence and presence of other solutes. *Plant Physiol.* 72:66 — 70.

JÓZEF MARTYNIAK¹**DANUTA MARTYNIAK**²¹Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa²Zakład Roślin Motylkowatych i Traw

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Przyrodnicze i antropogeniczne uwarunkowania rejonizacji uprawy kostrzewy czerwonej na nasiona w Polsce

The natural and anthropogenic condition for regionalization of red fescue seed production in Poland

Celem badań była analiza rozmieszczenia upraw nasiennych oraz plonowania kostrzewy czerwonej w latach 1991–2000 i na tej podstawie podjęcie próby jej rejonizacji. Zastosowano metodę „*a posteriori*”, polegającą na wykreśleniu na mapie linii interpolowanych. Wyznaczono w ten sposób cztery rejony o różnej przydatności do uprawy. Bardzo przydatnym do uprawy okazał się rejon I, a przydatnym rejon II, położone w centralnej Polsce oraz w enklawie na środkowym wschodzie. Najmniej przydatny jest obszar podgórski rejonu IV położony na południu kraju oraz na północy i północnym wschodzie. Badano też współzależności 12 cech przyrodniczych i antropogenicznych, które mogą warunkować uprawę, przy pomocy współczynników korelacji. Powierzchnia uprawy skorelowana była ujemnie z wskaźnikiem jakości gleby i opadami, a dodatnio z temperaturą powietrza. Dodatkowo, istotne współczynniki korelacji uzyskano też dla czynników antropogenicznych (poziom kultury rolnej, tradycje uprawy gatunku, poziom organizacji nasiennictwa).

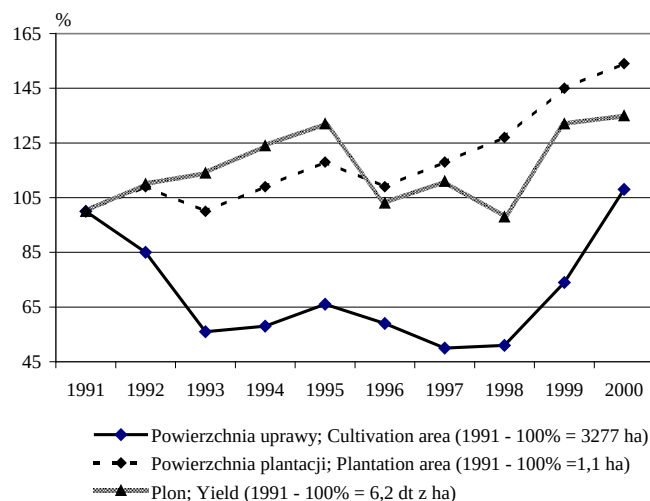
Słowa kluczowe: czynniki antropogeniczne, czynniki przyrodnicze, kostrzewa czerwona, nasiennictwo, plonowanie, powierzchnia uprawy

The purpose of this study was to analyze the spatial distribution and yielding of red fescue seed crops in the period 1991–2000, and to determine the suitability of regions for seed production. The interpolate lines were drawn on the map, using „*a posteriori*” method, and four regions with different suitability for seed production were outlined. The most suitable for seed production appeared to be region I than suitable region II both localized in the central part of Poland. Region IV submountain as well north and northeast parts of Poland are of the lowest suitability. The relationships between 12 anthropological and anthropogenic factors which may influence the seed crop, were estimated. Cultivated area was negatively correlated with relative soil quality estimate index and rainfall but positively with air temperature. Significant, positive correlation coefficients were obtained also for anthropogenic factors (agriculture level, species cultivation tradition, levels seed production organization).

Key words: anthropogenic factors, cultivation area, seed production, red fescue, yielding

WSTĘP

Kostrzewa czerwona stała się w ostatnich latach, obok życicy trwałej, gatunkiem o największym areale uprawy na nasiona. Jest przy tym jedynym gatunkiem, którego reprodukcja po regresie uprawy traw na nasiona w ostatnim dziesięcioleciu XX wieku, nie tylko powróciła do stanu pierwotnego, ale nawet go przekroczyła (rys. 1). W roku 2001 areal jej uprawy wyniósł ponad 4,3 tys. ha (co stanowiło aż 41% powierzchni wszystkich traw) i po raz pierwszy był wyższy niż życicy trwałej. Charakterystyczne jest przy tym, że niemal trzecią część reprodukcji stanowiły odmiany zagraniczne. W roku tym zaimportowano też do Polski ok. 2 tys. ton nasion kostrzewy czerwonej, co jest adekwatne, przy naszym poziomie plonowania, arealowi ok. 2,5 tys. ha. Taka koniunktura nasienna tego gatunku związana jest z zapotrzebowaniem nasion odmian trawnikowych.



Rys. 1. Zmiany powierzchni plantacyjnej i plonowania kostrzewy czerwonej w Polsce w latach 1991–2000 (w liczbach względnych do roku 1991)

Fig. 1. Changes in the cultivation area and yield of red fescue in Poland (period 1991–2000 in relation to 1991)

Reprodukcja nasion kostrzewy czerwonej staje się zatem kierunkiem perspektywnym dla pojedynczego przedsiębiorstwa rolnego i w skali kraju. Podstawowy warunek opłacalności jej uprawy stanowi jednak poziom plonowania. Zależny jest on od wielu czynników determinujących (Goliński, 2000). Jednym z czynników, który nie wymaga żadnych nakładów, a może mieć wpływ na wysokość plonu w skali kraju jest lokalizacja lub rejonizacja jej uprawy, tak jak w przypadku innych roślin (Krzymuski, 1975; Niewiadomski, 1979).

Dotychczas, w przeciwieństwie do gatunków innych grup roślin uprawnych, nie opracowywano rejonizacji uprawy traw, z wyjątkiem jednej próby dla wybranych ich gatunków uprawianych na paszę (Martyniak, 1979). W pracach rejonizacyjnych gatunku stosuje się najczęściej dwie metody oparte głównie o kryteria przyrodnicze. Pierwsza

„*a priori*” polega na wnioskowaniu, wynikającym najczęściej z analizy czynników glebowo-klimatycznych i pośrednim porównaniu ich z potrzebami gatunku czy odmiany. Druga „*a posteriori*” opiera się na zebranych już z praktyki danych o wartości cech mierzalnych gatunku na określonym obszarze i wnioskowaniu o przydatności tego obszaru do uprawy. W tym przypadku „same rośliny” najczęściej przez plonowanie, które stanowi wypadkową wszystkich czynników, „dokonują” syntetycznej oceny przydatności rolniczej przestrzeni produkcyjnej. Metoda ta jest częściej stosowana i sprawdziła się dla przykładu w pracach Krzymuskiego (1979), a także okazała się skuteczna we wcześniejszych autorskich opracowaniach rejonizacyjnych (Martyniak, 1972, 1979, 2002).

Celem pracy była analiza rozmieszczenia obszarów reprodukcji nasion i poziomu plonowania kostrzewy czerwonej na terenie kraju oraz próba wykreślenia mapy rejonów o różnej przydatności do jej uprawy. Badano również zależność tej przydatności od uwarunkowań przyrodniczych i antropogenicznych, głównie na użytek ewentualnej rejonizacji „*a priori*” lub korekty wyznaczonych rejonów uprawy.

MATERIAŁ I METODY

W badaniach zastosowano metodę „*a posteriori*” dla określenia przydatności rejonów kraju do uprawy kostrzewy czerwonej na nasiona. Uwzględniono przy tym dane z dziesięcioletniego okresu (1991–2000) dwóch najważniejszych cech dotyczących praktycznego nasiennictwa, tj. areалу i lokalizacji plantacji oraz wysokości plonu jako syntetycznego wskaźnika przyrodniczo-antropogenicznego przydatności obszaru do uprawy. Wadą tej metody jest niemożliwość analizy obszaru, na którym gatunek w ogóle dotychczas nie był uprawiany. Stąd dla ewentualnej korekty wyznaczanych rejonów „*a posteriori*”, waloryzację przyrodniczą wykonano także dla całego obszaru kraju, co daje możliwość analizy uzupełniającej metodą „*a priori*”. W pierwszym przypadku dane waloryzacyjne i plantacyjne pochodziły z 31 dawnych województw, a w drugim (same dane waloryzacyjne) rozszerzone zostały na pozostałych 18 województw.

Dane dotyczące areалу uprawy i plonowania objęły 16414 plantacje i pochodziły z dokumentacji kwalifikacji polowej Centralnego Inspektoratu Inspekcji Nasienniej (Anonim, 2001). Natomiast podstawowe dane klimatyczne za okres wegetacji (suma opadów, średnia roczna temperatura) wzięto z obserwacji meteorologicznych stacji doświadczalnych oceny odmian zlokalizowanych na obszarze danego województwa, a w dwu przypadkach w jego najbliższym sąsiedztwie (Rybarczyk, 2001). Ocenę syntetyczną warunków przyrodniczych (wskaźnik bonitacji gleby i agroklimatu oraz ogólny wskaźnik przydatności rolniczej przestrzeni produkcyjnej) przyjęto z opracowania zbiorowego pod redakcją Witka (1975).

W tym opracowaniu, jako jednostkę terytorialną przyjmowano obszar obowiązujących w tym czasie 49 województw, co przesądziło o układzie danych również w naszej pracy.

Spośród danych antropogenicznych niektóre elementy składowe poziomu kultury rolnej (plony podstawowych ziemiopłodów przeliczone na plon zbóż, nawożenie mineralne) wzięto z danych GUS (Rocznik Statystyczny, 1991–2000). Natomiast poziom postępu biologicznego oszacowano na podstawie danych powierzchni żyta (jako rośliny

powszechnie uprawianej na glebach przydatnych do uprawy kostrzewy czerwonej na nasiona) obsianej kwalifikatami oraz sprzedaży nasion kwalifikowanych. Pochodziły one, podobnie jak dane dotyczące ochrony roślin, z badań ankietowych prowadzonych przez Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w 600 gospodarstwach (Oleksiak, 2001).

Pozostałe czynniki antropogeniczne, zależne wyłącznie od człowieka (tradycja i umiejętność w zakresie technologii uprawy traw, poziom organizacji nasiennictwa) oceniano w skali pięciostopniowej na podstawie koncentracji plantacji w województwach i konfrontowano z całym okresem powojennym (z danych w okresie funkcjonowania Central Nasiennych). Pozostałe oceny o charakterze syntetycznym również transformowano na pięciostopniową skalę.

Wszystkie zebrane dane zweryfikowano i przeliczono posługując się średnimi arytmetycznymi lub średnimi ważonymi. Posłużyły one do bezpośredniej analizy cech oraz obliczenia współczynników stopnia ich korelacji w rejonach. Wyjściowej waloryzacji przydatności obszarów do uprawy kostrzewy czerwonej i wyznaczenia rejonów dokonano na podstawie wartości ważonej areалу uprawy i poziomu plonowania, poprawionej oceną poziomu organizacji nasiennictwa i tradycji uprawy. Na podstawie tej waloryzacji, po naniesieniu jej na mapę wykreślono metodą interpolacji rejonu uprawy.

WYNIKI I DYSKUSJA

Rejony uprawy

Selekcja uzyskanych danych waloryzacyjnych, głównie areálu uprawy i poziomu plonowania na obszarze poszczególnych województw, pozwoliła utworzyć trzy grupy, które w przybliżeniu odpowiadają trzem rejonom uprawy kostrzewy czerwonej na nasiona w Polsce.

Rejon I utworzyło dziewięć województw centralnej Polski (rys. 2). Zdecydowało o tym głównie wysokie plonowanie, dla którego przyjęto próg powyżej 8 dt z ha (tab. 1).

Tabela 1

Powierzchnia i plonowanie nasienne w rejonach (średnio z lat 1991–2000)
Area of cultivation and seed yield in regions (mean 1991–2000)

Czynnik Factor	Jednostka ¹⁾ Name ¹⁾	Rejon (liczba województw); Region (voivodship number)			
		I (9)	II (8)	III (14)	Kraj (31) ²⁾ Country
Areál uprawy Cultivation area	ha %	2007 86,5	215 9,3	98 4,2	2320 100
Powierzchnia plantacji Area of plantations	ha %	1,8 95	1,9 100	2,0 105	1,9 100
Plon nasion z ha Seed yield from ha	dt %	8,03 117	7,53 111	5,44 80	6,76 100
Zakres plonowania ³⁾ z ha Yield range ³⁾ from ha	dt	6,0–10,8	4,2–10,0	2,2–8,6	2,2–10,8

¹⁾ Procent w stosunku do średniej krajowej; Procentage in relation to country mean

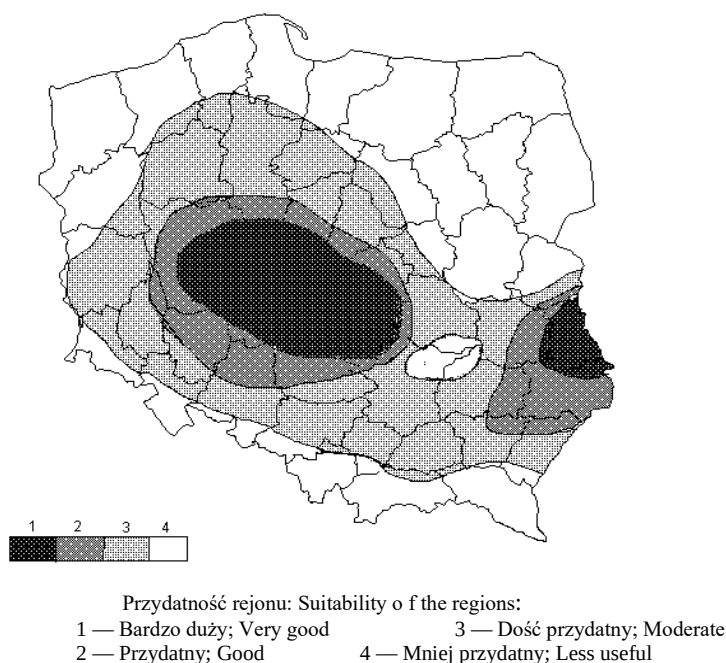
²⁾ Średnio z województw w których zakładano plantacje; Mean from voivodship of seed production

³⁾ Z różnych lat i województw; From different years and voivodships

Była to cecha decydująca o włączeniu do tego rejonu dawnych województw: kaliskiego, leszczyńskiego i poznańskiego. Drugie kryterium areалу uprawy (powyżej 10% krajowego areálu) stanowiło decydującą wagę zaliczenia do rejonu I województwa konińskiego, skierniewickiego i piotrkowskiego. Natomiast najwyższe łączne wartości waloryzacyjne uzyskały województwa o wysokich parametrach, zarówno plonu jak i areálu uprawy: sieradzkie, płockie i konińskie (w środkowej części kraju) oraz chełmskie (na środkowym wschodzie). W sumie na terenie rejonu I skoncentrowana jest reprodukcja ponad 85% kostrzewy czerwonej w Polsce.

Rejon ten charakteryzuje się nieco mniejszą średnią powierzchnią plantacji niż na pozostałym obszarze kraju, głównie ze względu na większe rozdrobnienie gospodarstw w niektórych województwach (tab. 1). Plony w nim są bardziej stabilne o czym świadczą ich wartości ekstremalne, choć sporadycznie w niektóre lata zdarzały się nieco niższe, na granicy 6 dt z ha.

Rejon II objął obszar ośmiu dawnych województw wokół rejonu głównego (rys. 2), a zdecydowało o tym przede wszystkim kryterium wysokiego plonowania, przeważnie na poziomie rejonu I (z wyjątkiem województwa opolskiego). Na niektórych jego obszarach należy spodziewać się w poszczególnych latach niższego plonowania, sporadycznie nawet na poziomie 4 dt z ha tj. o ok. 6 dt, mniej niż przy plonach maksymalnych (tab. 1). Mimo tego w rejonie tym reprodukuje się niemal 10% krajowych nasion kostrzewy czerwonej.



Rys. 2. Rejony uprawy kostrzewy czerwonej na nasiona w Polsce
Fig. 2. Regions seed production of red fescue in Poland

Na terenie najobszerniejszego rejonu III, który obejmuje czternaście dawnych województw, kostrzewę czerwoną uprawia się na nasiona tylko w niedużych skupieniach (rys. 2). Czasem były to większe plantacje w gospodarstwach podejmujących próbę specjalizacji, nie zawsze udaną. Na przykład w 1999 z jednej 50 ha plantacji założonej w dawnym województwie pilskim zebrano tylko średnio 4 dt nasion z ha, a w wałbrzyskim nawet zaledwie 2,2 dt. Natomiast w dawnym województwie koszalińskim w 1998 roku na jednej z plantacji o powierzchni 80 ha zebrano skrajnie po 8 dt z ha plonu, a w 1999 w słupskim z 42 ha osiągnięto średni plon aż 11,2 dt z ha. Stąd też przeciętna wielkość plantacji w rejonie III jest największa w kraju. W sumie jednak w rejonie tym uprawa kostrzewy czerwonej zajmuje poniżej 5% areалу krajowego, a średni plon jest wyraźnie (prawie o 3 dt z ha) niższy niż w rejonie I.

Na pozostałym obszarze kraju, obejmującym osiemnaście dawnych województw, który można by określić rejonem IV, plantacji kostrzewy czerwonej w analizowanym dziesięcioletnim okresie nie zakładano (rys. 2). Nie oznacza to wykluczenia możliwości pozyskiwania tam plonu nasion tego gatunku, zwłaszcza na wybranych mniejszych jego obszarach. Jednak pół wieku doświadczeń praktyki nasiennej traw w Polsce i jej organizacji dowodzi o generalnie małej przydatności tego rejonu, z różnych przyczyn, do reprodukcji kostrzewy czerwonej. Rejon ten rozciąga się szerokim pasem Polski północnej i północno-wschodniej oraz węższym południowym pasem gór i pogórza kraju.

Na całym obszarze kraju areal uprawy był dodatnio skorelowany z plonem nasion lecz nie był zależny od wielkości plantacji (tab. 3). Wielkość plantacji nie wiązała się też z koncentracją uprawy.

Warunki przyrodnicze w rejonach

Główny rejon uprawy kostrzewy czerwonej znany jest jako najbardziej posuszny obszar kraju. W jego granicach opady wynoszą 90% średniej krajowej zaś wyliczona średnia temperatura była najwyższa spośród wszystkich rejonów (tab. 2). Stąd dodatnia korelacja areálu uprawy z temperaturą a ujemna z opadami (tab. 3). Niższy również wskaźnik bonitacji gleby (95% średniej krajowej) o istotnej ujemnej korelacji z arealem uprawy świadczy o lokalizacji upraw nasiennych kostrzewy czerwonej na glebach słabszych. Zatem w sumie syntetyczny, ogólny wskaźnik przydatności rolniczej w rejonie I był niższy od jego średniej krajowej i istotnie, odwrotnie skorelowany z nasileniem uprawy (tab. 3).

Natomiast w rejonie II warunki glebowo-klimatyczne były w przeciwieństwie do rejonu I korzystniejsze w stosunku do pozostałych rejonów (tab. 2). Dotyczy to zwłaszcza wskaźnika bonitacji gleby, na co wpływ miała jej wyższa rolniczo jakość w województwie płockim (ziemia łęczycka i kutnowska), wrocławskim, opolskim, leszczyńskim. Wysoki również wskaźnik bonitacji agroklimatu wynika, przy podobnych jak w rejonie I średniorocznych temperaturach, głównie z wyraźnie wyższych opadów.

Warunki przyrodnicze w obszerniejszym już rejonie III były we wszystkich analizowanych parametrach bardziej wyrównane i zbliżone do średniej krajowej, choć nieco ją przewyższały (tab. 2). Dotyczy to zwłaszcza opadów, które na wyznaczonym obszarze tego rejonu były wyższe niż w pozostałych rejonach.

Tabela 2

Kształtowanie się wartości czynników przyrodniczych i antropogenicznych w rejonach uprawy kostrzewy czerwonej na nasiona

Formation of value natural and anthropogenic factors for red fescue seed production

Czynnik Factor	Dane rzeczywiste Natural data				Procent od średniej krajowej ¹ % relation to mean of country ¹				Średnia krajowa Mean for country	Liczba województw Voivodship number
	Rejon (liczba województw) Region (number of voivodship)									
	I(9)	II (8)	III (14)	IV (18)	I	II	III	IV	(31)	(49)
Wskaźnik bonitacji gleby Soil estimate index	44,4	54,5	47,1	43,1	95	117	101	92	48,2	46,4
Opady w okresie wegetacji (mm) Rainfall during the vegetative period (mm)	335	388	391	373	90	104	105	100	374	373
Temperatura średnioroczna °C Annual average temperature (°C)	7,9	7,8	7,6	7,3	104	103	100	96	7,8	7,6
Wskaźnik bonitacji agroklimatu Agronomic climatological index	11,5	11,8	10,6	8,9	112	115	103	86	11,2	10,3
Wskaźnik przydatności rolniczej Agrocultural usefulness index	62,9	71,4	66,2	58,4	97	111	103	90	67,9	64,4
Nawożenie mineralne (NPK kg / ha) Mineral fertilization (NPK kg/ha)	86	90	82	76	101	110	100	93	85	82
Ochrona roślin (liczba zabiegów) Plant protection (number of operations)	1,24	1,16	1,19	1,00	111	104	106	89	1,20	1,12
Poziom postępu biologicznego (ocena 2) Biological progress level (estimation 2)	2,8	3,0	2,9	2,6	100	107	104	93	2,9	2,8
Plon przeliczeniowy zbóż (dt z ha) Reference yield of cereals (dt/ha)	29,5	30,3	29,3	27,4	102	105	102	95	29,6	28,8
Poziom kultury rolnej (ocena syntetyczna 2) Agriculture level (total estimation 2)	3,3	3,0	2,6	2,3	122	111	96	85	2,9	2,7
Tradycje uprawy gatunku (ocena 2) Traditions of species cultivation (estimation 2)	4,5	2,2	1,8	1,0	173	84	69	38	2,8	2,6
Organizacja nasiennictwa (ocena 2) Seed production organization (estimation 2)	4,4	2,3	2,2	1,9	176	92	88	76	2,9	2,5

¹⁾ Z 49 województw; For 49 voivodship

²⁾ Ocena w skali 5°; Score scale 5°

Ostatni, również obszerny rejon IV charakteryzował się najgorszymi rolniczo warunkami, a zwłaszcza bonitacją agroklimatu, który wyniósł 86% średniej krajowej (tab. 2). Korzystniejsze opady, na poziomie średniej krajowej, o czym zadecydowały południowe obszary podgórskie i północne nadmorskie, nie zrekomensowały we wskaźniku agroklimatycznym niekorzystnie niskich temperatur.

Ogólnie warunki przyrodnicze średnio dla kraju dość ściśle skorelowane były, w sposób opisany wyżej przy rejonie I z arealem uprawy kostrzewy czerwonej na nasiona (tab. 3). Natomiast nie były one zupełnie związane, co jest zrozumiałe z wielkością plantacji. Nie

stwierdzono też ich istotnej korelacji z plonem nasion za wyjątkiem ujemnej zależności z opadami.

Poziom czynników antropogenicznych w rejonach

Ocena poszczególnych czynników zależnych od człowieka była w rejonie I wyższa lub co najmniej na poziomie średniej krajowej (tab. 2). W sferze materialnej tj. stosowania środków produkcji (nawożenie, ochrona roślin, postęp biologiczny) ich waloryzacja wynosiła 100–111% w stosunku do średniej krajowej; natomiast w przypadku czynników niematerialnych (poziom kultury rolnej, tradycja uprawy gatunku, organizacja nasiennictwa) były to wartości bardzo wysokie od 122 do 176%. Na podkreślenie zasługuje też wskaźnik plonu przeliczeniowego głównych płodów rolnych na plon zbóż, który jest związany zarówno z czynnikami materialnymi, jak i z czysto antropogenicznymi. Jego wartość wyższa od średniej krajowej, przy jednocześnie niższym wskaźniku przydatności rolniczej, również świadczy o przewadze czynników antropogenicznych na obszarze rejonu I i ich związku z natężeniem uprawy kostrzewy czerwonej. Stąd syntetyczna ocena poziomu kultury rolnej była tu najwyższa (122%) spośród wszystkich rejonów (tab. 2). Dodatnią zależność areálu uprawy od czynników antropogenicznych potwierdzają też wyliczone dla całego kraju istotne w większości współczynniki korelacji (tab. 3).

Rejon II charakteryzował się najlepszymi warunkami przyrodniczymi. Obrazują to wszystkie wskaźniki warunków przyrodniczych, a zwłaszcza wskaźnik ogólny przydatności rolniczej, który wyniósł 111% (tab. 2). Ten wysoki przyrodniczy potencjał produkcyjny w powiązaniu z najwyższym postępowaniem biologicznym i wysokim poziomem chemizacji produkcji, skutkowało najwyższym plonem przeliczeniowym zbóż. Stąd w rejonie tym osiągnęto plony kostrzewy czerwonej na poziomie rejonu I. Natomiast mniejszy areál jej uprawy w rejonie II związany był z zdecydowanie słabszą organizacją nasiennictwa traw i tradycją ich uprawy. Mocniejsze gleby i wyższe opady predestynują bowiem ten rejon do uprawy innych kultur polowych, przynoszących podobne lub nawet wyższe dochody.

W rejonie III parametry czynników przyrodniczych były pośrednie w stosunku do rejonu I i II (tab. 2). Jedynie wskaźnik bonitacji agroklimatu, wobec najwyższych opadów i niższych średnich temperatur, był wyraźnie niższy. Podobnie na średnim poziomie kształtowały się materialne czynniki antropogeniczne, związane ze środkami produkcji. Natomiast poziom kultury rolnej był niższy niż w obu poprzednich rejonach, co przy jeszcze niższej tradycji uprawy i organizacji nasiennictwa nie sprzyjało reprodukcji kostrzewy czerwonej.

Porównując średnie warunki przyrodnicze i antropogeniczne rejonu IV, gdzie nie uprawiano dotąd kostrzewy czerwonej na nasiona w skali reprodukcyjnej, z pozostałymi rejonami, a zwłaszcza z rejonem I widać, że obszar ten rzeczywiście jest mało przydatny do uprawy tego gatunku (tab. 2). Rejon IV ma mniej korzystny agroklimat, a zwłaszcza niższe temperatury, niższy poziom kultury rolnej i mało efektywną organizację nasiennictwa oraz oczywisty brak tradycji i umiejętności uprawy tego gatunku. Być może, że przy szczegółowszej przestrzennej analizie warunków na obszarze tym znalazłyby się wyznaczone „*a priori*” mikrorejonu do uprawy kostrzewy czerwonej. Zasadne to być może zwłaszcza w przypadku pogłębienia rejonizacji o czynnik odmianowy, na co wskazuje znaczne zróżnicowanie plonotwórcze jej odmian (Goliński, 2000; Żyłka i Prończuk, 2001).

Generalnie wydaje się jednak, że wyznaczone „*a posteriori*” w makroskali rejonu nie wymagają korekty „*a priori*”. Ukształtowane w ciągu niemal pół wiekowej tradycji uprawy kostrzewy czerwonej w powojennej Polsce rejonu mają bowiem swoje uzasadnienie zarówno od strony przyrodniczej jak i antropogenicznej.

Tabela 3

Zależność powierzchni uprawy i plonowania kostrzewy czerwonej od czynników przyrodniczych i antropogenicznych (współczynniki korelacji)
Interdependence cultivation area and yielding red fescue from natural and anthropogenic factors (correlation coefficient).

Czynnik Factor	Areal uprawy Cultivation area	Powierzchnia plantacji Area of plantation	Plon nasion Seed yield
Wskaźnik bonitacji gleby Soil estimate index	-0,293*	0,050	-0,148
Opady w okresie wegetacji Rainfall of vegetative period	-0,443**	-0,190	-0,315*
Temperatura powietrza Air temperature	0,236*	0,213	0,020
Wskaźnik bonitacji agroklimatu Agronomic climatological index	-0,083	0,170	0,028
Wskaźnik przydatności rolniczej Agricultural useful index	-0,239*	0,083	-0,110
Nawożenie mineralne Mineral fertilization	0,184	0,380*	-0,170
Ochrona roślin Plant protection	0,148	0,201	0,165
Poziom postępu biologicznego Biological progress level	-0,084	0,194	0,091
Plon przeliczeniowy zbóż Reference yield of cereals	0,246*	0,569**	-0,295
Poziom kultury rolnej Agriculture level	0,277*	0,481**	0,062
Tradycje uprawy nasiennej Grass seed production tradition	0,564**	0,079	0,322*
Organizacja nasiennictwa Seed production organization	0,495**	0,082	0,277*
Areal uprawy Cultivation area	1,000	-0,176	0,387**
Powierzchnia plantacji Area of plantation	-0,176	1,000	-0,035
Plon nasion Seed yield	0,387**	-0,035	1,000

WNIOSKI

1. Kostrzewa czerwona jest jednym z najbardziej perspektywicznych gatunków w produkcji nasiennej traw w Polsce. Jest to jedyny gatunek, którego reprodukcja osiągnęła już stan sprzed regresu polskiego nasiennictwa traw.
2. Poziom plonowania nasiennego kostrzewy czerwonej jest na obszarze Polski wyraźnie zróżnicowany, a najwyższe plony uzyskuje się w wyznaczonym rejonie I, obejmującym teren dziewięciu dawnych województw środkowej Polski i enklawę na

- środkowym wschodzie; na obszarze tego rejonu koncentruje się ponad 85% powierzchni jej uprawy.
3. Spośród pozostałych rejonów wysokie plony uzyskuje się na terenie ośmiu województw rejonu II, gdzie lokuje się niemal 10% uprawy. Natomiast w rejonie III (czternastu województw) plonowanie jest znacznie niższe i bardziej zawodne. Rejon IV jest nie przydatny obecnie do uprawy tego gatunku.
 4. Istnieje wyraźna zależność rejonizacji uprawy kostrzewy czerwonej na nasiona z warunkami przyrodniczymi, zwłaszcza ujemna z jakością gleby i opadami, a jeszcze większa, dodatnia z czynnikami antropologicznymi (poziomem kultury rolnej, tradycją uprawy i organizacją nasiennictwa).

LITERATURA

- Anonim 2001. Wyniki oceny polowej. Trawy pastewne i gazonowe. Lata 1991–2000. Centralny Inspektorat Inspekcji Nasienniej w Warszawie.
- Goliński P. 1997. The role of cultivars in profit of grass seed production. Proc. of the 20th Meet. of Eucarpia Fodder Crops and Amenity Grasses Section, Radzików: 95 — 98.
- Goliński P. 2000. Czynniki determinujące plonowanie plantacji nasiennych *Festuca rubra*. Łąkarstwo w Polsce, 3: 31 — 41.
- Krzymuski J. 1975. Rejonowość produkcji zbóż w Polsce. Biul. Oceny Odm. 7: 27 — 49.
- Krzymuski J. 1979. Postawy rejonizacji głównych ziemiopłodów. Metody badań. Zeszyty Probl. Post. Nauk Rol. 224: 127 — 135.
- Martyniak J. 1972. Plonowanie i rejonizacja odmian koniczyny czerwonej w Polsce. Biul. Oceny Odm. 1/2: 127 — 147.
- Martyniak J. 1979. Przestrzenna zmienność plonowania niektórych gatunków traw na obszarze Polski. Zeszyty Probl. Post. Nauk Rol. 282: 67 — 78.
- Niewiadomski W. 1959. Regionalizacja — czołowy problem polskiego rolnictwa. Zeszyty Nauk. WSR Olsztyn 42: 24 — 36.
- Oleksiak T. 2001. Postęp w hodowli żyta w Polsce w latach 1986–2000 i jego praktyczne wykorzystanie w produkcji. Biul. IHAR 220: 171 — 178.
- Roczniki Statystyczny 1991–2000. Wydawn. Statystyczne, Warszawa.
- Rybarczyk J. 2001. Przegląd warunków agrometeorologicznych. Za lata 1991-2000. COBORU, Słupia Wielka.
- Witek T. 1975. Rolnicza przestrzeń produkcyjna Polski w liczbach. Praca zbiorowa. Puławy, 1975.
- Żyłka D., Prończuk S. 2001. Porównanie kępowych i rozłogowych podgatunków kostrzewy czerwonej (*Festuca rubra* L. ssp.) pod względem przydatności na użytkowanie trawnikowe i nasienne Zeszyty Probl. Post. Nauk Rol. 474: 103 — 112.

ELŻBIETA CZEMBOR

Zakład Roślin Motylkowatych i Traw

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Brunatna plamistość wiechliny łąkowej (*Drechslera poae* (Baudys) Shoemaker) Część I. Taksonomia, występowanie, biologia i znaczenie gospodarcze

Leaf spot and melting out of Kentucky bluegrass *Drechslera poae* (Baudys) Shoemaker

Part I. Taxonomy, biology and economic importance of the pathogen

W pracy przedstawiono przegląd wiedzy dotyczącej jednej z najważniejszych chorób wiechliny łąkowej, jaką jest brunatna plamistość powodowana przez *Drechslera poae* (Baudys) Shoemaker. Wiechlina łąkowa (*Poa pratensis* L.) należy do podstawowych gatunków traw gazonowych i pastewnych na całym świecie. Główny akcent położono na opis biologii *D. poae*, opis choroby powodowanej przez tego patogena oraz na opis jego znaczenia gospodarczego. Omówiono również stanowisko taksonomiczne i występowanie *D. poae*.

Słowa kluczowe: biologia, *Drechslera poae*, taksonomia, wiechlina łąkowa, występowanie, znaczenie gospodarcze

Leaf spot and melting out caused by *Drechslera poae* (Baudys) Shoemaker is one of the most destructive disease on Kentucky bluegrass. Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) is one of the primary perennial turfgrass species throughout the world. The pathogen occurs throughout the major Kentucky bluegrass growing regions, e. g. in Poland. Therefore, in this review taxonomy, biology and economic importance of *D. poae* were presented.

Key words: biology, *Drechslera poae*, economic importance, Kentucky bluegrass, occurrence, taxonomy

WSTĘP

Wiechlina łąkowa (*Poa pratensis* L.) jest trawą kosmopolityczną (Meyer, 1982; Thorne, 1992; Dyble, 1999). Występuje w różnych stanowiskach: od zbyt suchych do okresowo zbyt wilgotnych, od zbyt żyznych do ubogich, na glebach przepuszczalnych, próchnicznych oraz torfowo-murszowych. Spotykana jest na wszystkich piętrach gór poza strefą alpejską i turniową (Rutkowska, 1971; Góral i Góral, 1987; Grynia, 1995; Jankowski

i in., 1997; Dyble, 1999; Kozłowski i in., 2000; Patrzalek, 2000). Dzięki tej różnorodności spełnia ona wiele funkcji w środowisku przyrodniczym oraz w gospodarczej działalności człowieka (Meyer, 1982; Filipek, 1983; Góral i Góral, 1987; Huff i Bara, 1993; Prończuk, 1994; Kozłowski i in., 2000). Jest ona jednym z podstawowych gatunków traw pastewnych i gazonowych, pospolitym na trawnikach, łąkach i pastwiskach. Pełni ona również ważne funkcje ekologiczne wśród których na szczególne wyróżnienie zasługuje zastosowanie wiechliny łąkowej do rekultywacji terenów trudnych i zdegradowanych (Patrzalek, 1984, 1996, 2000; Majtkowski i Olender, 1989; Grabowski i in., 1999; Majtkowski i in., 1999; Prończuk i Prończuk, 2000).

Choroby powodowane przez różne patogeniczne mikroorganizmy mogą powodować znaczne obniżenie wartości gospodarczej wiechliny łąkowej. Brunatna plamistość powodowana przez *Drechslera poae* (Baudys) Shoemaker jest zaliczana do najważniejszych chorób liściowych wiechliny łąkowej (Smedegard-Petersen i in., 1970, 1975; Vargas, 1994; Paul 1995; Paul i Dapprich, 1997; Prończuk i Prończuk, 1997 a; Prończuk, 2000).

STANOWISKO TAKSONOMICZNE *DRECHSLERA POAE* (BAUDYS) SHOEM

Gatunek *Drechslera poae* (Baudys) Shoem. [syn. *Helminthosporium vagans* Drechs., *Helminthosporium poae* Baudys, *Drechslera vagans* (Drechs.) Shoem.] należy do rodzaju *Drechslera*, klasy *Hyphomycetes* — strzępczaki, podgromady *Deuteromycotina* — grzyby niedoskonałe, gromady *Eumycota* — grzyby właściwe w podkrólestwie *Mycobionta* — grzyby. Systematyka *D. poae* jest oparta na kształcie zarodników i trzonek konidialnych oraz sposobie kiełkowania zarodników konidialnych (stadium niedoskonałe). U gatunku tego nie stwierdzono występowania stadium doskonałego (Drechsler, 1922, 1930; Alcorn, 1983, 1988, (podział taksonomiczno-systematyczny wg Kochmana, 1981). Kryczyński (2000) grzyby z rodzaju *Drechslera* zalicza do klasy *Hyphomycetes* (strzępczaki), będącej w grupie grzybów mitosporowych, czyli niedoskonałych (*fungi imperfecti*) w królestwie *Fungi* (grzyby). Grzyby mitosporowe to grupa grzybów, u których nie poznano stadium płciowego (doskonałego), co jest podstawą do zaliczenia ich do jednej z 4 uznanych gromad (*Oomycota*, *Chytridiomycota*, *Zygomycota* i *Ascomycota*) królestwa *Fungi*.

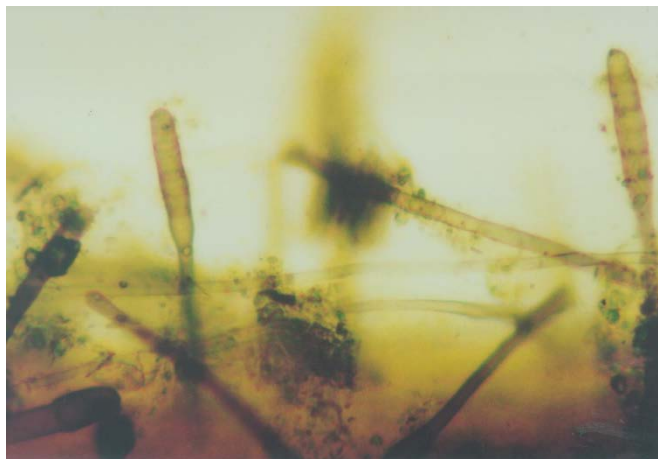
Systematyka grzybów należących do rodzaju *Drechslera* (syn. *Helminthosporium*, *Bipolaris*) zmieniała się na przestrzeni czasu. Nazwę *Helmisporium* dla grzybów należących do tego rodzaju zaproponował w 1809 roku Link, a w 1822 roku Persoon zmienił ją na *Helminthosporium* (Alcorn, 1983). Jedynym kryterium przynależności do tego rodzaju było występowanie trój- i wielokomórkowych, ciemno zabarwionych zarodników konidialnych.

Nishikado (1928, 1929, za Alcornem, 1988) w oparciu o kształt konidiów i sposób ich kiełkowania wprowadził dwa podrodzaje *Helminthosporium*: *Cylindro-Helminthosporium* i *Eu-Helminthosporium*. Shoemaker (1959) zaproponował podział na dwa rodzaje: rodzaj *Drechslera* dla gatunków umieszczonych w podrodzaju *Cylindro-Helminthosporium* oraz rodzaj *Bipolaris* dla gatunków, należących do podrodzaju *Eu-Helminthosporium*. Stadium doskonałe gatunków należących do rodzaju *Drechslera* związane było z rodzajem

Pyrenophora (Hughes, 1958), a gatunków należących do rodzaju *Bipolaris* przypisywano do rodzaju *Trichometasphaeria* lub *Cochliobolus* (Drechsler, 1934; Luttrell, 1957, 1958, 1964).

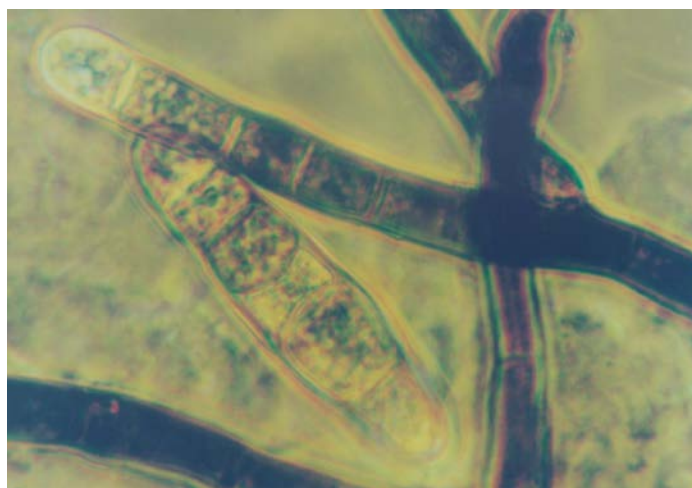
Przez długi okres wielu autorów używało nazwy rodzaju *Drechslera* w szerokim zakresie jako synonim *Helminthosporium*, włączając tu obok rodzaju *Bipolaris*, wprowadzony w 1974 roku przez Leonarda i Suggsa, rodzaj *Exserohilum* dla gatunków poprzednio umieszczanych w rodzaju *Drechslera* lub *Bipolaris*, inni zaś dzielili tę grupę gatunków grzybów na trzy niezależne rodzaje (Subramanian i Jain, 1966; Ellis, 1971, 1976; Chidambaram i in., 1973; Danquah, 1975; Alcorn, 1988). Obecnie obowiązuje podział na trzy rodzaje *Drechslera*, *Bipolaris* i *Exserohilum* (Alcorn, 1983, 1988; Kwaśna 1995).

Zarodniki konidialne rodzaju *Drechslera* i *Bipolaris* tworzą się na szczycie rozgałęzionych lub nierozgałęzionych trzonek konidialnych, są żółtobrunatne i złożone z kilku komórek. Cylindryczne zarodniki konidialne gatunków należących do *Drechslera* posiadają zdolność kiełkowania z każdej komórki w postaci jednej lub wielu strzępek kiełkowych, jak to obserwuje się u *D. poae*. Natomiast wrzecionowate i często zakrzywione zarodniki konidialne gatunków należących do *Bipolaris* mogą kiełkować tylko z komórek szczytowej i podstawowej (bazalnej) (Kochman, 1981). Wymiary zarodników należących do rodzaju *Drechslera* jest charakterystyczna dla każdego z gatunków. Wymiary te są różne i wynoszą: 8–23 μm (średnio 12–20 μm) x 25–130 μm (średnio 60–70 μm). Zarodniki *D. poae* są szerokie i długie: 17–23 μm x 25–130 μm (Smiley i in. 1992) (rys. 1, 2)



Rys. 1. Zarodniki *Drechslera poae* wytwarzane na trzonekach konidialnych, wyrastających wprost z grzybni (powiększenie 200x) na porażonej pochwie liściowej (fot. M. Prończuk)

Fig. 1. Conidia of *Drechslera poae*, conidiophores and mycelium (enlargement 200x) grows on infected leaf sheath (photo. M. Prończuk)



Rys. 2. Zarodniki konidialne *Drechslera poae* (powiększenie 600x) (fot. M. Prończuk)
 Fig. 2. Conidia of *Drechslera poae* (enlargement 600x) (photo. M. Prończuk)

WYSTĘPOWANIE *DRECHSLERA POAE* (BAUDYS) SHOEM

Grzyby z rodzaju *Drechslera* i *Bipolaris*, do których należy *Drechslera poae* powodują choroby plamistości licznych gatunków traw gazonowych i pastewnych na całym świecie (Drechsler, 1923, 1935; Braverman i Graham, 1960; Latch, 1966; Couch, 1973; O'Rourke, 1975; Teuteberg, 1977; Morrison, 1982; Isawa, 1983; Lam, 1984 a, 1984 b, 1985; Burhenne i in., 1990; Lewis, 1992; Gondran i Courtillot, 1994; Vargas, 1994).

Choroba plamistości liści wiechliny powodowana przez grzyba *D. poae* została zaobserwowana po raz pierwszy przez Drechslera w USA w 1922 roku (Drechsler, 1922). Doniesienia z literatury świadczą, że grzyb ten występuje, podobnie jak inne gatunki z rodzaju *Drechslera* i *Bipolaris* także w Europie (Smedegard-Peterson, 1970; Mäkelä, 1972; Mühle i in., 1975; Prończuk i Prończuk, 1994, 1997 a, 1997 b; Lewis, 1996; Prończuk, 1996, 2000), Ameryce Północnej (Drechsler, 1922, 1930; Elliot 1962 b; Bean i Wilcoxson, 1964 a; Nutter i in., 1982; Sampson i Western, 1954; Shoemaker, 1959), Australii, Afryce, Etiopii oraz Nowej Zelandii (Kwaśna, 1995). Choroba plamistości liści wiechliny została po raz pierwszy opisana w Polsce przez Lutyńską (1975), która zaobserwowała ją na polu hodowlano-badawczym Zakładu Roślin Pastewnych w Niedzicy (k. Nowego Targu) w 1974 roku.

W naturze *D. poae* występuje głównie na roślinach wiechliny łąkowej (*Poa pratensis* L.) (Smiley i in., 1992; Paul, 1995), ale również, jak donosi Kwaśna (1995), na roślinach z rodzaju *Digitaria* i *Eragrostis*. Po zainokulowaniu może rozwijać się na *P. pratensis*, *Bromus inermis*, *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis* i *Lolium perenne* (Kwaśna, 1995).

BIOLOGIA *DRECHSLERA POAE* (BAUDYS) SHOEM

Drechslera poae (Baudys) Shoem. zimuje na porażonych roślinach (u podstawy źdźbła), na obumarłych częściach roślin i na ziarnie. Inokulum pierwotne i wtórne stanowią zarodniki konidialne stadium niedoskonałego, wytwarzane na trzonkach konidialnych, wyrastających wprost z grzybni bez specjalnych owocników oraz grzybnia na porażonych roślinach i obumarłych częściach roślin (Halisky i Funk, 1966; Hagan i Larsen, 1985). Grzybnia i zarodniki konidialne mogą być roznoszone przede wszystkim wraz z częściami roślin podczas koszenia (Nutter i in., 1982; Smith i in., 1994), dlatego intensywne użytkowanie trawników dla celów rekreacyjnych i sportowych, a pastwisk dla celów paszowych sprzyja rozprzestrzenianiu się choroby (Vargas, 1994).

Na pojedynczej roślinie rozwój choroby może być różny, w zależności od tego, która część rośliny zostanie pierwotnie porażona. Rozpryskujące się krople deszczu o odpowiednio dużym nasileniu mogą roznosić zarodniki konidialne, tworzące się na nekrotycznych plamach, zarówno na różne części rośliny jak i na rośliny sąsiednie. Z badań prowadzonych przez Nuttera i wsp. (1982) wiadomo, że zarodniki konidialne w powietrzu były wychwytywane na wysokości nie większej niż 20 cm od porażonych roślin. Pozwala to stwierdzić, że nie są one przenoszone na duże odległości. Jednakże, przenoszenie się patogena na bliskie odległości jest już wystarczające do występowania infekcji pierwotnych lub infekcji wtórnych (Smith i in., 1994). Przy braku koszenia lub użytkowania trawy gazonowej dla celów rekreacyjnych lub sportowych, a trawy pastewnej dla celów pastewnych, infekcje te rozwijają się lokalnie. Liczba zarodników w powietrzu jest ściśle skorelowana z intensywnością zarodnikowania grzyba na powierzchni porażonych roślin (Nutter i in., 1982; Hagan i Larsen, 1985).

W przypadku braku źródła inokulum w bezpośrednim sąsiedztwie, infekcja pierwotna *D. poae* może być spowodowana przez zarodniki konidialne przenoszone wraz z nasionami (Teuteberg, 1977; Lam, 1982 b; Simay, 1994).

Cykl infekcyjny trwa tak długo, jak długo warunki pogodowe są sprzyjające. Infekcja może zaczynać się jesienią, podczas łagodnej zimy grzyb może pozostać nadal aktywny, jednak objawy choroby mogą być niewidoczne ze względu na zimowe i wiosenne odbarwienie liści (Smith i in., 1994). Najobfitsze zarodnikowanie *D. poae* jest obserwowane, gdy temperatura waha się od 12° do 18° C (Nutter i in., 1982; Hagan, 1980 za Hagan i Larsen, 1985). Dlatego długa, chłodna i wilgotna wiosna jest sprzyjająca dla rozwoju patogena (Smith i in., 1994). Gdy temperatura darni wzrasta powyżej 20° C (zazwyczaj od maja do września) nasilenie sporulacji maleje. Istnieje również wysoce istotna zależność między intensywnością zarodnikowania *D. poae* a wilgotnością powietrza (Halisky i Funk, 1966; Hagan i Larsen, 1985; Smith i in., 1988; Smiley i in., 1992).

Znaczący wpływ na nasilenie choroby ma również zawartość cukrów w tkankach roślin (Lukens, 1970). Zawartość cukrów w roślinach traw jest uzależniona m.in. od wysokości koszenia, intensywności nawożenia, zacielenia oraz właściwości genetycznych roślin. Wszystkie czynniki pobudzające roślinę do nadmiernego wzrostu prowadzą do jej osłabienia (obniżenia zawartości węglowodanów w komórkach), czego odzwierciedleniem

jest szybsze obumieranie porażonych przez patogeny fakultatywne, do których należy *D. poae*, tkanek. Obserwacje te zostały potwierdzone badaniami laboratoryjnymi Czembor (1999) dla *D. poae* oraz badaniami Płazek (1996) dla *D. dictioides*, *D. avenae*, *D. siccans* i *Bipolaris sorokiniana*. Grzyby intensywniej zarodnikowały na pożywkach zawierających cukry proste np. glukozę.

W ciągu doby, liczba zarodników *D. poae* zdolnych do infekcji szybko rośnie od godziny 8⁰⁰ osiągając maksymalny poziom w godzinach 12⁰⁰–16⁰⁰, a następnie szybko maleje (Hagan i Larsen, 1985).

OBJAWY CHOROBY POWODOWANEJ PRZEZ *DRECHSLERA POAE* (BAUDYS) SHOEM

Pierwszymi oznakami infekcji są brązowo-purpurowe plamki na liściach (rys. 3). Plamki te powiększają się przyjmując kształt elipsoidalny. Środek, który zamiera przyjmując kolor prawie biały, jest otoczony brązowo-czerwoną obwódką. Jest to pierwsza faza choroby nazywana fazą „plamistości liści”. Faza „plamistości liści” nie powoduje dużych uszkodzeń roślin wiechliny. Jednakże, przy sprzyjających warunkach atmosferycznych, grzyb atakuje pochwy liściowe, podstawy źdźbła, pędy, korzenie i rozłogi (Weihing i in., 1957; Bean i Wilcoxon, 1964 b; Smiley i in., 1992; Vargas, 1994). Plamy powstałe na pochwach liściowych powodują odcięcie liścia od tkanki naczyniowej. Jest to tzw. obrączkowanie powodujące całkowite zamarcie liścia (Smith i in., 1994). W przypadku porażenia podstawy źdźbła wzrost temperatury powoduje, że liście, a następnie całe rośliny, stają się jasnozielone lub żółte przy niskiej zawartości azotu w glebie, a ciemnobrązowe lub czarne przy wysokiej. Rośliny te z czasem brunatnieją i zamierają. Ta faza choroby jest nazywana fazą „wypadania roślin”, czyli zgorzeli (Drechsler, 1923, 1930; Bean i Wilcoxon, 1964 b; Smiley i in., 1992; Komuńska, 1993; Vargas, 1994). Na plantacjach nasiennych porażone kwiaty w kwiatostanach nie wytwarzają nasion (Lutyńska, 1975).



Rys. 3. Objawy brunatnej plamistości na wiechlinie łkowej powodowanej przez *Drechslera poae* (fot. E. Czembor)

Fig. 3. Leaf spot and melting out symptom of Kentucky bluegrass infected by *Drechslera poae* (photo. E. Czembor)

ZNACZENIE GOSPODARCZE *DRECHSLERA POAE* (BAUDYS) SHOEM

Drechslera poae uważany jest za najgroźniejszego patogena wiechliny łąkowej zwłaszcza tam, gdzie trawa jest często koszona, ponieważ powoduje istotne obniżenie wartości estetycznych trawnika (Smedegard-Petersen, 1970; Meyer, 1982; Wijk, 1993; 1997; Prończuk i Prończuk, 1994, 1997 a, 1997 b; Vargas, 1994; Paul, 1995; Paul i Dapprich, 1997; Prończuk, 1996, 2000). Oprócz tego, podobnie jak inne gatunki z szeroko pojętego, według dawnej nomenklatury, rodzaju *Helminthosporium* (Mühle i in., 1975), a obecnie należące do rodzajów *Drechslera* i *Bipolaris*, *D. poae*, obniża plon zielonej masy oraz wpływa na obniżenie plonu nasion na plantacjach nasiennych (Zgórkiewicz, 1972; Lutyńska, 1983; Cagas, 1992, 1996, 1997; Vargas, 1994; Paul, 1995; Paul i Dapprich, 1997; Prończuk, 2000). Elliot (1962 a) donosi, że na badanych przez niego plantacjach nasiennych w USA, 14,8% strat plonu nasion powodowanych było przez patogeny, z czego 8,9% przypisywano wyłącznie *D. poae*. Poza USA *D. poae* powodował również znaczne szkody w Anglii, na terenie Niemiec (Mühle i in., 1975) oraz w Skandynawii, o czym donoszą Smedegard-Petersen (1970), Mäkela (1972) i Welling i Nordestgaard (1991).

PODSUMOWANIE

Warunki klimatyczne Polski są szczególnie sprzyjające rozwojowi grzybów z rodzaju *Drechslera* powodujących choroby plamistości licznych gatunków traw gazonowych i pastewnych. *Drechslera poae* należy do najgroźniejszych patogenów wiechliny łąkowej, jednego z podstawowych gatunków traw o szerokim zastosowaniu. Choroba brunatnej plamistości powodowana przez tego patogena obniża wartości estetyczne trawników, na użytkach zielonych obniża plon zielonej masy a na plantacjach nasiennych obniża plon nasion. Dlatego należy dążyć do ograniczenia różnymi metodami zakresu jego występowania.

LITERATURA

- Alcorn J. L. 1983. Generic concepts in *Drechslera*, *Bipolaris* and *Exserohilum*. Mycotaxon 17: 1 — 86.
 Alcorn J. L. 1988. The taxonomy of 'Helminthosporium' species. Ann. Rev. Phytopathol. 26: 37 — 56.
 Bean G. A., Wilcoxson R. D. 1964a. *Helminthosporium* leaf spot of bluegrass. Phytopathol. 1065 — 1070.
 Bean G. A., Wilcoxson R. D. 1964 b. Pathogenicity of three species of *Helminthosporium* on roots of bluegrass. Phytopathol. 1084 — 1085.
 Braverman S. W., Graham J. H. 1960. *Helminthosporium dictioides* and related species on forage grasses. Phytopathol. 50: 691 — 695.
 Burhenne S., Paul V. H., Kettrup A. 1990. Investigations on the significance of *Drechslera* spp. on forage grasses. Med. Fac. Landbouww, Rijksuniv. Gent. 55: 909 — 915.
 Cagas B. 1992. Seed yield and diseases in Kentucky bluegrass after fungicide application. J. Appl. Seed Prod. 10: 11 — 14.
 Cagas B. 1996. Serious diseases and pests of grass seed crops in the Czech Republic. Krohn K., Paul V. H. (eds.). The 2nd. International Conference of Harmful and Beneficial Microorganisms in Grassland, Pastures and Turf, IOBC wprs Bulletin, Bulletin OILB Srop, vol 19 (7): 2 — 3.
 Cagas B. 1997. The good resistance versus yield in meadow fescue. Staszewski Z., Młyniec W., Osiński R. (eds.). Ecological Aspects of Breeding Fodder Crops and Amenity Grasses, Proc. of 20th Meeting of EUCARPIA Fodder Crops and Amenity Grasses Section, Radzików, Poland, 7–10.10. 1997: 78 — 80.

- Chidambaram P., Mathur S. B., Neergaard P. 1973. Identification of seedborne *Drechslera* species. Friesia 10: 165 — 207.
- Couch H. B. 1973. Diseases of turfgrasses. Krieger Publishing Co., Melbourne: 1 — 348.
- Czembor E. 1999. Growth and sporulation of *Drechslera poae* on agar media. Plant Breed. Seed Sci. 43 (1): 78 — 84.
- Danquah O. A. 1975. Two new species of *Drechslera*. Trans. Br. Mycol. Soc. 64: 544 — 546.
- Drechsler C. 1922. A new leaf spot of Kentucky bluegrass caused by an undescribed species of *Helminthosporium*. Phytopathol. 12: 35.
- Drechsler C. 1923. Some graminicolous species of *Helminthosporium*. J. Agric. Res. 24: 641 — 740.
- Drechsler C. 1930. Leaf spot and foot rot of Kentucky bluegrass caused by *Helminthosporium vagans*. J. Agr. Res. 40: 447 — 456.
- Drechsler C. 1934. Phytopathological and taxonomic aspects of *Ophiobolus*, *Pyrenophora*, *Helminthosporium* and a new genus, *Cochliobolus*. Phytopathology 24: 953 — 983.
- Drechsler C. 1935. A leaf spot of bent grass caused by *Helminthosporium erythrospilum* sp. Phytopathology 25: 344 — 361.
- Elliot E. S. 1962 a. Disease damage in forage grasses. Phytopathology 52: 448 — 451.
- Elliot E. S. 1962 b. The effect of soil fertility on the development of Kentucky bluegrass diseases. Phytopathology 52: 1218.
- Ellis M. B. 1971. *Dematiaceae, Hyphomycetes*. Kew, England: Commonw. Mycol. Inst. 608 pp.
- Ellis M. B. 1976. More *Dematiaceae, Hyphomycetes*. Kew, England: Commonw. Mycol. Inst.: 1 — 507.
- Filipek J. 1983. Właściwości biologiczne, a użytkowość roślin łąk i pastwisk. Łąkarstwo i gospodarka łąkowa. PWRiL, Warszawa: 187 — 208.
- Gondran J., Courtilot M. 1994. Important diseases of turfgrasses in France. IOBC/wprs Bulletin 17(1): 71 — 74.
- Grabowski K., Grzegorzczak S., Benedycki S., Kwietniewski H. 1999. Ocena wartości użytkowej wybranych gatunków i odmian traw gazonowych do obsiewu nawierzchni trawiastych. Zesz. Nauk. Akad. Roln. Szczecin 75: 81 — 88.
- Hagan A. K., Larsen P. O. 1985. Source and dispersal of conidia of *Drechslera poae* in Kentucky bluegrass turf. Plant Dis. 69: 21 — 24.
- Halisky P. M., Funk R. C. 1966. Environmental factors affecting growth and sporulation of *Helminthosporium vagans* and its pathogenicity to *Poa pratensis*. Phytopathol. 56: 1294 — 1296.
- Huff D. R., Bara J. M. 1993. Determining genetic origins of aberrant progeny from facultative apomictic Kentucky bluegrass using a combination of flow cytometry and silver-stained RAPD markers. Theor. Appl. Genet. 87: 201 — 208.
- Hughes S.J. 1958. Revisions *Hyphomycetum* aliquot cum appendice de nominibus rejiciendis. Can. J. Bot. 36: 727 — 836.
- Isawa K. 1983. Deterioration in the chemical composition and nutritive value of forage crops by foliar diseases. III. Chemical composition and nutritive value of forage crops infected with *Helminthosporium* disease. Biul. Nat. Grass. Res. Inst., Japan 24: 41 — 56.
- Kochman J. 1981. Zarys mikologii dla fitopatologów. Skrypt SGGW-AR, Warszawa.
- Komuńska D. 1993. Występowanie grzybów z rodzaju *Helminthosporium* na trawach pastewnych. Biul. IHAR 188: 79 — 83.
- Kozłowski S., Golińska P., Golińska, B. 2000. Poza paszowa funkcja traw. Łąkarstwo w Polsce 3: 79 — 94.
- Kwaśna H. 1995. Ecology, taxonomy and nomenclature of *Helminthosporia* — history and actual situation. Chełkowski J. (ed.). *Helminthosporia* Metabolites, Biology, Plant Diseases, Poznań, Poland: 27 — 60.
- Lam A. 1984 a. *Drechslera siccans* from ryegrass fields in England and Wales. Trans. Br. Mycol. Soc. 83: 305 — 311.
- Lam A. 1984 b. *Drechslera nobleae* on ryegrass in England. Trans. Br. Mycol. Soc. 83: 339 — 341.
- Lam A. 1985. *Drechslera andersenii* sp. nov. and other *Drechslera* spp. on ryegrass in England and Wales. Trans. Br. Mycol. Soc. 85: 595 — 602.
- Latch G. C. 1966. Fungus diseases of ryegrasses in New Zealand I. Foliage diseases. N. Z. J. Agric. Res. 9: 394 — 409.

- Lewis G. C. 1992. Foliar fungal diseases of perennial ryegrass at 16 sites in England and Wales. *Crop Protection* 11: 35 — 38.
- Lewis G. C. 1996. A review of research on endophytic fungi worldwide, and its relevance to European grassland, pastures and turf. Krohn K., Paul V. H. (eds.), *The 2nd International Conference of Harmful and Beneficial Microorganisms in Grassland, Pastures and Turf*, IOBC wprs Bulletin, Bulletin OILB Srop, vol 19 (7): 17 — 25.
- Lukens R. J. 1970. Melting out of Kentucky bluegrass, a low sugar disease. *Phytopathology* 60: 1276 — 1278.
- Lutterel E. S. 1957. *Helminthosporium nodulosum* and related species. *Phytopathology* 47: 540 — 548.
- Lutterel E.S. 1958. The perfect stage of *Helminthosporium turcicum*. *Phytopathology* 48: 281 — 287.
- Lutterel E.S. 1964. Systematic of *Helminthosporium* and related genera. *Mycology* 56: 119 — 132.
- Lutyńska R. 1975. Występowanie *Drechslera poae* (Baudys.) Shoem. (syn. *Helminthosporium vagans* Drechs.) on *Poa pratensis* L. *Biul. IHAR* 126/127: 13 — 14.
- Lutyńska R. 1983. Problemy hodowli odpornościowej roślin motylkowych drobnonasiennych i traw. *Biul. IHAR* 150: 123 — 125.
- Lutyńska R., Witkowska A. 1983. Ocena zdrowotności krajowych i zagranicznych odmian traw badanych na terenie Polski południowej. *Biul. IHAR* 150: 109 — 116.
- Majtkowski W., Olender K. 1989. Przydatność niektórych gatunków traw do rekultywacji terenów wokół Zakładów Azotowych w Puławach. *Biul. IHAR* 170: 65 — 70.
- Majtkowski W., Głazewski M., Schmidt J. 1999. Roślinność trawiasta składowiska fosfogipsów w Wiślince koło Gdańska. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis*, 197, *Agricultura* 75: 207 — 210.
- Mäkela 1972. Suomen Maataloustieteellisen Seuran Julkaisuja. *Acta Agraria Fennica* 124: 1 — 3.
- Meyer W. A. 1982. Breeding disease-resistant cool-season turfgrass cultivars for the United States. *Plant Dis.* 341 — 344.
- Morrison R. H. 1982. *Drechslera nobleae* on *Lolium multiflorum* in North America. *Mycologia* 74: 391 — 397.
- Mühle E., Frauenstein K., Schumann K., Wetzl T. 1975. Choroby i szkodniki traw pastewnych. PWRiL. Warszawa: 1 — 412.
- Nutter F. W., Cole H., Schein R. D. 1982. Conidial sampling of *Drechslera poae* from Kentucky bluegrass to determine role of mowing in spore dispersal. *Plant Dis.* 66: 721 — 723.
- O'Rourke C. J. 1975. Common and newly-recorded forage crop diseases in Ireland. *Ann. Appl. Biol.* 81: 243 — 247.
- Patrzalek A. 1984. Wzrost i rozwój niektórych traw i roślin motylkowatych na zwałowisku odpadów węgla kamiennego "Smolnica". *Arch. Ochr. Środ.* 183 — 197: 183 — 197.
- Patrzalek A. 1996. Promocja polskich odmian traw na zwałowisku odpadów po kopalnictwie węgla kamiennego. *Biul. IHAR* 199: 185 — 192.
- Patrzalek A. 2000. Gatunki i odmiany traw dla celów specjalnych i ich użytkowanie. *Łąkarstwo w Polsce* 3: 105 — 118.
- Paul V. H. 1995. Grass diseases caused by *Drechslera* spp. Chelkowski J.(ed.). *Helminthosporia Metabolites*, Biology, Plant Diseases, Poznań, Poland: 175 — 212.
- Paul V. H., Dapprich P. 1997. Resistance breeding and environmental friendly alternative of disease control in forage crops. In: *Ecological Aspects of Breeding Fodder Crops and Amenity Grasses*, Proc. of 20th Meeting of EUCARPIA Fodder Crops and Amenity Grasses Section, Radzików, Poland: 19 — 28.
- Piążek A. 1996. Wpływ stężenia cukru w pożywce na rozwój wybranych gatunków grzybów z rodzaju *Bipolaris* i *Drechslera*. *Biul. IHAR* 199: 171 — 178.
- Prończuk S. 1994. Stan hodowli i nasiennictwa traw gazonowych w Polsce. *Genet. Pol.* 35A.: 329 — 339.
- Prończuk M. 1996. Główne choroby traw gazonowych w Polsce. *Biul. IHAR* 199: 157 — 169.
- Prończuk M. 2000. Choroby traw — występowanie i szkodliwość w uprawie na nasiona i użytkowaniu trawnikowym. *Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR*, Nr 4: 1 — 179.
- Prończuk M., Prończuk S. 1994. Wstępna ocena odporności traw gazonowych na choroby w Polsce. *Genet. Pol.* 35A: 341 — 348.
- Prończuk M., Prończuk S. 1997 a. Diseases of *Poa pratensis* in sun and shade lawn conditions. In: *Ecological Aspects of Breeding Fodder Crops and Amenity Grasses*, Proc. of 20th Meeting of EUCARPIA Fodder Crops and Amenity Grasses Section, Radzików, Poland: 256 — 260.

- Prończuk M., Prończuk S. 1997 b. Problemy w ocenie podatności traw gazonowych na choroby w warunkach trawnikowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 451: 135 — 146.
- Prończuk S., Prończuk M. 2000. Nasiennictwo traw dla rekultywacji terenów trudnych. Łąkarstwo w Polsce 3: 129 — 140.
- Sampson K., Western J.H. 1954. Diseases of British grasses and herbage legumes. The Syndics of the Cambridge University Press, Cambridge, UK: 1 — 117.
- Shoemaker R. A. 1959. Nomenclature of *Drechslera* i *Bipolaris*, grass parasites segregated from *Helminthosporium*. Can. J. Bot. 37: 879 — 887.
- Simay E. I. 1994. Fungi causing mould on germinated grass seeds. Plant Genet. Res. Newsl. 98: 9.
- Smedegard-Petersen V. 1970. *Drechslera poae* and *Rhynchosporium orthosporum* recorded as pathogens on grasses in Denmark. Yearbook Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark.
- Smiley R. W., Dernoeden P. H., Clarck B. B. 1992. Compendium of turfgrass diseases. The American Phytopathol. Soc., Minnesota: 1 — 98.
- Smith I., Smith M., Dunez J., Lelliott R. A., Philips D. H., Archer S. A. 1988. European Handbook of Plant Diseases. Blackwell Scientific Publications, Great Britain: 1 — 221.
- Smith D. A., Bara R. F., Dickson W. K., Clarke B. B., Reed Funk C. 1994. Leaf spot on Kentucky bluegrass cultivar evaluation trials at Rutgers University. Rutgers Turfgrass Proc. of the New Jersey Turfgrass Expo, Atlantic City: 116 — 137.
- Teuteberg A. 1977. Ein Beitrag zum Auftreten von Blattfleckenenerregern an *Lolium perenne* L. und *Lolium multiflorum* Lam in der Bundesrepublik Deutschland. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz. (Braunschweig) 29: 121 — 123.
- Vargas J. M. 1994. Management of turfgrass diseases. Lewis Publ. CPR Press, Inc.: 1 — 294.
- Weihing J. L., Jensen S. G., Hamilton R. I. 1957. *Helminthosporium sativum*, a destructive pathogen of bluegrass. Phytopathology 47: 744 — 746.
- Welling B., Nordestgaard A. 1991. Disease occurrence and yield relations in some varieties of *Poa pratensis*. Tidsskrift for Planteavl. 95: 393 — 398.
- Wijk A. J. P. van. 1993. Turfgrasses in Europe: cultivar evaluation and advances in breeding. Carrow R. N., Christians N. E., Shearman R. C. (eds.), International Turfgrass Society Research Journal 7, Intertec Publishing Corp., Overland Park, Kansas: 1 — 38.
- Wijk A. J. P. van. 1997. Breeding amenity grasses: achievements and future prospects. In: Ecological Aspects of Breeding Fodder Crops and Amenity Grasses, Proc. of 20th Meeting of EUCARPIA Fodder Crops and Amenity Grasses Section, Radzików, Poland, 7–10.10.1997: 225 — 234.
- Zgórkiewicz A. 1972. Występowanie chorób traw nasiennych na terenie Polski w latach 1965–1967. Biul. IOR: 95 — 131.

ELŻBIETA CZEMBOR

Zakład Roślin Motylkowatych i Traw

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Brunatna plamistość wiechliny łąkowej (*Drechslera poae* (Baudys) Shoemaker) Część II. Hodowla odpornościowa wiechliny łąkowej

**Leaf spot and melting out of Kentucky bluegrass *Drechslera poae* (Baudys)
Shoemaker**

Part II. Breeding for resistance of Kentucky bluegrass

Odporność wiechliny łąkowej (*Poa pratensis* L.) na brunatną plamistość powodowaną przez *Drechslera poae* (Baudys) Shoemaker jest jednym z głównych celów hodowlanych nowych odmian tego gatunku. W pracy przedstawiono przegląd literatury dotyczącej ochrony wiechliny łąkowej przed *D. poae*. Główny akcent położono na rolę hodowli odpornościowej. Scharakteryzowano rolę ekotypów jako ewentualnych źródeł odporności do dalszej hodowli oraz opisano metody wstępnej selekcji. Omówiono ponadto ochronę chemiczną oraz prawidłową agrotechnikę, jako ewentualne metody wspomagające.

Słowa kluczowe: *Drechslera poae*, hodowla odpornościowa, ochrona chemiczna, wiechlina łąkowa, selekcja, źródła odporności

Leaf spot and melting out resistance caused by *Drechslera poae* (Baudys) Shoemaker is crucial for commercial value of new cultivars of Kentucky bluegrass and breeding for resistance against this disease is a major goal of most breeding programs. Therefore, breeding for resistance, as much more ecological approach to control leaf spot and melting out in comparison to fungicide application, was described in this review. Importance of ecotypes as a sources of resistance and several screening methods under greenhouse and field conditions were presented.

Key words: breeding for resistance, chemical control, *Drechslera poae*, Kentucky bluegrass, selection, sources of resistance

WSTĘP

Istnieją różne sposoby zwalczania chorób traw, a w tym i brunatnej plamistości wiechliny łąkowej: stosowanie fungicydów, uprawa odmian odpornych, prawidłowe użytkowanie i pielęgnacja użytków zielonych oraz kombinacje tych sposobów (Burpee,

1993; Vargas, 1994). Stosowanie wyłącznie jednej metody nie zapewnia pełnej ochrony przed patogenem. Zarówno odmiany odporne jak i preparaty chemiczne tracą wyjściową skuteczność w wyniku zmian genetycznych w populacjach patogenów. Prowadzi to do wzrostu poziomu odporności patogenów na fungicydy i utraty odporności przez odmiany odporne (Georgopoulos, 1977, 1987; Dekker, 1987; Gacek, 1992; Gullino i Kuijpers, 1994). Pierwszym doniesieniem o odporności patogenów na fungicydy w Europie była informacja o obniżeniu skuteczności zapraw rtęciowych stosowanych do zwalczania *Pyrenophora avenae* (Noble i in., 1960). Dlatego integracja różnych metod polegająca na stosowaniu ich jednocześnie jest najbardziej zalecana.

AGROTECHNIKA

Odpowiednio dobrany termin i wysokość koszenia oraz właściwe nawożenie azotem i nawadnianie, szczególnie podczas trwania warunków pogodowych sprzyjających rozwojowi *D. poae*, pozwala w dużym stopniu ograniczyć rozwój choroby. Zbyt niskie koszenie trawników podczas chłodnej i deszczowej pogody oraz wysokie wiosenne nawożenie azotem sprzyja rozwojowi choroby. Najbardziej zalecane jest koszenie wiechliny łkowej na wysokości 5–7 cm. Nawożenie azotem zaleca się stosować późną jesienią, przy ograniczonym stosowaniu wiosną. Stosowanie mieszanin gatunków odmian wiechliny łkowej może znacznie obniżyć rozwój grzyba (Vargas, 1994).

OCHRONA CHEMICZNA

Zastosowanie fungicydów na plantacjach nasiennych traw przy dużym nasileniu chorób, podobnie jak i u zbóż, może zwiększyć plony nawet do 25% (Meyer, 1982; Welty i Azevedo, 1994; Rijckaert, 1995). Badania prowadzone na zbożach wykazały, że wzrost plonu, niezależnie od stopnia nasilenia chorób powodowanych przez różne patogeny, jest spowodowany zwiększeniem się ilości kłosów w łanie (do 20%) oraz wzrostem masy tysiąca nasion (do 10%) (Smith i in., 1988; Gullino i Kuijpers 1994, Knight i in., 1997). Natomiast brak jest jednoznacznej opinii o celowości stosowania fungicydów na plantacjach nasiennych traw. Wiele badań wykazało, że przy niskim nasileniu chorób, stosowanie fungicydów powoduje uzyskanie istotnie wyższego plonu nasion (Couch i Cole, 1957; Hardison, 1963; Hampton i Hebblethwaite, 1984, 1985; Horeman, 1987; Welling i Nordestgaard, 1991). Natomiast w innych badaniach różnice były nieistotne (Welty, 1991; Cagas, 1992; Welty i Azevedo, 1994).

Iprodion, chlorotalonil, anilazina, mancozeb i vinclozolina to czynniki aktywne w fungicydach, mogące ograniczać rozwój brunatnej plamistości spowodowanej przez *D. poae* (Vargas, 1994). Fungicyd Tilt (Tilt 250 EC czy Tilt 3.6 EC) z substancją czynną propiconazol należał do grupy fungicydów najbardziej skutecznych w badaniach prowadzonych na plantacjach nasiennych przez Welty i Azevedo (1994), Cagasa (1992) i Rijckaerta (1995). Mimo konieczności wielokrotnego stosowania, dotychczas nie stwierdzono utraty jego skuteczności w stosunku do patogenów liściowych traw wieloletnich (Rijckaert, 1995).

Aby zapewnić ochronę traw przed chorobami, a w tym przed brunatną plamistością, na terenach i użytkach zielonych oraz na plantacjach nasiennych przy pomocy fungicydów należy stosować je wielokrotnie (kontaktowe co 7–10 dni, a systemiczne co 14–21 dni), przewidując wcześniej z przebiegu warunków atmosferycznych możliwość nasilenia się występowania chorób. Dlatego podczas okresu z dużą wilgotnością powietrza (wiosną), fungicydy należy stosować prewencyjnie, gdy temperatura wzrasta do 10°–15° C (Burpee, 1993; Vargas, 1994).

W przypadku traw uprawianych w systemie trawnikowym i pastwiskowym ochrona roślin przed chorobami przy pomocy fungicydów jest ograniczana nie tylko ze względów ekonomicznych (częste stosowanie), ale i ekologicznych. Wizualne zmiany w wyglądzie roślin oraz mniejsza masa części nadziemnych i podziemnych są dodatkowymi ujemnymi stronami stosowania fungicydów na trawnikach lub pastwiskach (Smiley i Craven, 1978; Smiley, 1981; Kane i Smiley, 1983; Smiley i in., 1985; Dernoeden i McIntosh, 1991).

HODOWLA ODPORNOŚCIOWA

Rozwój hodowli odpornościowej nastąpił po odkryciu: że odporność może być uwarunkowana genetycznie i dziedziczona zgodnie z prawami Mendla (Biffen, 1907), że istnieje specjalizacja patogenów (Stackman i Levine, 1922) oraz że istnieje zasada genetycznego współdziałania rośliny żywicielskiej i patogena (hipoteza "gen na gen") (Flor, 1956). Uprawa odmian odpornych jest najefektywniejszą i najbardziej ekologiczną metodą ochrony roślin przed chorobami (Arseniuk, 1983; Singh, 1986; Czembor, 1989; Czembor i Gacek, 1990; Zadoks, 1993; Paul i Dapprich, 1997; Gacek, 1998). Uprawa odmian o wysokim stopniu odporności jest również jedną z najtańszych i najłatwiejszych do zastosowania przez użytkowników. Stosowanie fungicydów wymaga dodatkowych nakładów pieniężnych, dodatkowych maszyn i wiedzy (Gullino i Kuijpers, 1994). Dlatego odporność wiechliny łąkowej na *D. poae* jest uwzględniana w większości programów hodowlanych (Funk, 1980; Meyer, 1982; Prończuk i Prończuk, 1988; Vargas, 1994; Wijk, 1997). W wielu krajach stopień odporności odmian wiechliny łąkowej na *D. poae* jest uwzględniany, obok innych cech jakościowych (Anonim, 1990, 1992 a, 1992 b, 1999).

Metody hodowli

Wiechlina łąkowa jest rośliną rozmnażającą się apomiktycznie, której liczba chromosomów waha się w szerokich granicach $2n = 28-154$ (Nielsen, 1945, 1946; Grazi, i in., 1961). Rośliny z niższą liczbą chromosomów są często mniej wartościowe niż rośliny o liczbie wyższej (Tarkowski, 1969; Wu i Jampates, 1986). Apomiksja, jako bezpłciowy sposób rozmnażania za pomocą nasion, ze względu na wierne odtwarzanie cech rośliny matecznej w potomstwie, stanowi cenne zjawisko nadające się do wykorzystania w otrzymywaniu nowych odmian z ekotypów. Genotypy apomiktyczne nie wymagają długotrwałych prac hodowlanych nad stabilizacją genetyczną poszczególnych pokoleń. Dlatego efektywność metody polegającej na wybieraniu roślin z siedlisk naturalnych, które podlegają stałej presji selekcyjnej prowadzącej do zmiany struktury lub funkcji organizmu, która zwiększa szansę przeżycia i dawania potomstwa w warunkach określonego środowiska, jest u wiechliny łąkowej szczególnie wysoka. W hodowli roślin uprawnych

selekcja ekotypów i odmian miejscowych należy do najstarszych, i obok metody mieszańcowej, do najczęściej stosowanych metod wytwarzania materiałów wyjściowych do dalszej hodowli odmian (Tarkowski, 1959; Pepin i Funk, 1971; Lutyńska i in., 1975, 1980; Funk, 1980; Węgrzyn, 1988; Burdon i Jarosz, 1989; Wijk, 1993). Selekcję można realizować na poziomie klonów (potomstwo o identycznym genotypie, powstałe z jednej rośliny u roślin rozmnażanych wegetatywnie lub apomiktycznie) lub populacji (Hoffman i in., 1976; Barcaccia i Falcinelli, 1980; Savidan, 1980; Nowicki, 1982; Szota, 1997). Efektywność selekcji zależy głównie od stopnia i charakteru zmienności genetycznej w obrębie populacji, od rodzaju i intensywności czynników selekcyjnych oraz od działania genów zawartych w selekcionowanych fenotypach. Datujący się od lat trzydziestych postęp w hodowli traw wieloletnich oparty był w dużej mierze na masowej selekcji i doborze ekotypów (Kern, 1972). Sposób rozmnażania się wiechliny łąkowej powoduje, że uzyskanie dużej zmienności cech w materiale wyjściowym jest trudne (Muller, 1964; Felsenstein, 1974; Pamilo i in., 1987). Jednak badania prowadzone przez Hanson i Juska (1962) wykazały, że mutacje spontaniczne mogą jej zapewnić zmienność nawet w obrębie jednej populacji. Ponieważ naturalny zasięg występowania wiechliny łąkowej obejmował Europę, Północną Azję i Północną Afrykę, zmienność ta może być zagwarantowana dzięki ekotypom pochodzącym z różnych warunków ekogeograficznych.

Wszystkie odmiany wiechliny łąkowej uprawiane do lat siedemdziesiątych zostały wyselekcjonowane z ekotypów (Pepin i Funk, 1971). Speckmann (1973) oraz Eren (1971) zgromadzili obszerne kolekcje ekotypów wiechliny łąkowej z terenu Holandii i Niemiec. Przebadali je pod względem morfologicznym, fizjologicznym i kariologicznym oraz wykazali przydatność niektórych obiektów dla hodowli. Również Makowiecki (1967) wybrał z obszernej kolekcji wiechlin łąkowych dwa ekotypy przydatne dla hodowli. Rutkowska i Brzywczy-Kunińska (1969) badała ekotypy traw dla potrzeb zieleni miejskiej. Z danych amerykańskich wiadomo, że do 1993 roku na 76 uprawianych odmian wiechliny łąkowej 29 powstało w wyniku krzyżowań, a 47 w wyniku selekcji z ekotypów (Alderson, 1993).

Czynnikami utrudniającymi przeprowadzenie krzyżowań u wiechliny łąkowej są:

1. Sposób rozmnażania się wiechliny opisywany, jako fakultatywna apomiksja (Akerberg, 1939, 1942; Grazi i in., 1961; Mazzucato i in., 1997). Wprawdzie w praktyce sposób rozmnażania waha się od zupełnej apomiksji (najczęściej) do zupełnie seksualnie (rzadko) (Barcaccia i in., 1997), to u lepiej poznanych już linii czy odmian występuje wysoki stopień apomiktyczności (Duich i Musser, 1959; Grazi i in., 1961).
2. Trudności w interpretacji sposobu rozmnażania ze względu na różnice w ploidalności. Wprawdzie sposób reprodukcji jest genetycznie kontrolowany i określany jako aposporia to ploidalność komórek rozrodczych może być różna (haploidalne, diploidalne, triploidalne i rzadko tetraploidalne), a nowo powstałe rośliny mogą mieć wysoki i zmienny poziom heterozygotyczności (Akerberg, 1939, 1942; Tinney, 1940; Grazi i in., 1961; Barcaccia i in., 1997).
3. Komórki rozrodcze odpowiedzialne za seksualny sposób rozmnażania mają mniejszy wigor od tych, które są odpowiedzialne za apomiktyczny sposób rozmnażania (Akerberg, 1939; Duich i Musser, 1959).

Mimo tych trudności, w dostępnej literaturze istnieją doniesienia na temat możliwości przeprowadzenia krzyżowań u wiechliny łąkowej w celach hodowlanych (Brittingham 1941, 1943, Akerberg, 1942; Nygren, 1953; Clausen, 1961; Pepin i Funk, 1971; Dale i in., 1975; Meyer, 1982).

Źródła odporności

Hodowla nowych oraz udoskonalanie istniejących odmian wymaga stałego dopływu nowych materiałów, które powinny charakteryzować się zespołem korzystnych cech porównywalnych do wzorców lub je przewyższających (Hintzen i Wijk, 1985). Źródłem tych materiałów mogą być kolekcje ekotypów o szerokim zakresie zmienności badanych cech (Martusewicz, 1980; Asay, 1991; Brede i Sun, 1995; Swanson, 1996; Czarnecka, 1997; Góral, 1998; Wouw i in., 1999). Wykorzystanie ekotypów do dalszej hodowli waha się zazwyczaj wokół 1% zarówno dla hodowli traw (Hintzen i Wijk, 1985; Paul, 1989; Prończuk i Żurek, 1994), jak i zbóż (Nover i Lehman, 1973; Jørgensen i Jensen, 1997; Czembor i Johnston, 1999). Podkreśla się aktywne oddziaływanie siedliska na formowanie ekotypu, co zapewnia ogromne zróżnicowanie osobnicze u gatunków roślin, które powstały w warunkach naturalnych. Dzięki temu ekotypy mogą być źródłem genetycznym dla poszczególnych cech, a w tym i dla odporności na patogeny. W centrach pochodzenia roślin, układy między gospodarzem a patogenem kształtowały się na przestrzeni wielu lat. Odporność nabywana przez setki lat kontaktu gospodarz — patogen jest znacznie trudniejsza do przełamania, niż odporność z materiału roślinnego miejscowego (Arseniuk, 1983). Polska, podobnie jak cała Europa Północna, nie jest zaliczana przez Wawilowa do rejonów pochodzenia najważniejszych roślin uprawnych. Jedynie dziko rosnące ekotypy traw, a w tym i wiechliny łąkowej, której pierwotny zakres występowania obejmował prawdopodobnie tereny położone między 30° a 83° szerokości geograficznej Północnej (zakres ten, na południu sięgał aż do północnych części Afryki, a na północy do wolnego od lodu wybrzeża Grenlandii), miały możliwość wytworzenia zróżnicowanych form, odpowiednio przystosowanych do określonych warunków klimatycznych czy glebowych (Clausen, 1961; Góral, 1998; Dyble, 1999). Mogą one zostać użyte do wyhodowania nowych, ulepszonych odmian (Martusewicz, 1980; Asay, 1991; Brede i Sun, 1995; Swanson, 1996; Czarnecka, 1997; Wouw i in., 1999).

Problem prawidłowego zachowania i wykorzystania roślinnych zasobów genowych roślin użytkowych został po raz pierwszy poruszony na Kongresie Rolnictwa i Leśnictwa, który odbył się w Wiedniu w 1890 roku. Dopiero 37 lat później, w 1927 roku, uczestnicy Międzynarodowego Kongresu Rolniczego w Rzymie uznali za wskazane organizowanie w swoich krajach kolekcji roślin użytkowych, zwanymi bankami genów, jako potrzebnej, a zarazem wygodnej formy utrzymania i ochrony obfitego i genetycznie zróżnicowanego materiału roślinnego (Zeven, 1996, 1999). Banki Genów starają się gromadzić i przechowywać roślinne zasoby genowe, uznane za najszybciej ginące i niemożliwe do odnowienia zasoby świata oraz opisywać je i udostępniać wraz z opisem zainteresowanym, a przede wszystkim hodowcom (Harlan, 1975; Hawkes, 1978; Kulpa, 1981; Góral, 1988; Jakubiec, 1988; Brush, 1995; Hammer i in., 1996; Hawtin i in., 1997; Podyma, 1997, 1998; Święcicki i Podyma, 1998). Zyskały one poparcie światowych organizacji rolniczych i botanicznych oraz poszczególnych państw. Od roku 1992 Polska jest jednym ze 169 sygnatariuszy

"Konwencji o Różnorodności Biologicznej" zobowiązującej do badań, ochrony i zrównoważonego wykorzystania gatunków stanowiących krajową pulę genową (Podyma, 1997; Góral, 1998).

W Polsce o badaniach nad ekotypami roślin uprawnych pisał po raz pierwszy w 1907 roku K. Miczyński, a następnie L. Kaznowski. Na potrzebę wykorzystania ekotypów traw wieloletnich zwrócił uwagę prof. Jan Grzymała w 1960 roku na Konferencji Sekcji Łąkarstwa PAN (Podyma, 1998). Następnie, opublikowanych zostało szereg prac podkreślających rolę ekotypów w hodowli traw wieloletnich oraz je charakteryzujących (Poczbud, 1962 a, 1962 b; Korohoda i Zawisza, 1966, 1967, 1969; Makowiecki, 1969; Rutkowska, 1969; Rutkowska i Brzywczy-Kunińska, 1969; Góral i Góral, 1971; Kern 1972; Martusewicz, 1974, 1980; Falkowski i in., 1976; Osiński, 1976, 1979; Grynia, 1978, 1981; Grynia i in., 1980; Osiński i Góral, 1985; Schmidt, 1985, 1991; Jargiełło i Mosek, 1988; Jargiełło i in., 1988; Kryszak, 1988; Jargiełło i Sawicki, 1991; Majtkowski, 1991; Żyłka i Prończuk, 1998; Czembor i in., 2001 a, 2001 b). Badane ekotypy pochodziły głównie z Polski i zostały scharakteryzowane pod względem morfologicznym lub fenologicznym, a tylko u nielicznych opisywano odporność na choroby (Sadowski i in., 1997; Czembor, 2001 a, 2001 b).

Istnieją również liczne doniesienia o pracach nad badaniem zróżnicowania ekotypów traw wieloletnich pochodzących z innych krajów, takich jak: Wielka Brytania (Hayward i Breese, 1968; Charles, 1972), Francja (Tyler i Chorlton, 1979; Charmet i in., 1990), Szwajcaria (Francji (Tyler i Chorlton, 1979), Włochy (Falcinelli i in., 1987), USA (Casler, 1995; Hopkins i in., 1995) i Nowa Zelandia (Burgess i Easton, 1986, za Casler 1995).

Metody wstępnej selekcji

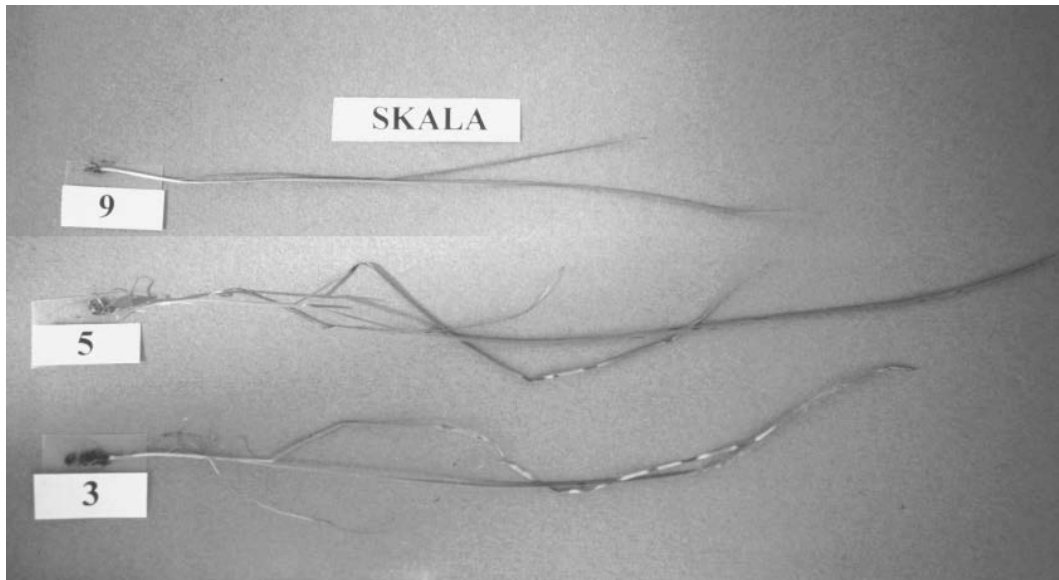
Odporność na brunatną plamistość najczęściej nie łączy się z innymi pożądanymi cechami jakościowymi wiechliny łąkowej (Smith i in., 1994; Prończuk, 2000). Generalnie, odmiany charakteryzujące się wąskim liściem są bardziej podatne na *D. poae*. Natomiast odmiany bardziej odporne dają często niższe plony nasion (Cagas, 1997). Wstępna ocena stopnia odporności roślin na choroby może być przeprowadzona w warunkach laboratoryjnych lub szklarniowych oraz w warunkach polowych. Ocenę w warunkach laboratoryjnych i szklarniowych zawsze przeprowadza się po inokulacji badanym patogenem. Ocena ta jest skuteczna szczególnie przy testowaniu stopnia odporności pionowej, gdy można spodziewać się ocen ekstremalnych (Simmonds, 1987). Jednakże jest ona również coraz częściej stosowana przy ocenie odporności rasowo - niespecyficznej. Ocena w warunkach polowych może być dokonana przy infekcji naturalnej lub po inokulacji. W hodowli traw najczęściej jest stosowana ocena odporności na choroby w warunkach naturalnych przy infekcji naturalnej. Jeżeli teren jest właściwie dobrany może ona być skuteczna. Brak jest w dostępnej literaturze opisu zastosowania inokulacji w warunkach polowych do oceny odporności traw na choroby liściowe, a w tym i oceny odporności wiechliny łąkowej na brunatną plamistość.

Badania prowadzone w warunkach polowych przy infekcji naturalnej nie zawsze potwierdzają się, ze względu na występujące różnice w stopniu nasilenia choroby w latach, jak i w zależności od miejsca doświadczenia (Prończuk, 2000). Potwierdza to pogląd, że tego typu badania w warunkach polowych przy infekcji naturalnej są procesem trudnym i

długotrwałym. Coraz częściej podejmuje się próby opracowania metody inokulacji roślin i oceny stopnia ich odporności w warunkach laboratoryjnych lub szklarniowych. Metoda inokulacji poprzez potrząsanie roślinami porażonymi nad roślinami inokulowanymi badana była po raz pierwszy przez Den Nijisa i Winkelhorsta (1988). Ze względu na trudności techniczne, uniemożliwiające równomierne pokrycie roślin zakażanych inokulum *D. poae* badania były kontynuowane przez Snijdersa i wsp. (1994). W badaniach tych inokulacja roślin zawieszoną zawierającą zarodniki lub strzępki grzybni była bardziej skuteczna od metody potrząsania roślin porażonych nad roślinami inokulowanymi. Wyniki te potwierdziły badania L'Eplattenier i Schmidta (1995), wykazując, że z trzech metod inokulacji roślin wiechliny łąkowej, inokulacja poprzez opryskanie roślin inokulum płynnym zawierającym strzępki grzybni *D. poae* okazała się najskuteczniejsza. W badaniach tych metoda inokulowania podstawy roślin kawałkami grzybni okazała się zbyt czasochłonna, pracochłonna i dająca mało satysfakcjonujące rezultaty, a metoda wysiewania nasion do zainokulowanej gleby okazała się zbyt destrukcyjna. W cytowanych badaniach nie zwraca się uwagi na fazę rozwoju rośliny oraz brak jest wykazania zbieżności wyników ocen stopnia odporności roślin uzyskanych w warunkach laboratoryjnych i szklarniowych z wynikami ocen uzyskanymi w warunkach polowych. Dopiero w badaniach Czembor (2001) podjęto próbę opracowania metody wstępnej selekcji w warunkach szklarniowych odnosząc uzyskane wyniki do wyników uzyskiwanych w warunkach polowych. W badaniach tych, po inokulacji 4. tygodniowych siewek zarodnikami grzyba *D. poae*, wykazały, że ocena plamistości siewek 10 dni po inokulacji nie różniła się i istotnie korelowała z oceną odporności roślin na zgorzel ocenianej ok. 8 tyg. po pierwszej inokulacji. Odporność odmian i rodów hodowlanych na brunatną plamistość oceniana w warunkach szklarniowych wykazała istotną współzależność z ocenami dokonanymi przez Prończuk (2000) w warunkach polowych przy infekcji naturalnej, wiosną czy jesienią na przestrzeni lat. Do oceny odporności roślin zarówno w warunkach szklarniowych, jak i polowych używa się skali Birckenstaedt i wsp. (1994) uwzględniającej procent powierzchni porażonej, a rozszerzonej przez Czembor (2001) o opis fazy 'zamierania' czyli zgorzeli roślin (rys. 1):

Ocena	Opis
— 1 = 90% powierzchni porażonej liścia (chlorozy) i/lub bardzo silne porażenie podstawy łodygi roślin (silna zgorzel),	
— 2 = 65% powierzchni porażonej (chlorozy) i/lub silne porażenie podstawy łodygi roślin (silna zgorzel),	
— 3 = 30% powierzchni porażonej (chlorozy) i/lub średnio silne porażenie podstawy łodygi roślin (średnio silna zgorzel),	
— 4 = 25% powierzchni porażonej (chlorozy) i/lub rozpoczynające się porażenie podstawy łodygi roślin (rozpoczynająca się zgorzel),	
— 5 = 20% powierzchni porażonej (rozpoczynające się chlorozy), brak porażenia podstawy łodygi roślin (brak zgorzeli),	
— 6 = 15% powierzchni porażonej (nekrozy, brak chloroz), brak porażenia podstawy łodygi roślin (brak zgorzeli),	

- 7 = 10% powierzchni porażonej (nekrozy, brak chloroz), brak porażenia podstawy łodygi roślin (brak zgorzeli),
- 8 = 5% powierzchni porażonej (małe nekrozy, brak chloroz), brak porażenia podstawy łodygi roślin (brak zgorzeli),
- 9 = 0% powierzchni porażonej.



Rys. 1. Skala używana do oceny brunatnej plamistości wiechliny łąkowej (faza 'plamistości roślin') 10–14 dni po inokulacji roślin w fazie 3 liścia zarodnikami grzyba *Drechslera poae* w warunkach szklarniowych (fot. E. Czembor)

Fig. 1. Scale used for assessment leaf spot and melting out disease of Kentucky bluegrass (leaf spot stage) in the 3-leaf seedling stage 10–14 days after inoculation by *Drechslera poae* under greenhouse conditions (fot. E. Czembor)

PODSUMOWANIE

Hodowla odpornościowa szczególnie ze względów ekologicznych jest jedną z najważniejszych metod zwalczania brunatnej plamistości u wiechliny łąkowej. Warunki klimatyczne Polski sprzyjają rozwojowi grzyba *D. poae*, będącego sprawcą brunatnej plamistości, a ekotypy rosnące w tym kraju na przestrzeni wielu setek lat miały możliwość wytworzenia odporności i mogą stać się jej źródłem. Wstępna selekcja genotypów wiechliny łąkowej pod względem odporności na brunatną plamistość przeprowadzona w warunkach szklarniowych może istotnie skrócić cykl hodowlany tego gatunku.

LITERATURA

- Akerberg E. 1939. Apomictic and sexual seed formation in *Poa pratensis* L. Hereditas 25: 359 — 370.
Akerberg E. 1942. Cytogenetic studies in *Poa pratensis* and its hybrid with *Poa alpina*. Hereditas 28: 1 — 126.

- Anonim. 1990. Beschreibende Sortenliste für Rasengräser 1990. Herausgegeben vom Bundessortenamt, Verlag Alfred Strothe: 1 — 335.
- Anonim. 1992a. Bulletin des Varieties Graminées a gazon 1991–1992. GEVES, France: 1 — 175
- Anonim. 1992b. 67e Beschrijvende Rassenlijst voor Landbouwgewassen Centrum voor Plantenveredelings- en Reproductieonderzoek Postbus 16, Wageningen, The Netherlands: 1 — 333
- Anonim. 1999. Turfgrass Seed 2000. Stri, Bingley, West Yorkshire, BD16 1 AU, England, UK: 1 — 152.
- Arseniuk E. 1983. Genetyczne uwarunkowania odporności roślin na choroby. Biul. IHAR 150: 191 — 204.
- Arseniuk E. 1997. Charakterystyka odporności roślin uprawnych na choroby i szkodniki. Wyd. Ogrodowczyk M., Materiały z I Krajowej Konferencji, Poznań, 19-20.11.1997: 525 — 533.
- Asay K.H. 1991. Contributions of introduced germplasm in the development of grass cultivars.. Shands H. L., Wiesner L. E. (eds.). "Use of plant introductions in cultivar development". Part I. CSSA Madison, Wisconsin, USA: 115 — 125.
- Barcaccia G., Falcinelli M. 1980. Apomictic seed production in *Poa pratensis* L.: towards the understanding of its genetic control. Proc. Fourth International Seed Conference: 203 — 207.
- Barcaccia, G., Mazzucato A., Belardinelli A., Pezzotti M., Lucretti S., Falcinelli M. 1997. Inheritance of parental genomes in progenies of *Poa pratensis* L. from sexual and apomictic genotypes as assessed by RAPD markers and flow cytometry. Theor. Appl. Genet. 95: 516 — 524.
- Brede A. D., Sun S. 1995. Diversity of turfgrass germplasm in the Asian Pacific Rim countries and potential for reducing genetic vulnerability. Crop Sci. 35: 317 — 321.
- Brittingham, W. H. 1941. An artificial hybrid between two species of bluegrass. J. Heredity 32: 57 — 63.
- Brittingham W. H. 1943. Types of seed formation as indicated by the nature and extent of variation in Kentucky bluegrass, and its practical implication. J. Agr. Res. 67: 225 — 264.
- Brush S. B. 1995. *In situ* conservation of landraces in centers of crop diversity. Crop Sci. 35: 346 — 354.
- Burpee L. L. 1993. Integrated control of turfgrass diseases: research and reality. Carrow R. N., Christians N. E., Shearman R. C. (eds.). International Turfgrass Society Research Journal 7. Intertec Publishing Corp., Overland Park, Kansas: 80 — 86.
- Burdon J. J., Jarosz A. M. 1989. Wild relatives as sources of disease resistance.. Brown A. H. D., Frankel O. H., Marshall D. R., Williams J. T. (eds.), The use of plant genetic resources. Cambridge University Press, Cambridge, UK: 280 — 296.
- Cagas B. 1992. Seed yield and diseases in Kentucky bluegrass after fungicide application. J. Appl. Seed Prod. 10: 11 — 14.
- Cagas B. 1996. Serious diseases and pests of grass seed crops in the Czech Republic. Krohn K., Paul V. H., (eds.) The 2nd International Conference of Harmful and Beneficial Microorganisms in Grassland, Pastures and Turf, IOBC wprs Bulletin, Bulletin OILB Srop, vol 19 (7): 2 — 3.
- Cagas B. 1997. The good resistance versus yield in meadow fescue. Z. Staszewski., W. Młyniec., R. Osiński (eds.). Ecological Aspects of Breeding Fodder Crops and Amenity Grasses, Proc. of 20th Meeting of EUCARPIA Fodder Crops and Amenity Grasses Section, Radzików, Poland, 7-10.10. 1997: 78 — 80.
- Casler M. D. 1995. Patterns of variation in a collection of perennial regrass accessions. Crop Sci. 35: 1169 — 1177.
- Charles A. H. 1972. Reyrass populations from intensively managed leys. III. Reaction to management, nitrogen application and *Poa trivialis* L. in field trials. J. Agric. Sci. 79: 205 — 215.
- Charmet G., Balfourier F., Bion A. 1990. Agronomic evaluation of a collection of French perennial regrass populations: multivariate classification using genotype x environment interactions. Agronomie 10: 807 — 823.
- Clausen J. 1961. Introgression facilitated by apomixis in polyploid *Poas*. Euphytica 10: 87 — 94.
- Couch H. B., Cole J. R. 1957. Chemical control of melting-out of Kentucky bluegrass. Plant Disease Report. 41: 205 — 208.
- Czamecka B. 1997. Strategie adaptacyjne roślin a skład gatunkowy fitocenozy. Wiad. Bot. 41(3/4): 33 — 42.
- Czembor H. J. 1989. Stan i perspektywy hodowli roślin w Polsce. Biul. IHAR 171-172: 5 — 14.
- Czembor H. J., Gacek E. 1990. Wybrane problemy hodowli odpornościowej zbóż na choroby. Biul. IHAR 173/174: 53 — 64.
- Czembor J. H., Johnston M. R. 1999. Resistance to powdery mildew in selections from Tunisian barley landraces. Plant Breeding 118 (6): 503 — 509.

- Dale, M. R., Ahmed M. K., Jelenkovic G., Funk C.R. 1975. Characteristics and performance of interspecific hybrids between Kentucky bluegrass and Canada bluegrass. *Crop Sci.* 15: 797 — 799.
- Dekker J. 1987. Development of resistance to modern fungicides and strategies for its avoidance. *Modern Selective Fungicides*, Wyd. Lyr H. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena and Longman Group UK Ltd., London: 233 — 244.
- Den Nijs A. P. M., Winkelhorst G. D. 1988. An efficient plant test to screen for resistance to *Drechslera poae* in Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.). *Proc. of EUCARPIA Fodder Crops Section Meeting*, 22–24 09. 1997, Lusignan: 220.
- Dernoeden P.H., McIntosh M.S. 1991. Disease enhancement and Kentucky bluegrass quality as influenced by fungicides. *Agron. J.* 83: 322 — 326.
- Duich, J. M., Musser H. B. 1959. The extent of aberrants produced by Merion Kentucky bluegrass *Poa pratensis* L., as determined by first and second generation progeny tests. *Agron. J.* 51: 421 — 424.
- Eren A. 1971. Beziehungen zwischen morphologischen Merkmalen und der generativen Entwicklung bei der Wiesenrispe (*Poa pratensis* L.). *Z. Acker-und Pflanzenbau*. 134: 175 — 184.
- Falcinelli M., Veronesi F., Lorenzetti S. 1987. Evaluation of Italian germplasm collection of *Lolium perenne* L. through a multivariate approach. *Proc. of EUCARPIA Fodder Crops Section, Natural variation and breeding for adaptation*, 22–24. 09. 1987, Lusignan, France: 23 — 35.
- Falkowski M., Kozłowski S., Maruszewska J. 1976. Zmienność niektórych cech morfologicznych *Festuca pratensis*, *Alopecurus pratensis* i *Poa trivialis*. *Acta Agrobotanica* 29 (2): 137 — 158.
- Felsenstein J. 1974. The evolutionary advantage of recombination. *Genetics* 78: 737 — 756.
- Flor H. H. 1956. The complementary genetic systems in flax and flax rust. *Adv. Genet.* 8: 29 — 54.
- Funk C. R. 1980. Perspectives in turfgrass breeding and evaluation. *Proc. of the 4th International Turfgrass Research Conference*, Canada.
- Gacek E. 1992. Odporność mączniaka prawdziwego (*Erysiphe graminis* DC) i innych patogenów zbóż na fungicydy układowe. *Biul. IHAR* 184: 31 — 45.
- Gacek E.S. 1998. Strategie wykorzystania odporności genetycznej w zwalczaniu chorób roślin uprawnych. *Post. Ochr. Rośl.* 38(1): 44 — 49.
- Georgopoulos S.G. 1977. Development of fungal resistance to fungicides. Siegel M.R, Sisler H.D. (ed.) *Antifungal Compounds*. Marcel Dekker Inc. New York, vol. 2: 409 — 495.
- Georgopoulos S.G. 1987. The development of fungicide resistance. Wolfe M. S., Caten C. E. (eds.). In: *Populations of plant pathogens: their dynamics and genetic*. Blackwell Scientific Publ., Oxford: 239 — 251.
- Góral S. 1988. Gromadzenie i opracowanie zasobów genowych dla hodowli roślin w Polsce. *Zesz. Probl. IHAR, Mat z Sympozjum Radzików* 15–16. 10. 1985: 7 — 15.
- Góral S. 1998. Znaczenie zasobów genowych roślin użytkowych dla ochrony różnorodności biologicznej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 463: 21 — 30.
- Góral S., Góral M. 1971. Możliwość wykorzystania genotypów w hodowli traw. *Hod. Rośl.* 1: 5 — 6.
- Grazi, F., Umaerus M., Akerberg E. 1961. Observations on the mode of reproduction and embryology of *Poa pratensis*. *Hereditas* 47: 489 — 541.
- Grynja M. 1978. Ecological factors constraining the production of green matter of country ecotypes of *Festuca arundinacea* Schreb. *Proc. 7th Gen. Meeting European Grassld. Fed. Gent* 2 43 — 2. 47.
- Grynja M. 1981. Charakterystyka biologiczna, gospodarcza i paszowa krajowych ekotypów kostrzewy trzcinowej. *Mat. Seminayjne IMUZ-Falenty*, 15: 13 — 20.
- Grynja M., Gierczak M., Mackiewicz T., Kryszak A., Zastawny J., Chełkowski 1980. Appreciation of ecotypes of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb. — *F. elatior* var. *arundinacea* Wimm.) concerning their agricultural and food value. *AR, Poznań*.
- Gullino M. L., Kuijpers L. A. M. 1994. Social and political implications of managing plant diseases with restricted fungicides in Europe. *Annu. Rev. Phytopathol.* 32: 559 — 79.
- Hammer K., Knupffer H., Xhuveli L., Perrino P. 1996. Estimating genetic erosion in landraces — two case studies. *Genet. Res. Crop Evol.* 43: 329 — 336.
- Hampton, J., Hebblethwaite P. 1984. The effect of fungicide application on seed yield in perennial regrass cv. S24. *Ann. Appl. Biol.* 104: 231 — 239.
- Hampton, J., Hebblethwaite P. 1985. Seed yield response to fungicide application in paclobutrazol treated perennial regrass. *J. Appl. Seed Prod.* 3: 11 — 14.

- Hanson A. A., Juska F. V. 1962. Induced mutations in Kentucky bluegrass. *Crop Sci.* 2: 369 — 371.
- Hardison J. R. 1963. Commercial control of *Puccinia striiformis* and other rust in seed crops of *Poa pratensis* by nickel fungicides. *Phytopathol.* 53: 460 — 464.
- Harlan J. R. 1975. Our vanishing genetic resources. *Science* 19: 618 — 621.
- Hawkes J. G. 1978. Zachowanie i wykorzystanie roślinnych zasobów genowych. *Biul. IHAR* 133: 139 — 145.
- Hawtin G., Iwanaga M., Hodgkin T. 1997. Genetic resources in breeding for adaptation. Tigerstedt P. M. A. (ed.). *Adaptation in plant breeding*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 277 — 288.
- Hayward M. D., Breese E. L. 1968. The genetic organization of natural populations of *Lolium perenne*. III. Productivity. *Heredity* 23: 357 — 368.
- Hintzen J. J., Wijk, van, A. J. P. 1985. Ecotype breeding and hybridization in Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.). *Proc. of the Fifth Int. Turfgrass Research Conf. Avignon*: 213 — 219.
- Hoffman W., Mudra A., Plarre W. 1976. Ogólna hodowla roślin. PWRiL, Warszawa 1 — 387.
- Hopkins A. A., Vogel K. P., Moore K. J., Johnson K. D., Carlson I. T. 1995. Genotypic variability and genotype x environment interactions among Switch grass accessions from the Midwestern USA. *Crop Sci.* 35: 565 — 571.
- Horeman G. 1987. The effects of fungicides on rust infection and on seed yields in perennial regrass and smooth stalked meadow grass. *Proc. International Seed Conference, Tune, Denmark*.
- Jakubiec J. 1988. Aktualny stan roślinnych zasobów genowych w Polsce i na świecie. *Zesz. Probl. IHAR. Mat. z Sympozjum Radzików 15–16.10.1985*: 17 — 29.
- Jargiełło J., Mosek B. 1988. Znaczenie gospodarcze ekotypów kostrzewy łąkowej (*Festuca pratensis* Huds.). *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 336: 71 — 77.
- Jargiełło J., Sawicki B. 1991. The results of studies on the variation of ecotype characteristics of fodder grass in South-Eastern Poland. *Plant Genetic Resources Conservation, Polish Gene Bank. Reports 1986–1990*: 171 — 176.
- Jargiełło J., Harkot W., Sawicki B. 1988. Zmienność cech niektórych ekotypów traw pastewnych z Polski południowoschodniej. *Zesz. Probl. IHAR. Mat. z Sympozjum Radzików 15–16. 10. 1985*: 113 — 122.
- Jørgensen J. H., Jensen H. P. 1997. Powdery mildew resistance in barley landrace material. I. Screening for resistance. *Euphytica* 97: 227 — 233.
- Kane R. T., Smiley R. W. 1983. Plant growth-regulating effects of systemic fungicides applied to Kentucky bluegrass. *Agronomy J.* 75: 469 — 473.
- Kern H. 1972. Cele i zadania kolekcji w hodowli odmian traw. *Biul. IHAR* 5/6: 189 — 190.
- Knight S. C., Anthony V. M., Brady A. M., Greenland A. J., Heaney S. P., Murray D. C., Powell K. A., Schulz M. A., Spinks C. A., Worthington P. A., Youle A. 1997. Rationale and perspectives on the development of fungicides. *Ann. Rev. Phytopathol.* 35: 349 — 372.
- Korohoda J., Zawisza W. 1966. Analiza faz rozwojowych ważniejszych gatunków traw. *Biul. IHAR* 70/71 (1/2): 7 — 10.
- Korohoda J., Zawisza W. 1967. Fazy rozwojowe i długotrwałość ważniejszych gatunków traw. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 74: 85 — 97.
- Korohoda J., Zawisza W. 1969. Zdolność plonowania 72 form kupkówki pospolitej (*Dactylis glomerata* L.) i 45 form tymotki łąkowej (*Phleum pratense* L.) w drugim roku użytkowania. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 90: 29 — 33.
- Kryszak A. 1988. Różnicowanie morfologiczne wielkopolskich ekotypów kostrzewy trzcinowej. *Biul. IHAR* 163: 137 — 144.
- Kulpa W. 1981. Activities regarding collection and evaluation of Polish land-races. *Kulturpflanzen* 29: 81 — 90.
- L'Epplattenier G., Schmidt D. 1995. Evaluation of the resistance of smooth — stalked meadow grass to *Drechslera poae*. *Revue Suisse D'agriculture* 27: 121 — 124.
- Lutyńska R. 1983. Problemy hodowli odpornościowej roślin motylkowych drobnonasiennych i traw. *Biul. IHAR* 150: 123 — 125.
- Lutyńska R. 1996. Rozwój nasiennictwa i hodowli traw w Polsce. *Biul. IHAR* 199: 5 — 22.
- Lutyńska R., Kostuch R., Lipiński J. 1975. Zespoły roślinne łąk i pastwisk źródłem materiałów wyjściowych w hodowli traw. *Biul. IHAR* 126/127 (3/4): 39 — 42.
- Lutyńska R., Stuczyńska J., Bawolski S., Góral S., Lipiński J., Prończuk S. 1980. Aktualne zagadnienia hodowli i nasiennictwa traw oraz roślin motylkowatych drobnonasiennych. *Biul. IHAR* 140: 75 — 85.

- Majtkowski W. 1991. Evaluation of grasses in the collection of the Botanical Garden of Plant Breeding and Acclimatization Institute in Bydgoszcz in Plant Genetic Resources Conservation, Polish Gene Bank. Reports 1986–1990: 161 — 164.
- Makowiecki J. 1967. Odmiany botaniczne wiechliny łąkowej (*Poa pratensis* L.) występujące w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 93(A-3): 523 — 548.
- Makowiecki J. 1969. Przydatność hodowlana odmian botanicznych i ekotypów wiechliny łąkowej występujących w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 90: 63 — 66.
- Martusewicz J. 1974. Analiza zmienności ekotypów i form *Poa pratensis* L., *Poa palustris* L. i *Poa compressa* L. Biul. IHAR 5–6: 37 — 43.
- Martusewicz J. 1980. Zróżnicowanie ekotypów i form *Poa pratensis* L. w kolekcji traw Ogrodu Botanicznego IHAR w Bydgoszczy. Biul. IHAR 141: 161 — 167.
- Mazzucato A., Falcinelli M., Veronesi F. 1997. Evolution and adapted ness in a facultatively apomictic grass, *Poa pratensis* L. Tigerstedt P. M. A.(ed.). Adaptation in plant breeding. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 13 — 20.
- Meyer W. A. 1982. Breeding disease-resistant cool-season turfgrass cultivars for the United States. Plant Dis.: 341 — 344.
- Muller H. J. 1964. The relation of recombination to mutational advance. Mutat. Res. 1: 2 — 9.
- Nielsen E. L. 1946. Breeding behavior and chromosome numbers in progenies from twin and triplet plants of *Poa pratensis*. Bot. Gaz. 108: 26 — 40.
- Noble M., Maggarvie Q. D., Harns A. F., Leafe L. L. 1960. Resistance to mercury of *Pyrenophora avenae* in Scottish seed oats. Plant Pathol. 15: 23 — 28.
- Nowicki Cz. 1982. Ekotypy traw cennym materiałem wyjściowym do hodowli nowych odmian. Hod. Rośl. i Nasien. 1: 8 — 9.
- Nover I., Lehman C.O. 1973. Resistenzeigenschaften im gersten- und heizensortiment Gatersleben 17. Prüfung von sommergersten auf ihr verhalten gegen mehltau (*Erysiphe graminis* DC. f. sp. *hordei* Marchal). Kulturpflanze 21: 275 — 294.
- Nygren A. 1953. How to breed Kentucky bluegrass, *Poa pratensis* L. Hereditas 39: 51 — 56.
- Osiński B. 1976. Zmienność ekotypów niektórych gatunków traw pastewnych w kolekcji Ogrodu Botanicznego IHAR w Bydgoszczy. Materiały z Ogólnopolskiego Seminarium "Problemy Genetyki i Hodowli Traw", Poznań.
- Osiński B. 1978. Analiza zmienności ekotypów czterech gatunków traw pastewnych (*Dactylis glomerata* L., *Festuca pratensis* Huds., *Lolium perenne* L. i *Phleum pratense* L.). Praca doktorska. IHAR, Radzików: 1 — 54.
- Osiński B. 1979. Zmienność cech ekotypów czterech gatunków traw pastewnych — kupkówki pospolitej (*Dactylis glomerata* L.), kostrzewy łąkowej (*Festuca pratensis* Huds.), tymotki łąkowej (*Phleum pratense* L.) i życicy trwałej (*Lolium perenne* L.). Hod. Rośl. Aklim. 23(4): 197 — 229.
- Osiński B., Góral S. 1985. Evaluation of *Dactylis glomerata* L. and *Festuca pratensis* Huds. ecotypes collected in Poland. Proc. of EUCARPIA International Symp., Prague 27–29. 03. 1985.
- Pamilo P., Nei M., Li W. H. 1987. Accumulation of mutations in sexual and asexual populations. Genet. Res. 43: 135 — 146.
- Paul V. H. 1995. Grass diseases caused by *Drechslera* spp. Chelkowski J. (ed.). *Helminthosporia* Metabolites, Biology, Plant Diseases, Poznań, Poland: 175 — 212.
- Paul V. H., Dapprich P. 1997. Resistance breeding and environmental friendly alternative of disease control in forage crops. Staszewski Z. (ed.). Ecological aspects of breeding fodder crops and amenity grasses, IHAR Radzików, Poland: 19 — 28.
- Pepin G. W., Funk C. R. 1971. Interspecific hybridization as a method of breeding Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) for turf. Crop Sci. 11: 445 — 448.
- Poczbut A. 1962 a. Badania nad ekotypami kostrzewy łąkowej (*Festuca pratensis* Huds.) woj. olsztyńskiego. Zesz. Nauk. WSR Olsztyn 12 (2): 181 — 184.
- Poczbut A. 1962 b. Rytmika wzrostu ekotypów kostrzewy łąkowej woj. olsztyńskiego. Zesz. Nauk. WSR w Olsztynie 13 (208):
- Podyma W. 1997. Strategia ochrony i wykorzystania zasobów genowych roślin użytkowych. Wyd. Ogrodowczyk M., Materiały z I Krajowej Konferencji, Poznań, 19–20. 11. 1997: 229 — 247.

- Podyma W. 1998. Zbiór zasobów genowych roślin użytkowych i ich dzikich przodków oraz stan kolekcji w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 463: 31 — 50.
- Prończuk M. 2000. Choroby traw — występowanie i szkodliwość w uprawie na nasiona i użytkowaniu trawnikowym. Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR, Nr 4: 1 — 179.
- Prończuk S., Prończuk M. 1988. Stan i kierunki w hodowli i ocenie odmian traw w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 366: 11 — 25.
- Prończuk S., Żurek G. 1994. Efektywność wstępnej selekcji ekotypów z kolekcji *Festuca rubra* (sensu lato) do celów gazonowych. Biul. IHAR, 190: 109 — 118.
- Rijckaert G., 1995. Effect of fungicides on seed yield and disease control in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Proc. of Third International Herbage Seed Conference Yield and Quality in Herbage Seed Production, 18-23 .07. 1995, Halle, Germany: 236 — 239.
- Rutkowska B. 1969. Badania populacji wiechliny zwyczajnej (*Poa trivialis* L.). Zesz. Nauk. SGGW, Rolnictwo 13: 37 — 52.
- Rutkowska B., Brzywczy-Kunińska Z. 1969. Badania odmian i ekotypów gatunków traw przydatnych dla potrzeb miejskich. ZPPNR 90: 67 — 71.
- Rutkowska B., Hempel A. 1986. Trawniki. PWRiL, Warszawa: 1— 246.
- Sadowski Cz., Majtkowska G., Pańka D. 1997. Zdrowotność europejskiej kolekcji ekotypów życicy trwałej *Lolium perenne* L. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 451: 155 — 160.
- Savidan Y. 1980. Seed endosperm structure in apomitic grass species. Proc. of Fourth International Seed Conference, Canada: 33 — 36.
- Schmidt J. 1985. Analiza zmienności ekotypów kupkówki pospolitej (*Dactylis glomerata* L.) na podstawie materiałów z kolekcji traw. Biul. IHAR 158: 117 — 121.
- Schmidt J. 1991. Territorial expeditions for the grasses collection on the Botanical Garden, Plant Breeding and Acclimatization Institute in Bydgoszcz in 1986-1990. Plant Genetic Resources Conservation, Polish Gene Bank. Reports 1986-1990: 165 — 170.
- Simmonds N.W. 1987. Principles of Crop Improvement. Longman Scientific and Technical, New York, NY: 1-453.
- Singh D.P. 1986. Breeding for Resistance to Diseases and Insect Pests. Springer-Verlag, Berlin, 1 — 222.
- Smiley R.W. 1981. Non-target effect of pesticides on turfgrasses. Plant Dis. 65: 17 — 23.
- Smiley R.W., Craven M.M. 1978. Fungicides in Kentucky bluegrass turf: Effects on thatch and pH. Agron. J. 70: 1013 — 1019.
- Smiley R. W., Craven Fowler M., Kane R. T., Petrovic A. M., White R. A. 1985. Fungicide effects on thatch depth, thatch decomposition rate and growth of Kentucky bluegrass. Agron. J. 77: 597 — 602.
- Smith I., Smith M., Dunez J., Lelliott R.A., Philips D.H., Archer S.A. 1988. European Handbook of Plant Diseases. Blackwell Scientific Publications, Great Britain: 1 — 221.
- Smith D. A., Bara R. F., Dickson W. K., Clarke B. B., Reed Funk C. 1994. Leaf spot on Kentucky bluegrass cultivar evaluation trials at Rutgers University. Rutgers Turfgrass Proc. of the New Jersey Turfgrass Expo, Atlantic City: 116 — 137.
- Snijders C. H. A., Winkelhorst G. D., Gebala B., Den Nijs A. P. M. 1994. Selection for *Drechslera poae* resistance in Kentucky bluegrass (*Poa pratensis*) following artificial infection IOBC/WPRS Bulletin 17: 247 — 250.
- Speckman G. J. 1973. Chromosome number and plant morphology in some ecotypes of *Poa pratensis*. Euphytica 21 (2): 165 — 171.
- Stackman E. C., Levine M. N. 1922. The determination of biological forms of *Puccinia graminis* on *Triticum* spp. Minn. Agric. Exp. Sta. Techn. Bull. 8: 1 — 10.
- Swanson T. 1996. Global values of biological diversity: the public interest in the conservation of plant genetic resources for agriculture. Plant Genetic Res. Newsl. 105: 1 — 7.
- Szota M. 1997. Apomiksja i perspektywy jej wykorzystania w hodowli roślin. Biul. IHAR 202: 27 — 33.
- Święcicki W. K., Podyma W. 1998. Zasoby genowe roślin uprawnych w ochronie różnorodności biologicznej (wprowadzenie). Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 463: 17 — 20.
- Tarkowski C. 1959. Biologiczne aspekty hodowli traw. Post. Nauk Rol. 1: 10 — 15.
- Tinney F. W. 1940. Cytology of parthenogenesis in *Poa pratensis*. J. Agric. Rev. 60: 351 — 360.
- Tyler B. F., Chorlton K. H. 1979. Characterization of perennial ryegrass ecotypes from eastern France and Switzerland. Rep. Welsh Plant Breeding Station for 1978, Aberystwyth, Wales: 43 — 46.

- Vargas J. M. 1994. Management of turfgrass diseases. Lewis Publ. CPR Press, Inc.: 1 — 294.
- Welling B., Nordestgaard A. 1991. Disease occurrence and yield relations in some varieties of *Poa pratensis*. Tidsskrift for Planteavl. 95: 393 — 398.
- Welty R.E. 1991. Effect of fungicides applied singly and in combination on seed yield and three leaf spot diseases in orchardgrass. Plant Dis. 75: 1004 — 1008.
- Welty R.E., Azevedo M.D. 1994. Application of propiconazole in management of stem rust in perennial ryegrass grown for seed. Plant Dis. 78: 236 — 240.
- Węgrzyn S. 1988. Synteza i wyodrębnianie materiałów wyjściowych dla hodowli zbóż. Zesz. Probl. IHAR. Mat. z Sympozjum Radzików 15 — 16.10.1985: 31 — 39.
- Wijk van, A. J. P. 1993. Turfgrasses in Europe: cultivar evaluation and advances in breeding. Wyd. Carrow R.N., Christians N.E., Shearman R.C., International Turfgrass Society Research Journal 7, Intertec Publishing Corp., Overland Park, Kansas: 1 — 38
- Wijk van A. J. P. 1997. Breeding amenity grasses: achievements and future prospects. Staszewski Z., Młyniec W., Osinski R. (eds.), Ecological Aspects of Breeding Fodder Crops and Amenity Grasses, Proc. of 20th Meeting of EUCARPIA Fodder Crops and Amenity Grasses Section, Radzików, Poland, 7–10. 10. 1997: 225 — 234
- Wouw M van., Hanson J., Nokoe S. 1999. Observation strategies for morphological characterisation of forages. 46: 63 — 71.
- Wu L., Jampates R. 1986. Chromosome number and isoenzyme variation in Kentucky bluegrass cultivars and plants regenerated from tissue culture. Cytologia 51: 125 — 132.
- Zadoks J. C. 1993. Comments on the history of thinking about resistance of plants against insects, nematodes, fungi and other harmful agents. Jacobs Th., Parlevliet J. E. (eds.). Durability of Disease Resistance, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 11 — 22.
- Zeven A. C. 1996. Results of activities to maintain landraces and other material in some European countries *in situ* before 1945 and what we may learn from them. Gen. Res. Crop Evol. 43: 337 — 341.
- Zeven A.C. 1999. The traditional inexplicable replacement of seed and seed ware of landraces and cultivars: A review. Euphytica 110: 181 — 191.
- Żyłka D., Prończuk S. 1998. Zmienność cech morfologicznych i biologicznych ekotypów wiechliny łąkowej wybranych z zasobów genowych IHAR na użytkowanie trawnikowe. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 463: 499 — 507.

MIECZYŚLAW WILCZEK**PIOTR WILCZEK**Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin
Akademia Rolnicza w Lublinie

Wpływ terminu zbioru pierwszego pokosu oraz nawożenia makro- i mikroelementami na plon nasion tetraploidalnej koniczyny czerwonej (łąkowej)

The influence of term of first cut harvest and macro- and microelements fertilization on seed yield of tetraploid red clover

W badaniach z tetraploidalną koniczyną czerwoną (odmiana Ulka) uwzględniono: dwa terminy zbioru pierwszego pokosu (1 — faza pąkowania, 2 — faza pełni kwitnienia roślin), trzy poziomy nawożenia fosforem i potasem (70 kg P₂O₅ i 70 kg K₂O; 105 kg P₂O₅ i 105 kg K₂O; 140 kg P₂O₅ i 140 kg K₂O na 1 ha) i cztery poziomy nawożenia mikroelementami (0; B — 2 kg; Mo — 0,5 kg; B — 2 kg + Mo — 0,5 kg na 1 ha). Eksperyment polowy przeprowadzono w latach 1993–1996, metodą split-split-plot, w czterech powtórzeniach na glebie kompleksu pszennego dobrego. Plony nasion były głównie kształtowane przez pogodę podczas kwitnienia i dojrzewania roślin, która istotnie różnicowała podstawowe elementy struktury plonu. Istotnie wyższy plon nasion koniczyny osiągnięto z drugiego odrostu, wówczas gdy pierwszy pokos zbierano na paszę wcześniej — w fazie pąkowania roślin. Zastosowane poziomy nawożenia makroelementami (P, K) nie wpłynęły istotnie na zwyczaję plonów nasion. Oddzielne zastosowanie boru oraz łączne boru i molibdenu wpłynęło istotnie na wzrost plonów nasion w stosunku do obiektu kontrolnego. Mikroelementy zwiększały istotnie liczbę główek na 1 m² i masę 1000 nasion. Z rozpatrywanych elementów struktury plonu największy wpływ na plon nasion miała masa 1000 nasion i liczba nasion w główce.

Słowa kluczowe: nawożenie makro- i mikroelementami, plon nasion, termin zbioru pierwszego pokosu, tetraploidalna koniczyna czerwona

Two terms of harvesting the first cut (1 — bud-forming, 2 — full flowering), three phosphorus and potassium fertilization levels (70 kg P₂O₅ and 70 kg K₂O; 105 kg P₂O₅ and 105 kg K₂O; 140 kg P₂O₅ and 140 kg K₂O per 1 ha) as well as four microelements fertilization levels (0; B — 2 kg; Mo — 0,5 kg; B — 2 kg + Mo — 0,5 kg per 1 ha) were taken into account during investigation on tetraploid red clover (Ulka variety). The field experiment was carried out in 1993–1996 with the use of split-split-plot method on a soil classified as a good wheat type. The yields of tetraploid red clover seed were determined mainly by weather conditions during plants flowering and ripening, which significantly differentiated the basic elements of yield structure. The significantly higher seed yield from the second

cut was attained when the first cut was harvested for forage most early — at bud-forming. The applied fertilization levels of macroelements (P, K) did not influence significantly the seed yields. The separate application of boron as well as joint fertilization with boron and molybdenum significantly increased seed yields in relation to the control object. The number of heads per 1 m² and weight of 1000 seeds were significantly higher. The weight of 1000 seeds and number of seeds per fruit head were the most important components of the seed yield structure.

Key words: macroelements, microelements, fertilization, seed yield, first cut harvest time, tetraploid red clover

WSTĘP

Nawożenie koniczyny czerwonej (*Trifolium pratense* L.) uprawianej na nasiona jest problemem ciągle nierozwiązanym. Dotychczasowe zalecenia o większych dawkach fosforu w stosunku do potasu oraz dokarmianiu mikroelementami (B, Mo) są zbyt ogólne i tylko dla odmian diploidalnych (Starzycki, 1981). Nie ma natomiast w literaturze krajowej odpowiednich zaleceń dotyczących nawożenia makro- i mikroelementami koniczyny tetraploidalnej użytkowanej na nasiona. Z publikacji Grimaka i wsp. (1991) wynika, że w nawożeniu plantacji nasiennych należy zachować stosunek P₂O₅:K₂O jak 1:1.

Nasiona koniczyny czerwonej zbierane są z drugiego pokosu, dlatego też istotny jest termin sprzętu pierwszego odrostu na paszę. Zdaniem Bawolskiego (1961, 1969) winien on nastąpić na przełomie maja i czerwca, ale nie później niż 10 czerwca. Z kolei Rybak i wsp. (1993) proponują zbiór pierwszego pokosu odmian tetraploidalnych na początku i w pełni pąkowania roślin. Z punktu widzenia poznawczego interesujące będą informacje o współdziałaniu pomiędzy pogodą, a badanymi czynnikami w kształtowaniu plonu i jego komponentów.

Celem badań było określenie wpływu terminu zbioru pierwszego pokosu oraz nawożenia makro- (P, K) i mikroelementami (B, Mo) na elementy struktury plonu i plony nasion tetraploidalnej koniczyny czerwonej. Ponadto przeanalizowano plonowanie ściernianki w pierwszym roku oraz wydajność zielonej i suchej masy z pierwszego pokosu koniczyny, przeznaczonego na paszę.

MATERIAŁ I METODY

Aby zrealizować powyższy cel przeprowadzono ścisły eksperyment polowy w trzech dwuletnich seriach (1993/1994, 1994/1995, 1995/1996), metodą rozszczepionych jednostek eksperymentalnych (split-split-plot), w czterech powtórzeniach. Doświadczenie przeprowadzono na poletkach o powierzchni 20 m², w Kolonii Spiczyn k. Lublina, na glebie płowej, wytworzonej z lessu (kompleks pszenny dobry — klasa IIIa). Charakteryzowała się ona zawartością próchnicy: 1,56–1,72% i pH w 1 mol KCl: 6,4–6,7. W 1 kg gleby oznaczono: 108–141 mg P₂O₅, 152–189 mg K₂O, 57–61 mg Mg, 1,2–1,6 mg B i 0,01–0,02 mg Mo.

W eksperymencie czynnikiem I rzędu były terminy zbioru pierwszego pokosu (w fazie pąkowania i w fazie pełni kwitnienia roślin), czynnikiem II rzędu było nawożenie makroelementami (70 kg P₂O₅ i 70 kg K₂O; 105 kg P₂O₅ i 105 kg K₂O; 140 kg P₂O₅

i 140 kg na 1 ha), a czynnikiem III rzędu — nawożenie mikroelementami (0, 2 kg B; 0,5 kg Mo; 2 kg B + 0,5 kg Mo na 1 ha).

Rośliną ochronną był jęczmień jary (odmiana Ars), wysiewany w ilości 90 kg na 1 ha, użytkowany na ziarno. Nasiona koniczyny (odmiana Ulka), w ilości 8 kg·ha⁻¹, wsiewano w trzeciej dekadzie kwietnia, w jęczmień.

W latach poprzedzających siew koniczyny stosowano nawożenie fosforem (superfosfat granulowany 18%) i potasem (sól potasowa 60%) pod orkę przedzimową, zgodnie ze schematem doświadczenia. Ponadto każdego roku przed siewem jęczmienia wnoszono na wszystkie poletka azot (46 kg N na 1 ha w formie mocznika). W drugim roku użytkowania koniczyny stosowano tylko nawozy fosforowe i potasowe przed ruszeniem wegetacji roślin. Bor i molibden używano w postaci niskoprocentowych roztworów (0,2% Mo, 0,3% B). Zabieg ten przeprowadzono dwa razy w jednej serii badań; po skoszeniu jęczmienia w roku siewu, ponieważ negatywnie reaguje na nawożenie B oraz podczas wytwarzania pędów z drugiego odrostu, w drugim roku.

W latach siewu określono wschody roślin koniczyny oraz plony zielonej i suchej masy ściernianki. Jęczmień zbierano w pierwszej dekadzie sierpnia, a ścierniankę od 25 do 30 września. W latach pełnego użytkowania pierwszy pokos zbierano na zieloną masę, a drugi na nasiona. W drugim odroście określono następujące elementy struktury plonu na każdym poletku: liczbę pędów generatywnych na 1 m², liczbę główek na 1 m², liczbę nasion w główce (na podstawie 50 główek z poletka) i masę 1000 nasion.

W 85–90% dojrzałości główek skoszono koniczynę, a następnie młócono, czyszczono i określono plony przy 13% wilgotności nasion. Plony potencjalne wyliczono na podstawie elementów struktury plonu.

Dane meteorologiczne zaczerpnięto ze Stacji Meteorologicznej Felin-Lublin.

Wyniki opracowano statystycznie, w Ośrodku Informatyki Akademii Rolniczej w Lublinie, wykorzystując analizę wariancji, NIR_{0,05} według Tukeya oraz równania regresji.

WYNIKI I DYSKUSJA

Plony koniczyny ściernianki i jęczmienia jarego

Plony ziarna jęczmienia jarego wahały się od 3,53 do 3,78 t z 1 ha i nie różniły się istotnie w badanym trzyleciu. Poziom ich należy ocenić jako zadowalający. Nie stwierdzono istotnego wpływu zwiększającego się nawożenia fosforem i potasem na wydajność jęczmienia.

Zróżnicowane nawożenie P, K i dokarmianie mikroelementami nie spowodowało istotnej zmienności w liczbie roślin koniczyny po wschodach (tab. 1). Wynosiła ona średnio 230 szt. na 1 m² i stanowiła około 70% w stosunku do wysianych nasion. Tak dobrą obsadę roślin po wschodach notuje się rzadko, a świadczy ona o wysokiej jakości materiału siewnego i precyzyjnym jego siewie.

Plony zielonej i suchej masy ściernianki koniczyny były istotnie niższe w 1993 roku od odpowiednich w latach 1994 i 1995. Po zbiorze jęczmienia, w 1993 roku, zanotowano niedobory opadów, które ograniczyły liczebność i powierzchnię liści w rozecie, co spowodowało obniżenie ich masy.

Obsada roślin tetraploidalnej koniczyny czerwonej na 1 m² oraz plony zielonej i suchej masy ściernianki w zależności od badanych czynników
Number of plants per 1 m² of tetraploid red clover after germination and yields of green and dry matter of stubble crop depending on the analyzed factors

n i — Różnice nieistotne
n s — Differences not significant

Przebieg wegetacji koniczyny uprawianej na nasiona

240

nasiennej tetraploidalnej koniczyny podzielono na trzy podokresy (tab. 2). Taki podział jest stosowany od dawna i ułatwia interpretację zależności pogoda — plon (Wilczek, 1984).

Tabela 2

Charakterystyka warunków meteorologicznych w trzech podokresach wegetacji tetraploidalnej koniczyny czerwonej

Characteristic of meteorological conditions for three subperiods of tetraploid red clover vegetation

Wyszczególnienie Specification	Rok Year	Podokres wegetacji koniczyny czerwonej Subperiod of red clover vegetation						I-III Okres wegetacji Vegetation period $\Sigma / \bar{X}$	
		I		II		III		1	2
		1	2	1	2	1	2		
Długość podokresu w dniach Subperiod duration in days	1994	43	35	21	22	31	28	95	85
	1995	37	32	27	25	35	37	99	94
	1996	41	33	35	36	34	36	110	105
	$\bar{X}$	40	33	28	28	33	34	101	95
Średnia dobową temperaturę w podokresie (°C) Daily mean air temperature in subperiod (°C)	1994	15,9	16,4	22,8	22,5	18,0	17,8	18,1	18,4
	1995	17,2	17,4	19,1	18,6	17,4	17,2	17,9	17,7
	1996	16,2	16,3	18,8	18,3	14,4	14,2	16,5	16,9
	$\bar{X}$	16,4	16,7	20,2	19,8	16,6	16,4	17,4	17,5
Suma opadów w podokresie (mm) Rainfall sum in subperiod (mm)	1994	45,1	39,9	20,7	20,7	79,9	70,2	145,7	130,8
	1995	69,2	65,2	34,4	34,4	103,8	112,1	207,4	211,7
	1996	51,2	48,1	108,4	108,4	92,4	98,4	252,0	254,9
	$\bar{X}$	55,2	51,1	54,5	54,5	92,0	93,6	201,7	199,1
Średnie usłonecznienie w podokresie (h/24h) Mean insolation in subperiod (h/24 h)	1994	9,1	9,2	11,6	11,4	6,8	6,8	8,9	8,9
	1995	8,4	8,2	10,8	10,2	5,3	5,4	7,9	7,6
	1996	7,2	7,1	8,9	8,7	4,9	5,0	7,0	6,9
	$\bar{X}$	8,2	8,2	10,4	10,1	5,7	5,7	7,9	7,8

I — Od koszenia roślin z pierwszego pokosu do początku kwitnienia koniczyny z drugiego pokosu

I — From harvesting 1st cut to beginning of clover flowering from 2nd cut

II — Kwitnienie roślin; Flowering

III — Dojrzewanie roślin; Maturing

1 — Termin zbioru pierwszego pokosu w fazie pąkowania; Term of 1st cut, at bud-forming

2 — Termin zbioru pierwszego pokosu w fazie pełni kwitnienia; Term of the 1st cut, at full flowering

Długość wegetacji pokosu nasiennej była zróżnicowana głównie przez warunki meteorologiczne w poszczególnych latach i termin zbioru pierwszego pokosu. Wynosiła ona od 85 dni w 1994 (późniejszy termin zbioru pierwszego pokosu) do 110 w 1996 roku (wcześniejszy termin sprzętu pierwszego pokosu). Wyższa temperatura powietrza, większe usłonecznienie i mniejsze opady to czynniki, które skracają wegetację nasiennej koniczyny i odwrotnie, niższa temperatura, mniejsze usłonecznienie i większe opady przedłużają ten okres.

Koszenie pierwszego pokosu w terminie wcześniejszym przeprowadzono od 28 maja do 8 czerwca, natomiast w późniejszym — pomiędzy 8 a 18 czerwca. Najwcześniej koszone koniczynę w 1994 roku, a najpóźniej w 1996.

Kwitnienie roślin trwało od 21 (1994 — wcześniejszy termin zbioru pierwszego pokosu — 1) do 36 dni (1996 — późniejszy termin zbioru pierwszego pokosu — 2). Średnia długość kwitnienia koniczyny wynosiła 28 dni, niezależnie od terminu koszenia pierwszego pokosu. Jednak przy wcześniejszym jego zbiorze kwitnienie roślin przebiegało

w lepszych warunkach termicznych (temperatura, usłonecznienie), w rozpatrywanym trzyleciu (tab. 2). W 1994 roku znaczne skrócenie kwitnienia koniczyny wynikało z bardzo wysokiej średniej temperatury (22,5–22,8° C) i usłonecznienia (11,4–11,6 h/24 h) oraz bardzo niskich opadów (20,7 mm). Najdłuższy okres kwitnienia roślin zanotowano przy dużych opadach (108,4 mm) i najniższej temperaturze powietrza w trzyleciu (18,3–18,8° C).

Długość dojrzewania roślin wynosiła od 28 (1994, 2) do 37 dni (1995, 2). Termin rozpoczęcia dojrzewania roślin mieścił się pomiędzy 31 lipca (1994) a 26 sierpnia (1996). Zbiór tetraploidalnej koniczyny czerwonej przeprowadzono od 30 sierpnia (1994) do 30 września (1996). Z przedstawionej charakterystyki wynika, że czynniki pogodowe mogły wpłynąć na duże przyspieszenie lub opóźnienie sprzętu koniczyny.

Elementy struktury plonu nasion

Pogoda najbardziej zróżnicowała elementy struktury plonu w poszczególnych latach. Liczba pędów generatywnych była najwyższa w 1995 roku i istotnie przewyższała wyniki z pozostałych lat (tab. 3). Na takie rezultaty wpłynęła pogoda w I podokresie wegetacji (tab. 2). W 1995 roku zanotowano, w tym czasie, najwyższą temperaturę powietrza i największe opady w trzyleciu. Z kolei najniższą obsadę pędów generatywnych zarejestrowano w 1994 roku, kiedy to w I podokresie wystąpiła najniższa temperatura i najmniejsze opady. Pozostałe czynniki takie jak: termin zbioru pierwszego pokosu oraz nawożenie makro- i mikroelementami nie spowodowały istotnej zmienności liczby pędów generatywnych na 1 m² (tab. 3).

Liczba główek na 1 m² była istotnie zróżnicowana przez dwa czynniki; lata i dokarmianie mikroelementami. W roku 1995 i 1996 liczba główek była zbliżona (518, 506 na m²) i istotnie przewyższała obsadę z 1994 roku (395 na m²). W tym ostatnim roku podczas kwitnienia roślin wystąpiła bardzo wysoka temperatura, która w połączeniu z bardzo niskimi opadami spowodowała znaczne obniżenie liczby owocostanów, w porównaniu z pozostałymi latami. Podobne wyniki otrzymali Wilczek i Ćwintal (1995).

Największą obsadę główek zanotowano na obiekcie z borem i molibdenem (503 na 1 m²), która była istotnie wyższa od pozostałych. Oddzielne stosowanie boru i molibdenu, przyczyniło się do istotnego wzrostu liczby główek na m² w stosunku do wariantu „0”.

Jednym z najważniejszych komponentów plonu jest liczba nasion w główce (Wilczek i in., 2000). Element ten był istotnie zróżnicowany w naszym doświadczeniu tylko przez pogodę, w kolejnych latach i termin zbioru pierwszego pokosu. Istotnie najmniej nasion w główce stwierdzono w 1994 roku, kiedy kwitnienie roślin trwało najkrócej, ponieważ przebiegało w najwyższej temperaturze i najniższych opadach. Wspomniane warunki pogodowe przyczyniły się do słabego nektarowania kwiatów, które były mało atrakcyjne dla pszczoł miodnych i trzmieli (Jabłoński, 1974; Prabucki, 1998). Ponadto następowało przedwczesne zasychanie znacznej liczby strąków. Największą liczbę nasion w owocostanie otrzymano w 1995 roku (wcześniejszy zbiór pierwszego pokosu) kiedy to kwitnienie roślin trwało 27 dni, przy średniej temperaturze powietrza 19,1 °C, opadach 34,4 mm oraz usłonecznieniu 10,8 h/24 h. Były to dobre warunki do zapyłania i zapłodnienia kwiatów oraz powstawania nasion (Jabłoński, 1974; Wilczek 1984).

Wcześniejszy zbiór pierwszego pokosu w fazie pąkowania determinował istotne zwiększenie liczby nasion w główce, w porównaniu ze sprzętem późniejszym, w pełni kwitnienia koniczyny. Potwierdzają to badania Rybak i wsp. (1993).

Masa 1000 nasion z 1995 przewyższała istotnie wyniki z 1994 roku, była też większa (ale nieistotnie) od osiągniętej w 1996 roku. Największą masę 1000 nasion otrzymano wówczas gdy w podokresie III (dojrzewanie roślin) wystąpiła temperatura powietrza 17,4° C, opady 103,8 mm, a usłonecznienie 5,3 h/ 24 h (tab. 2).

Z zastosowanych mikroelementów tylko B spowodował istotny wzrost masy 1000 nasion w porównaniu z obiektem „0” (tab. 3). Dodatni wpływ boru na omawiany element roślin motylkowych drobnonasiennych jest znany (Lityński i Jurkowska, 1982; Fotyma i Mercik, 1992).

Plony nasion

Osiągnięte plony nasion tetraploidalnej koniczyny czerwonej wykazały istotną zmienność w zależności od lat, terminu zbioru pierwszego pokosu i nawożenia mikroelementami. Czynnikiem najbardziej różnicującym plony potencjalne (wyliczone) i zebrane była pogoda podczas wegetacji pokosu nasiennego. Plony zebrane koniczyny w 1995 (533 kg z 1 ha) i 1996 roku (521 kg z 1 ha) nie różniły się istotnie, aczkolwiek ujawniła się taka różnica pomiędzy plonami potencjalnymi na korzyść 1995 roku. O wymienionych zależnościach zdecydował różny stosunek plonu zebranego do wyliczonego (tab. 3). Wraz ze wzrostem plonu potencjalnego malał procentowy udział plonu zebranego. Do podobnych stwierdzeń doszli też inni autorzy (Wilczek, 1984; Perepravo i Khudokormov, 1994). Duże różnice między plonem potencjalnym a zebrany świadczą o potrzebie doskonalenia metod zbioru tetraploidalnej koniczyny łąkowej uprawianej na nasiona. Taką opinię wyrażają: Bruździak i Gospodarczyk (1995), Smith (1994) oraz Wilczek i Ćwintal (1995).

W 1994 roku otrzymano istotnie niższe plony zebrane i potencjalne niż w latach 1995 i 1996. Rok 1994 odznaczał się niekorzystnym układem warunków meteorologicznych w I i II podokresie wegetacji, co omówiono wcześniej. Nieodpowiednia pogoda spowodowała uzasadnione statystycznie obniżenie takich elementów struktury jak: masa 1000 nasion, liczba nasion w główce i liczba główek na 1 m², które przyczyniły się do istotnego zmniejszenia plonu nasion w 1994 roku.

Największe plony nasion uzyskano w 1995 roku kiedy to, w I podokresie wegetacji koniczyny, zanotowano umiarkowaną temperaturę powietrza i opady. Z kolei podczas kwitnienia roślin temperatura i usłonecznienie były wyższe od odpowiednich w 50-leciu, a opady niższe. Prawdopodobnie w roku tym zebrane plony nasion mogły być znacznie wyższe gdyby nie zbyt częste i duże opady (103,8–112,1 mm) podczas dojrzewania koniczyny. W takiej sytuacji rośliny dojrzywały nierównomiernie, a wegetacja III podokresu przedłużyła się do 35–37 dni. Wystąpiły więc warunki przyczyniające się do wzrostu strat nasion w końcowej fazie dojrzewania koniczyny i podczas jej zbioru, co w efekcie obniżyło plony zebrane. Zanotowano bowiem niższy udział plonu zebranego w potencjalnym.

Z dwóch terminów zbioru pierwszego pokosu w fazie pąkowania i w fazie pełni kwitnienia koniczyny, lepszym z punktu widzenia uzyskanych plonów, okazał się

wcześniejszy. Wyniki te potwierdzają badania Rybak i in. (1993). Istotnie wyższe plony zebrane i potencjalne otrzymano z wcześniejszego terminu zbioru dzięki większej liczbie nasion w główce.

Tabela 3

Plon nasion i komponenty plonu tetraploidalnej koniczyny czerwonej w zależności od badanych czynników
Seed yield and yield components of tetraploid red clover depending on the analyzed factors

Badane czynniki Research factors	Obiekty Objects	Liczba Number of			Masa 1000 nasion (g) Weight of 1000 seeds (g)	Plon nasion (t·ha ⁻¹) Seed yield (t·ha ⁻¹)		Stosunek plonu zebranego do potencjalnego Harvested potential yields ratio (%)					
		pędów generatywnych na 1 m ² generative shoots per 1 m ²	główek na 1 m ² heads per 1 m ²	1 m ² nasion w główce seeds in head per 1 m ²		zebrany harvested	potencjalny potential						
A													
Lata Years	1994	201	395	73	2,34	347	675	51,4					
	1995	231	518	92	2,56	533	1220	43,7					
	1996	221	506	87	2,49	521	1096	47,5					
	NIR _{0,05} LSD _{0,05}	17,6	30,7	9,8	0,16	30,9	78,2	5,3					
B													
Terminy zbioru I pokosu Terms of the I st cut	1	222	482	89	2,50	488	1072	45,5					
	2	214	466	81	2,44	446	921	48,4					
	NIR _{0,05} LSD _{0,05}	ni ns	ni ns	7,3	ni ns	27,8	68,9	ni ns					
C													
Nawożenie makroelementami (P ₂ O ₅ i K ₂ O kg·ha ⁻¹)	70 i 70	216	473	85	2,46	460	989	46,5					
	105 i 105	219	485	84	2,46	469	1002	46,8					
	140 i 140	219	473	85	2,47	472	993	47,5					
Macroelements fertilization (P ₂ O ₅ and K ₂ O kg·ha ⁻¹)	NIR _{0,05}	ni	ni	ni	ni	ni	ni	ni					
	LSD _{0,05}	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns					
D													
Nawożenie mikroelementami Microelements fertilization	0	214	448	83	2,41	444	896	49,5					
	B	219	477	84	2,54	477	1018	46,8					
	Mo	218	476	85	2,46	469	995	47,1					
	B + Mo	221	503	86	2,48	479	1073	44,6					
	NIR _{0,05} LSD _{0,05}	ni ns	25,0	ni ns	0,10	31,6	82,8	ni ns					
Liczba nasion w główce Number of seeds per head					Plon nasion Seed yield								
					zebrany — harvested		potencjalny — potential						
					A		A						
					1994	1995	1996	1994	1995	1996			
Interakcja A x B Interaction A x B	B	1	76	96	92	A x D D	0	340	508	492	644	1042	912
							B	350	542	531	690	1238	1097
							Mo	343	536	528	672	1180	1086
					B + Mo	353	545	534	694	1260	1188		
NIR _{0,05} LSD _{0,05}		11,7				48,6			108,3				

ni. — Różnice nieistotne ns — Differences not significant

1, 2 tak jak w tabeli 2; like in table 2

Zwiększone nawożenie fosforem i potasem od 70 kg P_2O_5 i 70 kg K_2O do 140 kg P_2O_5 i 140 kg K_2O na 1 ha nie spowodowało istotnego wpływu na plony zebrane i potencjalne. Dlatego też, na glebach średnio zasobnych w przyswajalny P i K, należy zalecać pod tetraploidalną koniczynę czerwoną uprawianą na nasiona, najmniejszą z rozpatrywanych dawek fosforu i potasu.

Na glebie o niskiej zasobności w przyswajalny bor i molibden ujawnił się ich pozytywny wpływ w nawożeniu nasiennej koniczyny. Oddzielnie zastosowany bor oraz łącznie bor i molibden, wpłynęły na prawie 11%, istotnąwyżkę plonu nasion w stosunku do obiektu bez mikroelementów. Ponadto stwierdzono plonotwórcze współdziałanie pomiędzy pogodą w 1995 i 1996 roku a nawożeniem mikroelementami. Potwierdził się pogląd o celowości dokarmiania borem i molibdenem nasiennej koniczyny czerwonej, uprawianej na glebach ubogich w te składniki (Ma, 1993; Starzycki 1981).

Ogólną zależność pomiędzy elementami struktury plonu a plonem nasion tetraploidalnej koniczyny czerwonej przedstawia następujące równanie regresji wielokrotnej:

$$Y = -674,373 + 143,265x_1 + 4,298x_2 + 1,463x_3 + 0,233x_4,$$

Y — plon nasion,

x_1 — masa 1000 nasion,

x_2 — liczba nasion w główce,

x_3 — liczba pędów generatywnych,

x_4 — liczba główek na 1 m².

Z przedstawionego równania wynika, że największy wpływ na plony nasion miała masa 1000 nasion i liczba nasion w główce. Wysokie wartości współczynników determinacji (74%) i korelacji (0,86) dowodzą, że uwzględnione w równaniu elementy struktury plonu, które istotnie wzrastały pod wpływem badanych czynników, decydowały głównie o wielkości zbieranych plonów nasion.

Plon zielonej i suchej masy z pierwszego pokosu

W warunkach klimatycznych naszego kraju nasiona koniczyny czerwonej zbiera się z drugiego pokosu. Pierwszy pokos pozostawia się na zielonkę lub siano, które są dobrymi, wysokobiałkowymi paszami dla bydła i koni. Poza tym z drugiego pokosu otrzymuje się 2,2–3,0 t z 1 ha słomy poomłotowej. Wymienione pasze dodatkowo podnoszą opłacalność uprawy tetraploidalnej koniczyny czerwonej (łąkowej) na nasiona.

Plony suchej masy były istotnie zróżnicowane przez pogodę (tab. 4). Wydajności suchej masy w latach 1995 (6,02 t z 1 ha) i 1996 (5,81 t z 1 ha) istotnie przewyższały odpowiedni wynik z 1994 roku (4,82 t z 1 ha).

Terminy zbioru pierwszego pokosu wpłynęły znacząco na plony. Koniczyna zbierana w pełni kwitnienia wydała istotnie wyższe plony zielonej i suchej masy niż koszona w fazie pąkowania.

Nawożenie dawkami fosforu i potasu od 70 kg P_2O_5 i 70 kg K_2O do 140 kg P_2O_5 i 140 kg K_2O na 1 ha nie spowodowało istotnej wyżki plonów zielonej i suchej masy.

Mikroelementy, wniesione na ścierniankę w pierwszym roku uprawy, zmodyfikowały wydajności zielonej i suchej masy z pierwszego pokosu. Oddzielnie zastosowany bor i

molibden oraz łącznie spowodowały podobnie istotny wzrost plonów, ale tylko w porównaniu z obiektem kontrolnym.

Tabela 4

Plon zielonej i suchej masy tetraploidalnej koniczyny czerwonej (I pokos) w zależności od badanych czynników
Yields of green and dry matter of tetraploid red clover (I cut) depending on the research factors

Badane czynniki Research factors	Obiekty Objects	Plon (t·ha ⁻¹) Yield of (t·ha ⁻¹)	
		zielonej masy green mass	suchej masy dry mass
A Lata Years	1994	38,55	4,82
	1995	40,50	6,02
	1996	39,46	5,91
	NIR _{0,05}	n i	0,46
	LSD _{0,05}	n s	
B Terminy zbioru I pokosu Terms of the I cut	1	37,64	5,13
	2	41,22	6,02
	NIR _{0,05}	3,11	0,39
	LSD _{0,05}		
D Nawożenie makroelementami (P ₂ O ₅ i K ₂ O kg·ha ⁻¹) Macroelements fertilization (P ₂ O ₅ and K ₂ O kg·ha ⁻¹)	70 i 70	38,96	5,48
	105 i 105	39,63	5,58
	140 i 140	39,80	5,69
	NIR _{0,05}	n i	n i
	LSD _{0,05}	n s	n s
D Nawożenie mikroelementami Microelements fertilization	0	36,24	5,12
	B	40,00	5,66
	Mo	40,44	5,72
	B + Mo	41,16	5,82
	NIR _{0,05}	3,42	0,50
	LSD _{0,05}		
			A
			1994 1995 1996
Interakcja A x B Interaction A x B		B 1	4,58 5,77 5,65
		2	5,05 6,28 6,17
NIR _{0,05}			0,68
LSD _{0,05}			

Objaśnienia jak w tabeli 3

Explanation just in table 3

Osiągnięte plony zielonej i suchej masy tetraploidalnej koniczyny czerwonej z pierwszego pokosu, należy uznać za wysokie, na tle wydajności jednokośnych roślin pastewnych oraz pierwszego odrostu gatunków wielokośnych (Wilczek i in., 1999).

WNIOSKI

1. Plon nasion tetraploidalnej koniczyny czerwonej (łąkowej) wahał się od 347 do 533 kg z 1 ha i był głównie kształtowany przez pogodę podczas kwitnienia i dojrzewania roślin, która istotnie różnicowała podstawowe elementy struktury plonu.
2. Istotnie wyższy plon nasion koniczyny z drugiego odrostu osiągnięto, wówczas gdy pierwszy pokos zbierano na paszę w fazie pąkowania roślin.
3. Zwiększone nawożenie od 70 kg P_2O_5 i 70 kg K_2O do 140 kg P_2O_5 i 140 kg K_2O na 1 ha nie spowodowało istotnej wyżki plonów nasion zebranych i potencjalnych. Dlatego też dla praktyki rolniczej należy zalecać około 70 kg P_2O_5 i 70 kg K_2O na 1 ha.
4. Oddzielne stosowanie boru oraz łączne boru i molibdenu wpłynęło istotnie na wzrost plonów nasion w stosunku do obiektu kontrolnego. Mikroelementy zwiększały znacząco liczbę główek na 1 m² oraz masę 1000 nasion.
5. Z rozpatrywanych elementów struktury plonu największy wpływ na plon nasion miała masa 1000 nasion i liczba nasion w główce.
6. Tetraploidalna koniczyna czerwona charakteryzowała się wysokimi plonami potencjalnymi (wyliczonymi) nasion, które ponad dwukrotnie przewyższały zebrane. Wraz ze wzrostem plonu potencjalnego malał procentowy udział plonu zebranego.
7. Plony ściernianki tetraploidalnej koniczyny czerwonej były niskie. Istotnie różnicowały je warunki pogodowe i dokarmianie mikroelementami.
8. Plony zielonej i suchej masy z pierwszego pokosu, w drugim roku użytkowania, były wysokie w porównaniu z jednokośnymi roślinami pastewnymi. Istotnie wzrastały przy opóźnionym zbiorze (pełnia kwitnienia roślin) i stosowaniu mikroelementów.

LITERATURA

- Bawolski S. 1961. Wpływ terminu koszenia pierwszego pokosu na plon nasion koniczyny czerwonej. Pam. Puł. 1: 169 — 180.
- Bawolski S. 1969. Wysokość plonu nasion koniczyny czerwonej w zależności od rejonu uprawy i terminu zbioru I pokosu. Nowe Rolnictwo 11: 21 — 22.
- Bruździak M., Gospodarczyk F. 1991. Plonowanie koniczyny czerwonej uprawianej na nasiona w trzech rejonach Dolnego Śląska. Zesz. Nauk. AR Wrocław, LV, 207: 113 — 119.
- Grimak N. I., Novalenko V. F., Bepalko N. G. 1991. Fertilizer and red clover yield. Kormovye Kultury, 2: 37 — 38.
- Jabłoński B. 1974. Biologia kwitnienia i zapylania koniczyny czerwonej (*Trifolium pratense* L.). Pszczel. Zesz. Nauk. XVII, 18: 201 — 228.
- Ma W. Q. 1993. Study on boron nutrition of red clover. Journal of Hebei Agricultural University, 16/4: 30 — 33.
- Perepravo N. I., Khudokormov V. V. 1994. Sowing rates for red clover grown for seeds. Zemledelje, 5: 39 — 40.
- Prabucki J. (red.) 1998. Pszczelnictwo. Wyd. „Albatros”, Szczecin.
- Rybak H., Pudelko J., Waniorek W., Różalski K. 1993. Wpływ terminów zbioru pierwszego pokosu zielonki na plon nasion tetraploidalnych odmian koniczyny czerwonej. Rocz. Nauk Rol., s. A, 110, 1 — 2: 86 — 91.
- Smith R. S. 1994. Red clover (*Trifolium pratense* L.). Technical Raport. Departament of Primary Industries, South Australia, 219: 97 — 106.

- Stanisławska-Głubiak E. 1989. Potrzeby nawożenia molibdenem koniczyny czerwonej uprawianej na glebach górskich. IUNG Puławy, R (260): 1 — 51.
- Starzycki S. 1981. Koniczyny. PWRiL, Warszawa.
- Wilczek M. 1984. Agroekologiczne aspekty rejonizacji plantacji nasiennych koniczyny czerwonej (*Trifolium pratense* L.) na terenie Lubelszczyzny. Cz. I. Rejony produkcji a struktura plonów nasion. Cz. II. Plony nasion. Biul. IHAR 154: 93 — 109.
- Wilczek M, Ćwintal M. 1995. Wpływ niektórych czynników agrotechnicznych na plony nasion tetraploidalnej koniczyny czerwonej. Mat. Konf. Nauk. „Nauki rolnicze w warunkach integracji europejskiej”, 26–27.09.1995, AR-T Olsztyn, Produkcja roślinna II/IV: 136 — 139.
- Wilczek M., Ćwintal M., Wilczek P. 1999. Plonowanie i jakość tetraploidalnej koniczyny łąkowej (czerwonej) w zależności od niektórych czynników agrotechnicznych. Cz. II. Plonowanie. Biul. IHAR 210: 109 — 118.
- Wilczek P., Ceglarek F., Wilczek M. 2000. Wpływ ilości wysiewu, rozstawy rzędów i desykacji na plon nasion tetraploidalnej koniczyny łąkowej (czerwonej). Biuletyn IHAR, 215: 335 — 346.

KRZYSZTOF KLIMONT

Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Wpływ światła lasera na plon roślin i jakość nasion szarłatu krwistego (*Amaranthus cruentus* L.)*

The influence of the laser light on yield and seed quality of amaranth (*Amaranthus cruentus* L.)

W trzyleciu 1998–2000 oceniano wpływ światła lasera He-Na na plon nasion i elementy struktury plonu oraz jakość nasion szarłatu krwistego odmiany Rawa. Obiektem badań były nasiona i rośliny szarłatu. Nasiona przed siewem biostymulowano światłem czerwonym lasera (He-Ne) o długości fali 632,8 nm i mocy 4 mW/cm². W doświadczeniu zastosowano 4 warianty: bez naświetlenia (kontrola) i trzy naświetlenia (krotności naświetleń) — 2, 4, 6. W laboratorium przed siewem oceniono: zdolność kiełkowania, a po zbiorach zdolność kiełkowania zebranych nasion i zawartość w nich białka. W polu liczono wschody, określano plon i jego strukturę (wysokość roślin, ciężar zielonej masy oraz masę tysiąca nasion). Wszystkie warianty przedsiewnego naświetlania nasion szarłatu wpłynęły stymulująco na plon nasion. Największy plon nasion uzyskano przy dawce sześciokrotnej energii lasera, mniejszy przy dawce dwukrotnej, a najmniejszy stosując dawkę czterokrotną. Wysokość roślin szarłatu wyrosłych z naświetlanych nasion oraz ciężar ich świeżej masy z poletka podczas zbioru nie różnił się od wariantu kontrolnego, ale na obydwie cechy wpływały zmienne warunki pogodowe w latach badań. Przedsiewna biostymulacja nasion szarłatu różnicowała wschody polowe, a także na zawartość białka w nasionach zebranych roślin potomnych oraz ich MTN.

Słowa kluczowe: przedsiewna biostymulacja, laser, szarłat, wartość siewna nasion, plon

The effect of laser light on the seed yield and elements of yield structure, as well as on the sowing value of amaranth seeds, cultivar Rawa, was studied in 1998–2000. Before sowing, seeds were biostimulated with red laser light (He-Ne), of 632,8 nm wave length and the power of 4 mW/cm². Three irradiations variants double, fourfold and sixfold and control were evaluated. In the laboratory tests, before sowing, seed germination was determined, and after harvest — seed germination and protein content. In the field experiments the following parameters were determined: field emergence, seed yield and its structure (plant height, weight of green mass and weight of thousand seeds). All variants of pre-sowing irradiation of amaranth seeds favourably influenced the seed yield. The highest yield was obtained after sixfold dose, lower yield after double dose, and the lowest after fourfold dose of laser

* Badania przeprowadzono w ramach projektu badawczego Nr 5P06B 03713, finansowanego przez Komitet Badań Naukowych

energy. The height of plants grown from irradiated seeds and weight of green mass/plant did not differ in comparison to control, but these traits were influenced by weather conditions. Pre-sowing biostimulation of amaranth seed influenced field emergence, weight of thousand seeds and protein content in seeds harvested from plants grown from irradiated seeds.

Key words: pre-sowing biostimulation, laser, amaranth, seed sowing value, yield

WSTĘP

Przedsiewna biostymulacja nasion promieniami laserowymi, jako jedna z metod ulepszania materiału siewnego i uzyskiwania wyraźnych pozytywnych efektów w plonowaniu roślin i wartości siewnej nasion powoduje, rosnące zainteresowanie praktyków. Światło lasera oddziałuje na procesy metaboliczne roślin i wiąże się z aktywnością fotosyntezy. Biostymulacja laserowa wykorzystuje fizyczne zjawisko, które polega na zdolności pochłaniania, przekształcania, magazynowania i wykorzystywania fotonów światła lasera przez komórki i tkanki roślinne. Skutkuje to poprawą wartości siewnej nasion (wigor i zdolność kiełkowania), intensyfikacją procesów fizjologicznych i biochemicznych w roślinie i w końcu do wymiernej wyżki plonów (Inyushin, 1977, 1981; Koper, 1993; Gładyszewska i in., 1998). Dotychczasowe wyniki badań pokazują, że przedsiewna biostymulacja nasion energią lasera wpływa na plon nasion, strukturę plonu roślin rolniczych i warzywnych (Dziamba i Koper, 1992; Koper i in., 1996; Klimont i in., 1999; Klimont, 2001). Wieloletnie badania Kopera wskazują na zwiększenie plonu roślin wyrosłych z biostymulowanych nasion (kukurydza, pszenica jara, jęczmień jary, buraki cukrowe i rzepak) rzędu 10–30% (Koper, 1993; Koper i Kornas-Czuczwar, 1994). Inne badania donoszą o poprawie wartości siewnej nasion poddanych procesowi naświetlania przedsiewnego lasera takich roślin jak: fasola, groch, pomidor, ogórek, łubin, pszenica, uzależniając efekty od gatunku, rośliny, odmiany, wielkości energii aplikowanej na nasiona oraz warunków argometeorologicznych panujących w latach zbioru nasion (Szyrmer i Klimont, 1999; Klimont i in., 1999; Podleśny i Koper, 1998; Klimont, 2001). Stwierdzono również wpływ traktowania nasion promieniami lasera na skład chemiczny plonów uzyskiwanych z roślin, które wyrosły z biostymulowanych nasion. Dobrowolski (1992) pokazał wpływ energii lasera na zawartość mikroelementów w owocach pomidorów, Ivanowa (1998) zwiększenie tłuszczu w nasionach konopi, a Klimont (2001) zróżnicowania zawartości białka w nasionach fasoli oraz białka i tanin w nasionach grochu, zależnie od odmiany, krotności naświetleń i roku zbioru. Wcześniejsze doniesienie autora mówi również o pozytywnym oddziaływaniu światła lasera na energię i zdolność kiełkowania nasion szarłat krwistego, jak również na wzrost plonu nasion zbieranych z biostymulowanych nasion (Klimont i in., 1999).

Szarłat ze względu na dużą produktywność i bardzo wysoką wartość odżywczą nasion jak i liści (Gontarczyk, 1996), stanowi cenny obiekt badawczy. Celem trzyletniego eksperymentu było zbadanie wpływu światła lasera He-Ne na wartość siewną i plon nasion szarłat krwistego, nowo wprowadzonej rośliny uprawowej w Polsce.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie było przeprowadzone w Laboratorium Technologicznym IHAR w Sandomierzu w latach 1998–2000. Materiał doświadczalny stanowiły nasiona i rośliny szarłatu krwistego odmiany Rawa. Corocznie naświetlaniu poddawano inne nasiona, które pochodziły od tego samego producenta o podobnej wartości siewnej. Szczegółowe dane dotyczące sposobu biostymulacji nasion promieniami lasera helowo-neonowego (He-Ne) opisano w niniejszym Biuletynie (Klimont, 2002). W badaniach laboratoryjnych biostymulowane nasiona szarłatu poddano analizie celem oceny zdolności kiełkowania (pierwsze liczenie po 5 dniach i końcowe po 14 dniach), zarówno materiału przeznaczanego do siewu jaki i nasion zebranych z roślin, które wyrosły z biostymulowanych nasion wg ISTA (1996). W zebranych nasionach oznaczono również zawartość białka. Po wykonaniu analiz w laboratorium pozostałą część nasion przeznaczono do założenia doświadczenia polowego w Obrazowie k/Sandomierza. Eksperyment założono metodą bloków losowanych w czterech powtórzeniach, powierzchnia poletka wyniosła 1m². Norma wysiewu wynosiła od 4,0 do 4,2 kg/ha w zależności od żywotności nasion, zapewniając obsadę 100 nasion o pełnej wartości siewnej (kiełkujących) na 1 m². Nasiona nie zaprawiano pestycydami. Doświadczenie prowadzono na czarnoziemie zdegradowanym, wytworzonym z lessu. Siewu nasion dokonywano ręcznie, corocznie w optymalnych terminach dla tego gatunku tj. około połowy maja. W warunkach polowych oceniano wschody polowe, wysokość roślin wyrosłych z biostymulowanych i kontrolnych nasion, ciężar zielonej masy roślin, masę nasion z poletka oraz masę tysiąca nasion. Rośliny zbierano ręcznie w fazie pełnej dojrzałości nasion, ważono celem określenia ciężaru zielonej masy, następnie młócono kombajnem poletkowym. Pogoda w czasie trwania doświadczenia wpływała na jego efekty (tab. 1).

Tabela1

Przebieg warunków atmosferycznych w okresie wegetacji szarłatu krwistego w latach 1998–2000
Meteorological condition during growing seasons 1998–2000

Miesiąc Month	Temperatura (°C) Temperature(°C)			Opady (mm) Rainfalls (mm)		
	1998	1999	2000	1998	1999	2000
Kwiecień — April	10,6	10,1	12,5	91,7	78,0	38,5
Maj — May	14,3	12,9	15,6	57,7	30,6	54,0
Czerwiec — June	17,9	18,1	16,3	116,1	165,0	65,1
Lipiec — July	18,2	20,1	16,8	95,5	94,7	134,8
Sierpień — August	16,9	17,4	18,7	86,8	39,1	50,2
Wrzesień — September	13,2	15,9	12,1	47,3	13,2	50,8

Najkorzystniejszym rokiem do uprawy szarłatu w warunkach klimatyczno-glebowych Sandomierszczyzny okazał się drugi rok badań, tj. 1999 rok z wysokimi opadami w czerwcu, wysoką temperaturą w lipcu oraz co jest szczególnie ważne dla dojrzewania i zbioru tej rośliny ciepłym i suchym wrześniem, gwarantującym najwyższe plony nasion. Mniej korzystnym okazał się rok 2000 z łagodnymi temperaturami w okresie wegetacji i w miarę równomiernymi opadami, ale chłodnym i mokrym okresem dojrzewania i zbioru. Najmniej sprzyjającym okazał się pierwszy rok badań, zbyt chłodny i zbyt mokry dla tej

wymagającej ciepła i światła, dobrze znoszącej niską wilgotność gleby rośliny. Obliczenia statystyczne wykonano metodą analizy wariancji, a istotności oceniano testem Tukeya przy NIR ($\alpha = 0,05$).

WYNIKI I DYSKUSJA

Masa nasion z poletka, obsada roślin oraz niektóre cechy morfologiczne szarłatu krwistego

Wszystkie warianty przedsiewnego naświetlania nasion szarłatu krwistego wpłynęły stymulująco na masę nasion uzyskaną z poletka (tab. 2). Najwyższą masę nasion z poletka uzyskano przy dawce 6-krotnej światła lasera 0,643 kg/m² mniej obfitą przy dawce dwukrotnej 0,610 kg/m², a najniższą stosując dawkę czterokrotną 0,607 kg/m², co powodowało przyrost masy nasion z poletka odpowiednio o 19,9 %, 13,8 % i 13,2 % w odniesieniu do wariantu kontrolnego. Wystąpiły także istotne różnice w masie nasion uzyskanych z poletka w zależności od pogody w latach, a także współdziałania między dawkami promieniowania a latami badań. Podobny korzystny wpływ przedsiewnego laserowania ale ziarna zbóż kłosowych na plon zauważył (Koper, 1993; Koper i Grochowicz, 1994; Koper i in., 1996). Także badania własne (Klimont i in., 1999) dały podobny wynik. Z kolei (Gontarczyk, 1996) podaje, że plon szarłatu zależy od wielu czynników, a możliwości plonowania w Polsce w warunkach polowych wynoszą 1,5–3,0 t/ha, co stanowić może ledwie połowę rezultatów uzyskanych na mikropoletkach. Obsada roślin szarłatu była zróżnicowana (ale nieistotnie) przez wielkość energii użytej do przedsiewnego laserowania nasion. Wpływały na nią również zmienne warunki pogodowe w latach badań.

Tabela 2

Wpływ biostymulacji światła lasera na plon nasion i elementy struktury plonu szarłatu krwistego odmiany Rawa (1998–2000)
The effect of laser biostimulation on grain yield and its elements of spring amaranth, var. Rawa (1998–2000)

Krotność naświetleń Doses of irradiation	Cechy Traits			
	Masa nasion z poletka Seed yield/plot (kg/m ²)	Wysokość roślin Height of plants (cm)	Ciężar zielonej masy Green mass (kg/m ²)	Masa 1000 nasion Weight of 1000 seeds (g)
0 — kontrola; control	0,536	129,1	5,87	0,789
2	0,610	129,7	5,86	0,770
4	0,607	131,1	5,87	0,817
6	0,643	131,2	6,08	0,774
NIR ($\alpha = 0,05$)				
LSD $\alpha = 0,05$	0,028	6,2	1,08	0,068

Wysokość roślin szarłatu nie zmieniła się (wynosiła około 130 cm) pod wpływem żadnej z dawek energii światła lasera użytej do naświetlania materiału siewnego, z którego wyrosły (tab. 2). Wysoka temperatura w lipcu i obfite opady w czerwcu 1999 roku wpłynęły na to, że rośliny szarłatu były najwyższe — 133,6 cm, niższe były w chłodnym i

wilgotnym 1998 roku — 130,6 cm, a zdecydowanie najniższe w ostatnim 2000 roku badań — 126,6 cm, czyli takie jakie powinien mieć idealny typ szarłatu uprawiany na nasiona, tj. 100–150 cm (Gontarczyk, 1996, za Weberem i Riderem, 1998).

Masa tysiąca nasion (MTN) szarłatu, które zebrano z roślin wyrosłych z nasion poddanych działaniu światła lasera w zasadzie nie uległa zmianie, chociaż obserwowano zauważalny wzrost dorodności nasion, które wydały rośliny wyrosłe z nasion czterokrotnie laserowanych (tab. 2). Zmienne warunki pogodowe w latach badań istotnie modyfikowały wartość tej cechy. Najdorodniejsze nasiona zebrano w 2000 roku — 0,882 g, mniej dorodne w 1998 — 0,740 g, a najdrobniejsze w 1999 roku — 0,739 g.

Zróznicowanie dawki energii lasera w zasadzie nie wpłynęła na produktywność roślin w postaci zielonej masy roślin szarłatu uzyskanej z poletka, poza niewielkim jej przyrostem po sześciokrotnym laserowaniu nasion przeznaczonych do siewu. Próbuąc znaleźć wzajemne zależności między analizowanymi cechami, wpływającymi korzystnie na masę nasion z poletka, wydaje się, że w przypadku dwukrotnej dawki energii lasera stosowanej na materiał siewny korzystnie na masę nasion uzyskaną z poletka wpłynęła najwyższa obsada roślin; w przypadku dawki czterokrotnej uzyskanie najdorodniejszych nasion (MTN), a w przypadku dawki najwyższej (6x) plonotwórczym czynnikiem okazały się najbujniejsze rośliny szarłatu. Dostępna literatura akcentuje korzystny wpływ przedsewnej biostymulacji materiału siewnego zbóż kłosowych na strukturę plonu wyrosłych z niego roślin (Inyushin, 1977).

Wartość siewna nasion i skład chemiczny nasion

Przedsewna biostymulacja nasion szarłatu wpłynęła na poprawę ich wyniku kiełkowania (po 5 dniach), a w przypadku dawki dwukrotnej wzrost ten okazał się istotny statystycznie. Taką samą prawidłowość odnotowano przy analizie zdolności kiełkowania określonej po 14 dniach uprzednio biostymulowanych nasion (tab. 3).

Zdolność kiełkowania nasion szarłatu, które otrzymano z roślin wyrosłych z obrabianych promieniem lasera nasion nie uległa istotnym zmianom (tab. 3), wykazując niewielką tendencję do spadku. Warunki agrometeorologiczne istotnie wpływały na wartość siewną zbieranych corocznie nasion, najkorzystniejszy pod względem obydwu danych cech okazał się rok 2000 o łagodnych temperaturach i umiarkowanych opadach, mniej korzystny był 1998 rok, chłodny i wilgotny, a najgorszy okazał się drugi rok, tj. 1999 z wysokimi opadami i temperaturami w lipcu.

Analizując zawartość białka w nasionach szarłatu krwistego stwierdzono, że dwukrotny zabieg naświetlania nasion powoduje minimalny, ale istotny wzrost poziomu białka w nasionach uzyskiwanych z roślin wyrosłych z nasion naświetlonych (tab. 3). Średnio niezależnie od krotności naświetleń zebrane nasiona zawierały 14,44% białka, czyli o ponad 2% mniej niż podaje (Saunders i Becker, 1984).

Warunki pogodowe panujące w latach badań istotnie różnicują poziom zawartości białka w nasionach szarłatu. Najwięcej białka zgromadziły w 1998 roku (14,64%), mniej w 2000 roku (14,39%), a najmniej w 1999 roku (14,2%). Z kolei badania Gieroby i wsp. (1995) wykazały brak wyraźnej różnicy w zawartości białka w ziarnie kukurydzy zebranym z roślin wyrosłych z napromieniowanych i nie napromieniowanych nasion. Natomiast Podleśny (1998), chociaż nie stwierdził istotnego wpływu obróbki przedsewnej

laserem nasion bobiku na wzrost zawartości białka w nasionach zebranych z roślin potomnych, to obserwował już wyraźne tendencje w tym kierunku.

Tabela 3

Wpływ biostymulacji światła lasera na wartość siewną szarłatu krwistego odmiany Rawa i ich skład chemiczny (1998–2000)
The effect of laser biostimulation on seed value and chemical composition of amaranth var. Rawa (1998–2000)

Krotność naświetlań Does of irradiation	Test przed siewem Test before sowing		Test po siewie Test after harvest		Zawartość białka w nasionach Protein content (%)
	Pierwsze liczenie (po 5 dniach) First count (%)	Zdolność kiełkowania (po 14 dniach) Germination capacity (after 14 days) (%)	Pierwsze liczenie (po 5 dniach) First count (%)	Zdolność kiełkowania (po 14 dniach) Germination capacity (after 14 days) (%)	
0 — kontrola; cotrol	70,5	71,3	80,8	85,8	14,39
2	73,3	74,4	74,6	79,5	14,53
4	71,9	73,4	79,1	82,6	14,43
6	71,3	72,7	79,2	82,3	14,42
NIR $\alpha = 0,05$ LDS $\alpha = 0,05$	2,4	2,2	13,2	10,4	0,13

WNIOSKI

1. Wszystkie warianty przedsewnego naświetlania nasion wpłynęły na istotny przyrost masy nasion zebranych z mikropoletka.
2. Najwyższą masę nasion z poletka uzyskano przy dawce sześciokrotnej energii lasera, niższą przy dawce dwukrotnej, a najniższą stosując dawkę czterokrotną, co skutkowało wzrostem masy nasion z mikropoletka, odpowiednio o 19,5; 13,8; 13,2% w porównaniu z wariantem kontrolnym.
3. Wysokość roślin szarłatu wyrosłych z naświetlonych nasion oraz ciężar ich świeżej masy z mikropoletka określonej podczas zbioru w zasadzie nie różniła się od wariantu kontrolnego, ale na obydwie cechy wyraźnie wpływały zmienne warunki pogodowe w latach badań.
4. Przedsewna biostymulacja nasion szarłatu krwistego różnicowała wschody polowe, a także zawartość białka w nasionach zebranych z roślin potomnych oraz ich masę tysiąca nasion.

LITERATURA

- Dobrowolski J. W., Smyk B., Różycki E., Barabasz W., Wachalewski T. 1992. Experiments about the influence of laser light on some biological elements of the natural environment. Stockholm. Acta Universitatis Upsaliensis 1: 1 — 15.
- Dziamba J., Koper R. 1992. The influence of laser irradiation of seeds on crop of spring wheat seeds. Fragn. Agron. 1 (33): 88 — 93.
- Gładyszewska B., Koper R., Kornaczyński K. 1998. Technologia i efekty przedsewniej laserowej biostymulacji nasion ogórków. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 454: 213 — 219.

- Gontarczyk M. 1996. Szarłat uprawny — *Amaranthus* ssp., Nowe rośliny uprawiane na cele spożywcze i przemysłowe i jako odnawialne źródło energii. SGGW, Warszawa: 21 — 43.
- Inyushin W. M. 1977. Technika laserowa w rolnictwie. Próba nowych zastosowań generatora kwantowego optycznego. Nowe Rolnictwo 21/22: 21 — 26.
- Inyushin W. M., Iljasov G. U., Fedorowa N. N. 1981. Laser light and crop. Kainar Publ. Alma-Ata.
- International Seed Testing Association. 1996. International Rules For Seed Testing. Seed Sci. Technol. 24, Supplement. pp. 335.
- Ivanowa R. 1998. Influence of pre-sowing laser irradiation of seeds of introduced flax varieties for linseed oil on yield quality. Bul. J. Agricult. Sci. 4: 49 — 53.
- Klimont K., Rafalski A., Szyrmer J., Łucka L., Wiśniewska I. 1999. Biostymulacja nasion promieniami lasera. Materiały VIII Ogólnopolskiego Zjazdu Naukowego „Hodowla Roślin Ogrodniczych u progu XXI wieku”. AR Lublin: 223 — 226.
- Klimont K., Rafalski A., Wiśniewska I. 1999. The influence of laser biostimulation on the yield and seed quality of amaranth (*Amaranthus cruentus* L.). Proceedings of 22nd EUCARPIA fodder Crops and Amenity Grasses Section Meeting October 17–21. 1999. St. Petersburg: 118 — 122.
- Klimont K. 2001. Wpływ światła lasera na plon roślin i wartość siewną fasoli (*Phaseolus vulgaris* L.) i grochu siewnego (*Pisum sativum* L.). Biul. IHAR 217: 263 — 277.
- Klimont K. 2002. Wpływ naświetlania laserem nasion na plon ziarna i wartość siewną jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.). Biul. IHAR 223/224: 169 — 178.
- Koper R. 1993. Przedsiewne naświetlanie nasion światłem laserowym. OWK23.
- Koper R., Grochowicz J. 1994. Equipment for pre-sowing laser biostimulation of seeds of cultivated plants and the effects of biostimulation. XII World Congress on Agricultural Equieening. Milano. Vol. 2: 1224 — 1229.
- Koper R., Kornas-Czuczwar B. 1994. Mechanizm i efekty przedsiewnej laserowej biostymulacji nasion. VII Sympozjum Bioelektroniki, “Wpływ czynników środowiska na organizm jako system elektroniczny” KUL. Lublin: 11 — 15.
- Koper R., Wójcik S., Kornas-Czuczwar B., Bojarska U. 1996. Effect of the laser exposure of seeds on the yield and chemical composition of sugar beet roots. Inter. Agrophys. 10: 1003 — 1008.
- Podleśny J. 1998. Wpływ przedsiewnego traktowania nasion promieniami laserowymi na rozwój i plonowanie bobiku (*Vicia faba minor*). Pam. Puł. 113: 73 — 84.
- Podleśny J., Koper R. 1998. Efektywność stosowania przedsiewnej obróbki nasion łubinu białego światłem laserowym. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., z. 454: 255 — 262.
- Sounders R. M., Becker R. 1984. *Amaranthus*: A potential food and feed resource. Adv. Cereal Sci. Techn. Vol. VI, : 357 — 396.
- Szyrmer J., Klimont K. 1999. Wpływ światła lasera na jakość nasion fasoli (*Phaseolus vulgaris* L.). Biul. IHAR 210: 165 — 168.
- Weber L. E., Rider C. 1998. Rodale Amaranth Germplasm Catalog. Rodale Press. Inc.

KRZYSZTOF KLIMONTKrajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Badania biostymulacji laserem na wartość siewną nasion i plon roślin pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.) i ogórka (*Cucumis sativus* L.)*

Studies of laser biostimulation on sowing value of seeds and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants

Badano wpływ światła lasera He-Ne na jakość nasion pomidora odmiany Betalux i Promyk oraz ogórka Polan F₁, a także plon owoców. Przedsiębiornie nasiona naświetlono promieniami lasera helowo-neonowego (He-Ne), który emituje wiązkę rozbieżną promieni czerwonych o długości fali 632,8 nm i mocy 4 mW/cm². W badaniach zastosowano 4 warianty naświetleń: wariant kontrolny bez biostymulacji plus trzy naświetlania (krotności naświetleń: 2, 4 i 6). W laboratorium przed siewem określano: zdolność kiełkowania, wigor nasion i siewek. W polu liczono wschody (ogórek), określono plon owoców, ich liczbę i masę pojedynczego owocu. Biostymulacja nasion pomidora odmiany Promyk dwukrotną dawką energii lasera spowodowała, że wyrosłe z nich rośliny wydały najwyższy plon i najwyższą liczbę owoców. pozostałe dwie dawki światła lasera również nieistotnie stymulowały wzrost plonu owoców. Najwyższą średnią masę pojedynczego owocu uzyskano z roślin, które wyrosły z nasion naświetlanych sześciokrotną przedsiębiornią dawką promieniowania laserowego. Naświetlanie nasion drugiej odmiany pomidora Betalux nie wpłynęło istotnie na plon owoców, ich liczbę i masę owocu. Przy przedsiębiornim naświetlaniu nasion ogórka, odnotowano tendencję stymulacji wschodów przez wyższe dawki energii. Natomiast wszystkie zastosowane dawki energii lasera na nasiona istotnie stymulowały plon owoców ogórka zebranych z roślin wyrosłych z biostymulowanych nasion. Wzrastała również liczba owoców zbieranych z obiektów obsianych biostymulowanymi nasionami i nieznacznie (nieistotnie) malała masa pojedynczego owocu. Zdolność kiełkowania nasion obydwu odmian pomidorów była zróżnicowana pod wpływem kolejnych dawek energii lasera, a nasiona ogórka nie zmieniały wartości tej cechy w odniesieniu do kontroli. Test wzrostowy wykazał istotne oddziaływanie energii promieni laserowych na długość hypokotyli i korzenia pierwotnego, które wydały naświetlone nasiona pomidorów i ogórków. Siewki pomidorów i ogórka wyrosłe z nasion stymulowanych promieniami lasera gromadziły więcej suchej masy niż uzyskane z nasion kontrolnych. Przedsiębiorna obróbka laserem nasion pomidorów i ogórka nie wpłynęła na wigor nasion, oceniany

* Badania przeprowadzono w ramach projektu badawczego Nr 5P06B 03713, finansowanego przez Komitet Badań Naukowych

elektroprzewodnictwem wód nastoinowych. Przedsiewne naświetlanie spowodowało, że udział nasion normalnie kiełkujących pomidora odmiany Betalux oceniany testem przyspieszonego starzenia istotnie wzrastał, zaś odmiany Promyk i ogórka nie ulegał zmianie.

Słowa kluczowe: biostymulacja, laser, nasiona, ogórek, plon owoców, pomidor, wartość siewna nasion

The effect of He-Ne laser irradiation on seed sowing value and on the fruit yield of Betalux and Promyk tomato cultivars and cucumber cv. Polan F₁, was examined. Before sowing, seeds were exposed to He-Ne laser light, with the wave length of 632.8 nm and the power of 4 mW/cm². Four variants were evaluated: control-without biostimulation and three irradiation doses (double, fourfold and sixfold). In the laboratory, before sowing, standard germination and seed and seedling vigour were determined. In the field the following parameters were evaluated: emergence (cucumber), fruit yield, fruit number and weight of the individual fruit. Biostimulation of seeds of cv. Promyk with double dose of energy resulted in the highest yield and weight fruit. The remaining doses caused non significant increase the fruit yield. The highest weight of the individual fruit was obtained from plants originated from seeds sixfold irradiated. Irradiation of seeds of Betalux tomato cultivar did not influence significantly the fruit yield, fruit number and weight. Pre-sowing irradiation of cucumber seed with higher doses of energy stimulated field emergence, and all applied doses of laser light treatment caused increase the fruit yield of cucumber. Higher yield resulted from significantly higher number of harvested fruits with slightly lower in individual fruit weight. Germination capacity of seeds of both tomato cultivars was differentiated dependently on irradiation dose, but germination of cucumber seed did not change in comparison to control. Growth test showed significant impact of laser energy on length of hypocotyl and primary root produced by tomato and cucumber seeds. Seedlings of tomato and cucumber grown from stimulated seeds cumulated more dry weight than those from control seeds. Irradiation treatment of tomato and cucumber seeds did not influenced seed vigour assessed by the conductivity test. Pre-sowing irradiation caused the increase of percentage of normal seedling only in case of tomato, cv. Betalux in the accelerated ageing test.

Key words: biostimulation, laser, seeds, cucumber, fruit yield, tomato, seed sowing value

WSTĘP

Do najnowszych metod uszlachetniania materiału siewnego, poprawy jego wartości, a także uzyskiwania wyższych plonów należy promieniowanie laserowe (Iniuszyn i in., 1981; Koper i Kornas-Czuczwar, 1996; Koper i in., 1996; Gładyszewska i in., 1998). Jest ono bezpieczniejsze od metod chemicznych, ponieważ modyfikuje tylko procesy fizjologiczne i biochemiczne w nasionach (Górecki i Grzesiuk, 1994; Rybiński i in., 1993; Podleśny i Koper, 1998) i nie powoduje zanieczyszczania środowiska. Światło lasera oddziałuje na procesy metaboliczne roślin i aktywność fotosyntezy. Dlatego należy wspomnieć o istnieniu w roślinie systemu energetycznego, który pochłania, przekształca, magazynuje i wykorzystuje energię fotonów światła He-Ne. Oprócz energii zgromadzonej w białkach, węglowodanach i ATP, każda roślina ma znaczny zasób energii zmagazynowanej w całej strukturze pod postacią tzw. „bioplazmy”. Właściwe podniesienie potencjału energetycznego „bioplazmy” daje efekt stymulacji nasion. Bioplazma i wytworzone przez nią subtelne pola o zróżnicowanym charakterze fizycznym, umożliwiają wzajemne oddziaływanie pomiędzy nasionami, czy też roślinami oraz określa zdolność komórek roślinnych do pochłaniania fotonów światła laserowego (Iniuszyn, 1977, 1981; Koper, 1993). Doniesienia krajowe i zagraniczne wskazują na pozytywne oddziaływanie przed-siewnej biostymulacji nasion promieniami lasera na procesy wzrostu i rozwoju roślin

uprawnych, a szczególnie roślin warzywnych, a nieco mniejsze zbóż i okopowych (Iniuszyn, 1977; Sheppard i Chubey, 1990). W polskich warunkach kilku badaczy stwierdziło, że nasiona zbóż przedsewnie biostymulowane promieniami lasera wydają wyższe plony w porównaniu do nie biostymulowanych (Dziamba i Koper 1992; Rybiński i in., 1993; Drozd, 1994). Wyniki innych eksperymentów wskazują, że z przedsewnie naświetlanych nasion roślin strączkowych wyrastają rośliny, wydające obfitsze plony w równaniu do wariantu kontrolnego (Podleśny, 1998; Podleśny i Podleśna, 1998; Klimont, 2001). Badania Gładyszewskiej i Kopera (1997) nad wpływem światła lasera na nasiona pomidorów w warunkach szklarniowych wykazały wzrost plonu owoców zebranych z roślin wyrosłych z naświetlonych nasion oraz przyspieszenie dojrzewania owoców. Przedsewnie traktowanie światłem lasera nasion ogórka wpłynęło na wzrost plonów roślin, uzyskanych z nasion naświetlanych w porównaniu do roślin wyrosłych z nasion nie naświetlanych, uprawianych w warunkach szklarniowych (Gładyszewska i in., 1998).

Liczne dane literaturowe mówią o poprawie zdolności kiełkowania i wschodów polowych na skutek przedsewnego naświetlania nasion zbóż (Drozd i in., 1997), roślin strączkowych (Podleśny, 1998; Klimont, 2001) i warzywnych (Wilde i in., 1969; Gładyszewska, 1999; Szyrmer i Klimont, 1999; Klimont, 2001) — fasola, rzodkiewka.

Biostymulacja materiału siewnego fasoli i grochu różnicowały jego wigor w znacznej części, powodując wyraźną jego poprawę (Klimont, 2001).

Celem badań było określenie wpływu przedsewnego naświetlania nasion rozbieżną wiązką światła lasera He-Ne na wartość siewną nasion i plon owoców pomidora i ogórka.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w Laboratorium Technologicznym IHAR w Sandomierzu w latach 1998–2000. Poddano ocenie nasiona i rośliny pomidorów odmiany Betalux (karłowy) i Promyk (wiotkołodygowy) oraz ogórka Polan F₁. Zarówno nasiona pomidorów, jak i ogórka były zaprawiane pestycydami przez producenta. W każdym roku prowadzenia eksperymentu naświetlaniu poddawano inne nasiona badanych gatunków pochodzące od tego samego producenta i w tym samym stopniu kwalifikacji. Szczegółowe dane dotyczące sposobu obróbki nasion promieniami lasera helowo-neonowego (He-Ne) przedstawiono we wcześniejszych pracach autora (Klimont, 2002, 2002 a):

- I. W warunkach laboratoryjnych określono zdolność kiełkowania (pomidory- pierwsze liczenie po 5 dniach i końcowe po 16 dniach; odpowiednio ogórek po 4 i 8 dniach) wg ISTA (1996). Wigor nasion i siewek zbadano również wg ISTA (1995) testem wzrostowym Perre'go, elektroprowadnictwa wód nastoinowych, przyspieszonego starzenia (AA-test).
- II. Pozostałą część biostymulowanych nasion ogórka po wykonaniu analiz laboratoryjnych wykorzystano do wysiewu w polu. Natomiast nasiona pomidorów wysiano w szklarni, następnie sadzonki pikowano w doniczkach i wysadzono w polu. Badania polowe przeprowadzono w Obrazowie k/Sandomierza. Założono 3 oddzielne doświadczenia (pomidor Betalux i Promyk oraz ogórek Polan F₁) metodą bloków losowanych w 4 powtórzeniach. Pojedynczym powtórzeniem w przypadku ogórka był

rzędek o długości 10 m, a odległość między rzędami wynosiła 3 m. Pojedyncze powtórzenie w doświadczeniach z pomidorami stanowił rząd, zawierający 12 roślin, w rozstawie 100 cm w międzyrzędziach, 90 cm w rzędzie. Doświadczenie założono na czarnoziemie zdegradowanym, wytworzonym z lessu. Pole przeznaczone pod eksperyment uprawiano zgodnie z przyjętymi zasadami agrotechniki dla danych gatunków. Siewu nasion ogórka i sadzenia roślin pomidorów dokonano w następujących terminach: pomidory — 14.05.1998, 25.05.1999, 23.05.2000; ogórki 13.05.1998, 14.05.1999, 19.05.2000. Oceniano liczbę roślin w rzędzie (ogórki), plon i liczbę owoców z obiektu oraz masę pojedynczego owocu (pomidory i ogórki). Corocznie określano również długość trwania okresu zbioru oraz liczbę zbiorów.

Przebieg pogody, a głównie rozkład temperatury i opadów był zróżnicowany w poszczególnych latach trwania doświadczeń (tab. 1). Najkorzystniejsze warunki dla vegetacji pomidorów i ogórków, pozwalające na uzyskanie najwyższych plonów panowały w 1999 roku, z wysokimi temperaturami w czerwcu i lipcu, umiarkowanymi w sierpniu i ciepłym wrześniem oraz korzystnym rozkładem opadów w okresie vegetacji. Mniej korzystny dla pomidorów okazał się pierwszy rok badań, tj. 1998, raczej chłodny i wilgotny. Ogórki owocowały słabiej w 2000 roku, niż w rekordowym 1998 roku. Ciągłe i obfite opady w okresie zbiorów oraz zbyt niska temperatura znacząco ograniczyły plony i liczbę zbiorów owoców pomidorów, był to rok najmniej sprzyjający uprawie tej rośliny.

Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji, a różnice między średnimi oceniano testem Tukeya, przy $NIR\alpha = 0,05$.

Tabela 1

Przebieg warunków atmosferycznych w okresie vegetacji pomidorów i ogórków w latach 1998–2000
Meteorological condition during growing seasons 1998–2000

Miesiąc Month	Temperatura (°C) Temperature (°C)			Opady (mm) Rainfalls (mm)		
	1998	1999	2000	1998	1999	2000
Kwiecień — April	10,6	10,1	12,5	91,7	78,0	38,5
Maj — May	14,3	12,9	15,6	57,7	30,6	54,0
Czerwiec — June	17,9	18,1	16,3	116,1	165,0	65,1
Lipiec — July	18,2	20,1	16,8	95,5	94,7	134,8
Sierpień — August	16,9	17,4	18,7	86,8	39,1	50,2
Wrzesień — September	13,2	15,9	12,1	47,3	13,2	50,8

Plon owoców pomidora i ogórka z obiektu (rzędu)

Trzyletnie badania plonu pomidorów wykazały, że biostymulacja nasion pomidora odmiany Promyk, dwukrotną dawką energii lasera spowodowała, że wyrosłe z nich rośliny przeciętnie wydawały najwyższą liczbę owoców i najwyższy plon z obiektu — rzędu (tab. 2). Przyrost plonu wynosił 5,58 kg i stanowił 11,2% w porównaniu do wariantu kontrolnego. Pozostałe dwie dawki również nieistotnie stymulowały wzrost plonu, dwukrotna o 1,94 kg (3,9%) i czterokrotna o 4,23 kg (8,5%). Liczba owoców po dwukrotnej dawce wzrastała o 91,8 szt. (10,1%) w odniesieniu do ilości owoców wyrosłych na roślinach kontrolnych. Najwyższą średnią masę pojedynczego owocu uzyskano z roślin, które wyrosły z nasion naświetlanych sześciokrotną dawką promieniowania laserowego

(61,3 g), lżejsze były po użyciu dawki czterokrotnej (60,4 g), a najlżejsze po dwukrotnym naświetleniu (54,0 g). Przedsiewna biostymulacja drugiej badanej odmiany pomidora Betalux nie wpływała istotnie na zmianę plonu owoców, ich liczbę z obiektu i średnią masę pojedynczego owocu.

Tabela 2

Wpływ biostymulacji światła na plon owoców, ich liczbę oraz masę pojedynczego owocu pomidorów odmiany Betalux i Promyk (1998–2000)

The effect of laser biostimulation on fruit yield, number individual fruit mass of tomato (1998–2000)

Krotność naświetleń Does of irradiation	Cechy Traits					
	Plon owoców rzędu Fruit yield/ row (kg)		Liczba owoców z rzędu Number of fruit/ row		Masa pojedynczego owocu Mass of individual fruit (g)	
	Betalux	Promyk	Betalux	Promyk	Betalux	Promyk
0 — kontrola; control	27,67	49,65	495,0	907,0	55,4	56,0
2	27,92	55,23	473,4	998,8	57,9	54,0
4	27,27	53,88	472,0	896,4	56,4	60,4
6	28,78	51,59	494,3	861,0	59,4	61,3
NIR α = 0,05	4,01	5,29	60,4	89,4	4,3	5,4
LSD α = 0,05						

W przypadku obydwu odmian pomidorów odnotowano istotny wpływ warunków agrometeorologicznych na wyżej wymienione cechy badawcze. Odmiana Promyk i Betalux najobficiej plonowały w 1999 roku, kiedy to z obiektu zebrano odpowiednio 68,66 i 39,91 kg (13 zbiorów), niższy średni plon uzyskano w 1998 roku: 50,58 i 31,34 kg (10 zbiorów), a najniższe plony odnotowano w 2000 roku, bo tylko 38,51 kg (Promyk — 11 zbiorów) i 12,48 kg (Betalux — 9 zbiorów). Przedsiewne naświetlanie nasion ogórków nie wpłynęło istotnie na obsadę roślin w polu, jednakże zaobserwowano, że sześciokrotna porcja energii światła lasera aplikowana nasionom ogórka, poprawiała wschody polowe o 3,5%, a czterokrotna o 16,2% w stosunku do wariantu kontrolnego.

Biostymulacja nasion ogórka bardzo skutecznie wpłynęła na plon owoców, które wydały rośliny wyrosłe z naświetlanych nasion (tab. 3). Wszystkie zastosowane dawki promieniowania laserowego istotnie stymulowały plon owoców. Stosując dawkę dwukrotną plon wzrastał o 13,9%, czterokrotną o 31,9% i sześciokrotną o 35,5% w odniesieniu do kontroli. Najobfitszy plon owoców wydały ogórki w 1998 roku, kiedy to zebrano średnio 74,11 kg z rzędu (7 zbiorów), mniej obfity w 2000 roku — przeciętnie 32,44 kg z rzędu w czasie 8 zbiorów, a zdecydowanie najslabiej owocowały w 1998 roku — przeciętnie 12,67 kg z rzędu, zbierając plon siedmiokrotnie w sezonie wegetacyjnym.

Wzrastała również średnia liczba owoców zbieranych z obiektów po naświetleniu każdą z dawek energii promieniowania lasera. Z nasion naświetlonych czterokrotnie wyrosły rośliny, które wydały owoce o najwyższej średniej masie 109,7 g, pod wpływem sześciokrotnego i dwukrotnego naświetlania obserwowano istotne zmniejszenie masy owocu odpowiednio o 8,6% i 9,9% w stosunku do dawki czterokrotnej. W odniesieniu do kontroli także malała masa pojedynczego owocu po użyciu dawki sześć- i dwukrotnej, ale różnica w masie nie była statystycznie istotna (tab. 3).

Tabela 3

Wpływ biostymulacji światła na plon owoców, ich liczbę oraz masę pojedynczego owocu ogórka odmiany Polan F₁ (1998–2000)

The effect of laser biostimulation on fruit yield, number and mass of individual fruit of Polan F₁ cucumber (1998–2000)

Krotność naświetleń Does of irradiation	Cechy Traits		
	Plon owoców rzędu Fruit yield/row (kg)	Liczba owoców z rzędu Number of fruit/row	Masa pojedynczego owocu Mass of individual fruit (g)
0 — kontrola; control	33,06	291,2	103,9
2	37,64	344,0	99,0
4	43,6	366,5	109,7
6	44,79	383,5	100,8
NIR ($\alpha = 0,05$)	3,20	32,2	5,8
LSD $\alpha = 0,05$			

Wartość siewna nasion pomidora i ogórka

Procent skielkowanych nasion pomidorów określony po 5 dniach i ogórka po 4 dniach uległ znacznemu zróżnicowaniu pod wpływem przedsewnej biostymulacji (tab. 4, 5).

Tabela 4

Wpływ biostymulacji światła lasera na wartość siewną nasion pomidorów odmiany Betalux i Promyk (1998–2000)

The effect of laser biostimulation on seed sowing value of tomato var. Betalux and Promyk (1998–2000)

Krotność Naświetleń Does of Irradiation	Cechy Traits															
	Test przed siewem Test before sowing				Test wzrostowy Seedling growth test				Całkowita sucha masa siewek Dry weight of seedling (g)		Kondukto- metria Conductivity $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$		Test przyspieszonego starzenia Accelerated Agering-test			
	Pierwsze liczenie po (5 dniach) First count (%)		Zdolność kielkowania (po 16 dniach) Germination capacity (after 16 days) (%)		Długość hypokotyli Lenght of hypocotyl (mm)		Długość najdłuższego korzenia Lenght of main root (mm)		B	P	B	P	Kielkowanie po 5 dniach Germination after 5 days (%)		Kielkowanie po 9 dniach Germination after 9 days (%)	
	B	P	B	P	B	P	B	P					B	P	B	P
0 — kontrola; control	49,8	62,7	90,9	84,4	18,9	41,8	61,0	74,8	0,025	0,022	13,9	18,7	42,9	58,2	77,3	87,8
2	39,0	36,9	87,6	80,2	20,1	38,1	64,7	76,8	0,034	0,026	21,0	24,8	40,7	48,7	89,6	81,3
4	36,7	43,8	93,8	94,0	18,8	33,8	67,1	80,7	0,036	0,032	12,6	14,5	15,8	27,1	88,0	83,1
6	40,2	59,3	77,1	88,0	26,9	31,2	62,4	66,3	0,026	0,019	15,2	21,9	12,4	12,7	87,1	77,8
NIR α ;																
LSD $\alpha =$ 0,05	11,9	12,6	5,5	7,5	3,4	6,6	11,4	10,3	0,008	0,010	2,5	6,4	9,7	12,6	6,9	9,1

B — Odmiana Betalux; B — Betalux variety

P — Odmiana Promyk; P — Promyk variety

Wszystkie dawki światła lasera powodowały procentowy spadek nasion skielkowanych obydwu odmian pomidora przy czym czterokrotna czyniła to istotnie w stosunku do nasion odmiany Betalux, a czterokrotna i dwukrotna nasion odmiany Płomyk. W odróżnieniu do pomidorów każda z porcji światła laserowego istotnie wpływała na wzrost skielkowanych

nasion ogórka, z wyjątkiem dawki dwukrotnej (tab. 4, 5). Zdolność kiełkowania nasion (końcowa) oceniana po 16 dniach odmiany Betalux malała pod wpływem sześciokrotnego przejścia promienia laserowego przez nasiona, odmiany Promyk wzrastała po czterokrotnym naświetleniu, natomiast zdolność kiełkowania nasion ogórka po 8 dniach nie zmieniała się pod wpływem stosowanych dawek energii promieniowania laserowego (tab. 4).

Najwyższą końcową zdolność kiełkowania wykazały nasiona odmiany Betalux naświetlone czterokrotnie laserem, była ona istotnie wyższa niż nasion stymulowanych pozostałymi dawkami energii. Warunki pogodowe w latach badań wpłynęły na końcową zdolność kiełkowania obydwu odmian pomidorów i ogórka.

Tabela 5

Wpływ biostymulacji światła lasera na wartość siewną nasion ogórka odmiany Polan F₁ (1998–2000)
The effect of laser biostimulation on seed sowing value of cucumber var. Polan F₁ (1998–2000)

Krotność naświetleń Does of irradiation	Cechy Traits							
	Test przed siewem Test before sowing		Test wzrostowy Seedling growth test		Całkowita sucha masa siewek Dry weight of seedling (g)	Kondukto- metria Conductivity $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$	Test przyspieszonego starzenia Accelerated Agering test	
	Pierwsze liczenie (po 4 dniach) First count (%)	Zdolność kiełkowania (po 8 dniach) Germination capacity (after 8 days) (%)	Długość hypokotyli Lenght of hypocotyl (mm)	Długość najdłuższego korzenia Lenght of main root (mm)			Kiełkowanie po 5 dniach Germination after 5 days (%)	Kiełkowanie po 9 dniach Germination after 9 days (%)
0 — kontrola; control	63,1	85,3	79,5	191,6	0,369	8,0	63,8	80,9
2	64,7	85,1	78,6	178,4	0,405	9,1	68,4	80,2
4	72,4	84,9	78,8	188,3	0,392	8,8	64,7	74,9
6	78,9	87,8	80,1	170,8	0,425	8,8	74,9	84,4
NIR α ; LSD α = 0,05	6,9	5,0	8,6	16,9	0,054	1,8	9,8	9,0

Test wzrostowy pomiaru hypokotyli i korzenia pierwotnego wykazał, że hypokotyl u pomidora odmiany Betalux wydłużył się po sześciokrotnym przedświecym naświetlaniu nasion, odmiany Promyk uległ skróceniu po dawce cztero- i sześciokrotnej, a ogórka nie zmienił długości w odniesieniu do kontroli (tab. 4). W przypadku odmiany Betalux wystąpiły wzajemne istotne różnice w oddziaływaniu poszczególnych dawek na tę cechę. Najdłuższy korzeń pierwotny wytworzyły siewki pomidora odm. Promyk po czterokrotnym przedświecym naświetlaniu nasion, był on istotnie dłuższy od tego który wydawały nasiona kontrolne i naświetlane sześciokrotnie. Zauważono, że wszystkie dawki energii lasera aplikowane nasionom ogórka powodowały proces skracania korzenia pierwotnego siewek, a najwyższa krotność naświetleń czyniła to istotnie (tab. 5).

Całkowita sucha masa siewek oceniana testem wigorowym wzrastała po przedświecym obróbce nasion pomidora odmiany Betalux dwukrotną i czterokrotną dawką światła lasera, natomiast odmiany Promyk dawką czterokrotną. Był to przyrost masy o 44,3% w

porównaniu z kontrolą. Biostymulacja laserem nasion ogórka nie wpłynęła istotnie na przyrost całkowitej masy siewek, za wyjątkiem dawki najwyższej (tab. 4, 5).

Elektroprzewodnictwo wód nastoinowych jako wskaźnik wigoru nasion, wykazał zróżnicowanie pomiędzy nasionami odmian pomidorów uprzednio biostymulowanymi promieniami lasera. Test konduktometryczny wykazał, że sześciokrotna i dwukrotna biostymulacja nasion odmiany Betalux wpływała na wzrost elektroprzewodnictwa wód nastoinowych w których moczono nasiona co powinno skutkować spadkiem wigoru nasion. Przedsewne naświetlanie nasion odmiany Promyk również powodowało wzrost elektroprzewodnictwa wód nastoinowych, co także oznacza obniżony wigor nasion, ale były to zmiany nieistotne statystycznie. Obróbka laserem nasion ogórka nie skutkowała zmianą elektroprzewodnictwa wód nastoinowych tym samym nie wpłynęła na wigor nasion (tab.4, 5).

Nasiona pomidorów Betalux i Promyk poddane uprzednio naświetleniu w warunkach testu przyspieszonego starzenia istotnie obniżały wigor po obróbce czterokrotną i sześciokrotną porcją energii światła laserowego. Natomiast wszystkie poziomy naświetleń nasion ogórka powodowały wzrost ich wigoru a dawka najwyższa (6x) czyniła to w sposób istotny (tab. 4, 5). Warunki agrometeorologiczne panujące w latach badań istotnie wpływały na wigor nasion pomidorów i ogórków ocenianych AA- testem.

DYSKUSJA

Przeprowadzone trzyletnie badania w latach 1998–2000 wykazały, że przedsewna obróbka nasion pomidorów i ogórków wpłynęła na plon, który wydawały wyrosłe z nich rośliny, oraz wartość siewną nasion. Plon owoców pomidorów odmiany Promyk istotnie wzrastał po przedsewnym naświetlaniu jego nasion dwukrotną dawką promieni lasera, stymulując jednocześnie wzrost liczby owoców. Pozostałe dawki energii aplikowane na nasiona również wpływały dodatnio na plonowanie wyrosłych roślin, ale w sposób nieistotny. Przyrost plonu wynikał ze wzrostu liczby bądź masy pojedynczego owocu, zależnie od dawek promieniowania stosowanego w czasie biostymulacji nasion. Fakt pozytywnego wpływu laserowania nasion pomidorów na plon owoców obserwował Koper (1993), donosząc, że zwyczajka plonu może sięgać 10–20%, oraz Gładyszewska i Koper (1997), którzy stwierdzili, że oprócz wysokiej zwyczajki plonów owoców, nastąpiło przyspieszenie zakwitania roślin i dojrzewanie owoców. Również plon ogórków wzrastał po użyciu do naświetlania nasion każdej z trzech dawek energii promieniowania laserowego. Towarzyszył temu średni wzrost liczby owoców zbieranych z obiektu. Jednocześnie odnotowano niewielki spadek masy pojedynczego owocu co wydaje się być zjawiskiem korzystnym. Uzyskane wyniki potwierdzają badania Kopera (1993) oraz Gładyszewskiej i wsp. (1998), którzy uzyskali wzrost plonu owoców zebranych z roślin wyrosłych z naświetlonych nasion o około 16% i 31,5%. Zdaniem Inyushina (1977) oraz Shepparda i Chubey (1990), szczególnie duże efekty wynikające z napromieniowania nasion uzyskuje się w przypadku roślin warzywnych. Pierwsze liczenie (po 4 dniach) biostymulowanych nasion ogórka wskazywało na istotny procentowy wzrost wykiełkowanych nasion po użyciu czterokrotnej i sześciokrotnej dawki energii światła laserowego.

Natomiast wszystkie dawki energii lasera powodowały obniżenie liczby nasion pomidora skielkowanych w terminie pierwszego liczenia (po 5 dniach). Końcowa zdolność kiełkowania nasion ogórków nie ulegała zmianie, natomiast pomidora Betalux spadała po użyciu dawki sześciokrotnej, zaś w przypadku nasion pomidora Płomyk istotnie wzrastała po czterokrotnym naświetlaniu. Badania Wilde i wsp. (1969) prowadzone w warunkach polowych wykazały dodatni wpływ przedsiewnej biostymulacji nasion ogórków na wschody polowe. Gładyszewska (1999) stwierdziła dużą zależność zdolności kiełkowania nasion pomidorów od temperatury otoczenia, w której zachodzi proces kiełkowania.

WNIOSKI

1. Przedsiewna biostymulacja nasion pomidorów odmiany Promyk wszystkimi wielokrotnościami dawek światła lasera wpływały na wzrost plonu owoców z rzędu, różnicując liczbę owoców i masę pojedynczego owocu, natomiast nie oddziaływały na zmianę plonu owoców ich liczbę i masę pojedynczego owocu odmiany Betalux.
2. Wszystkie zastosowane dawki promieniowania laserowego istotnie stymulowały średni plon owoców z rzędu ogórka, jednocześnie wpływając na wzrost ich liczby, oraz za wyjątkiem dawki czterokrotnej oddziaływały w kierunku zmniejszenia masy pojedynczego owocu.
3. Kolejne dawki energii lasera różnicowały zdolność kiełkowania nasion obydwu odmian pomidorów, natomiast w przypadku ogórka w zasadzie nie wpływały na zmianę wartości tej cechy.
4. Każda z dawek energii lasera wpływała na poprawę wigoru nasion, działając stymulująco na przyrost korzenia pierwotnego siewek obydwu odmian pomidorów, hypokotyli odmiany Betalux, jednocześnie oddziałując korzystnie na zwiększenie suchej masy siewek zarówno pomidorów, jak i ogórka.
5. W warunkach testu przyspieszonego starzenia wigor biostymulowanych nasion pomidora odmiany Betalux istotnie wzrastał, natomiast odmiany Promyk i ogórka Polan F₁ wyraźnie malał.

LITERATURA

- Drozd D. 1994. The effect of laser radiation on spring wheat properties. *Inter. Agrophys* 8: 209 — 219.
- Drozd D., Szajsner H. 1997. Laboratoryjna ocena wczesnych faz rozwojowych pszenicy jarej poddanej działaniu promieniowania laserowego. *Biul. IHAR* 204: 187 — 190.
- Dziamba J., Koper R. 1992. Wpływ naświetlania laserem na plon ziarna pszenicy jarej. *Fragm. Agron.* 1 (33): 88 — 93.
- Gładyszewska B., Koper R. 1997. Effects of pre-sowing laser biostimulation of seeds of some cultivated plant. COST 814 — Crop development for the cool and wet regions of Europe. European Commission: 225 — 230.
- Gładyszewska B., Koper R., Kornarzyński K. 1998. Technologia i efekty przedsiewnej laserowej biostymulacji nasion ogórków. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 454: 213 — 219.
- Gładyszewska B. 1999. Ocena wpływu przedsiewnej laserowej biostymulacji nasion pomidorów na proces ich kiełkowania. Rozprawa doktorska. AR, Lublin: 1 — 115.
- Górecki R. J., Grzesiuk S. 1994. Światowe tendencje i kierunki uszlachetniania materiałów nasiennych. *Mat. konf. Uszlachetnianie materiałów nasiennych. Olsztyn-Kortowo*: 9 — 25.

- Inyushin W. M. 1977. Technika laserowa w służbie rolnictwa. Próba nowych zastosowań generatora kwantowego optycznego. Nowe Rolnictwo 21/22: 21 — 26.
- Inyushin W. M., Iljasov G. U., Fedorova N. N. 1981. Laser light and crop. Kainar Publ. Alma-Ata: 1 — 185.
- International Seed Testing Association. 1995. Vigour Test Committee. 1995. Seed Vigour Testing Seminar. Copenhagen, Denmark June, 1995. H. A. van Venter. (ed.) ISTA, Zurich, Switzerland.
- International Seed Testing Association. 1996. International Rules For Seed Testing. Seed Sci. Technol., 24, Supplement, pp. 335.
- Klimont K. 2001. Wpływ światła lasera na plon roślin i wartość siewną nasion fasoli (*Phaseolus vulgaris* L.) i grochu siewnego (*Pisum sativum* L.). Biul. IHAR 217: 263 — 277.
- Klimont K. 2002. Wpływ naświetlania laserem nasion na plon ziarna i wartość siewną jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.). Biul. IHAR 223/224: 169 — 178.
- Klimont K. 2002 a. Wpływ światła lasera na plon roślin i jakość nasion szarłat krwistego (*Amaranthus cruentus* L.). Biul. IHAR 223/224: 249 — 255.
- Koper R. 1993. Przedsiewne naświetlanie nasion światłem laserowym, OWK23.
- Koper R., Kornas-Czuczwar B. 1996. Metoda nastawnych dawek energii w przedsiewnej laserowej biostymulacji nasion i jej efekty. Zesz. Problem. Post. Nauk. Rol. 443: 55 — 62.
- Koper R., Matyka S., Kornas-Czuczwar B. 1996. The influence of pre-sowing laser biostimulation of grains of some cereals on yielding and composition of seed, 6th International Congress on Agriculture Mechanisation and Energy, Ankara.
- Podleśny J. 1998. Wpływ przedsiewnego traktowania nasion promieniami laserowymi na rozwój i plonowanie bobiku (*Vicia faba minor*). Pam. Puł. 113: 73 — 84.
- Podleśny J., Koper R. 1998. Efektywność stosowania przedsiewnej obróbki nasion łubinu białego światłem laserowym. Zesz. Problem. Post. Nauk. Rol. 454: 255 — 262.
- Podleśny J., Podleśna A. 1998. The effect of pre-sowing treatment of seeds by laser light on morphological features formation and faba bean yielding. Infer. Conf. on Agricultural Energering, Oslo, Part II: 967 — 969.
- Rybiński W., Patyna H., Przewoźny T. 1993. Mutagenic effect of laser and chemical mutagens in barley (*Hordeum vulgare* L.). Genet. Pol. 34 (4): 337 — 343.
- Sheppards. C., Chubey B., B. 1990. Radiation hormesis of field-seeded broccoli, par ship and cauliflower. Can. J. Plant Sci. 70 (1): 369 — 373.
- Szyrmer J., Klimont K. 1999. Wpływ światła lasera na jakość nasion fasoli (*Phaseolus vulgaris* L.). Biul. IHAR 210: 165 — 168.
- Wilde W. H. A., Parr W. H., Mc Peale D. W. 1969. Seeds Bask in laser light. Laser Focus 5 (23): 41 — 42.

KRYSTYNA RYKACZEWSKA

Zakład Agronomii Ziemiaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Jadwisin

Rola wieku fizjologicznego bulw matecznych w kształtowaniu architektury ładu i plonu ziemniaka

Część I. Wpływ na strukturę rośliny i architekturę ładu

**The role of physiological age of mother tubers in forming of canopy architecture
and yield of potato**

Part I. The influence on plant structure and potato canopy architecture

Wiek fizjologiczny bulw jedenastu odmian ziemniaka: Albina Baszta, Bila, Dunajec, Glada, Hinga, Ikar, Irga, Oda, Sumak, Vistula różnicowano sposobem podkiełkowania. Na podstawie wyników uzyskanych w ścisłym doświadczeniu polowym stwierdzono istotny wpływ wieku fizjologicznego bulw matecznych na wszystkie badane elementy struktury roślin i architektury ładu. Wcześniejsze kiełkowanie bulw w środowisku pozagłębowym powodowało przyspieszenie występowania faz fenologicznych roślin do 16 dni, zwłaszcza wczesnej odmiany Albina oraz średnio wczesnej odmiany Irga i Oda. W końcu maja i na początku czerwca obserwowano równocześnie na jednych poletkach kończące się wschody, a na innych rozpoczynające się już kwitnienie roślin tej samej odmiany. Po 60 dniach od sadzenia zakres zróżnicowania pozostałych elementów architektury ładu był następujący: liczba łodyg — od 136 do 172 tys. szt./ha, masa części nadziemnej — od 18 do 28 t/ha, wysokość roślin od 58 do 66 cm, wskaźnik powierzchni liści (LAI) — od 2,63 do 4,53. Najwyższe wartości uwzględnionych w badaniach wskaźników rozwoju roślin uzyskano przy 4 lub 10 tygodniowym okresie podkiełkowania bulw matecznych.

Słowa kluczowe: architektura ładu, bulwa mateczna, odmiana, struktura rośliny, wiek fizjologiczny, ziemniak

Physiological age of tubers of eleven potato cultivars: Albina, Baszta, Bila, Dunajec, Glada, Hinga, Ikar, Irga, Oda, Sumak and Vistula was regulated in a way of pre-sprouting to create five treatments. The significant influence of physiological age on all tested elements of plant structure and canopy architecture in the field experiment was confirmed. Tubers pre-sprouting caused the acceleration of plant phenological stages up to 16 days, particularly at early cultivar Albina and middle early cultivars Irga and Oda. At the end of May and the beginning of June the phases end of emergence on one plot and blooming on another were observed at the same time, for a given cultivar. The range of modification

of remaining elements of canopy structure 60 days after planting was as follow: stems number — 136 to 172 thousand/ha, haulm mass — 18 to 28 t/ha, height of plants — 58 to 66 cm, leaf area index — 2,63 to 4,53. The highest values of all indicators of physiological plant development took place at 4 or 10 weeks of pre-sprouting of mother tubers.

Key words: canopy architecture, cultivar, mother tuber, physiological age, plant structure, potato

WSTĘP

Badania nad wiekiem fizjologicznym sadzeniaków ziemniaka, jako niepatogenicznym elementem wartości nasiennej (Gabriel, 1977), rozpoczęte na szerszą skalę około dwudziestu lat temu, są aktualnie kontynuowane (Anonim, 1998; Reust i wsp. 2001). Dotychczasowe prace z tego zakresu dotyczące polskich odmian i naszych warunków klimatycznych obejmowały następujące etapy: określenie wpływu wieku fizjologicznego bulw, różnicowanego jesiennym pobudzaniem i wiosennym podkiełkowaniem, na rozwój i plonowanie wczesnych odmian ziemniaka (Rykaczewska, 1986 a), ocenę wpływu wieku chronologicznego bulw ziemniaka na ich wartość plonotwórczą (Rykaczewska, 1986 b), wykazanie znaczenia wieku fizjologicznego bulw matecznych w modyfikowaniu produktywności roślin odmian o zróżnicowanej długości okresu wegetacji (Rykaczewska, 1993), określenie tempa fizjologicznego starzenia się bulw większości zarejestrowanych wówczas odmian, opracowanie laboratoryjnej metody określania tej ich właściwości oraz skwantyfikowanie tej cechy za pomocą skali 1–9 (Rykaczewska, 1993), określenie interakcji wieku fizjologicznego bulw matecznych i wieku fizjologicznego kiełków w rozwoju bardzo wczesnych odmian ziemniaka (Rykaczewska, 1999), ocenę wpływu wieku fizjologicznego sadzeniaków na wielkość bulw w plonie odmian o odmiennym tempie fizjologicznego starzenia się (Rykaczewska, 2000). Celem niniejszej pracy było określenie wpływu wieku fizjologicznego bulw matecznych nowych odmian, o zróżnicowanej długości okresu wegetacji, na architekturę łanu ziemniaka, plon i jego strukturę oraz opracowanie prostej, polowej metody określania szybkości fizjologicznego starzenia się sadzeniaków.

Właściwa struktura rośliny i architektura łanu warunkująca uzyskanie wysokiego plonu jest zależna od wielu czynników agrotechnicznych, siedliskowych i genetycznych. Ma ona decydujący wpływ na wielkość radiacji słonecznej przenikającej w głąb łanu i jej skład spektralny, asymilację atmosferycznego CO₂ przez rośliny, temperaturę powietrza w łanie, zachowanie ciepła w glebie, szybkość absorpcji napromieniowania i długość trwania powierzchni asymilacyjnej (Hay i Walker, 1989; Czerednik i Nalborczyk, 2000). Wydajność konwersji zaabsorbowanej fotosyntetycznie aktywnej radiacji w produkowaną biomasę rośliny jest ściśle skorelowana z architekturą łanu. Podejmowane nad tymi zagadnieniami prace badawcze związane są z różnymi gatunkami roślin: ze zbożowymi (Podolska i Ruszkowski, 1991; Kozłowska-Ptaszyńska i Noworolnik, 1993; Noworolnik i Kozłowska-Ptaszyńska, 1993; Kuś i Kamińska, 1993; Łoboda i Pietkiewicz, 1993; Wesołowski, 1993; Woźniak, 1993), strączkowymi (Harasimowicz-Herman, 1993) i innymi (Gontarczyk i Aufhammer 1993; Nalborczyk i wsp., 1993). Prace z tego zakresu nad ziemniakiem, w których zwykle używano terminu „architektura łanu” związane były

głównie z regulacją gęstości roślin lub łodyg na jednostce powierzchni (Roztropowicz i Rykaczewska, 1982; Gójski, 1993; Ziółek, 1993; Szutkowska, 2000; Zarzyńska i Gruczek, 2000) oraz zmianą pokroju roślin spowodowaną zróżnicowanymi dawkami nawozu azotowego (Roztropowicz i Rykaczewska, 1987). Celem tej części pracy było określenie zakresu zróżnicowania struktury rośliny i architektury ładu w efekcie zastosowania sadzeniaków w różnym wieku fizjologicznym.

MATERIAŁ I METODY

Ścisłe doświadczenie polowe zostało przeprowadzone w latach 1995–1999 w Jadwisinie na glebie pseudobielicowej. W cyklach trzyletnich przebadano jedenaście odmian o zróżnicowanej długości okresu wegetacji. Ich wykaz przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Wykaz badanych odmian ziemniaka
List of tested potato cultivars

Odmiana Cultivar	Grupa wczesności Earliness	Lata Years
Albina	wczesna — early	1997–1999
Baszta	średnio wczesna — middle early	1997–1999
Bila	wczesna — early	1995–1997
Dunajec	późna — late	1995–1997
Głada	średnio wczesna — middle early	1995–1997
Hinga	późna — late	1997–1999
Ikar	średnio wczesna — middle early	1997–1999
Irga	średnio wczesna — middle early	1997–1999
Oda	średnio wczesna — middle early	1996–1998
Sumak	wczesna — early	1995–1997
Vistula	średnio późna — middle late	1996–1998

Tabela 2

Sposób traktowania bulw matecznych w okresie od jesieni do sadzenia
The way of mother tubers treating in the period from autumn to planting

Kombinacja Treatment	Sposób traktowania bulw matecznych Way of mother tubers treating
A	przechowywanie w temperaturze ok. 2° C, bez podkielkowania storage at the temperature 2° C, without pre-sprouting (RH ~90%)
B	przechowywanie w temperaturze ok. 2° C a następnie podkielkowanie przez okres 4 tygodni (temp. ok. 18° C, RH ~50–90%) storage at the temperature 2° C, then pre-sprouting during 4 weeks (temp. about 18°C, RH ~50-90%)
C	przechowywanie w temperaturze ok. 2° C a następnie podkielkowanie przez okres 10 tygodni (temp. ok. 18° C, RH ~50–90%) storage at the temperature 2° C, then pre-sprouting during 10 weeks (temp. about 18°C, RH ~50-90%)
D	bez przechowywania w niskiej temperaturze, podkielkowanie na świetle od jesieni do sadzenia (temp. ok. 18° C, RH ~50–90%) without storage at the low temperature, pre-sprouting in light from autumn to planting (temp. about 18° C, RH ~50-90%)
E	bez przechowywania w niskiej temperaturze, kiełkowanie bulw w ciemności (temp. ok. 18° C, RH ~50–90%), trzykrotne obrywanie kielków: w styczniu, lutym i marcu without storage at the low temperature, tubers sprouting in darkness, (temp. about 18° C, RH ~50-90%), three times desprouting: in January, February and March

Wiek fizjologiczny bulw matecznych regulowano sposobami traktowania bulw matecznych w okresie od jesieni do sadzenia. Uzyskane kombinacje przedstawiono w tabeli 2. Natężenie światła w czasie podkiełkowania wynosiło 5–7 tysięcy luksów, a wilgotność względna powietrza około 80%. Na początku lutego, marca i kwietnia wykonywane były pomiary długości i masy kielków wyrosłych w ciemności. W każdym terminie pomiaru kielki te były odrywane od bulwy matecznej. Tuż przed sadzeniem określono procent oczek skielkowanych i długość kielków na bulwach podkiełkowanych na świetle. Sadzenie odbywało się ręcznie w jednym terminie, około 20 kwietnia.

Doświadczenie zakładano metodą losowanych bloków, w układzie zależnym, w czterech powtórzeniach. Podblokami I rzędu były odmiany, a II rzędu — wiek fizjologiczny bulw matecznych. Liczba roślin na poletku wynosiła 50, a w przeliczeniu na 1 ha 40 tysięcy. W okresie wegetacji wykonywane były obserwacje pojawiania się kolejnych faz rozwojowych. Po 60 dniach od sadzenia określono wysokość roślin, liczbę łodyg głównych, wyrastających bezpośrednio z bulwy matecznej i masę części nadziemnej. Na podstawie pomiaru powierzchni asymilacyjnej roślin za pomocą aparatu LI-3100 Area Meter wyliczono wskaźnik powierzchni liści LAI. Dwa elementy składające się na architekturę łanu, tj. liczbę łodyg na jednostce powierzchni i masę części nadziemnej określono przez transformację wyników dla 40 tysięcy roślin na 1 hektarze. Istotność zróżnicowania wpływu badanych czynników na kiełkowanie bulw i cechy rozwoju roślin określono przy zastosowaniu 2-czynnikowych analiz wariancji stosując test F „Snedecora” dla modelu stałego w układzie niezależnym, gdzie I czynnikiem były odmiany, a II — wiek fizjologiczny bulw matecznych. Powtórzenia stanowiły lata badań. W roku 1997 ze zdecydowanie mniejszą sumą opadów w okresie wegetacji (tab. 3) badaniami objęto wszystkie odmiany niniejszej serii. Przy obliczaniu najmniejszej istotnej różnicy (NIR) stosowano test „t-Studenta”.

Tabela 3

Opady i temperatura w okresie wegetacji w Jadwisinie w latach badań
Rainfall and the temperature during growing seasons in Jadwisin

Rok Year	Opady w mm Rainfall in mm						Temperatura w °C Temperature in °C					
	miesiąc months						miesiąc months					
	V	VI	VII	VIII	IX	Średnio Mean	V	VI	VII	VIII	IX	Średnio Mean
1995	35,4	89,7	66,7	64,7	145,4	80,4	12,8	17,4	20,1	18,5	13,3	16,4
1996	54,6	67,0	76,2	31,5	65,5	59,0	15,1	16,8	16,1	18,7	10,5	15,4
1997	41,3	38,6	22,9	16,9	31,8	30,3	13,6	17,0	17,9	19,2	13,1	16,2
1998	54,9	195,3	64,2	58,8	3,8	75,4	14,2	17,7	17,9	16,4	13,3	15,9
1999	58,4	170,9	29,6	8,8	18,9	57,3	12,9	18,6	21,2	18,1	16,1	17,4
Średnio Mean	48,9	112,3	51,9	36,1	53,1	60,5	13,7	17,5	18,6	18,2	13,3	16,3

WYNIKI

Stwierdzono istotny wpływ sposobów traktowania bulw matecznych w okresie od jesieni do sadzenia na wszystkie badane cechy rozwoju roślin (tab. 4).

Tabela 4

Istotność wpływu badanych czynników — wyciąg z analizy zmienności
Significance of the tested factors — summary of analysis of variance

Badana cecha Trait	Źródło zmienności Source of variance		
	odmiana cultivar	wiek fizjologiczny bulw physiological age of tubers	współdziałanie odmian x wiek interaction cult. x age
Procent kiełkujących na bulwach oczek Percentage of sprouting eyes	+	++	+
Długość kiełków na świetle Length of sprouts in light	+	+	—
Początek wschodów roślin Beginning of plants emergence	++	++	—
Zakończenie wschodów roślin Ending of plants emergence	++	++	—
Początek fazy kwitnienia Beginning of blooming phase	++	++	—
Wysokość roślin Height of plants	++	++	—
Liczba łodyg/roślinę Number of stems/plant	++	++	—
Masa części nadziemnej/roślinę Haulm mass/plant	++	++	—
Wskaźnik powierzchni asymilacyjnej Assimilation area	++	++	—

++ Istotność na poziomie $P \leq 0,01$; Significant $P \leq 0.01$ + Istotność na poziomie $P \leq 0,05$; Significant $P \leq 0.05$

— Nieistotne; Not significant)

Tabela 5

Wpływ wieku fizjologicznego bulw matecznych badanych odmian na procent skielkowanych oczek
(pomiar tuż przed sadzeniem). Jadwisin 1995–1999
The influence of physiological age of mother tubers of tested cultivars on percentage of sprouting eyes
just prior to planting. Jadwisin 1995–1999

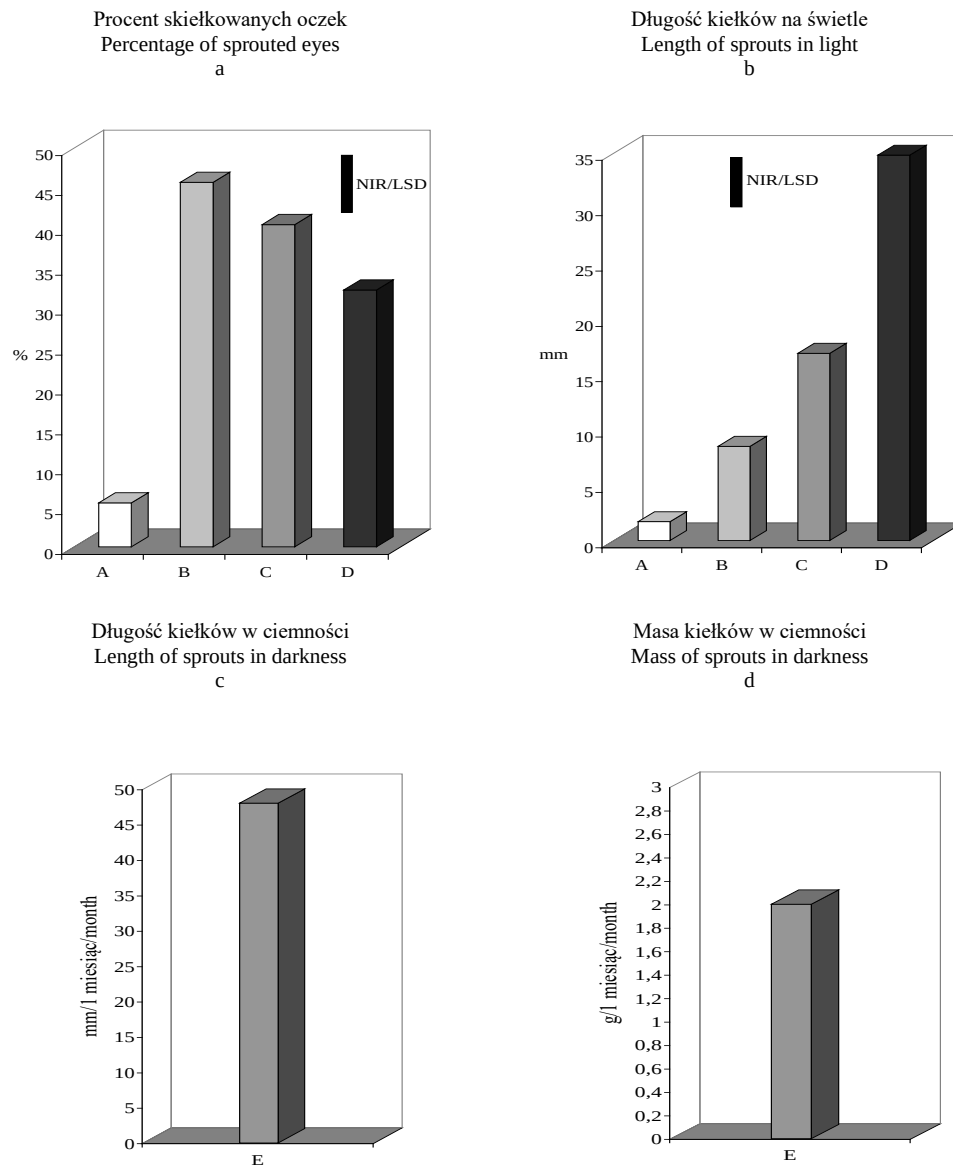
Wiek fizjologiczny* Physiological age*	Odmiana Cultivar										
	Albina	Bila	Sumak	Baszta	Głada	Ikar	Irga	Oda	Vistula	Dunajec	Hinga
A	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0	10,6	0,0	0,0	6,6	20,6	15,5
B	21,1	81,9	33,8	28,0	61,9	40,9	38,7	21,7	64,7	65,7	44,9
C	27,7	65,5	31,6	26,7	51,7	28,1	32,1	27,3	52,3	57,5	43,7
D	26,7	46,4	30,8	25,3	30,1	27,6	29,3	27,3	45,6	36,1	30,4
średnio mean	18,9	51,4	24,0	20,0	35,9	26,8	25,0	19,1	42,3	45,0	33,6

* — Objasnienia w tabeli 2; Explanation in table 2.

NIR dla: / LSD for:

Odmian; Cultivars — 12,0%

Współdziałanie odmiany x wiek; Interaction cultivars x age — 24%



Wiek fizjologiczny bulw matecznych — Physiological age of mother tubers

Rys. 1. Wpływ wieku fizjologicznego bulw matecznych na procent skielkowanych oczek i długość kielków na świetle oraz długość i masę kielków wyrosłych w ciemności; przeciętnie dla 11 badanych odmian. Jadwisin 1995–1999

Fig. 1. The influence of physiological age of mother tubers on the percentage of sprouted eyes and the length of sprouts in light and on the length and the mass of sprouts in darkness; average for 11 tested cultivars. Jadwisin 1995–1999

Sposoby te spowodowały przede wszystkim zmianę stanu fizjologicznego samych bulw, na co wskazuje procent kiełkujących oczek i długość wyrastających kielków (rys. 1). W czasie bezpośrednio poprzedzającym sadzenie procent kiełkujących oczek był najniższy, gdy bulwy mateczne przechowywane były przez cały okres od jesieni do wiosny w niskiej temperaturze (kombinacja A — 5,5%), a najwyższy, gdy zostały one podkiełkowane przez okres 4 tygodni (kombinacja B — 45,7%). W miarę wydłużania okresu podkiełkowania, procent kiełkujących oczek zmniejszał się, co było związane z dominacją kielka apikalnego u bulw rozpoczynających kiełkowanie jesienią (kombinacja D — 32,2%). Reakcja badanych odmian była zróżnicowana (tab. 5). Sześć spośród nich nie wykazało objawów kiełkowania przy przechowywaniu w temperaturze około 2° C. Były to odmiany: Albina, Sumak, Baszta, Głada, Irga i Oda. Skiełkowały natomiast odmiany: Bila, Ikar, Vistula, Hinga i Dunajec, a więc reprezentujące wszystkie grupy wczesności. Najniższy przeciętny procent kiełkujących oczek stwierdzono u odmiany Albina (18,9%) i Oda (19,1%), najwyższy zaś u odmiany Bila (51,4%) i Dunajec (45%). Długość kielków uformowanych na świetle wahała się od 1,7 do 34,8 mm i zależna była od długości okresu podkiełkowania (rys. 1). Bulwy przechowywane w ciemności charakteryzowały się dosyć wysoką intensywnością kiełkowania — w ciągu jednego miesiąca wyrastały na nich kielki o przeciętnej długości 48 mm i masie 2 g (rys. 1 c, d). Najdłuższe były u odmiany Ikar (86 mm) i Albina, ale ich długość nie zawsze była skorelowana z masą (Ikar — 1,6 g, Albina — 3,5 g, a Irga — 2,3 g, tab. 6).

Tabela 6

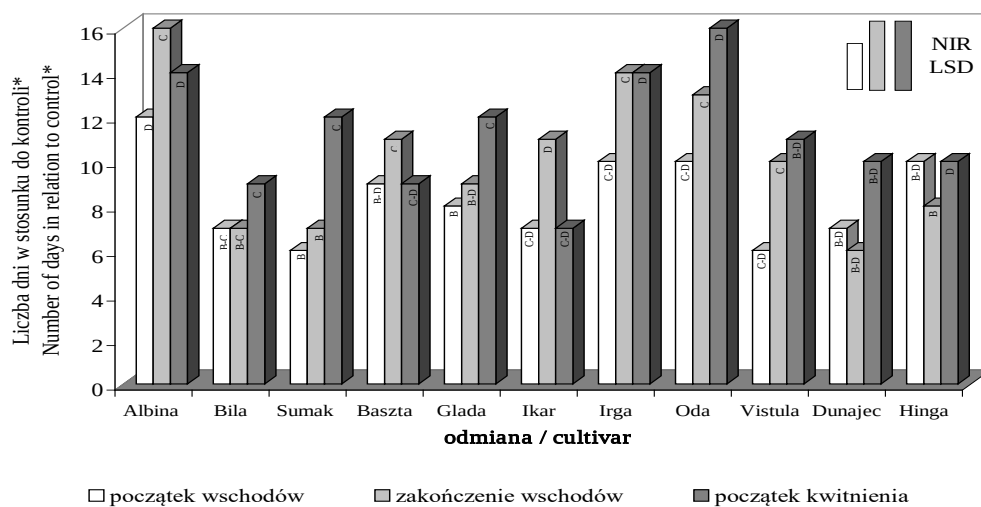
Długość i masa kielków wyrosłych na bulwach w ciemności (temp. ~18° C, RH ~50-90%) — wartości średnie z trzech terminów pomiarów* — Jadwisin 1995–1999
Length and mass of sprouts on tubers in darkness (temp. ~ 18° C, RH ~50–90%) — mean values for three dates of measurements* — Jadwisin 1995–1999

Badana cecha kielków Sprouts characteristic	Odmiana Cultivar										
	Albina	Bila	Sumak	Baszta	Głada	Ikar	Irga	Oda	Vistula	Dunajec	Hinga
Długość w mm Length in mm	77	42	16	36	59	86	62	32	43	28	44
Masa w g Mass in g	3,5	2,7	1,1	1,1	2,9	1,6	2,3	1,4	2,0	1,9	1,8

NIR dla / LSD for: długość kielków; length of sprouts — 17 mm
 masa kielków; mass of sprouts — 1,8 g

* Obrywanie kielków w każdym terminie; Desprouting in each term

Zróżnicowany wiek fizjologiczny bulw matecznych wpłynął na terminy pojawiania się faz rozwojowych roślin, szczególnie wyraźnie na wschody i kwitnienie (rys. 2). Początek wschodów roślin na poletkach kontrolnych miał miejsce między 15 a 31 maja, w zależności od odmiany i roku badań, a ich zakończenie między 25 maja a 8 czerwca (tab. 7). Faza kwitnienia tych roślin rozpoczynała się najwcześniej 10 czerwca (odmiana Bila i Vistula), a najpóźniej 8 lipca (odmiana Hinga). Zmiana wieku fizjologicznego bulw matecznych pozwoliła na przyspieszenie tych faz rozwojowych — największe zaobserwowano u odmiany Albina (14-16 dni), Oda (13-16 dni) i Irga (14 dni) – rys. 2.



* kontrola — bulwy mateczne niepodkiełkowane (A) / * control — mother tubers without pre-sprouting (A)

Rys. 2. Przyspieszenie wschodów i kwitnienia roślin ziemniaka w efekcie zmiany wieku fizjologicznego bulw matecznych (B, C, D — kombinacja o największym przyspieszeniu). Jadwisin 1995–1999
Fig. 2. The effect of mother tubers physiological age on acceleration of emergence and blooming phases (B, C, D — the treatment with the biggest acceleration). Jadwisin 1995–1999

Przyspieszenie rozwoju roślin było czynnikiem najbardziej różnicującym strukturę rośliny i architekturę łanu ziemniaka. W końcu maja i na początku czerwca obserwowano równocześnie na jednych poletkach kończące się wschody a na innych rozpoczynające się już kwitnienie roślin tej samej odmiany (tab. 7, rys. 2).

Tabela 7

Termin wschodów i kwitnienia roślin na poletkach kombinacji kontrolnej (A). Jadwisin 1995–1999
The date of emergence and plants blooming on plots of control treatment (A). Jadwisin 1995–1999

Odmiana Cultivar	Wschody Emergences		Początek kwitnienia Beginning of blooming phase
	Początek Beginning	Zakończenie Ending	
Albina	20–27.05	30.05–8.06	15–18.06
Bila	20–22.05	26–30.05	10–24.06
Sumak	18–24.05	27.05–3.06	17.06–3.07
Baszta	18–31.05	30.05–8.06	15–28.06
Glada	18–28.05	26–30.05	18–26.06
Ikar	18–27.05	30.05–8.06	15–16.06
Irga	18–27.05	30.05–8.06	15–17.06
Oda	20–28.05	30.05–3.06	15–30.06
Vistula	18–21.05	30–31.05	10–18.06
Dunajec	20–21.05	26–30.05	21–24.06
Hinga	15–31.05	25.05–8.06	6–8.07

U większości badanych odmian nie stwierdzono zaniku zdolności bulw do kiełkowania i wschodów roślin. Wystąpił jedynie w kombinacji E u odmiany Baszta (35,6% roślin brakujących) i u odmiany Irga (31,7%) oraz w bardzo niewielkim stopniu u odmiany Ikar (2,3%) — tab. 8.

Tabela 8

Zanik zdolności do wschodów — brakujące rośliny w %
Loosing of ability to emergence — missing plants in %

Wiek fizjologiczny bulw matecznych* Physiological age of mother tubers	Odmiana Cultivar											Średnio Mean
	Albina	Bila	Sumak	Baszta	Głada	Ikar	Irga	Oda	Vistula	Dunajec	Hinga	
A–D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	35,6	0	2,3	31,7	0	0	0	0	6,3

* Objasnienia w tabeli 2

* Explanation in table 2

Zróznicowany wiek fizjologiczny bulw matecznych miał również istotny wpływ na liczbę łodyg u roślin i ich wysokość, masę ich części nadziemnej oraz wskaźnik powierzchni liści (tab. 9). Nie stwierdzono istotnego współdziałania badanych cech z odmianami (tab. 4).

Tabela 9

Wpływ wieku fizjologicznego bulw matecznych na strukturę rośliny ziemniaka po 60 dniach od sadzenia; średnio dla 11 badanych odmian. Jadwisin 1995–1999
The influence of mother tubers physiological age on potato plants structure 60 days after planting; average for 11 tested cultivars. Jadwisin 1995–1999

Wiek fizjologiczny bulw matecznych* Physiological age of mother tubers*	Liczba łodyg (szt./rośl.) Stems number/plant	Masa części nadziemnej (g/rośl.) Mass of haulm (g/plant)	Wskaźnik powierzchni liści LAI Leaves area index	Wysokość roślin Height of plants (cm)
A	3,9	557	3,52	63,9
B	4,3	691	4,53	65,9
C	3,9	692	4,49	62,9
D	3,5	630	4,19	60,8
E	3,4	450	2,63	58,3
Średnio Mean	3,8	604	3,87	62,4
NIR LSD	0,5	109	0,77	1,8

* Objasnienia w tabeli 2

* Explanation in table 2

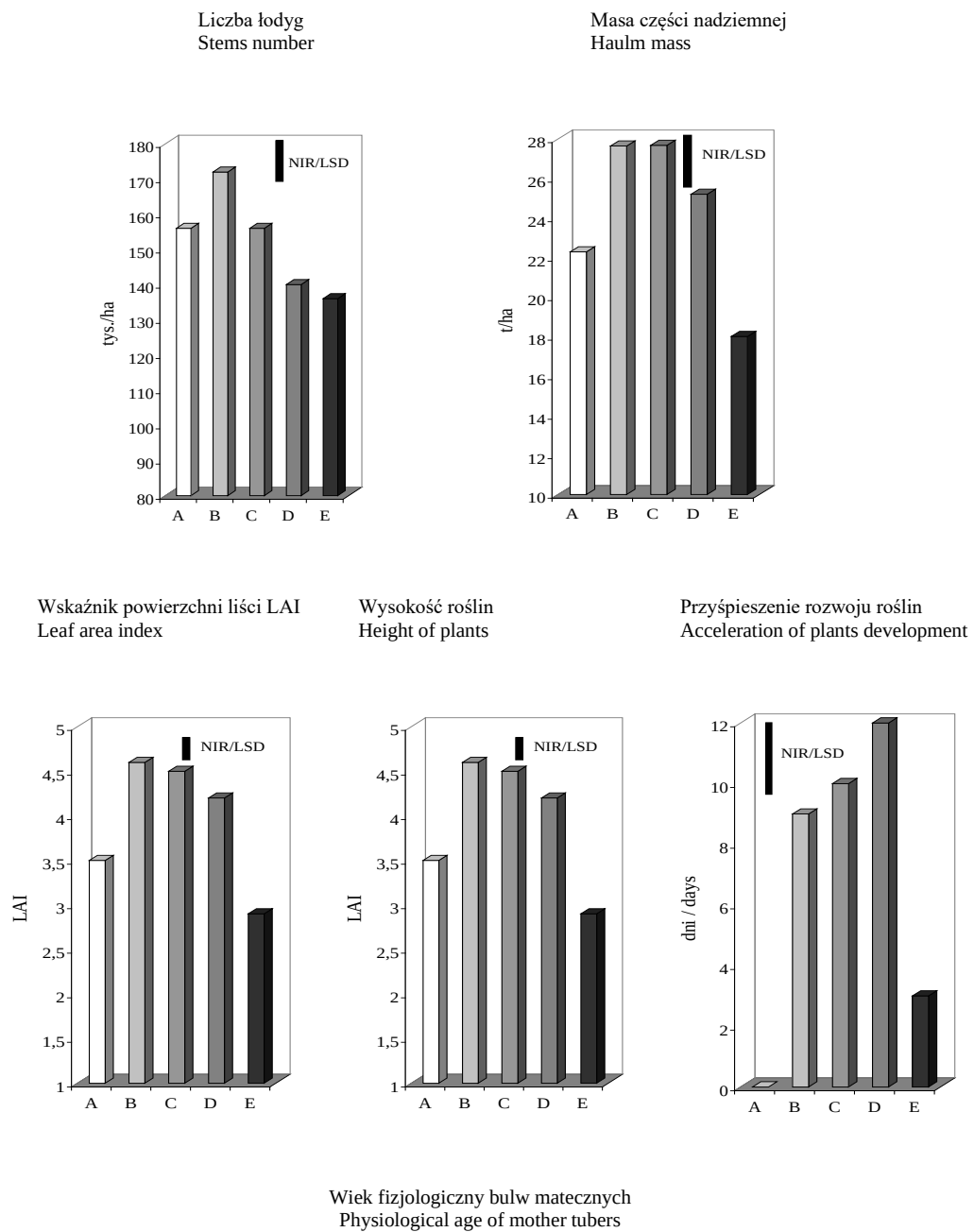
Liczba łodyg u roślin była najwyższa w przypadku podkiełkowania bulw matecznych przez 4 tygodnie (kombinacja B) i wynosiła średnio 4,3 szt./roślinę. Zmniejszała się z wydłużaniem okresu podkiełkowania i była najniższa w przypadku bulw fizjologicznie najstarszych — 3,4 szt./roślinę (kombinacja E) — tab. 8. Pozostałe badane elementy struktury roślin osiągały maksimum w kombinacji B lub C. Po 60 dniach od sadzenia największa masa części nadziemnej badanych odmian wynosiła przeciętnie 692 g/roślinę, a najmniejsza 450 g/roślinę; najwyższy wskaźnik powierzchni liści (LAI) —

4,53, a najniższy — 2,63; największa wysokość roślin wynosiła 65,9 cm, a najmniejsza 58,3 cm. Ekstrapolując uzyskane wyniki na powierzchnię 1 hektara stwierdzono, iż regulacja wieku fizjologicznego bulw matecznych pozwoliła na istotne zwiększenie się liczby łodyg ze 136 do 172 tysięcy, oraz masy części nadziemnej z 18 do 28 ton (rys. 3).

DYSKUSJA

Prawidłowa konstrukcja łanu ziemniaka związana jest przede wszystkim z terminem i gęstością sadzenia, wielkością sadzeniaków, poziomem i sposobem nawożenia azotem oraz warunkami wilgotnościami i termicznymi w okresie wegetacji. Czynniki te poprzez wpływ na tempo rozwoju i morfologię roślin modyfikują ich dostęp do składników pokarmowych, wody i światła oraz wymianę gazową. Na wpływ czynników agrotechnicznych na architekturę łanu ziemniaka zwracają w swych pracach uwagę między innymi. Wurr (1974), Roztropowicz i Rykaczewska (1982, 1987), Gójski (1993), Ziółek (1993), Szutkowska (2000), Zarzyńska i Gruczek (2000). Z niniejszej pracy wynika, iż wiek fizjologiczny bulw matecznych może być również czynnikiem modyfikującym morfologię rośliny i konstrukcję łanu ziemniaka. Wiąże się to ze zróżnicowanym rozwojem bulw w wyniku oddziaływania na nie odmiennymi warunkami termicznymi i świetlnymi, w okresie od zbioru do sadzenia (tab. 4 i 5, rys. 1). Wcześniejszy ich rozwój w środowisku pozagłebowym wywarł wpływ na przyspieszenie rozwoju roślin. Wyniki dotyczące tego aspektu problemu przedstawione we wcześniejszych publikacjach zagranicznych były zbliżone, ale dotyczyły niewielkiej liczby odmian, najczęściej dwóch (Madec, 1978; Bean i Allen, 1980; Bodleander i Marinus, 1987; Hartmans i van Loon, 1987; van Loon, 1987; van der Zaag i van Loon, 1987; Reust, 1990; Marinus, 1992; Ittersum, 1993). W niniejszej pracy obserwacje prowadzono na 11 odmianach i zwrócono uwagę na znaczne przyspieszenie wschodów i kwitnienia roślin dochodzące do 16 dni. W końcu maja i na początku czerwca obserwowano równocześnie na jednych poletkach kończące się wschody, a na innych rozpoczynające się kwitnienie roślin tej samej odmiany, w szczególności odmiany Albina, Oda i Irga (tab. 4 i 7, rys. 2).

Optymalna liczba łodyg na jednostce powierzchni jest zależna od kierunku produkcji ziemniaka. Według Szutkowskiej (2000), w technologii produkcji ziemniaków zakładającej maksymalizację plonu bulw dużych, optymalne zagęszczenie łodyg na hektarze winno wynosić od 100 do 150 tysięcy sztuk. Gójski (1993) natomiast stwierdza, iż w uprawie ziemniaków na wczesny zbiór opłaca się zwiększać zagęszczenie łodyg nawet do 500 tysięcy szt./ha, a na zbiór po dojrzałości wystarczające jest ich zagęszczenie do około 200 tysięcy szt./ha. Z pracy Roztropowicz, Zarzyńskiej i Szutkowskiej (1988) wynika, że optymalna obsada łodyg waha się zależnie od odmiany od około 170 do 240 tysięcy szt./ha, ale w niniejszej pracy zakres ten zawarty był w granicach od 136 do 172 tysięcy sztuk/ha (rys. 3).



Rys. 3. Wpływ wieku fizjologicznego bulw matecznych na wybrane elementy architektury ładu ziemniaka po 60 dniach od sadzenia; wartości średnie dla 11 badanych odmian. Jadwisin 1995–1999
Fig. 3. The influence of mother tubers physiological age on some elements of potato canopy architecture 60 days after planting; mean value for 11 tested cultivars. Jadwisin 1995–1999

W badaniach nad zmianami zachodzącymi w strukturze roślin najpowszechniej stosowanym wskaźnikiem jest indeks powierzchni liści LAI, czyli powierzchnia organów asymilacyjnych przypadająca na 1 m² gruntu. Jest on skorelowany z genotypem i z czynnikami agrotechnicznymi, w tym z zagęszczeniem łodyg na jednostce powierzchni. Zależność między LAI a plonem bulw nie jest wprost proporcjonalna, gdyż wielkość LAI wpływa na zacinienie ładu, na warunki przebiegu procesów rozwojowych roślin i asymilację netto. Roztropowicz i Rykaczewska (1982) w modelowym doświadczeniu udowodniły, iż gęste ustawienie wazonów drastycznie ograniczało dostęp światła do środkowych i dolnych pięter roślin, powodując wysoce istotne obniżenie plonu i zawartości skrobi w bulwach w porównaniu z rzadszym ustawieniem wazonów, przy takim samym zaopatrzeniu roślin w składniki pokarmowe i wodę. Jak stwierdzili Scott i Wilcockson (1978) po przekroczeniu pewnej wielkości LAI, około 3, zmiany w ilości pochłanianej energii świetlnej są już stosunkowo niewielkie. W badaniach własnych wykazano, iż wiek fizjologiczny bulw matecznych różnicował wskaźnik powierzchni liści (LAI) w szerokim zakresie od 2,63 do 4,53 (tab. 4 i 8, rys. 3). Jednak wartości optymalne to takie, przy których w procesie fotosyntezy uczestniczy całe listowie (Czerednik, Nalborczyk, 2000). Podobnie jak między LAI a asymilacją netto, tak i zależność między masą części nadziemnej a plonem bulw nie jest proporcjonalna. Dla uzyskania maksymalnego plonu ziemniaka potrzebna jest nie maksymalna lecz optymalna masa części nadziemnej (van der Zaag i van Loon, 1987). W naszych badaniach jej wartość zmieniała się pod wpływem zróżnicowanego wieku fizjologicznego bulw matecznych z 450 do 692 g/roślinę, czyli z 18 do 28 t/ha (tab. 4 i 8, rys. 3). Była związana nie tylko z liczbą łodyg na jednostkę powierzchni i LAI, ale również z wysokością roślin i masą łodyg.

WNIOSKI

1. Stwierdzono istotny wpływ wieku fizjologicznego bulw matecznych zróżnicowanego sposobem podkielkowania, na wszystkie badane elementy struktury roślin i architektury ładu jedenastu badanych odmian ziemniaka.
2. W wyniku wcześniejszego kiełkowania bulw w środowisku pozaglebowym stwierdzono znaczne, dochodzące do 16 dni, przyspieszenie wschodów i kwitnienia roślin.
3. W efekcie zastosowania bulw matecznych w różnym wieku fizjologicznym stopień zróżnicowania poszczególnych elementów struktury rośliny i architektury ładu po 60 dniach od sadzenia był następujący: liczba łodyg — 26%, masa części nadziemnej — 54%, wskaźnik powierzchni liści LAI — 72%, wysokość roślin — 13%.

LITERATURA

- Anonim. 1998. Catalogue français des variétés. Fédération Nationale des Producteurs de Plants de Pomme de Terre, Paris, pp. 256.
- Bean J. N., Allen E. J. 1980. Effect of physiological age and variety on growth and light interception in the potato. *Potato Res.* 23: 256 — 257.
- Bodlaender K. B. A., Marinus J. 1987. Effect of physiological age on growth of seed potatoes of the cultivars. 3. Effect on potato growth under controlled conditions. *Potato Research* 30: 423 — 440.

- Czerednik A., Nalborczyk E. 2000. Współczynnik wykorzystania napromieniowania fotosyntetycznie aktywnego (RUE) — nowy wskaźnik fotosyntetycznej produktywności roślin w łanie. *Biul. IHAR* 215: 13 — 22.
- Gabriel W. 1977. Wartość nasienna sadzeniaka. W: *Hodowla i nasiennictwo ziemniaka*. W. Gabriel, K. Świeżyński (red.), PWRiL Warszawa: 397 — 409.
- Gontarczyk M., Aufhammer W. 1993. Wpływ terminu siewu na wzrost, rozwój i plonowanie szarłatu. *Fragm. Agron.* 4: 85 — 86.
- Gójski B. 1993. Wielkość bulw matecznych i gęstość sadzenia jako czynniki plonotwórcze wczesnych odmian ziemniaka. *Praca dokt. Wyk. w Inst. Ziemniaka, ONB Jadwisin*.
- Harasimowicz-Herman G. 1993. Wpływ zróżnicowanej architektury łanu na elementy struktury plonu i masę resztek pozbiorowych form tradycyjnych i samokończących łubinu żółtego wąskolistnego. *Fragm. Agron.* 4: 181 — 182.
- Hartmans K. J., van Loon C. D. 1987. Effect of physiological age on growth vigour of seed potatoes of two cultivars. Influence of storage period and temperature on sprouting characteristics. *Potato Research* 30: 397 — 409.
- Hay R. K. M., Walker A. J. 1989. *An introduction to the physiology of crop yield*. Longman, London.
- Ittersum M. K. van 1993. Advancing growth vigour of seed potatoes by storage temperature regimes. *Neth. J. Agr. Sci.* 41: 23 — 36.
- Kozłowska-Ptaszyńska, Noworolnik K. 1993. Zmiany w architekturze i wydajności łanu dwu- i sześciorzędowych form jęczmienia jarego pod wpływem terminu siewu. *Fragm. Agron.* 4: 85 — 86.
- Kuś J., Kamińska M. 1993. Struktura plonu i architektura łanu pszenicy ozimej zależnie od zmianowania. *Fragm. Agron.* 4: 27 — 28.
- Loon C. D. van 1987. Effect of physiological age on growth vigour of seed potatoes of two cultivars. 4. Influence of storage period and storage temperature on growth and yield in the field. *Potato Research* 30: 441 — 450.
- Łoboda T., Pietkiewicz S. 1993. Fizjologiczne parametry łanu różnych gatunków zbóż ozimych. *Fragm. Agron.* 4: 99 — 100.
- Madec P. 1978. Some effects of the physiological age of the tubers upon sprouting and upon plant development. *Potato Research* 21: 57 — 59.
- Marinus J. 1992. The effect of temperature and light during storage of young seed potatoes on initial plant development at early plantings. *Potato Research* 35: 343 — 354.
- Nalborczyk E., Roszewski R., Wrochma J., Aufhammer W., Goetz H. 1993. Fotosynteza, gromadzenie biomasy i składników pokarmowych w roślinach szarłatu (*Amaranthus cruentus*). *Fragm. Agron.* 4: 145 — 146.
- Noworolnik K., Kozłowska-Ptaszyńska 1993. Wpływ gęstości siewu na architekturę i wydajność łanu dwu- i sześciorzędowych odmian jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.* 4: 85 — 86.
- Podolska G., Ruszkowski M. 1991. Studia nad modelem łanu pszenicy. Wpływ gęstości siewu na strukturę plonu i architekturę łanu. *Fragm. Agron.* 3: 57 — 72.
- Reust W. 1990. Sur l'importance des caractères physiologique des varietés de pomme de terre pour la conservation de plants, la pregermination et le rendement. *Revue Suisse Agriculture* 22: 51 — 57.
- Reust W., Winiger F. A., Hebels T., Dutoit J. P. 2001. Assessment of the physiological vigour of new potato cultivars in Switzerland. *Potato Research* 44: 11 — 17.
- Roztropowicz S., Rykaczewska K. 1982. Wpływ różnego stopnia zacielenia roślin ziemniaka w łanie na ich wzrost i plonowanie. *Biul. Inst. Ziemn.* 27: 101 — 109.
- Roztropowicz S., Rykaczewska K. 1987. Wpływ stopnia zacielenia roślin ziemniaka w łanie na działanie azotu. *Biul. Inst. Ziemn.* 35: 35 — 46.
- Roztropowicz S., Zarzyńska K., Szutkowska M. 1988. Wpływ usuwania części kielków z bulwy matecznej na morfologię i plon rośliny ziemniaka. *Biul. Inst. Ziemn.* 37: 39 — 50.
- Rykaczewska K. 1986 a. Wpływ wieku fizjologicznego bulw matecznych różnicowanego jesiennym pobudzaniem i wiosennym podkielkowaniem na rozwój i plonowanie wczesnych odmian ziemniaka. *Ziemniak, Kartofiel, The Potato*: 17 — 38.
- Rykaczewska K. 1986b. Wpływ wieku chronologicznego bulw wczesnych odmian ziemniaka na ich wartość biologiczną. *Ziemniak, Kartofiel, The Potato*: 39 — 49.

- Rykaczewska K. 1993. Wiek fizjologiczny bulw matecznych ziemniaka jako czynnik modyfikujący produktywność roślin. *Fragm. Agron.* 2: 5 — 50.
- Rykaczewska K. 1999. Wpływ wieku fizjologicznego bulw matecznych i usuwanie kielków przed sadzeniem na rozwój wczesnych odmian ziemniaka. *Biul. IHAR* 209: 97 — 110.
- Rykaczewska K. 2000. Wpływ wieku fizjologicznego sadzeniaków na wielkość bulw w plonie wczesnych odmian ziemniaka. *Biul. IHAR*, 215: 265 — 276.
- Scott R. K., Wilcockson S. J. 1978. Application of physiological and agronomic principles to the development of the potato industry. In: *The potato crop*. Chapt. 17: 678 — 704.
- Szutkowska M. 2000. Kształtowanie architektury łanu w technologii uprawy ziemniaków dla przetwórstwa spożywczego *Biul. IHAR* 213:191 — 200.
- Wesołowski M. 1993. Wybrane elementy struktury łanu i plon niektórych odmian pszenicy ozimej uprawianej w płodozmianie i monokulturze. *Fragm. Agron.* 4: 29 — 30.
- Woźniak A. 1993. Architektura łanu i struktura plonu pszenżyta ozimego uprawianego w dwóch płodozmianach. *Fragm. Agron.* 4: 45 — 46.
- Wurr D. C. E. 1974. Some effects of seed size and spacing on the yield and grading for two maincrop potato varieties. Final yield and its relationship to plant population. *J. Agric. Comb.* 82: 37 — 45.
- Zaag D. E., van der, van Loon C. D. 1987. Effect of physiological age on growth vigour of seed potatoes of two cultivars. 5. Review of literature and integration of some experimental results. *Potato Research* 30: 451 — 472.
- Zarzyńska K., Gruczek T. 2000. Planowanie optymalnego zagęszczenia pędów na jednostce powierzchni na podstawie fizjologicznych cech bulw matecznych w uprawie ziemniaka jadalnego. *Biul. IHAR* 213: 185 — 190.
- Ziółek W. 1993. Plonowanie odmian ziemniaków w zależności od zagęszczenia roślin w łanie. *Fragm. Agron.* 4: 117 — 118.

KRYSTYNA RYKACZEWSKA

Zakład Agronomii Ziemiaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Jadwisin

Rola wieku fizjologicznego bulw matecznych w kształtowaniu architektury łanu i plonu ziemniaka Część II. Wpływ na plon i jego strukturę

**The role of physiological age of mother tubers in forming of canopy architecture
and yield of potato**

Part II. The influence on yield and its structure

Celem badań było określenie wpływu wieku fizjologicznego bulw matecznych jedenastu odmian ziemniaka o zróżnicowanej długości okresu wegetacji na ich wartość plonotwórczą. Był on regulowany sposobem traktowania bulw w okresie od jesieni do sadzenia. Uzyskano pięć kombinacji, w tym dwie ekstremalne: kombinacja A — bulwy mateczne fizjologicznie najmłodsze przechowywane przez okres od jesieni do sadzenia w temperaturze ok. 2° C i kombinacja E — bulwy mateczne fizjologicznie najstarsze, przechowywane w tym samym czasie w temperaturze ok. 18° C, w ciemności. Stwierdzono istotny wpływ wieku fizjologicznego bulw matecznych na plon ogólny w trzech terminach zbioru, po 60 i 75 dniach od sadzenia oraz po dojrzałości roślin, na procentowy udział bulw poszczególnych frakcji w plonie a także na plon sadzeniaków i bulw dużych. Efekt badanego czynnika zależny był od terminu zbioru. Trzy spośród badanych odmian: Albina, Irga i Oda wykazywały cechy bardzo wolnego fizjologicznego starzenia się w przypadku umieszczenia bulw na świetle. Stwierdzono też silny negatywny wpływ oddziaływania ciemności, połączonego z obrywaniem kielków, na wigor bulw w stosunku do oddziaływania światła w tych samych warunkach termicznych.

Słowa kluczowe: odmiana, plon, wiek fizjologiczny bulw, wielkość bulw, ziemniak

The aim of the experiment was to determine the influence of physiological age of mother tubers of eleven potato cultivars with different growing period on their ability to yielding. It was regulated in a way of tubers treatment in the period from autumn to planting. Five treatments were obtained and among them two extremal: the treatment A mother tubers physiologically youngest, stored from autumn to planting at the temperature about 2° C and the treatment E mother tubers physiologically the oldest, stored at the same time at the temperature about 18° C in darkness. The significant influence of physiological age of mother tubers on yield in three dates of harvest, at 60, 75 days after planting and at maturity and on distribution of tubers size, was confirmed. The effect of tested factor was depending on the date of harvest. Three cultivars: Albina, Irga and Oda characterized by a very slow physiological

ageing in light. Strong negative influence of darkness with additional desprouting on tuber vigour in comparison to light conditions under the same temperature was observed.

Key words: cultivar, physiological age of tubers, potato, tuber size, yield

WSTĘP

Właściwa architektura łanu powinna stwarzać odpowiednie warunki dla przebiegu procesów rozwojowych roślin, inicjujących powstawanie organów stanowiących plon rolniczy oraz zapewnić możliwie największy przepływ asymilatów do tych organów. Nowoczesna aparatura do pomiaru parametrów procesów fizjologicznych stwarza nowe możliwości poznania fizjologii plonowania roślin w warunkach produkcyjnych (Nalborczyk, 1996). Ziemniak jest jednak tą wyjątkową rośliną uprawną, u której szczególnym wskaźnikiem fizjologicznego rozwoju jest tuberyzacja, czyli proces tworzenia się bulw, jej wczesność i intensywność, a następnie stopniowy przyrost plonu. Pomiar tej cechy rozwoju ziemniaka odbywają się na ogół tradycyjną metodą związaną z likwidacją roślin. Jednym z czynników wpływających na tuberyzację i narastanie plonu ziemniaka jest wiek fizjologiczny bulw matecznych, czyli ich stan fizjologiczny, zależny nie tylko od wieku chronologicznego, ale i od warunków środowiska w okresie wegetacji i przechowywania (Reust, 1986; Rykaczewska, 1986 a, b, 1993, 1997 b; van der Zaag i van Loon, 1987). Najważniejszym czynnikiem środowiska mającym wpływ na proces fizjologicznego starzenia się jest temperatura. Ciepłe i umiarkowanie wilgotne lato sprzyja wzrostowi i dojrzewaniu bulw, ale temperatury zbyt wysokie powodują skrócenie okresu spoczynku i wcześniejsze ich kiełkowanie, niekiedy jeszcze w glebie i są przyczyną ich szybkiego fizjologicznego rozwoju i wtórnej tuberyzacji (Rykaczewska, 1998). Po zakończeniu wegetacji, w okresie przechowywania bulw od jesieni do wiosny, podwyższanie temperatury w zakresie 2–20° C powoduje przyspieszanie procesów starzenia się (Rykaczewska, 1993, 1997 b). Sadzeniaki są więc tym fizjologicznie starsze, im dłuższy czas upłynie od inicjacji na roślinie matecznej i im wyższa jest temperatura otoczenia w zakresie 2–20° C. I odwrotnie, są one tym fizjologicznie młodsze, im krótszy upłynie czas od ich inicjacji na roślinie matecznej i im niższa jest temperatura otoczenia w podanym wyżej zakresie. Bulwy mateczne poszczególnych odmian, będące w tym samym wieku chronologicznym mogą być zróżnicowane pod względem wieku fizjologicznego.

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu wieku fizjologicznego bulw matecznych nowych odmian ziemniaka o zróżnicowanej długości okresu wegetacji na plon i jego strukturę.

MATERIAŁ I METODA

Ścisłe doświadczenie polowe przeprowadzono w Jadwisinie w latach 1995–1999, na glebie pseudobielicowej. W cyklach trzyletnich przebadano 11 odmian, w tym 10 zarejestrowanych w latach 1994–1998 (Bila, Dunajec, Głada, Sumak – w 1994 r., Oda, Vistula — w 1995 roku, Albina, Baszta, Hinga, Ikar — w 1996 roku) i jedną, bardzo popularną w centralnej Polsce odmianę Irga, zarejestrowaną w roku 1987 (Anonim, 1999).

Wiek fizjologiczny sadzeniaków regulowano sposobami ich traktowania w okresie od jesieni do sadzenia (tab. 1; Rykaczewska, 2002).

Tabela 1

Suma kumulowanych temperatur w zależności od wieku fizjologicznego bulw matecznych
Sum of cumulated temperatures depending on physiological age of mother tubers

Kombinacja — wiek fizjologiczny bulw Treatment — physiological age of tubers	Liczba dni oddziaływania temperaturą 2° C Number of days with the influence of 2° C	Rozpoczęcie okresu oddziaływania temperaturą 18° C na świetle / w ciemności Beginning of the period of 18° C influence in light / in darkness	Liczba dni oddziaływania temperaturą 18° C Number of days of 18° C influence	Suma kumulowanych temperatur (stopniodni) Sum of cumulated temperatures (degree-days)
A	171	kontrola; bez oddziaływania temperaturą 18° C control; without 18° C influence	0	342
B	143	ostatni tydzień marca / na świetle Last week of March / in light	28	790
C	101	ostatni tydzień lutego / na świetle Last week of February / in light	70	1462
D	0	początek listopada / na świetle beginning of November / in light	171	3078
E	0	początek listopada* / w ciemności beginning of November*/ in darkness	171	3078

* Obrywanie kielków w styczniu, lutym i marcu

* Desprouting in January, February and March

Uzyskano pięć kombinacji bulw w tym dwie ekstremalne: kombinacja A — bulwy mateczne fizjologicznie najmłodsze, przechowywane w temperaturze około 2° C (342 stopniodni) i kombinacja E — bulwy mateczne fizjologicznie najstarsze, przechowywane w tym samym czasie w temperaturze około 18° C w ciemności, u których dodatkowo trzykrotnie obrywano kielki (3078 stopniodni). Był to zabieg niezbędny ze względu na wrastanie kielków w oczka ażurowej skrzynki. Sadzenie odbywało się w jednym terminie około 20 kwietnia. Doświadczenie zakładano metodą losowanych bloków, w układzie zależnym w czterech powtórzeniach. Podblokami I rzędu były odmiany, a II rzędu - bulwy mateczne w zróżnicowanym wieku fizjologicznym. Plon i jego strukturę określono dwukrotnie w okresie wegetacji, po 60 i 75 dniach od sadzenia, oraz po dojrzałości roślin. W dwóch pierwszych terminach zbioru notowano liczbę bulw przypadających na jedną roślinę. Istotność zróżnicowania wpływu badanych czynników na plon, liczbę bulw, procentowy udział frakcji w plonie określano przy zastosowaniu 2-czynnikowych analiz wariancji stosując test F „Snedecora” dla modelu stałego w układzie niezależnym, gdzie I czynnikiem były odmiany, a II czynnikiem — wiek fizjologiczny bulw matecznych. Powtórzenia stanowiły lata badań. Przy obliczaniu najmniejszej istotnej różnicy (NIR) stosowano test „t-Studenta”.

WYNIKI

Stwierdzono istotny wpływ wieku fizjologicznego bulw matecznych na plon i większość badanych parametrów plonu. Nie stwierdzono natomiast istotnego współdziałania badanego czynnika z odmianami (tab. 2).

Tabela 2

Istotność wpływu badanych czynników; wyciąg z analizy zmienności
Significance of the tested factors; fragment of analysis of variance

Badana cecha Trait	Źródło zmienności Source of variance		
	odmiana cultivar	wiek fizjologiczny bulw matecznych physiological age of mother tubers	współdziałanie odmian x wiek interaction cultivars x age
Plon po 60 dniach od sadzenia Yield 60 days after planting	+	++	—
Plon po 75 dniach od sadzenia Yield 75 days after planting	++	++	—
Plon końcowy Final yield	+	++	—
Liczba bulw w plonie Tubers number in the yield			
Po 60 dniach 60 days a.p.	+	++	—
Po 75 dniach 75 days a.p.	+	++	—
Procentowy udział w plonie końcowym: Percentage in final yield			
Frakcji bulw Ø 30–60 mm Fraction of tubers	++	+	—
Frakcji bulw Ø >60 mm Fraction of tubers	++	+	—
Plon bulw Yield of tubers			
Frakcji Fraction Ø 30–60 mm	++	++	—
Frakcji Fraction ø >60 mm	++	++	—
Procentowy udział bulw Ø >30 mm Percentage of tubers			
W plonie po 60 dniach od sadzenia In the yield at 60 days a.p.	+	++	—
W plonie po 75 dniach od sadzenia In the yield at 75 days a.p.	++	++	—
W plonie końcowym In the final yield	++	—	—

+ Istotność na poziomie $P \geq 0,05$; Significant at $P \geq 0.05$

++ Istotność na poziomie $P \geq 0,01$; Significant at $P \geq 0.01$

Wpływ na plon ogólny w trzech terminach zbioru

Najwyższym plonem po 60 dniach od sadzenia charakteryzowała się średnio wczesna odmiana Irga, u której wynosił on przeciętnie 10,6 t/ha (tab. 3). Dopiero na drugim miejscu znalazła się wczesna odmiana Sumak — 8,8 t/ha, a na trzecim miejscu odmiana Bila —

6,8 t/ha i Albina — 6,6 t/ha. W drugim terminie zbioru, po 75 dniach od sadzenia, wśród najwyższej plonujących znalazły się odmiany wczesne: Sumak — 27,8 t/ha i Bila — 25,2 t/ha, a następnie wczesna odmiana Albina i średnio wczesna Irga — po 23,0 t/ha. W trzecim terminie zbioru, po dojrzałości roślin, najwyższym plonem niezależnym od wieku fizjologicznego bulw matecznych, charakteryzowała się średnio późna odmiana Vistula — 44,3 t/ha, a następnie wczesna odmiana Albina — 39,5 t/ha i wczesna Bila — 39,0 t/ha. Plon pozostałych odmian nie był niższy od 31,3 t/ha.

Tabela 3

Plon badanych odmian w zależności od terminu zbioru — wartości średnie dla wieku fizjologicznego bulw matecznych (t/ha). Jadwisin 1995–1999
Yield of tested cultivars in relation to harvest date — mean values for physiological age of mother tubers (t/ha). Jadwisin 1995–1999

Zbiór Harvest	Odmiana Cultivar											
	Albina	Bila	Sumak	Baszta	Głada	Ikar	Irga	Oda	Vistula	Dunajec	Hinga	Średnio Mean
Po 60 dniach od sadzenia 60 days after planting	6,6	6,8	8,8	4,7	4,1	3,6	10,6	5,7	4,7	3,7	6,5	6,0
Po 75 dniach od sadzenia 75 days after planting	23,0	25,2	27,8	15,5	18,6	13,3	23,0	18,4	19,9	14,0	17,5	19,6
Po dojrzałości roślin At plants maturity	39,5	39,0	34,0	35,1	37,0	31,3	35,8	37,9	44,3	31,3	37,1	36,6

NIR dla zbioru; LSD for harvest:

— po 60 dniach od sadzenia; 60 days after planting — 1,7 t/ha

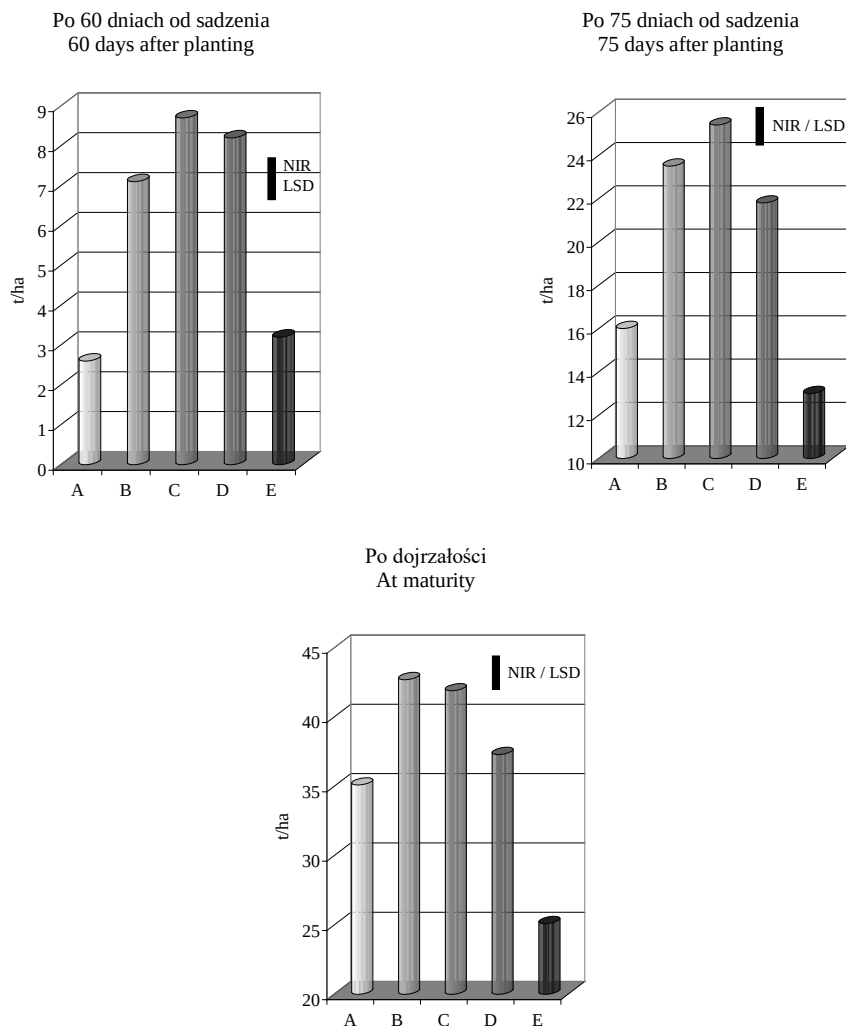
— po 75 dniach od sadzenia; 75 days after planting — 2,8 t/ha

— po dojrzałości roślin; at plants maturity — 4,4 t/ha

Wszystkie badane odmiany zareagowały dodatnio na zmianę wieku fizjologicznego bulw matecznych w stosunku do kombinacji A, czyli w stosunku do bulw niepodkielkowanych, przechowywanych od jesieni do sadzenia w komorze o temperaturze około 2° C (rys. 1).

W pierwszym terminie zbioru, po 60 dniach od sadzenia, optymalny ze względu na wartość plonotwórczą wiek fizjologiczny bulw został osiągnięty wówczas, gdy po okresie przechowywania były one podkielkowane przez okres 10 tygodni (kombinacja C — plon 8,7 t/ha). Wzrost plonu pod wpływem 4 tygodniowego okresu podkielkowania (kombinacja B) wynosił w stosunku do kombinacji kontrolnej A — 4,5 t/ha, czyli 173%, a pod wpływem 10 tygodniowego okresu podkielkowania — 6,1 t/ha, czyli 234%. Wartość plonotwórcza bulw matecznych podkielkowanych na świetle od jesieni (kombinacja D) była również bardzo wysoka — wzrost plonu w stosunku do kombinacji A wynosił 5,6 t/ha, czyli 215%. Wyraźny spadek wigoru bulw stwierdzono wówczas, gdy rozpoczęcie okresu oddziaływania temperaturą 18° C miało miejsce jesienią a proces

kiełkowania bulw zachodził w ciemności i był połączony z trzykrotnym obrywaniem kiełków (kombinacja E). W tym wypadku jednak plon był również nieco wyższy aniżeli w kombinacji kontrolnej A i wynosił 3,2 t/ha, ale różnica 0,6 t/ha nie była statystycznie istotna (rys. 1).



Wiek fizjologiczny bulw matecznych*
Physiological age of mother tubers*

*Objaśnienia w tabeli 1; Explanation in the table 1

Rys. 1. Wpływ wieku fizjologicznego bulw matecznych na plon po 60 i 75 dniach od sadzenia oraz po dojrzałości roślin —średnia dla 11 badanych odmian. Jadwisin 1995–1999

Fig. 1. The influence of physiological age of mother tubers on the yield harvested 60, 75 days after planting and at maturity – mean values for 11 tested cultivars. Jadwisin 1995–1999

W drugim terminie zbioru, po 75 dniach od sadzenia, najwyższe plony uzyskano również z bulw matecznych podkiełkowanych przez okres 10 tygodni (kombinacja C — 25,4 t/ha). Wzrost plonu pod wpływem takiego okresu podkiełkowania wyniósł 9,4 t/ha, czyli 59% w stosunku do kombinacji kontrolnej A, podczas gdy w efekcie podkiełkowania bulw matecznych przez okres 4 tygodni — 7,5 t/ha, czyli 47%. Wartość plonotwórcza bulw matecznych z kombinacji D, czyli podkiełkowanych na świetle od jesieni była nadal wyższa od bulw przechowywanych do momentu sadzenia w temperaturze 2° C — plon w tym przypadku wyniósł 21,8 t/ha i był wyższy od kombinacji kontrolnej o 5,8 t/ha, czyli o 36%. W przypadku zastosowania bulw matecznych fizjologicznie najstarszych (kombinacja E) wystąpił spadek plonu o 18,8 t/ha w stosunku do kombinacji D i o 3,0 t/ha w stosunku do kontrolnej kombinacji A (rys. 1).

W trzecim terminie zbioru, po dojrzałości roślin, najwyższy plon badanych odmian wyniósł 42,7 t/ha. Uzyskany był na poletkach obsadzonych bulwami matecznymi z kombinacji B, czyli podkiełkowanymi przez okres 4 tygodni. Był wyższy w stosunku do kombinacji kontrolnej A o 7,6 t/ha, czyli o 22%. Wydłużenie okresu podkiełkowania bulw do 10 i więcej tygodni wpływało ujemnie na plon, który w kombinacji C wyniósł 41,9 t/ha, a w kombinacji D — 37,3 t/ha. Najniższy plon badanych odmian wynoszący 25,1 t/ha miał miejsce w kombinacji E (rys. 1).

Tabela 4

Najwyższe plony poszczególnych badanych odmian w zależności od terminu zbioru i wieku fizjologicznego bulw matecznych. Jadwisin 1995–1999
The highest yield of tested cultivars in dependence on the harvest date and physiological age of mother tubers. Jadwisin 1995–1999

Odmiana Cultivar	Zbiór Harvest					
	po 60 dniach od sadzenia 60 days after planting		po 75 dniach od sadzenia 75 days after planting		po dojrzałości roślin at plants maturity	
	wiek fizjologiczny bulw matecznych* physiological age of mother tubers	plon yield t/ha	wiek fizjologiczny bulw matecznych* physiological age of mother tubers	plon yield t/ha	wiek fizjologiczny bulw matecznych* physiological age of mother tubers	plon yield t/ha
Albina	D	11,2	C	30,6	C	45,5
Bila	C	9,8	C	33,8	B	42,8
Sumak	C	11,2	C	35,6	B	40,9
Baszta	C	8,0	C	21,2	C	48,3
Głada	C	6,9	B	23,1	B	42,4
Ikar	D	5,6	C	16,6	B	38,5
Irga	D	17,8	C	34,0	C	47,3
Oda	D	7,4	C	21,6	C	40,4
Vistula	C	7,2	C	27,5	B	52,0
Dunajec	C	5,4	B	16,7	B	34,4
Hinga	C	8,7	B	22,5	B	46,4

* Objasnienia w tabeli 1; Explanation in table 1

Mimo, iż nie stwierdzono istotnego współdziałania wieku fizjologicznego bulw matecznych z odmianami, to jednak we wszystkich terminach zbioru odmiana Albina, Irga i Oda charakteryzowały się najwyższymi plonami przy bardzo długim okresie

podkiełkowywania bulw matecznych (w I terminie zbioru kombinacja D, w II i III terminie — kombinacja C, tab. 4).

We wszystkich terminach zbioru stwierdzono bardzo silny ujemny wpływ długotrwałego oddziaływania ciemności i obrywania kielków (kombinacja E), na wigor bulw matecznych. Wskazuje na to wyraźnie obniżenie plonu w kombinacji E w stosunku do kombinacji D przy tej samej sumie kumulowanej temperatury wynoszącej 3078 stopniodni (tab. 1, rys. 1). Spadek plonu w wyniku oddziaływania tego czynnika wynosił w I terminie zbioru — 5,0 t/ha czyli 61%, w II terminie zbioru — 8,8 t/ha czyli 40% i w III terminie zbioru — 12,2 t/ha czyli 33% (rys. 1). Jego znaczenie w ciągu trwania wegetacji roślin było zatem malejące.

Wpływ na liczbę bulw w plonie

Proces tuberyzacji, czyli tworzenia się bulw, był dosyć rozciągnięty w czasie zarówno u odmian wczesnych jak i o dłuższym okresie wegetacji. Świadczy o tym rosnąca liczba bulw przypadająca na roślinę pomiędzy 60 a 75 dniem po sadzeniu (tab. 5).

Tabela 5

Liczba bulw w plonie badanych odmian w zależności od terminów zbioru — wartości średnie dla wieku fizjologicznego bulw matecznych (szt./roślinę). Jadwisin 1995–1999
Tubers number in yield of tested cultivars in dependence on the date of harvest mean value for physiological age of mother tubers (number/plant). Jadwisin 1995–1999

Zbiór Harvest	Odmiana Cultivar											
	Albina	Bila	Sumak	Baszta	Głada	Ikar	Irga	Oda	Vistula	Dunajec	Hinga	Średnio Mean
Po 60 dniach od sadzenia 60 days after planting	7,8	9,1	10,3	7,3	8,1	4,6	10,0	8,2	8,1	8,2	8,7	8,2
Po 75 dniach od sadzenia 75 days after planting	13,2	13,1	14,2	14,8	16,9	10,9	12,6	11,7	15,4	17,0	15,9	14,1

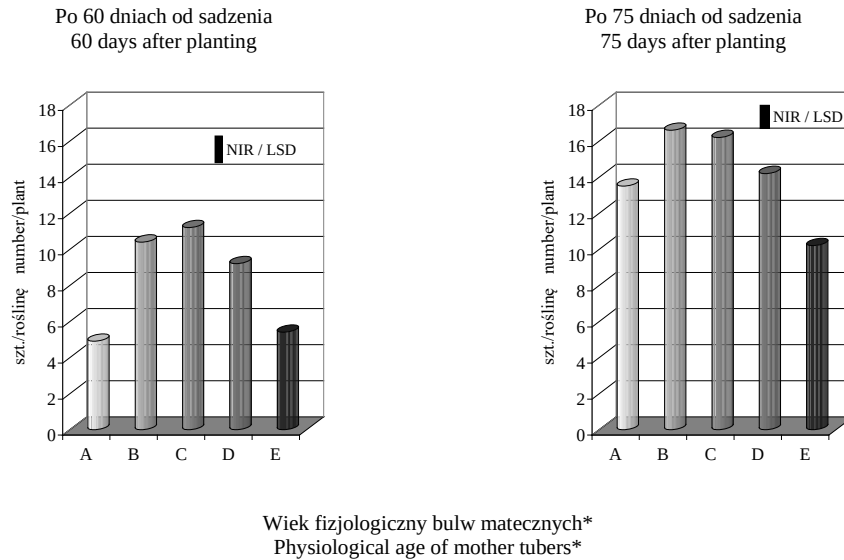
NIR dla zbioru; LSD for harvest:

— po 60 dniach od sadzenia; 60 days after planting — 1,5 szt./roślinę 1,5/plant

— po 75 dniach od sadzenia; 75 days after planting — 2,1 szt./roślinę 2,1/plant

W pierwszym terminie zbioru na jedną roślinę przypadało przeciętnie 8,2 bulw, a w drugim terminie — 14,1 bulw czyli o 5,9 sztuk (72%) więcej. Po 60 dniach od sadzenia największą liczbę bulw charakteryzowała się odmiana Sumak (10,3 szt./roślinę) i Irga (10,0 szt./roślinę), a po 75 dniach odmiana Dunajec (17,0 szt./roślinę) i Głada (16,9 szt./roślinę). Wiek fizjologiczny sadzeniaków modyfikował liczbę wytwarzanych przez rośliny bulw (rys. 2). W plonie po 60 dniach od sadzenia najniższą liczbą bulw przypadających na jedną roślinę charakteryzowała się kombinacja kontrolna A — 4,9 szt./roślinę (rys. 2). Pod wpływem podkiełkowywania bulw matecznych przez okres 4 i 10 tygodni liczba bulw potomnych zwiększyła się do 10,4 i 11,2 szt./roślinę (kombinacja B i C). Dalsze wydłużenie okresu podkiełkowywania do jesieni (kombinacja D) spowodowało zmniejszenie się liczby bulw w plonie o 18%, do 9,2 szt./roślinę, ale było ich jednak o 4,3

szt./roślinę, czyli o 88% więcej niż w kombinacji kontrolnej A. Podkielkowanie bulw matecznych od jesieni w ciemności (kombinacja E) wpłynęło ujemnie na liczbę wytwarzanych przez rośliny bulw. Wynosiła ona 5,4 szt./roślinę i była mniejsza o 3,8 szt./roślinę czyli o 41% aniżeli w kombinacji D, ale większa o 0,5 szt./roślinę aniżeli w kombinacji kontrolnej A (rys. 2).



* Objasnienia w tabeli 1. Explanation in the table 1

Rys. 2. Wpływ wieku fizjologicznego bulw matecznych na liczbę bulw w plonie po 60 i 75 dniach od sadzenia — średnia dla 11 badanych odmian. Jadwisin 1995–1999

Fig. 2. The influence of physiological age of mother tubers on tubers number in the yield harvested 60, 75 days after planting – mean values for 11 tested cultivars. Jadwisin 1995–1999

W plonie po 75 dniach od sadzenia liczba bulw przypadających na jedną roślinę w kombinacji kontrolnej A wynosiła 13,5 szt./roślinę (rys. 2). Jednak i w tym terminie zbioru pod wpływem podkielkowania bulw matecznych przez okres 4 i 10 tygodni liczba bulw potomnych zwiększyła się do 16,6 i 16,2 szt./roślinę (kombinacja B i C). Spadek liczby bulw na skutek wydłużonego do jesieni okresu podkielkowania (kombinacja D) był mniejszy aniżeli w pierwszym terminie zbioru i wynosił 2,0 szt./roślinę, czyli 12% (rys. 2). Wpływ ciemności (kombinacja E) w plonie był istotny, ale również nieco mniejszy aniżeli w pierwszym terminie zbioru. Liczba bulw w tej kombinacji była niższa o 4 szt./roślinę czyli o 28% w stosunku do kombinacji D (rys. 2). Reakcja poszczególnych odmian była jednak zróżnicowana. U odmiany Oda najwyższa liczba bulw przypadających na 1 roślinę wystąpiła przy bardzo długim okresie podkielkowania (kombinacja D) w obydwu terminach zbioru (tab. 6). Zbliżoną reakcję wykazywała odmiana Albina.

Tabela 6

Najwyższa liczba bulw poszczególnych badanych odmian w zależności od terminu zbioru i wieku fizjologicznego bulw matecznych. Jadwisin 1995–1999
The highest number of tubers per plant for tested cultivars in dependence on the date of harvest and physiological age of mother tubers. Jadwisin 1995–1999

Odmiana Cultivar	Zbiór Harvest			
	po 60 dniach od sadzenia 60 days after planting		po 75 dniach od sadzenia 75 days after planting	
	wiek fizjologiczny* physiological age*	liczba bulw/roślinę tubers number/plant	wiek fizjologiczny* physiological age*	liczba bulw na roślinę tubers number per plant
Albina	D	10,0	C	15,0
Bila	C	11,4	B	15,2
Sumak	C	12,8	C	16,9
Baszta	C	13,2	B	20,4
Głada	C	12,2	B	18,0
Ikar	D	6,2	A	15,1
Irga	C	14,1	B	15,9
Oda	D	9,8	D	15,0
Vistula	C	12,9	C	19,6
Dunajec	B	11,2	B	20,0
Hinga	B	12,0	B	20,0

* Objasnienia w tabeli 1; Explanation in table 1

Tabela 7

Udział bulw wielkości sadzeniaków ($\varnothing$ 30–60 mm) oraz bulw dużych ($\varnothing$ > 60 mm) w plonie końcowym w zależności od odmiany — wartości średnie dla wieku fizjologicznego bulw matecznych. Jadwisin 1995–1999

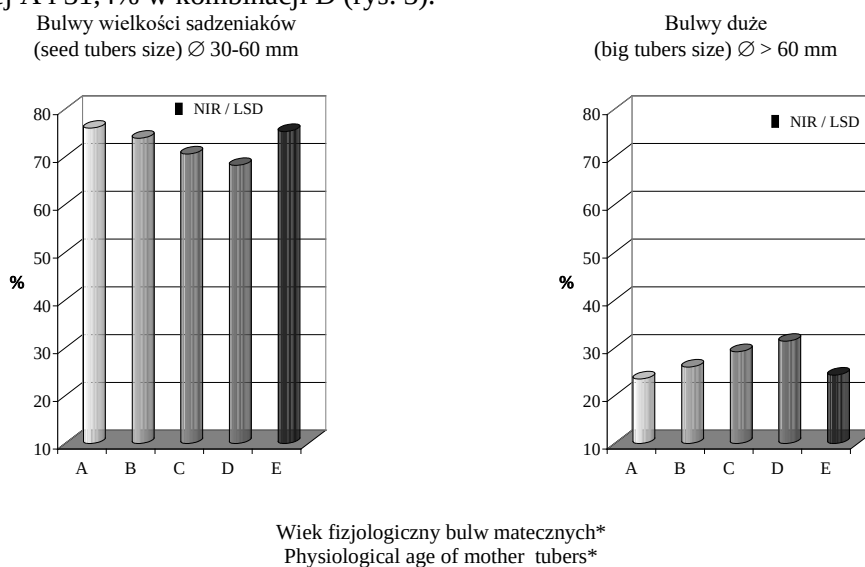
Share of seed tubers ($\varnothing$ 30–60 mm) and big tuber size ($\varnothing$ > 60 mm) in the yield at maturity in dependence on cultivar — mean values for physiological age of mother tubers. Jadwisin 1995–1999

Wielkość bulw Tubers size	Cecha Trait	Odmiana Cultivar											
		Albina	Bila	Sumak	Baszta	Głada	Ikar	Irga	Oda	Vistula	Dunajec	Hinga	Średnio Mean
Poprzeczna średnica Transversal diameter 30–60 mm	% udział bulw w plonie Percentage of seed tubers (%)	63,2	60,5	72,3	76,0	86,5	66,8	61,3	71,4	81,1	91,4	70,3	72,8
	Plon bulw Yield (t/ha)	24,7	22,9	24,6	26,7	31,9	20,7	21,3	27,0	35,8	28,0	26,2	26,3
	% udział bulw w plonie Percentage of seed tubers (%)	36,7	39,1	27,6	23,6	13,4	33,0	38,9	28,4	18,6	7,3	29,5	26,9
Poprzeczna średnica Transversal diameter > 60 mm	Plon bulw (t/ha) Yield (t/ha)	14,7	14,5	9,4	8,2	5,0	10,4	14,7	10,8	8,3	2,3	10,8	9,9
	NIR dla: LSD for:	procentowego udziału bulw wielkości sadzeniaków; percentage of seed tubers size ($\varnothing$ 30-60 mm) — 3,9% plonu bulw wielkości sadzeniaków; yield of seed tubers size ($\varnothing$ 30–60 mm) — 3,5 t/ha procentowego udziału bulw dużych; percentage of big tubers size ($\varnothing$ >60 mm) — 3,9% plonu bulw dużych; yield of big tuber size ($\varnothing$ >60 mm) — 2,0 t/ha											

Wpływ na procentowy udział sadzeniaków i bulw dużych w plonie

W plonie końcowym, po dojrzałości roślin, stwierdzono istotne zróżnicowanie badanych odmian pod względem wielkości bulw. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 7.

Wiek fizjologiczny bulw matecznych w istotny sposób modyfikował procentowy udział bulw wielkości sadzeniaków i bulw dużych w plonie końcowym (tab. 2, rys. 3). Największy procent bulw o poprzecznej średnicy 30–60 mm stwierdzono w kombinacji kontrolnej A, a więc w przypadku bulw matecznych niepodkielkowanych (76,0%). Procent ten stopniowo, istotnie obniżał się w miarę wydłużania okresu podkielkowania do jesieni i w kombinacji D jego wartość wynosiła 68,2%. Czynniki ciemności w okresie podkielkowania bulw miał tym razem dodatni wpływ na tę wartość, która wynosiła 73,5%. Udział bulw dużych w plonie, o poprzecznej średnicy większej od 60 mm, ulegał odwrotnie do udziału bulw wielkości sadzeniaków i wynosił 23,5% w kombinacji kontrolnej A i 31,4% w kombinacji D (rys. 3).



* Objasnienia w tabeli 1; Explanation in the table 1

Rys. 3. Wpływ wieku fizjologicznego bulw matecznych na procentowy udział bulw wielkości sadzeniaków i bulw dużych w plonie końcowym — wartości średnie dla 11 badanych odmian. Jadwisin 1995–1999

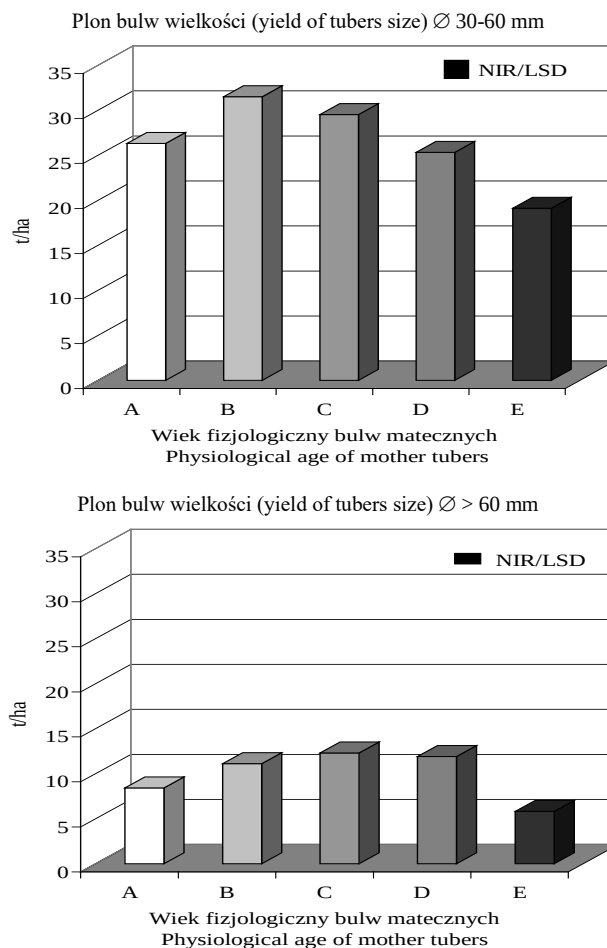
Fig. 3. The influence of physiological age of mother tubers on share of seed tuber and big tuber size in the final yield mean values for 11 tested cultivars. Jadwisin 1995–1999

Wpływ na plon sadzeniaków i bulw dużych

Ważniejszy z rolniczego punktu widzenia plon bulw wielkości sadzeniaków i plon bulw dużych ulegał istotnej modyfikacji pod wpływem zróżnicowanego wieku fizjologicznego bulw matecznych (tab. 2, rys. 4).

Najwyższy średni plon sadzeniaków, czyli bulw o poprzecznej średnicy 30-60 mm uzyskano w kombinacji B przy 4-tygodniowym okresie podkielkowania — 31,5 t/ha. Wydłużenie okresu podkielkowania do 10 tygodni spowodowało jego obniżenie do 29,5

t/ha. Wpływ bardziej zaawansowanego wieku fizjologicznego bulw matecznych spowodował kolejny spadek plonu sadzeniaków do 25,3 t/ha w kombinacji D, czyli o 20% i do 19,1 t/ha w kombinacji E, czyli o 39% w stosunku do kombinacji B (rys. 4).



Rys. 4. Wpływ wieku fizjologicznego bulw matecznych na plon końcowy bulw wielkości sadzeniaków i bulw dużych — wartości średnie dla 11 badanych odmian. Jadwisin 1995–1999
Fig. 4. The influence of physiological age of mother tubers on the final yield of seed tuber and big tuber size — mean values for 11 tested cultivars. Jadwisin 1995–1999

Optymalny wiek fizjologiczny bulw matecznych ze względu na wielkość plonu bulw dużych, o przeciętnej średnicy większej od 60 mm, uzyskano w kombinacji C, czyli w wyniku 10 tygodniowego okresu podkielekowania bulw matecznych, (tab. 1, rys. 4). Plon bulw dużych wynosił wówczas 12,3 t/ha. Krótszy okres podkielekowania wpływał na obniżenie plonu tej frakcji bulw -do 11,1 t/ha w kombinacji B i do 8,4 t/ha w kombinacji

A. Natomiast w wyniku dłuższego okresu podkiełkowania, od jesieni, uzyskany plon bulw dużych był tylko nieco niższy i wynosił 11,9 t/ha (kombinacja D). Dopiero zastosowanie bulw matecznych z kombinacji E spowodowało gwałtowny spadek plonu bulw dużych do 5,8 t/ha, czyli o 53% w stosunku do optymalnej kombinacji C (rys. 4).

Mimo, iż statystycznie nie potwierdzono odmienności reakcji badanych odmian w wytwarzaniu plonu bulw frakcji sadzeniaków i bulw dużych, to jednak można zauważyć zróżnicowany stopień ich reakcji na badany czynnik wieku fizjologicznego bulw matecznych. Świadczą o tym rzeczywiste najwyższe wartości plonu poszczególnych frakcji bulw (tab. 8). Dla większości badanych odmian optymalny wiek fizjologiczny bulw matecznych ze względu na uzyskanie maksymalnego plonu bulw o poprzecznej średnicy 30–60 mm, to kombinacja B, czyli 4-tygodniowy okres podkiełkowania, ale dla odmiany Irga i Oda — kombinacja C, czyli 10-tygodniowy okres podkiełkowania. Ze względu na plon bulw dużych, o poprzecznej średnicy większej od 60 mm, optymalny wiek fizjologiczny bulw matecznych dla pięciu badanych odmian (Bila, Baszta, Głada, Irga, Oda) to kombinacja D, dla innych pięciu (Albina, Ikar, Oda, Dunajec, Hinga), to kombinacja C i tylko dla jednej (odmiana Sumak) kombinacja B (tab. 8).

Tabela 8

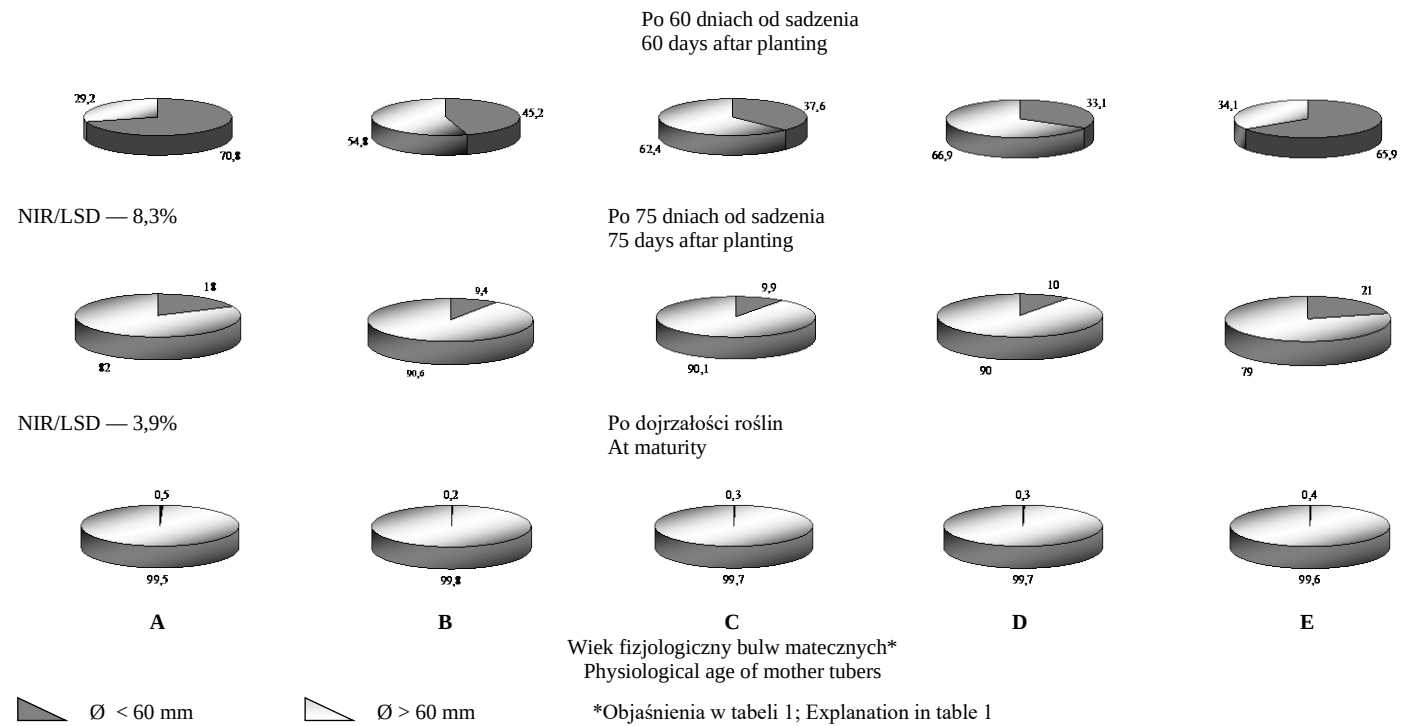
Najwyższe plony bulw wielkości sadzeniaków i bulw dużych w zależności od odmiany i wieku fizjologicznego bulw matecznych. Jadwisin 1995–1999
The highest yield of seed tuber and big tuber size in dependence on cultivar and physiological age of mother tubers. Jadwisin 1995–1999

Odmiana Cultivar	Bulwy wielkości sadzeniaków Seed tuber size (Ø 30-60 mm)		Bulwy duże Big tuber size (Ø 30-60 mm)	
	wiek fizjologiczny bulw matecznych* physiological age of mother tubers*	plon yield t/ha	wiek fizjologiczny bulw matecznych* physiological age of mother tubers*	plon yield t/ha
Albina	B	27,5	C	20,6
Bila	B	28,4	D	16,2
Sumak	B	29,2	B	11,6
Baszta	B	37,3	D	13,2
Głada	B	38,4	D	7,5
Ikar	A	24,5	C	13,0
Irga	C	28,6	D	19,7
Oda	C	27,1	C	13,1
Vistula	B	41,4	D	10,6
Dunajec	B	32,1	C	2,6
Hinga	B	34,0	C	13,5

* objaśnienia w tabeli 1; Explanation in table 1

Wpływ na procentowy udział bulw frakcji handlowej w plonie

Szeroko pojęta wielkość plonu bulw frakcji handlowej, a więc zarówno plonu bulw konsumpcyjnych jak i sadzeniaków (o poprzecznej średnicy większej od 30 mm) zależna była od terminu zbioru (rys. 5). Rola czynnika wieku fizjologicznego bulw matecznych w procentowym udziale bulw tej frakcji zaznaczyła się najsilniej w plonie po 60 dniach od sadzenia. Zakres wpływu badanego czynnika na procentowy udział w plonie bulw o poprzecznej średnicy większej od 30 mm wynosił 37,7%, od 29,2 do 66,9%.



Rys. 5. Wpływ wieku fizjologicznego bulw matecznych na procentowy udział frakcji bulw o poprzecznej średnicy mniejszej i większej od 60 mm w trzech terminach zbioru — średnie dla 11 badanych odmian. Jadwisin 1995–1999

Fig. 5. The influence of physiological age of mother tubers on percentage share of tuber fractions with transversal diameter smaller and bigger than 60 mm in three dates of harvest — mean values for 11 tested cultivars. Jadwisin 1995–1999

W drugim terminie zbioru zakres tego wpływu był już znacznie mniejszy — 11,0%, od 79,0 do 90,0%, a w trzecim terminie zbioru, po dojrzałości roślin wpływu takiego nie stwierdzono (tab. 2, rys. 5). Bulwy o poprzecznej średnicy mniejszej od 30 mm miały bowiem znikomy udział w plonie końcowym — 0,2–0,5%.

DYSKUSJA

Wiek fizjologiczny bulw matecznych odgrywa istotną rolę w plonowaniu ziemniaka, ale dotychczas nie znaleziono uniwersalnego miernika dla tej ich właściwości. Niektórzy autorzy, stosując jeszcze obecnie sumę kumulowanych temperatur tzw. stopniodni (Reust i in., 2001 b). Nie jest to jednak miernik uniwersalny, co wykazała już wcześniej Rykaczewska (1986 a, b). Najbardziej właściwym wydaje się stosowanie opisu warunków w jakich bulwy znajdowały się wcześniej i opisu stanu ich kiełkowania. W niniejszej pracy zastosowano taki właśnie opis oraz dodatkowo wprowadzono sumę kumulowanych temperatur celem ponownej weryfikacji tezy o braku uniwersalności tego miernika (tab. 1).

Tempo przyrostów plonu badanych w tej pracy odmian w kolejnych terminach zbioru, po 60 i 75 dniach od sadzenia oraz po osiągnięciu przez rośliny dojrzałości (6,0–19,6–36,6 t/ha) było typowe dla warunków Jadwisina (tab. 3). Na podkreślenie zasługuje relatywnie wysoki plon średnio wczesnej odmiany Irga w pierwszym i drugim terminie zbioru (10,6 i 23,0 t/ha). Jest to najprawdopodobniej jednym z głównych powodów popularności tej odmiany od początku sezonu ziemniaków wczesnych. Wiele prac wskazuje na możliwość przyspieszenia wegetacji roślin ziemniaka i wcześniejszego wytworzenia przez nie plonu w wyniku stosowania bulw matecznych w bardziej zaawansowanym wieku fizjologicznym (Vokis, 1986; Bodleander i Marinus, 1987; Loon, 1987; Zaag i Loon, 1987; Reust, 1990; Ittersum, 1992; Marinus, 1992; Rykaczewska, 1986 a; 1993, 1997 b; 1999 a). W naszym doświadczeniu wszystkie badane odmiany zareagowały również dodatnio na podkiełkowanie, ale stopień reakcji zależny był od terminu zbioru (rys.1). Efekt podkiełkowania był tym większy im termin jego był wcześniejszy. Wyniki takie są zbieżne z rezultatami poprzednich prac (Rykaczewska, 1986 a; 1993; 1999 a; 2000 a; Wierzejska-Bujakowska i Szutkowska, 1996; Bernat i Jabłoński, 2000). Niekiedy nie stwierdzano dodatniego wpływu podkiełkowania bulw na plon (Płodowska, 1988). Mogło to być jednak związane z podwyższoną o kilka stopni temperaturą w przechowalni. Niestety w publikacjach często brak informacji odnośnie temperatury przechowywania sadzeniaków oraz nierzadko występującego kiełkowania bulw w przechowalni a następnie ewentualnego obrywania kielków przed rozpoczęciem zabiegu podkiełkowania (Pietryka, 1988; Wierzejska-Bujakowska i Szutkowska, 1996; Szutkowska i Wierzejska-Bujakowska, 2000; Bernat i Jabłoński, 2000). Ponadto brak jest informacji odnośnie temperatury i długości podkiełkowania (Wierzejska-Bujakowska, 1981; Wierzejska-Bujakowska i in., 1988; Płodowska, 1988; Bernat i Jabłoński, 2000). Wówczas interpretacja wyników i ich porównywanie jest utrudnione, bowiem nie wiadomo, w jakim stanie fizjologicznym były sadzeniaki przed i po zabiegu podkiełkowania. W omawianej pracy istotnym czynnikiem regulacji wieku fizjologicznego była długość okresu

podkiełkowywania. W dwóch pierwszych terminach zbioru, po 60 i 75 dniach od sadzenia, optymalna długość tego okresu wynosiła przeciętnie 10 tygodni, a w końcowym terminie zbioru — 4 tygodnie (rys. 1). A zatem im wcześniejszy był zbiór, tym korzystniejszy był dłuższy okres podkiełkowywania. Uzyskane w niniejszej pracy wyniki, dotyczące reakcji nowych odmian ziemniaka, potwierdzają dotychczasową wiedzę w tym zakresie (Rykaczewska, 1997 c). Wnoszą dodatkowo informację o wpływie czynnika ciemności oddziałującego na bulwy w okresie od jesieni do sadzenia, połączonego z obrywaniem kiełków. We wszystkich terminach zbioru stwierdzono wysoce negatywny jego wpływ na wigor bulw matecznych a w konsekwencji na plon badanych odmian. Był on tym większy, im wcześniejszy był zbiór i wynosił kolejno 61, 40 i 33% w stosunku do takiego samego okresu podkiełkowywania bulw na świetle. Na negatywny wpływ ciemności na plon wczesnych odmian ziemniaka wskazywano już wcześniej (Rykaczewska, 1999 a), ale uzyskane w niniejszej pracy wyniki wskazują, iż suma kumulowanych temperatur nie była właściwym miernikiem wieku fizjologicznego bulw matecznych ze względu na zróżnicowany wpływ czynnika światła i ciemności na plon. Czynniki te wywierały również odmienny wpływ na strukturę roślin i architekturę łanu ziemniaka, co wykazano w poprzedniej pracy (Rykaczewska, 2002). W większości dotychczasowych publikacji stwierdzono odmienną reakcję badanych odmian na różne warunki przechowywania i podkiełkowywania (Rykaczewska, 1986 a; 1993; 1997 b; 1999 a; 2000; Loon, 1987; van der Zaag i van Loon, 1987; Reust, 1990; Wierzejska-Bujakowska i Szutkowska, 1996; Szutkowska i Wierzejska-Bujakowska, 2000, Reust i wsp. 2001a, b). W niniejszej pracy nie udowodniono zróżnicowania reakcji odmian na wiek fizjologiczny (tab. 2). Było to najprawdopodobniej spowodowane wprowadzeniem do doświadczenia niewielkiej liczby kombinacji, w tym kombinacji ekstremalnych A i E, wobec tego optimum plonu mogło przypadać jedynie na trzy pozostałe — B, C lub D. Ponadto wszystkie badane tu odmiany charakteryzowały się stosunkowo wolnym tempem fizjologicznego starzenia się, w przeciwieństwie do poprzednich serii doświadczeń (Rykaczewska 1993, 1999 a). Obecnie częstotliwość występowania genotypów charakteryzujących się szybkim fizjologicznym starzeniem się może być mniejsza. Sugeruje to długość okresu spoczynku bulw odmian ziemniaka wyhodowanych w ciągu ostatnich 45 lat (Rykaczewska 1997 a, 2000 b). W kolejnych pięcioleciach tego okresu stwierdzono bowiem wzrastający procentowy udział odmian o długim okresie spoczynku w ogólnej ich liczbie. Uzyskane w omawianej pracy wyniki odnośnie plonu i jego struktury wskazują jednak na szczególnie wolne fizjologicznie starzenie się bulw odmian Albina i Oda (tab. 4, 6 i 8). Są one zgodne z rezultatami uzyskanymi przez Sowę-Niedziałkowską (2000). Plon końcowy badanych w niniejszym doświadczeniu odmian charakteryzował się typową przeciętną strukturą — przeważały w nim udziały bulw wielkości sadzeniaków i wynosił 72,8%, udział bulw większych od sadzeniaków stanowił 26,9%, a udział bulw małych o poprzecznej średnicy mniejszej od 30 mm był znikomy i wynosił 0,3% (tab. 7. rys. 5). Wiek fizjologiczny bulw matecznych modyfikował ten układ (rys. 3). Im bulwy mateczne były fizjologicznie starsze, ale podkiełkowane na świetle, tym udział sadzeniaków w plonie ogólnym zmniejszał się, a udział bulw dużych — zwiększał. Podobna zależność została stwierdzona we wcześniejszej pracy z odmianami wczesnymi (Rykaczewska, 2000 a) i średnio

wczesnymi (Rykaczewska, 1999 b). Odwrotna reakcja bulw podkiełkowsywanych w ciemności związana była z obniżonym ich wigorem i ze słabą zdolnością roślin do wytwarzania bulw dużych.

Przedstawiona w pracy zależność plonu sadzeniaków i bulw dużych od wieku fizjologicznego bulw matecznych, obejmującego kombinacje ekstremalne (rys. 4), stanowi kolejną nową informację odnośnie fizjologicznego potencjału sadzeniaków, jako elementu ich wartości nasiennej.

WNIOSKI

1. Stwierdzono istotny wpływ wieku fizjologicznego bulw matecznych ziemniaka na plon ogólny w trzech terminach zbioru. Jego optimum ze względu na wartość plonotwórczą przypadało na kombinację C, czyli na 10 tygodni podkiełkowsywania we wcześniejszych terminach zbioru oraz na kombinację B, czyli na 4 tygodnie w przypadku zbioru końcowego. Efekt badanego czynnika zmniejszał się z upływem okresu wegetacji. Po 60 dniach od sadzenia wynosił przeciętnie dla badanych odmian ziemniaka 234%, po 75 dniach — 59%, a po dojrzałości roślin — 22% w stosunku do kombinacji kontrolnej A, czyli bez zabiegu podkiełkowsywania.
2. Wiek fizjologiczny bulw matecznych ziemniaka w istotny sposób modyfikował procentowy udział bulw o poprzecznej średnicy większej od 30 mm w plonie we wcześniejszych terminach zbioru.
3. Stwierdzono istotny wpływ wieku fizjologicznego bulw matecznych badanych odmian ziemniaka na procentowy udział bulw wielkości sadzeniaków i bulw dużych w plonie końcowym. Najwyższy procentowy udział bulw o poprzecznej średnicy 30–60 mm wystąpił w kombinacji kontrolnej A, bez podkiełkowsywania, a bulw o poprzecznej średnicy większej od 60 mm — przy długim okresie podkiełkowsywania, od jesieni (kombinacja D).
4. Optimum wieku fizjologicznego bulw matecznych, ze względu na uzyskanie maksymalnego plonu sadzeniaków przypadało na kombinację B (4 tygodnie podkiełkowsywania), a ze względu na uzyskanie maksymalnego plonu bulw dużych — na kombinację C (10 tygodni podkiełkowsywania).
5. Nie stwierdzono istotnego współdziałania wieku fizjologicznego z odmianami w odniesieniu do plonu i jego struktury, ale odmiany Albina, Irga i Oda wykazywały cechy bardzo wolnego fizjologicznego starzenia się.
6. Stwierdzono bardzo silny negatywny wpływ długotrwałego oddziaływania ciemności (kombinacja E) na wigor bulw w stosunku do oddziaływania światła (kombinacja D), w tych samych prowokacyjnych do kiełkowania warunkach termicznych.
7. Uzyskane wyniki wskazują, iż suma kumulowanych temperatur nie jest uniwersalnym miernikiem wieku fizjologicznego bulw ziemniaka.

LITERATURA

- Anonim J. 1999. Polski Katalog Odmian Ziemniaka. IHAR, Oddział Bonin, 200 s.
- Bernat E., Jabłoński K. 2000. Wpływ podkielkowania i nawożenia azotowego na plon handlowy odmian wczesnych Bila i Sumak. *Biuletyn IHAR*, 213: 99 — 107.
- Bodlaender K.B.A., Marinus J. 1987. Effect of physiological age on growth vigour of seed potatoes of two cultivars. 3. Effect on plant growth under controlled conditions. *Potato Research* 30: 423 — 440.
- Ittersum, van M.K. 1992. Dormancy and growth vigour of seed potatoes. Doctoral thesis, Wageningen, Agricultural University, Wageningen, 187 pp.
- Loon C. D. van. 1987. Effect of physiological age on growth vigour of seed potatoes of two cultivars. 4. Influence of storage period and storage temperature on growth and yield in the field. *Potato Research*, 30: 441 — 450.
- Marinus J. 1992. The effect of temperature and light during storage of young seed potatoes on initial plant development at early plantings. *Potato Research* 35: 343 — 354.
- Nalborczyk E. 1996. Dobór i wykorzystanie nowoczesnej aparatury kontrolno-pomiarowej w doświadczalnictwie polowym. I. Oznaczanie wymiany gazowej, struktury przestrzennej i bilansu energii fotosyntetycznie czynnej radiacji roślin w łanie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z.* 447: 81 — 90.
- Pietryka M. 1988. Wpływ długości okresu podkielkowania na udział sadzeńników mniejszych i większych w plonie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 342: 59 — 61.
- Płodowska J. 1988. Wpływ gęstości sadzenia i podkielkowania na wydajność sadzeńników nowych odmian ziemniaka w rejonie warszawskim. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z.* 342: 127 — 136.
- Reust W. 1986. Physiological age of the potato. Definitions of terms. EAPR working group. *Potato Research* 29: 268 — 271.
- Reust W. 1990. Sur l'importance des caractères physiologique des variétés de pomme de terre la conservation de plants, la prégermination et le rendement. *Revue Suisse Agriculture* 22 : 51 — 57.
- Reust W., Hebeisen T., Ballmer T., Steenblock T. 2001a. Liste siusse des variétés de pomme de terre. 2002. *Revue Suisse Agriculture*, 33, 6: I — VI.
- Reust W., Winiger F. A. Hebeisen T and Dutoit J.P. 2001 b. Assessment of the physiological vigour of new potato cultivars in Switzerland. *Potato Research* 44: 11 — 17.
- Rykaczewska K. 1986 a. Wpływ wieku fizjologicznego bulw matecznych różnicowanego jesiennym pobudzaniem i wiosennym podkielkowaniem na rozwój i plonowanie wczesnych odmian ziemniaka. *Ziemniak, Kartofiel, The Potato*: 17 — 38.
- Rykaczewska K. 1986 b. Wpływ wieku chronologicznego bulw wczesnych odmian ziemniaka na ich wartość biologiczną. *Ziemniak, Kartofiel, The Potato*: 39 — 49.
- Rykaczewska K. 1993. Wiek fizjologiczny bulw matecznych ziemniaka jako czynnik modyfikujący produktywność roślin. *Fragm. Agron.* 2: 5 — 50.
- Rykaczewska K. 1997 a. Okres spoczynku bulw odmian ziemniaka wyhodowanych w latach 1955–1994, *Biul. Inst. Ziemn.* 48/II: 59 — 64.
- Rykaczewska K. 1997 b. Potencjał plonotwórczy sadzeńników w zależności od wieku fizjologicznego W: *Produkcja ziemniaków*. wyd. II. pr. zbior. Chotkowski J.(red.), Bonin, 30 — 34.
- Rykaczewska K. 1997 c. Zasady podkielkowania. [W:] *Produkcja ziemniaków*, wyd. II., praca zbiorowa, red. Chotkowski J., Bonin: 85 — 88.
- Rykaczewska K. 1998. Zmienność okresu spoczynku bulw ziemniaka w zależności od warunków pogody w okresie wegetacji. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z.* 463: 269 — 280.
- Rykaczewska K. 1999 a. Wpływ wieku fizjologicznego bulw matecznych i usuwania kielków przed sadzeniem na rozwój wczesnych odmian ziemniaka. *Biul. IHAR* 209: 97 — 110.
- Rykaczewska K. 1999b. Reproduction coefficient of early and middle early cultivars in relation to the physiological age of mother tubers. *Abstracts of 14th Trien. Conf. of the EAPR, Sorrento, Italy, 2-7 May*: 494.
- Rykaczewska K. 2000a. Wpływ wieku fizjologicznego sadzeńników na wielkość bulw w plonie wczesnych odmian ziemniaka. *Biul. IHAR* 215: 265 — 276.

- Rykaczewska K. 2000b. Changes in dormancy duration of the tubers of cultivars registered in the last 45 years. *Potato Research* 43: 438 — 439.
- Rykaczewska K. 2002 a. Rola wieku fizjologicznego bulw matecznych w kształtowaniu architektury łanu i plonu nowych odmian ziemniaka o zróżnicowanej długości okresu wegetacji. I. Wpływ wieku fizjologicznego bulw matecznych na strukturę rośliny i architekturę łanu. *Biul. IHAR* (w druku).
- Sowa-Niedziałkowska G. 2000. Oddziaływanie warunków przechowywania sadzeńiaków na wzrost i plonowanie odmian jadalnych ziemniaka. *Biul. IHAR* 213: 217 — 223.
- Szutkowska M., Wierzejska-Bujakowska A. 2000. Rola prawidłowego przygotowania sadzeńiaków i nawożenia azotem jako podstawowe elementy w produkcji ziemniaków na bardzo wczesny zbiór. *Biul. IHAR* 213: 75 — 85.
- Wierzejska-Bujakowska A. 1981. Rola podkielkowania w podwyższaniu plonów i efektywność nawożenia azotem u nowych odmian ziemniaka. *Biul. Inst. Ziemn.* 26: 51 — 73.
- Wierzejska-Bujakowska A., Gójski B., Goc K., Manikowski Z 1988. Wpływ podkielkowania na wydajność sadzeńiaków nowych odmian w różnych warunkach glebowo-klimatycznych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 342: 49 — 58.
- Wierzejska-Bujakowska A., Szutkowska M 1996. Optymalna długość podkielkowania wczesnych odmian ziemniaka. *Biul. Inst. Ziemn.* 47: 91 — 98.
- Vokis H.J. 1986. Influence of physiological ageing of seed potatoes on yield and earliness. *Potato Research*, 29: 417 — 425.
- Zaag D.E. van der, van Loon C.D. 1987. Effect of physiological age on growth vigour of seed potatoes of two cultivars. Review of literature and integration of some experimental results 5. *Potato Research*, 30: 451 — 472.

BARBARA SAWICKAKatedra Szczegółowej Uprawy Roślin
Akademia Rolnicza w Lublinie

Syntetyczne regulatory wzrostu Mival i Moddus 250 ME w uprawie ziemniaka

Część III. Wpływ regulatorów wzrostu na ciemnienie miąższu bulw surowych i gotowanych

The synthetic growth regulators Mival and Moddus 250 ME in potato cultivation Part III. The influence of growth regulators on darkening of raw and cooked tubers

Wyniki badań oparto na doświadczeniu polowym przeprowadzonym w Parczewie w latach 1993–1995 na glebie o składzie piasku gliniastego lekkiego. Eksperyment założono metodą losowanych podbloków, w 3 powtórzeniach. Czynnikiem I rzędu były regulatory wzrostu: Mival — w stężeniu 0,05%; Moddus 250 ME — w stężeniu 0,2%; obiekt kontrolny z wodą destylowaną. Czynnikiem II rzędu stanowiły terminy stosowania regulatorów wzrostu: przed sadzeniem i przed kwitnieniem. Czynnikiem III rzędu było 5 odmian ziemniaka: Drop (bardzo wczesna), Perkoz (wczesna), Irga (średnio wczesna), Grot (średnio późna), Elba (późna). Nawożenie mineralne i organiczne było na stałym poziomie w ilości: 100 kg N, 100 kg P₂O₅, 150 kg K₂O i 250 dt·ha⁻¹ obornika. Wyniki badań wskazywały na większe ciemnienie części stolonowej niż wierzchołkowej bulw. Odmiany ziemniaka różnie reagowały na wniesione regulatory wzrostu.

Słowa kluczowe: ciemnienie bulw, odmiany, regulatory wzrostu, terminy stosowania, ziemniak

The study results were based on a field experiment carried out in Parczew in the years 1993–1995 on a soil of light loamy sand composition. The experiment was designed as sub-blocks, with three replications. Sub-blocks of the first class were growth regulators: Mival — in concentration 0,05%; Moddus 250 ME — in concentration 0,2% and distilled water as control; the second class sub-blocs were made by two dates of application of the growth regulators: before planting and before flowering; the third class sub-blocs were composed of five potato cultivars: Drop (very early), Perkoz (early), Irga (middle early), Grot (middle late), Elba (late). Full manuring and uniform mineral fertilization was applied in the amounts: 100 kg N, 100 kg P₂O₅, 150 kg K₂O and 250 dt·ha⁻¹ farm manure. The investigation revealed a more intense darkening in the stolon part than in the apical part of a tuber. The examined varieties responded differently to the growth regulators application.

Key words: cultivars, darkening of tubers, date of application, growth regulators, potato

WSTĘP

Ciemnienie miąższu bulw surowych i gotowanych jest cechą niepożądaną w ziemniakach przeznaczonych do bezpośredniej konsumpcji i przetwórstwa spożywczego. Ciemnienie miąższu bulw surowych występuje na skutek enzymatycznego utleniania tyrozyny, co objawia się czerwono-brunatnym zabarwieniem (Mapson i in., 1963; Swiniarski, 1968). Spowodowane jest to działaniem enzymu oksydazy polifenolowej, która przy udziale tlenu atmosferycznego utlenia związki fenolowe zawarte w bulwie, głównie aminokwas tyrozynę i kwasy fenolowe. W obecności kwasu askorbinowego reakcja ulega zahamowaniu, gdyż chinony redukują się wówczas do dwufenolu (Mapson i in., 1963; Silva i in., 1991). Przede wszystkim na tę cechę wpływają cechy genetyczne odmian, warunki atmosferyczne, zasobność gleb w składniki pokarmowe oraz czynniki agrotechniczne, takie jak: podkalkowywanie, nawożenie, pielęgnacja (Zgórska i Frydecka-Mazurczyk, 1985; Sawicka, 1991; Sawicka i Diallo, 1997; Sawicka i in., 1999). Barwę miąższu bulw ugotowanych można uszeregować od naturalnej białej lub żółtej poprzez ciemnoszarą do prawie czarnej. Ponowne ich ogrzewanie powoduje zanik ciemnienia, które znów występuje po ochłodzeniu (Swiniarski, 1968; Silva i in., 1991). Pogorszenie barwy gotowanego ziemniaka można zauważyć dopiero przed konsumpcją. W sprzedaży rynkowej, ten rodzaj ciemnienia jest szczególnie widoczny w gotowych konserwach, sałatkach i innych gotowych produktach przetwórstwa ziemniaczanego. Ciemnienie to jest skutkiem reakcji chemicznych. Generalnie uważa się, że pigment odpowiedzialny za ciemnienie miąższu bulw gotowanych (ACD) jest kompleksem utworzonym w reakcji o-dihydrofenoli i żelaza (Hughes i in., 1962; Swiniarski, 1968; Eldrege i in., 1996). W bulwach ugotowanych wolny jon Fe^{++} zostaje utleniony do żelaza trójwartościowego, które reaguje z uwolnionym w czasie gotowania kwasem chlorogenowym i daje ciemne zabarwienie miąższu. Ciemnieniu przeciwdziałają występujące w bulwach kwasy organiczne, a zwłaszcza kwas cytrynowy, który wiąże się z jonami żelaza w bezbarwne kompleksy. Szybkość i wynik reakcji zależy od pH bulwy (wzrost pH powoduje większe ciemnienie) (Mann i Lambert, 1989; Silva i in., 1991; Eldrege i in., 1996). Na ciemnienie miąższu bulw ugotowanych wpływa ponadto zawartość azotu w bulwie, co połączone jest ze zmniejszeniem zawartości popiołu, potasu i kwasu cytrynowego (Swiniarski, 1968, Silva i in., 1991). Synteza tych związków w bulwie ziemniaka jest uzależniona od czynników edaficznych, takich jak: typ i rodzaj gleby, nawożenie, warunki meteorologiczne okresu wegetacji (Swiniarski, 1968; Zgórska i Frydecka-Mazurczyk, 1985; Sawicka 1991). Przypuszcza się, że stosowanie regulatorów wzrostu w uprawie ziemniaka może wywierać również pewien wpływ na ciemnienie miąższu bulw jako, że związki te mogą być aktywatorami lub inhibitorami procesów wzrostu i rozwoju roślin (Voronkov i in., 1982; Amrein i in., 1989; Djakov i in., 1990; Mikos-Bielak i in., 1993, 1999; Rudzińska i Mikos-Bielak, 1999; Rudzińska-Mękal, 2000; Sawicka, 2000). Jak dotąd znane są jedynie wyniki badań Sawickiej i wsp. (1999) nad wpływem preparatów Mival i Potejtin, wniesionych przed sadzeniem, na ciemnienie miąższu bulw 37 odmian ziemniaka. Obecnie zdecydowana większość tych odmian została wykreślona z rejestru odmian oryginalnych, stąd też dalsze prace nad zastosowaniem

regulatorów wzrostu, zwłaszcza w przypadku jadalnych, zrejonizowanych odmian są konieczne, gdyż zdaniem wielu autorów (Zgórska i Frydecka-Mazurczyk, 1985; Mikos-Bielak i in., 1999; Sawicka, 1991; Sawicka i in., 1997, 1999) reakcja wielu cech jakościowych ziemniaka na nie związana jest z cechami odmianowymi. Ponadto ważny jest termin wniesienia regulatorów wzrostu. Badania Rudzińskiej-Mękal (2000) oraz Sawickiej (2000) wskazują na taką potrzebę. Stąd też w pracy przeanalizowano efekty oddziaływania syntetycznych regulatorów wzrostu Mival i Moddus 250 ME, stosowanych w dwóch terminach, na ciemnienie miąższu bulw surowych i gotowanych kilku wybranych odmian ziemniaka.

MATERIAŁ I METODY

Badania oparto na wynikach doświadczenia polowego, przeprowadzonego w latach 1993–1995 na glebie piaszczysto-gliniastej w Parczewie, które założono metodą losowanych podbloków w 3 powtórzeniach. Czynnikiem I rzędu były regulatory wzrostu: Mival — w stężeniu 0,05%; Moddus 250 ME — w stężeniu 0,2%; obiekt kontrolny z wodą destylowaną. Czynnikiem II rzędu stanowiły terminy stosowania regulatorów wzrostu: przed sadzeniem i przed kwitnieniem. Czynnikiem III rzędu było 5 odmian ziemniaka: Drop (bardzo wczesna), Perkoz (wczesna), Irga (średnio wczesna), Grot (średnio późna), Elba (późna). Warunki prowadzenia doświadczenia i charakterystykę badanych regulatorów wzrostu podano w części I pracy (Sawicka, 2000). Zbiór ziemniaka przeprowadzono w okresie dojrzałości technicznej bulw. Do oznaczeń laboratoryjnych pobrano w czasie zbioru po 20 bulw średniej wielkości, niezazielenionych i nieuszkodzonych z każdego poletka. Ocenę ciemnienia miąższu bulw surowych wykonano na ich przekroju podłużnym po 10 minutach i po 1 godzinie od przecięcia, opierając się na 9° skali europejskiej. Ocenę ciemnienia miąższu bulw gotowanych przeprowadzono oddzielnie dla części stolonowej i wierzchołkowej bulw po 10 minutach i 2 godzinach od ugotowania, stosując 9°, barwną skalę duńską. Wyniki badań opracowano statystycznie, wykonując analizy wariancji badanych cech. Istotność źródeł zmienności testowano testem „F”-Fishera-Snedecora, a oceny istotności różnic pomiędzy porównywanymi średnimi dokonano za pomocą wielokrotnych przedziałów ufności Tukeya.

Przebieg warunków w latach badań był zmienny. Rok 1993 był chłodny i obfity w opady. Rok 1994 był ciepły i suchy, zaś rok 1995 można określić jako posuszny (rys. 1).

WYNIKI

Ciemnienie miąższu bulw surowych

Ocena barwy miąższu bulw surowych wykazała istotny wpływ regulatorów wzrostu na ich zabarwienie, ale tylko po 10 minutach od ich przekrojenia (tab. 1). W przypadku stosowania regulatorów wzrostu Mival, jak i Moddus 250 ME obserwowano tendencję do pojaśnienia miąższu bulw, w porównaniu z obiektem kontrolnym.

Zastosowanie regulatorów wzrostu, w odniesieniu do miąższu bulw surowych, ocenianych po 1 godzinie od przekrojenia, wywarło odmienny wpływ na badane odmiany

(tab. 2). Bardzo wczesna Drop wykazała korzystne zmiany, w postaci pojaśnienia miąższu, na preparat Mival; wczesna Perkoz reagowała ujemnie na ten regulator wzrostu; miąższ średnio wczesnej odmiany Irga pociemniał pod działaniem preparatu Moddus 250 ME, zaś późne odmiany: Grot i Elba nie wykazały istotnych zmian pod wpływem obu regulatorów wzrostu.

Tabela 1

Ciemnienie miąższu bulw surowych po przekrojeniu w skali 9°
The darkening of raw tuber flesh after cutting in the 9° scale

Czynniki eksperymentu Experimental factors		Odmiany Varieties					Średnia Mean
		Drop	Elba	Grot	Irga	Perkoz	
Regulatory wzrostu Growth regulators	Mival	8,9	8,8	8,8	8,8	8,6	8,8
	Moddus	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8
	obiekt kontrolny control object	8,7	8,8	8,6	8,8	8,6	8,7
	NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$			n*			0,1
Terminy stosowania Dates of application	przed sadzeniem before planting	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8
	przed kwitnieniem before flowering	8,8	8,8	8,7	8,8	8,5	8,7
	NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$			n*			0,1
Lata Years	1993	8,7	8,8	8,6	8,7	8,6	8,6
	1994	8,8	8,8	8,8	8,9	8,7	8,8
	1995	8,9	8,8	8,8	8,8	8,7	8,8
	NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$			n			0,1
	średnia — mean	8,8	8,8	8,7	8,8	8,7	8,8
	NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$			n*			

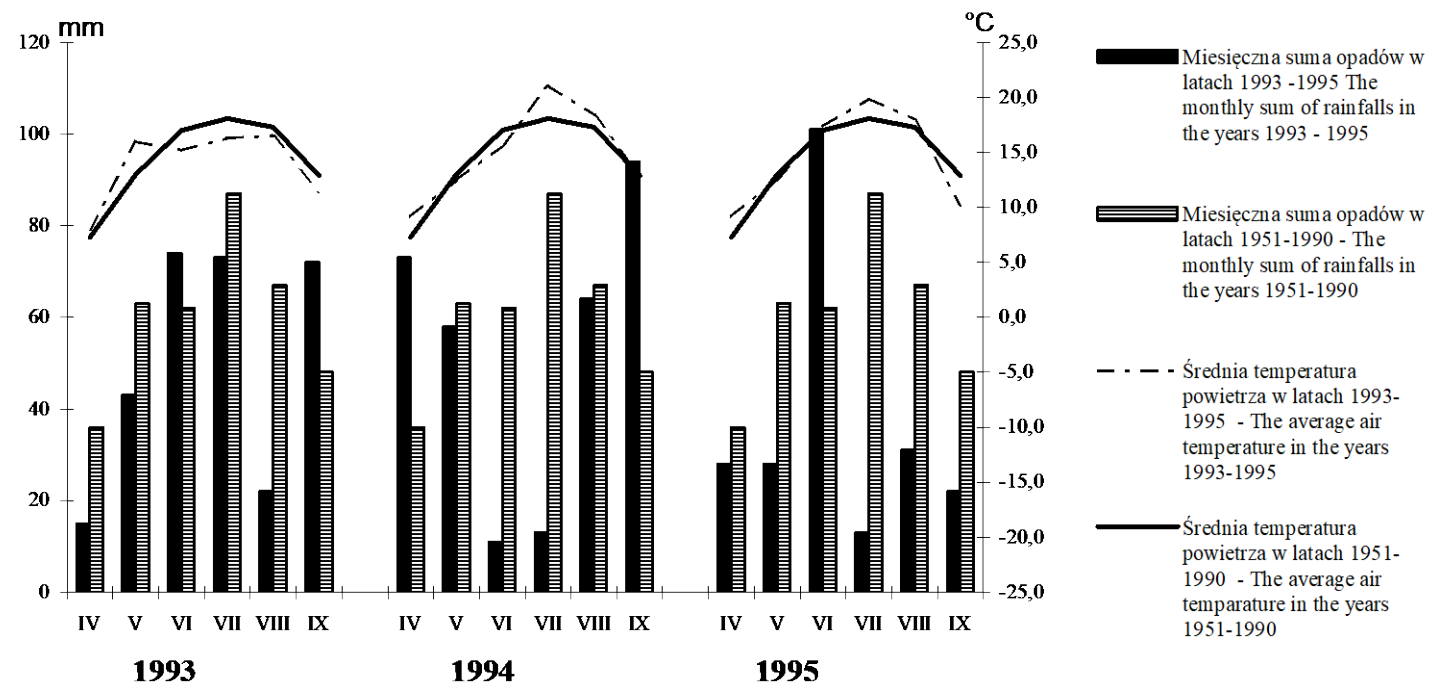
* Nieistotne przy poziomie $\alpha \leq 0,05$ * Not significant at $\alpha \leq 0,05$

Tabela 2

Ciemnienie miąższu bulw surowych po 1 godzinie w skali 9°
The darkening of raw tuber flesh after 1 hour in the 9° scale

Czynniki eksperymentu Experimental factors		Odmiany Varieties					Średnia Mean
		Drop	Elba	Grot	Irga	Perkoz	
Regulatory wzrostu Growth regulators	Mival	8,2	8,2	8,2	8,2	7,7	8,1
	Moddus	8,0	8,2	8,1	8,1	8,0	8,1
	obiekt kontrolny control object	7,9	8,2	8,1	8,4	8,0	8,1
	NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$			0,3			n*
Terminy stosowania Dates of application	przed sadzeniem before planting	8,1	8,2	8,2	8,3	8,0	8,2
	przed kwitnieniem before flowering	8,0	8,2	8,1	8,1	7,9	8,1
	NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$			n			0,1
Lata Years	1993	7,7	8,1	7,7	8,1	7,7	7,9
	1994	8,1	8,4	8,4	8,3	8,0	8,2
	1995	8,3	8,1	8,3	8,2	8,0	8,2
	NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$	n					0,1
	średnia — mean	8,0	8,2	8,1	8,2	7,9	8,1
	NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$			0,2			

* Nieistotne przy poziomie $\alpha \leq 0,05$ * Not significant at $\alpha \leq 0,05$



Rys. 1. Opady i temperatura powietrza w okresie wegetacji ziemniaka w latach 1993–1995 wg stacji IMGW we Włodawie
 Fig. 1. Rainfalls and air temperature during potato vegetation period in the years 1993–1995, according to IMGW at Włodawa

Ciemnienie miąższu bulw surowych po 10 minutach i 1 godzinie od przekrojenia zależało od oddziaływania warunków atmosferycznych na rozwój roślin, traktowanych regulatorami wzrostu (tab. 3). W optymalnym w opady 1993 roku jaśniejszą barwę miąższu zaobserwowano w obiektach z regulatorami wzrostu w porównaniu z obiektem kontrolnym; przy czym w przypadku bulw ocenianych po 1 godzinie istotnie jaśniejszą barwę stwierdzono tylko w obiekcie z preparatem Moddus 250 ME. W skrajnie suchym 1994 roku ten sam preparat przyczynił się do pociemnienia miąższu ocenianego po 1 godzinie, zaś w posuszonym, 1995 roku intensywność ciemnienia miąższu była jednakowa we wszystkich obiektach.

Tabela 3

Wpływ lat i regulatorów wzrostu na ciemnienie miąższu bulw surowych w skali 9°
The influence of the years and growth regulators on the darkening of raw tubers flesh in the 9° scale

Regulatory wzrostu Growth regulators	Ciemnienie miąższu po przekrojeniu The darkening of tubers flesh after cutting			Ciemnienie miąższu bulw po 1 godzinie The darkening of tubers flesh after 1 hour		
	Lata Years					
	1993	1994	1995	1993	1994	1995
Mival	8,7	8,8	8,8	7,9	8,3	8,2
Moddus	8,7	8,8	8,8	8,0	8,1	8,2
Obiekt kontrolny Control object	8,5	8,8	8,8	7,8	8,3	8,2
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$	0,2			0,2		

* Nieistotne przy poziomie $\alpha \leq 0,05$

* Not significant at $\alpha \leq 0.05$

Stosowanie regulatorów wzrostu przed sadzeniem na bulwy wydaje się być korzystniejsze, z uwagi na obserwowaną tendencję pojaśnienia miąższu, niż wnoszenie ich przed kwitnieniem na nać (tab. 1, 2).

Badane odmiany różniły się intensywnością ciemnienia miąższu bulw surowych ocenianych po 1 godzinie od przekrojenia (tab. 2). Najjaśniejszym miąższem odznaczały się odmiany: Irga i Elba, najciemniejszym zaś — Perkoz. Intensywność ciemnienia miąższu bulw surowych, ocenianych 10 minut po przecięciu, jak i po 1 godzinie, niezależnie od czynników eksperymentu, była determinowana przez warunki atmosferyczne w latach badań (tab. 1, 2). Jaśniejszą barwą miąższu odznaczały się bulwy ziemniaka w 1994, skrajnie suchym i w 1995 — posuszonym roku, niż w optymalnym, pod względem ilości opadów, 1993 roku.

Ciemnienie miąższu bulw gotowanych

Wyniki oceny ciemnienia miąższu bulw gotowanych przedstawiono w tabelach 4–5 i na rysunku 2. Miąższ bulw gotowanych bardziej ciemniał w części stolonowej niż wierzchołkowej, niezależnie od terminu oznaczeń i czynników eksperymentu (tab. 4).

Regulatory wzrostu wpłynęły odmiennie na barwę miąższu bulw ocenianych bezpośrednio po ugotowaniu i 2 godziny później (tab. 4). W pierwszym terminie oznaczeń stosowanie obydwu regulatorów wzrostu wpłynęło korzystnie na tę cechę, natomiast po 2 godzinach od ugotowania obserwowano pociemnienie miąższu w części stolonowej bulw, w obydwu obiektach z regulatorami wzrostu, w porównaniu z obiektem kontrolnym.

Intensywność ciemnienia miąższu bulw gotowanych, zarówno po 10 minutach, jak i 2 godzinach od ugotowania była niezależna od terminu stosowania regulatorów wzrostu (tab. 4).

Tabela 4

Ciemnienie miąższu bulw gotowanych w skali 9°
The darkening of cooked flesh of tubers in the 9° scale

Czynniki eksperymentu Experimental factors	Ciemnienie bulw po 10 min. The darkening of tubers after 10 min.		Ciemnienie bulw po 2 godzinach The darkening of tubers after 2 hours	
	Część wierzchołkowa Apical part	Część stolonowa Stolon part	Część wierzchołkowa Apical part	Część stolonowa Stolon part
Regulatory wzrostu: Growth regulators:				
— Mival	8,7	8,5	7,5	7,3
— Moddus	8,7	8,5	7,5	7,3
Obiekt kontrolny Control object	8,6	8,4	7,6	7,4
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$	0,1	0,1	n	0,1
Terminy stosowania: Dates of application:				
— przed sadzeniem — before planting	8,7	8,5	7,6	7,3
— przed kwitnieniem — before flowering	8,7	8,5	7,5	7,3
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$	n*	n	n	n
Odmiany: Varieties:				
— Drop	8,8	8,7	7,8	7,6
— Elba	8,7	8,5	7,6	7,4
— Grot	8,7	8,5	7,5	7,3
— Irga	8,7	8,5	7,5	7,3
— Perkoz	8,5	8,2	7,3	7,1
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$	0,1	0,1	0,1	0,1
Lata Years				
1993	8,7	8,7	7,7	7,5
1994	8,6	8,4	7,5	7,3
1995	8,6	8,4	7,5	7,2
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$	0,1	0,1	0,1	0,1
Średnia Mean	8,7	8,5	7,5	7,3

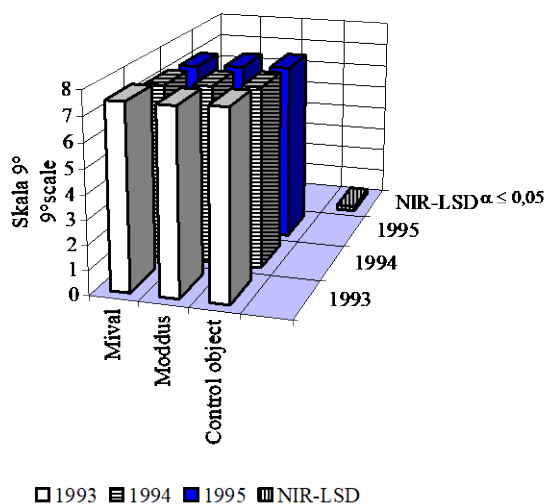
* Nieistotne przy poziomie $\alpha \leq 0,05$

* Not significant at $\alpha \leq 0.05$

Zróznicowanie ciemnienia miąższu bulw ocenianych po 10 minutach i 2 godzinach od ugotowania była determinowana głównie cechami genetycznymi (tab. 4). Odmianą o najmniejszej skłonności do ciemnienia, zarówno w części wierzchołkowej, jak i stolonowej, była bardzo wczesna Drop, o największej zaś — wczesna Perkoz.

Zmienność warunków meteorologicznych w latach badań wywarła również istotny wpływ na intensywność ciemnienia miąższu bulw ugotowanych, tak w części stolonowej,

jak i wierzchołkowej bulw (tab. 4). Jaśniejszy miąższ zachowały obydwie części bulwy w korzystnym dla ziemniaka, pod względem wilgotności, 1993 roku, niż w latach 1994 i 1995, o znacznych niedoborach opadów i zbyt wysokiej temperaturze powietrza w okresie wegetacji.



Rys. 2. Wpływ lat i regulatorów wzrostu na ciemnienie miąższu części stolonowej bulw gotowanych po 2 h

Fig. 2. The influence of the years and growth regulators on the darkening of cooked flesh of stolon part of tubers after 2 hours

Tabela 5

Wpływ regulatorów wzrostu i odmian na ciemnienie miąższu części stolonowej bulw 2 h po ugotowaniu w skali 9°

The influence of growth regulators and varieties on the darkening of cooked flesh of stolon part of tubers after 2 hours, in the 9° scale

Regulatory wzrostu Growth regulators	Odmiany Varieties				
	Drop	Elba	Grot	Irga	Perkoz
Mival	7,9	7,3	7,1	7,0	6,9
Moddus	7,5	7,3	7,3	7,4	7,3
Obiekt kontrolny Control object	7,5	7,6	7,4	7,4	7,2
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$	0,2				

Wpływ regulatorów wzrostu na intensywność ciemnienia części stolonowej bulw po 2 godzinach od ugotowania był uzależniony od warunków środowiska oraz reakcji odmian (rys. 2, tab. 5). W latach nazbyt suchych (1994 i 1995) obserwowano ujemny wpływ preparatu Mival na wartość tej cechy, w porównaniu z obiektem kontrolnym (rys. 2).

Korzystną reakcją na ten regulator wzrostu, w postaci pojaśnienia miąższu, odznaczała się jedynie odmiana Drop, zaś pozostałe — niekorzystną. Oddziaływanie preparatu Moddus 250 ME na intensywność ciemnienia tej części bulwy okazało się istotne tylko w przypadku odmiany Elba, która wykazała się ujemną reakcją na ten preparat, w porównaniu z obiektem kontrolnym (tab. 5).

DYSKUSJA

Badania własne potwierdziły, że część stolonowa miąższu bulw gotowanych bardziej ciemnieje niż wierzchołkowa. Hughes i wsp. (1962) badając tkanki rdzenia bulwy, doszli do wniosku, że rozpraszanie ciemnienia miąższu gotowanego ze stolonu do wierzchołka bulwy jest determinowane głównie przez względną koncentrację kwasu chlorogenowego i cytrynowego. Ważna jest jednak nie tylko ilość kwasu cytrynowego i chlorogenowego ale również ich rozmieszczenie w bulwie. Kwas cytrynowy, jako najbardziej efektywny w wiązaniu jonów żelaza, jest bardziej skoncentrowany w części wierzchołkowej niż stolonowej (Swiniarski, 1968; Silva i in., 1991). Również Mann i Lambert (1989) sugerują, iż duże ciemnienie miąższu bulw ugotowanych pod skórą może być zmniejszone podczas obierania tak, że całkowita ilość kwasu cytrynowego i chlorogenowego może nie być tak ważna, jak ich lokalizacja.

Pod wpływem stosowania syntetycznych regulatorów wzrostu Mival, jak i Moddus 250 ME obserwowano tendencję do pojaśnienia miąższu bulw surowych i gotowanych, ocenianych po 10 minutach od przecięcia czy też ugotowania. Korzystny wpływ regulatorów nie potwierdził się niestety w późniejszym terminie oznaczenia, a nawet stwierdzono nieznaczny wzrost ciemnienia części stolonowej bulw po 2 godzinach od ugotowania. Różny kierunek zmian w barwie miąższu bulw ugotowanych po 10 minutach i po 2 godzinach, pod wpływem regulatorów wzrostu, może wynikać stąd, iż regulatory wzrostu przyczyniają się do zwiększenia zawartości związków fenolowych, które z kolei biorą udział w ciemnieniu enzymatycznym bulw surowych i chemicznym — bulw gotowanych. Reakcje o-dihydrofenli i żelaza ujawniają się, jak podaje Eldrege i wsp. (1996), dopiero po pewnym czasie, stąd też odmienne ciemnienie miąższu po 10 minutach i po 2 godzinach od ugotowania. Hipotezę tę potwierdzają częściowo Mikos-Bielak i Sawicka (1993) oraz Mikos-Bielak i wsp. (1999). Autorki te wykazały, iż preparat Mival, zastosowany do opryskiwania sadzeniaków zwiększał stężenie związków fenolowych w bulwach ziemniaka, jednak wielkości tych zmian były podyktowane przez czynniki genetyczne. Mann i Lambert (1989) sugerują z kolei, że szybkość i wynik reakcji ciemnienia zależy od pH bulwy, wyższe pH bulwy powoduje ich zdaniem większe ciemnienie miąższu bulw. W dostępnej literaturze brak jest natomiast badań na temat oddziaływania regulatora wzrostu Moddus 250 ME na ciemnienie miąższu bulw surowych, czy ugotowanych. Można jedynie przypuszczać, że preparat ten wpływa na zmiany zawartości związków mających wpływ na ciemnienie bulw gotowanych. Przypuszczenia te potwierdzają badania Rudzińskiej-Mękal (2000), w których autorka wykazała wzrost zawartości kwasu chlorogenowego w tej części bulw pod wpływem stosowania preparatu Moddus 250 ME. Kwas ten obok tyrozyny bierze udział w ciemnieniu enzymatycznym

bulw surowych, a w reakcji z żelazem daje ciemno zabarwione związki kompleksowe powodujące ciemnienie bulw ugotowanych (Lewosz, 1985; Silva i in., 1991). W opinii Rudzińskiej-Mękal (2000) regulatory wzrostu przyczyniają się również do podwyższenia zawartości azotu w bulwie, obniżenia koncentracji kwasu cytrynowego, co jak należy przypuszczać powoduje także wzrost ciemnienia bulw ugotowanych. Obecność tych związków w bulwach ziemniaka jest kontrolowana ze względu na ich udział w ciemnieniu enzymatycznym. Zdaniem Lewosza (1985) oraz Wegener i wsp. (1979) ważnym elementem w tym procesie jest również zawartość potasu w bulwach, który bierze udział w redukcji tyrozyny i obniża aktywność fenolazy, przeciwdziałając tym samym ciemnieniu zarówno bulw surowych, jak i ugotowanych. W badaniach Rudzińskiej-Mękal (2000) zarówno preparat Mival, jak i Moddus 250 ME zastosowane do opryskiwania naci, a Moddus 250 ME również do opryskiwania bulw, obniżyły istotnie koncentrację potasu w bulwach. W opinii Manna i Lamberta (1989), Ceglarka i wsp. (1990), Sawickiej i Diallo (1997) oraz Sawickiej i wsp. (1999) zmiany, dotyczące skłonności do ciemnienia bulw zarówno surowych, jak i po ugotowaniu, mogą wystąpić znacznie wyraźniej po zastosowaniu wyższych dawek substancji z grupy regulatorów wzrostu, czy w warunkach sprzyjających pobieraniu preparatów przez rośliny uprawne. Pogłębianie się tendencji do ciemnienia pogarsza jakość bulw zarówno do bezpośredniego spożycia, jak i do przetwórstwa.

Termin stosowania regulatorów wzrostu jest w literaturze słabo eksponowany. W badaniach własnych istotny wpływ tego czynnika stwierdzono jedynie w odniesieniu do bulw surowych. Korzystniejsze efekty uzyskano stosując regulatory wzrostu przed sadzeniem na bulwy. We wcześniejszych badaniach wykazano, że wniesienie regulatorów wzrostu przed sadzeniem na bulwy jest efektywniejsze, z uwagi na plon ogółem i plon skrobi niż stosowanie ich na nac przed kwitnieniem, natomiast termin ich aplikacji nie ma istotnego wpływu na masę i liczbę bulw z rośliny oraz na średnią masę jednej bulwy (Sawicka, 2000). Rudzińska-Mękal (2000) sugeruje natomiast, iż korzystniejsze efekty w uprawie ziemniaka można uzyskać stosując Moddus 250 ME do opryskiwania naci, a Mival do opryskiwania bulw.

O ciemnieniu enzymatycznym i nieenzymatycznym miąższu bulw decydowały w największej mierze cechy genetyczne badanych odmian, co potwierdzają badania Swiniarskiego (1968), Zgórskiej i Frydeckiej-Mazurczyk (1985), Sawickiej i Diallo (1997), Sawickiej i wsp. (1999). Zawartość fenoli o-dwuwodorowych, a w tym i kwasu chlorogenowego należy zaliczyć do czynników charakteryzujących odmiany ziemniaka. Natomiast koncentrację tych związków zwiększa wysokie nawożenie azotem, gdyż powoduje wzrost zawartości związków fenolowych i zmniejszenie zawartości kwasu cytrynowego (Zgórska i Frydecka-Mazurczyk, 1985). Mapson i wsp. (1963) uważają, że poziom tyrozyny w bulwach, która odgrywa dużą rolę w ciemnieniu bulw surowych, jest uwarunkowany genetycznie, ale podlega też zmienności środowiskowej, a głównie warunków klimatycznych.

Niedobór opadów i słoneczna pogoda w okresie wegetacji sprzyjały większemu ciemnieniu bulw ugotowanych. Mniejsze ciemnienie bulw gotowanych obserwowano w warunkach umiarkowanych opadów i mniejszego nasłonecznienia. Potwierdzają to badania

Sawickiej (1991). Zgórska i Frydecka-Mazurczyk (1985) stwierdziła natomiast, iż w latach o małej ilości opadów i dużym usłonecznieniu jest mniejsza skłonność bulw do ciemnienia. W opinii Lewosza (1985) syntezę kwasu chlorogenowego, biorącego udział w reakcji ciemnienia enzymatycznego i chemicznego, zwiększają przede wszystkim warunki stresowe i zranienia mechaniczne.

Badania własne i innych autorów (Amrein, 1989; Mikos-Bielak i in., 1999; Sawicka i in., 1999; Sawicka, 2000 b; Rudzińska-Mękal, 2000) wskazują, iż preparat Moddus 250 ME jest interesującym regulatorem wzrostu, jednak nadal jego rola w modyfikowaniu jakości plonu jest jeszcze słabo poznana. Amrein i wsp. (1989) sugerują, iż *cimectacarb*, jako substancja aktywna tego preparatu, zwiększa plon roślin uprawnych. Niewiele jednak było dotąd zastosowań tego regulatora wzrostu w uprawie ziemniaka. Rudzińska-Mękal (2000) dowiodła, iż stosowanie preparatu Moddus 250 ME, bez względu na formę jego wniesienia, zwiększa zawartość związków fenolowych, magnezu, cukrów redukujących w bulwach odmian wszystkich grup wczesności i zawartość skrobi u odmian wczesnych. Zmniejsza natomiast zawartość skrobi i białka u odmian późnych oraz obniża koncentrację żelaza i cynku.

Preparat Mival w badaniach własnych uzyskał podobne efekty jak Moddus 250 ME. W opinii Mikos-Bielak i wsp. (1999), Rudzińskiej i Mikos-Bielak (1999), Sawickiej i wsp. (1999) oraz Rudzińskiej-Mękal (2000) zasługuje on na większe zainteresowanie niż dotychczas ze względu na to, że należy do związków krzemooorganicznych o niskiej toksyczności dla organizmu ludzkiego oraz z uwagi na jego dodatnie oddziaływanie na skład chemiczny roślin. Pod wpływem tego preparatu obserwowano zwiększanie zawartości: skrobi, związków polifenolowych, białka, potasu, magnezu, manganu i miedzi w bulwach ziemniaka. Związki fenolowe nie tylko biorą udział w procesie ciemnienia miąższu bulw, lecz również przyczyniają się do zwiększenia odporności bulw na nicienie, *Fusarium solani* var. *coreuleum* oraz spełniają rolę antyoksydantów redukujących wolne rodniki (Lewosz, 1985; Rudzińska i Mikos-Bielak, 1998; Rudzińska-Mękal, 2000).

Nadal jest jednak wiele niewiadomych, co do biochemicznej i fizjologicznej aktywności preparatu Moddus 250 ME i Mival, stąd też mimo wielu ich zalet konieczne jest dalsze prowadzenie badań tych związków, zwłaszcza w aspekcie jakości i oddziaływania ich na inne rośliny, środowisko glebowe oraz zwierzęta w środowisku rolniczym.

WNIOSKI

1. Regulatory wzrostu Mival i Moddus 250 ME, w stosunku do obiektu kontrolnego, przyczyniły się do:
 - nieznacznego zmniejszenia ciemnienia miąższu bulw surowych ocenianych po przekrojeniu;
 - tendencji do wyjaśnienia miąższu bulw gotowanych, ocenianych po 10 minutach;
 - pogorszenia wybarwienia części stolonowej miąższu bulw ocenianych po 2 godzinach od ugotowania.

2. W stresowych warunkach (np. skrajna susza) preparat Moddus 250 ME może wywierać niekorzystny wpływ na intensywność ciemnienia miąższu bulw surowych, zaś preparat Mival — na ciemnienie miąższu bulw gotowanych.
3. Termin stosowania regulatorów wzrostu wpływał tylko nieznacznie na ciemnienie miąższu bulw surowych. Stosowanie regulatorów w formie opryskiwania bulw przed sadzeniem przyczyniło się do zachowania przez nie jaśniejszego miąższu niż wnoszenie ich przed kwitnieniem na nać.
4. Reakcja odmian na stosowane regulatory wzrostu w uprawie ziemniaka, wyrażona stopniem ciemnienia miąższu bulw surowych i ugotowanych, okazała się zróżnicowana: część odmian reagowała dodatnio, część ujemnie, a pewna grupa odmian nie wykazywała istotnych zmian pod ich wpływem.
5. Badane odmiany były zróżnicowane pod względem skłonności bulw surowych i gotowanych do ciemnienia. Najjaśniejszym miąższem bulw surowych odznaczały się odmiany: Irga i Elba, najciemniejszym zaś — Perkoz. Najmniejszą skłonnością miąższu bulw ugotowanych do ciemnienia, cechowała się odmiana Drop, największą natomiast — Perkoz.
6. Niedobór opadów i słoneczna, upalna pogoda w okresie wegetacji sprzyjały mniejszemu ciemnieniu bulw surowych, ale większemu bulw ugotowanych, w porównaniu z aurą o umiarkowanych opadach i mniejszym nasłonecznieniu.

LITERATURA

- Amrein J., Rufner J., Quadranti M. 1989. The use of CGA 163935 as a growth regulator in cereals and oilseed rape. Brighton Crop Prot. Conf. — Weeds: 89 — 94.
- Ceglarek F., Jabłońska-Ceglarek R., Dąbrowska K. 1990. Uproszczenia w pielęgnacji ziemniaków. Cz. II. Wpływ sposobów pielęgnacji na niektóre składniki i cechy bulw ziemniaka. Roczn. Nauk Rol. A-109 (4): 103 — 116.
- Djakov V. M., Korzinnikov S., Matyčenkova V. V. 1990. Ékologičeskie bezvrednye regulatory rosta Mival i Krezacin. Reg. Rost. Rast., Agropromizdat, Moskva: 52 — 61.
- Eldrege E. P., Holmes Z. A., Mosley A. R., Shock C. C., Stieber T. D. 1996. Effects of transitory water stress on potato tuber stem-end reducing sugar fry colour. Am. Potato J. 73 (11): 517 — 530.
- Hughes J. C., Avers J. E., Swain T. 1962. A relationship between after-cooking darkening of potatoes and some factors related to their composition. J. Sci. Food Agric. 13: 224.
- Lewosz J. 1985. Wybrane zagadnienia biochemii ziemniaka. W: Biologia ziemniaka. W. Gabriel (red.). PWN, Warszawa: 120 — 133.
- Mann J. D., Lambert C. D. 1989. A fast test for after-cooking darkening in potatoes. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 17 (2): 207 — 209.
- Mapson L. W., Swaim T., Tomalin A. 1963. Influence of variety cultural conditions and temperature of storage on enzymatic browning of potato tubers. J. Sci. Food. Agric. 14: 673 — 684.
- Mikos-Bielak M., Sawicka B. 1993. Zawartość związków fenolowych w bulwach różnych odmian ziemniaka a ich odporność na ciemnienie. XXIX Zjazd PT Bioch., Wrocław, 15 — 17.09: 456.
- Mikos-Bielak M., Sawicka B., Rudzińska B., Czeżko R. 1999. Syntetyczne regulatory wzrostu w uprawie ziemniaka. Cz. II. Wpływ Mivalu na wybrane składniki chemiczne bulw kilkudziesięciu odmian ziemniaka. Annales UMCS, EEE, 7: 91 — 99.
- Rudzińska B., Mikos-Bielak M. 1999. Modyfikacja chemicznej jakości bulw ziemniaka przez wybrane syntetyczne regulatory wzrostu. Roczn. AR Poznań — CCCVII: 229 — 234.
- Rudzińska-Mękal B. 2000. Modyfikacja składu chemicznego bulw ziemniaka przez syntetyczne regulatory wzrostu Mival i Moddus 250 ME. Pr. Dokt., maszyn., AR Lublin.

- Sawicka B. 1991. Próba ustalenia wpływu niektórych czynników środowiska i zabiegów agrotechnicznych na ciemnienie miąższu bulw ziemniaka. Biul. IHAR 179: 67 — 75.
- Sawicka B., Diallo A. S. 1997. Ciemnienie miąższu bulw surowych ziemniaka w warunkach stosowania herbicydu Sencor 70 WP. Biul. IHAR 203: 187 — 197.
- Sawicka B., Kościelecka D., Pszczółkowski P. 1999. Regulatory wzrostu Mival i Poteitin w uprawie ziemniaka. Cz. III. Wpływ regulatorów wzrostu na ciemnienie miąższu bulw surowych i gotowanych. Biul. IHAR 214: 201 — 212.
- Sawicka B. 2000. Syntetyczne regulatory wzrostu Mival i Moddus 250 ME w uprawie ziemniaka. Cz. I. Wpływ regulatorów wzrostu na plon ogólny i handlowy bulw oraz skrobiowość. Biul. IHAR 215: 277 — 292.
- Silva G. H., Chase R. W., Hammerschmidt R., Cash J. N. 1991. After-cooking darkening of Spartan Pearl potatoes as influenced by location, phenolic acids, and citric acid. J. Agric. Food Chem. 39: 871 — 873.
- Swiniarski E. 1968. Związek między ciemnieniem bulw po ugotowaniu a niektórymi czynnikami jego składu. Hod. Rośl. Aklim. 12 (4): 369 — 384.
- Voronkov M. G., Kuznecov I. G., Djakov V. M. 1982. Novyj biostimuljator Mival w sielskom chazjajstwie. Riezul. Naucz. Isslied. w Prakt. Siel. Chozj. Nauka, Moskva.
- Wegener J., Ziegler G., Sternkopf G. 1979. Untersuchungen zur Schwarzfleckigkeit von Kartoffelknollen in Abhängigkeit von Steck Stalmist und Kaliumdungung sowie Zusatzerregnung und Reifegard der Knollen. Arch. Acker. — u. Pflanzenbaun u. Bodenkult. 235: 279 — 303.
- Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1985. Warunki agrotechniczne i przechowalnicze a cechy użytkowe bulw ziemniaka. Biul. Inst. Ziemn. 33: 109 — 120.

HALINA KURZAWIŃSKA**IWONA GAJDA**

Katedra Ochrony Roślin

Wydział Ogrodniczy, Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie

Grzyby zasiedlające sucho gnijące bulwy ziemniaka

Fungi settling dry rotting potato tubers

Celem badań wykonanych w latach 1999–2000 było określenie składu gatunkowego grzybów występujących w sucho gnijących bulwach ziemniaka. Grzyby z sucho gnijących bulw ziemniaka średnio późnej odmiany Atol izolowano jesienią i wiosną w każdym sezonie przechowywania. Wyniki badań wskazują na wzrost wykrywalności *Fusarium* spp. wiosną, dominującymi gatunkami grzybów wyizolowanymi z bulw ziemniaka gnijących na sucho były *Fusarium sulphureum* i *F. coeruleum*.

Słowa kluczowe: grzyby, sucha zgnilizna, ziemniak

The aim of the studies, conducted in the years 1999–2000, was to determine the species composition of fungi, which occurred on potato tubers with dry rot symptoms. Fungi were isolated from dry rotting tubers of medium-late variety Atol in autumn and in spring of each storage season. The fungi of *Fusarium* genus were detected more frequently in spring. *Fusarium sulphureum* and *F. coeruleum* were the dominant species among those isolated from the potato tubers with dry rot symptoms.

Key words: fungi, dry rot, potato

WSTĘP

W Polsce straty powodowane przez suchą zgniliznę bulw oceniono w latach 1986–1992, średnio na 2,8% (Kapsa, 1993).

Warunki klimatyczne i glebowe, w jakich uprawiane są ziemniaki, ponadto odporność odmian, nawożenie, uszkodzenia bulw oraz warunki ich przechowywania, mogą mieć wyraźny wpływ na proces chorobowy oraz zestaw gatunkowy grzybów wywołujących suchą zgniliznę (Choroszewski, 1993; Kurzawińska i Klima, 1999).

Liczne badania wykazały, że grzyby powodujące suchą zgniliznę bytują w glebie na głębokości warstwy ornej. Dostają się one wraz z cząsteczkami gleby na powierzchnię bulw ziemniaka i w czasie przechowywania powodują rozwój suchej zgnilizny (Wojciechowska-Kot i Kiszczak, 1981; Ayers, 1992; Kurzawińska i Massengo, 1998).

MATERIAŁ I METODY

Celem badań prowadzonych w latach 1999–2000 na średnio późnej odmianie Atol było określenie składu gatunkowego grzybów zasiedlających bulwy ziemniaka gnijące na sucho. Ziemniaki pochodziły z doświadczenia polowego, prowadzonego w Stacji Badawczo-Doświadczalnej AR w Mydlnikach k/ Krakowa.

Bulwy badanej odmiany przechowywano w przechowalni w temperaturze 4° C i przy wilgotności względnej powietrza 85–90%.

Grzyby z sucho gnijących bulw ziemniaka izolowano jesienią, miesiąc po wykopkach i wiosną, po siedmiu miesiącach przechowywania. Każdą bulwę traktowano jako oddzielny obiekt, łącznie przebadano 200 bulw. Myto je pod bieżącą wodą, dezynfekowano powierzchniowo przez 1 minutę w alkoholu bezwodnym, następnie płukano w destylowanej, sterylnej wodzie, przenoszono do 7% H₂O₂ i wstrząsano przez 15 minut, po czym trzykrotnie płukano w destylowanej, sterylnej wodzie. Z wewnętrznej części bulw, z pogranicza tkanki chorej i zdrowej, wycinano 5–10 skrawków wielkości 2 x 2 mm, osuszano w sterylnych bibułach i przenoszono do płytek Petriego z zestaloną pożywką PDA. W przypadku infekcji mieszanej bakterii i grzybów, do pożywki PDA dodawano antybiotyki. Po okresie inkubacji przez 4–6 dni w temperaturze 23° C, odszczepiano wyrosłe kolonie grzybów na pożywkę PDA. Dalszą hodowlę wyizolowanych kolonii prowadzono w termostacie, w temperaturze 23° C. W trakcie hodowli izolaty przeglądano pod mikroskopem w celu stwierdzenia zarodnikowania grzybów. Jeżeli zarodnikowanie wystąpiło, wykonywano kultury jednozarodnikowe metodą kolejnych rozcieńczeń według Raillo (1950). Z każdej kolonii wykonywano 5–10 kultur jednozarodnikowych. Hodowlę otrzymanych kultur prowadzono w płytkach Petriego z zestaloną pożywką PDA, na świetle, w temperaturze pokojowej (około 20° C). Po opisanii większości cech diagnostycznych kultur, wyizolowane gatunki grzybów oznaczano przy pomocy kluczy i opracowań monograficznych (Booth, 1971; Ellis, 1976; Biłaj, 1977; Domsch i in., 1980; Gerlach i in., 1982; Nelson i in., 1983).

Główne kryterium klasyfikacji stanowił procentowy udział danego gatunku grzyba w ogólnej liczbie wyosobnionych kolonii. Według tego kryterium dominanty to gatunki o największej liczebności — 5%, influenty — średnio liczebne 1–5 %, akcesoryczne — mało liczebne — 1% (KurzaWińska, 1994).

WYNIKI

W okresie wegetacji na liściach ziemniaka zanotowano liczne, brunatne, przeważnie owalne plamy, a na nich współśrodkowe strefowanie. W późniejszym okresie na powierzchni porażonych fragmentów liści wystąpił aksamitny, brunatno-czarny nalot skupienia trzonków z długimi rozgałęziającymi się łańcuszkami zarodników konidialnych grzyba *Alternaria alternata*. Z porażonych roślin macierzystych, zarodniki *A. alternata* z kroplami deszczu spływającymi do gleby prawdopodobnie dostały się do bulw. W trakcie przechowywania wystąpiły na nich brunatne, nieregularne plamy obejmujące miąższ na głębokość 1,5–2 mm. Przebarwiona część bulwy była tak samo twarda jak część zdrowa.

Po około jednomiesięcznym okresie od zbioru, na przechowywanych bulwach pojawiły się ciemnobrunatne, nieco wgłębione plamy — pierwsze objawy rozpoczynającego się procesu gnilnego. Porażone miejsca zapadały się, a marszcząca skórka, układała się w koncentryczne fałdy. W późniejszym okresie na powierzchni takiej skórki tworzyły się jasne, zbite poduszeczki (strzępki i zarodniki *Fusarium*). Zgnilizna stopniowo przenikała głęboko do wnętrza tkanki ziemniaka. Chore bulwy kurczyły się, a wewnątrz tworzyły się szczeliny i jamki wypełnione grzybnią.

Z sucho gnijących bulw ziemniaka wyizolowano łącznie 1374 kolonie grzybów należących do 9 rodzajów i 20 gatunków (tab. 1 i 2).

Tabela 1

Wykaz gatunków grzybów wyizolowanych jesienią z bulw ziemniaka z objawami suchej zgnilizny
List of fungi species isolated in autumn from potato tubers with dry rot symptoms

Gatunki grzybów Species of fungi	Procent uzyskanych kultur Percentage of obtained cultures			Grupa frekwencji Group of attendance
	1999	2000	Średnio Mean	
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	24,0	28,8	26,4	dominanty dominants 78,2%
<i>Fusarium sulphureum</i> Schlecht.	11,1	1,2	12,7	
<i>Fusarium coeruleum</i> (Sacc.) Booth	8,0	9,2	8,6	
<i>Fusarium culmorum</i> (W. G. Sm.) Sacc.	6,9	7,2	7,0	
<i>Fusarium avenaceum</i> (Corda ex Fr.) Sacc.	5,9	6,7	6,3	
<i>Fusarium sambucinum</i> Fuckel	6,6	5,5	6,0	
<i>Fusarium oxysporum</i> Schlecht.	6,0	5,7	5,9	
<i>Colletotrichum coccodes</i> (Wallr.) Hughes	6,6	4,0	5,3	influenty influentes 19,9%
<i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc.	5,2	4,4	4,8	
<i>Rhizoctonia solani</i> Kühn	4,0	4,4	4,2	
<i>Acremonium roseum</i> (Oud.) W. Gams	4,0	2,2	3,1	
<i>Fusarium graminearum</i> (Schwabe) Snyd et Hans	3,0	2,5	2,8	
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fries.) de Vries	2,0	2,5	2,2	
<i>Fusarium equiseti</i> (Corda) Sacc.	2,9	0	1,5	
<i>Fusarium semitectum</i> Berk et Rav.	1,0	1,7	1,3	akcesory-czne accessory 1,9%
<i>Gliocladium roseum</i> Bainer	1,0	0,3	0,6	
<i>Gliocladium catenulatum</i> Gilman et Abbott	0,7	0,3	0,5	
<i>Penicillium</i> spp.	0,3	0,4	0,4	
<i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.) Link ex Gray	0,6	0	0,3	
<i>Phoma</i> spp.	0,2	0	0,1	

Stwierdzono, że w zbiorowisku grzybów wyizolowanych jesienią z sucho gnijących bulw jednym z gatunków występującym w największym procencie była *Alternaria alternata* — 26,4. Grzyby dominujące stanowiły 78,2%. Należały do nich (poza wyżej wymienionym): *Fusarium sulphureum* — 12,7%, *F. coeruleum* — 8,6%, *F. culmorum* — 7,0%, *F. avenaceum* — 6,3%, *F. sambucinum* — 6,0%, *F. oxysporum* — 5,9% i *Colletotrichum coccodes* — 5,3% (tab. 1). Do grupy influentów stanowiących 19,9% ogółu grzybów wyizolowanych jesienią, należały grzyby z rodzaju *Fusarium* — 10,4%, ponadto gatunki: *Rhizoctonia solani* — 4,2%, *Acremonium roseum* — 3,1% i *Cladosporium cladosporioides* — 2,2%. Pozostałe 4 rodzaje i formy, wyizolowane w wyżej wymienionym okresie, należały do grupy grzybów akcesorycznych, ich udział wynosił 1,9% ogółu izolatów (tab. 1).

W zbiorowisku grzybów wyizolowanych wiosną z sucho gnijących bulw ziemniaka, do dominantów stanowiących 70,9% należały tylko grzyby z rodzaju *Fusarium*. Były to: *F. sulphureum* — 35,9%, *F. coeruleum* — 22,9%, *F. oxysporum* — 6,8% i *F. culmorum* — 5,3% (tab. 2). Do grupy influentów, stanowiących 25,5% ogółu izolatów wyosobnionych wiosną należały grzyby z rodzaju *Fusarium* — 14,1% oraz gatunki: *Rhizoctonia solani* — 4,2%, *Alternaria alternata* — 4,1%, *Colletotrichum coccodes* — 2,1% i *Gliocladium roseum* — 1,0%.

Pozostałe 5 rodzajów i form, wyizolowanych w wyżej wymienionym okresie, należały do grupy grzybów akcesorycznych, ich udział wynosił 3,6% ogółu izolatów (tab. 2).

Tabela 2

Wykaz gatunków grzybów wyizolowanych wiosną z bulw ziemniaka z objawami suchej zgnilizny
List of fungi species isolated in spring from potato tubers with dry rot symptoms

Gatunki grzybów Species of fungi	Procent uzyskanych kultur Percentage of obtained cultures			Grupa frekwencji Group of attendance
	1999	2000	Średnio Mean	
<i>Fusarium sulphureum</i> Schlecht.	34,2	37,6	35,9	dominanty dominants 70,9%
<i>Fusarium coeruleum</i> (Sacc.) Booth	25,8	20,0	22,9	
<i>Fusarium oxysporum</i> Schlecht.	6,2	7,4	6,8	
<i>Fusarium culmorum</i> (W. G. Sm.) Sacc.	4,2	6,4	5,3	
<i>Fusarium avenaceum</i> (Corda ex Fr.) Sacc.	3,9	5,5	4,7	influenty influents 25,5%
<i>Rhizoctonia solani</i> Kühn	4,0	4,4	4,2	
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	3,3	4,9	4,1	
<i>Fusarium sambucinum</i> Fuckel	4,6	2,2	3,4	
<i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc.	2,8	3,0	2,9	
<i>Colletotrichum coccodes</i> (Wallr.) Hughes	1,8	2,4	2,1	
<i>Fusarium semitectum</i> Berk et Rav.	3,2	1,0	2,1	
<i>Fusarium equiseti</i> (Corda) Sacc.	1,0	1,0	1,0	
<i>Gliocladium roseum</i> Bainer	0	2,0	1,0	
<i>Fusarium moniliforme</i> Sheldon	1,9	0	0,95	akcesory- czne accessory 3,6%
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fries.) de Vries	1,7	0	0,85	
<i>Phoma</i> spp.	0,9	0,7	0,8	
<i>Fusarium trichothecioides</i> Woll.	0	1,2	0,6	
<i>Penicillium</i> spp.	0,3	0,2	0,25	
<i>Trichoderma viride</i> Pers. ex Gray	0,2	0,1	0,15	

DYSKUSJA

W przedstawionych badaniach, do gatunków najczęściej izolowanych z sucho gnijących bulw ziemniaka w okresie jesiennym należały: *Alternaria alternata* i *F. sulphureum*. W dalszej kolejności zwracały na siebie uwagę: *F. coeruleum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. sambucinum*, *F. oxysporum* i *Colletotrichum coccodes*. Podobny zestaw gatunkowy grzybów z sucho gnijących bulw izolowali Choroszewski (1993), Kurzawińska i Klima (1999). Wojciechowska-Kot i Kiszczak (1981) podają również, że inne gatunki z rodzaju *Fusarium* (*F. sambucinum*, *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. oxysporum*) wykazywały patogeniczne działanie i powodowały objawy suchej zgnilizny w bulwach. W ostatnich latach obserwuje się stopniowy wzrost szkodliwości *A. alternata* w stosunku do bulw ziemniaka (Kuczyńska, 1993).

Zarodniki *A. alternata* kontaminujące powierzchnię bulwy ujawniły się w okresie jesiennym. Część z nich spowodowała zakażenie bulw, ale większość nie przeżyła okresu przechowywania. Potwierdzeniem tego są otrzymane wyniki badań, mianowicie w zbiorowisku grzybów wyizolowanych wiosną z sucho gnijących bulw ziemniaka, dominującymi były gatunki z rodzaju *Fusarium*, głównie *F. sulphureum* i *F. coeruleum*. Jest to zgodne z wcześniejszymi badaniami Kurzawińskiej i Klimy (1999). Oba wymienione patogeny znane są jako najważniejsi sprawcy suchej zgnilizny w Polsce (Wojciechowska-Kot i Kiszczak, 1981).

WNIOSKI

1. Wyniki badań wskazują na wzrost wykrywalności *Fusarium* wiosną, co wiąże się ze wzrostem porażenia bulw przez suchą zgniliznę w trakcie ich przechowywania
2. Dominującymi gatunkami grzybów wyizolowanymi wiosną z bulw ziemniaka gnijących na sucho były: *F. sulphureum* i *F. coeruleum*.
3. Poza grzybami z rodzaju *Fusarium* do ważniejszych gatunków wyizolowanych z bulw ziemniaka gnijących na sucho należały: *Alternaria alternata* i *Colletotrichum coccodes*, z wyraźnym spadkiem wykrywalności *A. alternata* na wiosnę.

LITERATURA

- Ayers G. W. 1972. Fusarium decay in potatoes. Can. J. Agric. 17, 2: 38 — 39.
- Biłaj W. J. 1977. Fusarii. Naukowa dumka, Kijew.
- Booth C. 1971 The genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute Kew, Surrey, England.
- Choroszewski P. 1993. Grzyby występujące na bulwach ziemniaka z objawami suchej zgnilizny. Biuletyn Instytutu Ziemniaka, 43: 105 — 112.
- Domsch K. H., Games W., Anderson T. H. 1980. Compendium of soil fungi. Academic Press, London.
- Ellis M. B. 1976. More *Dematiaceous hyphomycetes*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England.
- Gerlach W., Nirenberg H. J. 1982. The genus *Fusarium* — a pictorial atlas. Mitt. Biol. Bundesants. Land. Forstwirtschaft., 209, Berlin.
- Kapsa J. 1993. Sucha zgnilizna bulw ziemniaka. Ziemniak Polski, 2: 15 — 17.
- Kuczyńska J. 1993. Rola grzybów *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler, *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) Hughes i *Geotrichum candidum* Link. w wywoływaniu mieszanych zgnilizn bulw ziemniaka. Biul. Inst. Ziemn. 42: 97 — 105.
- Kurzawińska H. 1994. Zbiorowiska grzybów środowiska glebowego z uprawy ziemniaka i ich wpływ na sprawców suchej zgnilizny bulw w zależności od nawożenia azotowego. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Rozprawa habilitacyjna, nr 192.
- Kurzawińska H., Massengo L. Y. 1998. Grzyby z rodzaju *Fusarium* występujące w ziemi przylegającej do bulw ziemniaka. Zeszyty Naukowe AR, Kraków, Ogrodnictwo, Zesz. 57, 333: 901 — 903.
- Kurzawińska H., Klima E. 1999. Dry rot — fungi occurring in potato tubers. Scientific works of the Lithuanian Institute of Horticulture and Lithuanian University of Agriculture, Horticulture and Vegetable Growing, 18 (3): 216 — 222.
- Nelson P. E., Toussoun T. A., Marasas W. F. O. 1983. *Fusarium* species. The Pennsylvania State University Press, University Park and London.
- Raillo A. J., 1950: Grzyby рода *Fusarium*. Moskwa.
- Wojciechowska-Kot H., Kiszczak E. 1981. Patogeniczne Fusaria w przechowalniach ziemniaka oraz ich rola w powstawaniu suchej zgnilizny. Biul. Inst. Ziemn., 26: 95 — 102.

JADWIGA PIETRAK¹JULIUSZ KAMASA²¹ Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Młochowie² Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, Słupia Wielka

Reakcja na wirusy i wartość użytkowa odmian ziemniaka zarejestrowanych w Polsce w latach 2001–2002

The reaction to virus infection and agronomic value of potato cultivars registered in Poland in 2001–2002

Scharakteryzowano odporność i reakcję na wirus Y ziemniaka (*Potato virus Y*, PVY) i wirus liściozwoju ziemniaka (*Potato leafroll virus*, PLRV) 24 odmian ziemniaka zarejestrowanych w latach 2001–2002 (w tym 11 krajowych i 13 zagranicznych). Średni poziom odporności na wirus Y polskich odmian jest wysoki (7,5), a odmian zagranicznych niższy o 2,2 stopnia (5,3). Większość odmian krajowych po inokulacji mechanicznej roślin w szklarni nie podlegała zakażeniu szczepami wirusa Y⁰ i Y^N. Średnia odporność na wirus liściozwoju odmian krajowych była również wyższa (6,4) od odporności odmian zagranicznych (5,8). Odporność na wirus M ziemniaka (*Potato virus M*, PVM) zarówno odmian krajowych jak i zagranicznych jest niska. Tylko nowa polska odmiana Korona, pochodząca od formy rodzicielskiej niosącej gen odporności *R_m*, charakteryzuje się wysoką odpornością na wirus M, podobnie jak odmiana Triada. Większość odmian zagranicznych charakteryzuje się wysokimi walorami kulinarnymi. Wśród 13 odmian pięć (Asterix, Cycloon, Delikat, Innovator i Victoria) oceniono jako przydatne do produkcji frytek i cztery jako przydatne do produkcji chipsów (Lady Claire, Redstar, Romula i Saturna). Wśród 11 odmian polskich dwie: Felka i Gracja, wyróżniają się przydatnością na chipsy, a odmiany Dorota i Felka są przydatne do przerobu na frytki.

Słowa kluczowe: odmiany, odporność, reakcja, wirusy, ziemniak

The data on level of virus resistance, reaction to virus infection and agronomic value of 24 potato cultivars (11 Polish and 13 foreign) registered in Poland in 2001–2002 are presented in this paper. The average level of resistance to PVY (*Potato virus Y*) of Polish cultivars (7.5) was higher than foreign cultivars (5.3). The major its of Polish cultivars were not infected after mechanical inoculation with PVY⁰ and PVY^N in the greenhouse. The mean level of resistance to PLRV (*Potato leafroll virus*) of Polish cultivars (6.4) was higher than foreign cultivars (5.8). The resistance to PVM (*Potato virus M*) of Polish and foreign cultivar is low, and only Korona cv. represents high level of resistance to PVM (7) comparable to that one of Triada cv. The major its of foreign cultivars were characterized with high culinary quality. Among 13 foreign cultivars five (Asterix, Cycloon, Delikat, Innovator and Victoria) are classified as suitable for French fries processing and four (Lady Claire, Redstar, Romula and Saturna) as good chipping cultivars. Among 11 Polish cultivars two: Felka and Gracja were evaluated as good chipping, and cultivars Dorota and Felka — as suitable for French fries processing.

Key words: potato cultivars, resistance, potato viruses

WSTĘP

Odporność odmian ziemniaka na wirusy jest uwzględniana przy rejestracji odmian, przy planowaniu upraw nasiennych i produkcji towarowej. Wysoka odporność na wirusy ułatwia wyprodukowanie zdrowych materiałów kwalifikowanych. Odporność na wirusy nowych odmian ziemniaka oceniana jest w badaniach prowadzonych w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Młochowie na zlecenie COBORU. Prowadzenie oceny odporności w Młochowie jest uzasadnione odpowiednio silną presją infekcyjną wirusów Y i M ziemniaka w tym rejonie. Dla oceny porażenia wirusem liściozwoju prowadzone są dodatkowe doświadczenia w miejscowościach o silniejszej presji infekcyjnej w zachodnim i południowo-zachodnim rejonie Polski. Obecnie są one prowadzone w SDOO w Lubiniku k/Świebodzina i w Zybiszowie k/Wrocławia.

Charakterystyka reakcji odmian na wirusy obejmuje stopień ich odporności na zakażenie w skali 1–9 (gdzie 1 — oznacza podatność, 9 — krańcową odporność) oraz opis objawów chorobowych. W charakterystyce nowych odmian uwzględniono ich produktywność i przydatność konsumpcyjną na podstawie wyników doświadczeń rejestrowych COBORU (Pietrak i Kamasa, 2002).

Celem pracy było scharakteryzowanie nowych odmian ziemniaka pod względem reakcji na wirusy i wartości użytkowej.

MATERIAŁ I METODA

Odporność na wirusy oceniana była w trzyletnich doświadczeniach polowych i dwukrotnych doświadczeniach szklarniowych (Pietrak, 1997).

Zdrowe bulwy odmian krajowych ziemniaka, przyjętych do doświadczeń rejestrowych, otrzymywano ze stacji hodowli twórczej ziemniaka, a bulwy odmian zagranicznych z COBORU. W doświadczeniach polowych prowadzone są trzy kolejne serie. W każdej serii zdrowe rośliny odmian ocenianych są rozmnażane w obsadzie źródeł wirusów: PVY, PLRV i PVM, a procent porażonych roślin jest określany przy użyciu testu ELISA w następnym roku w polu lub w próbie oczkowej w szklarni. W doświadczeniach szklarniowych rośliny są inokulowane wirusem Y mechanicznie, a wirusem liściozwoju przy użyciu mszyc (*Myzus persicae*) jako wektora.

Uzyskane wyniki polowe i szklarniowe pozwalają ocenić odporność na wirusy w skali 9-stopniowej (gdzie 9 oznacza skrajną odporność, 1 — podatność). Dla uzyskania oceny w tej skali analizowano wyniki procentowego porażenia, które były transformowane według Wójcika i wsp. (1976) i Gabriela (1995).

Wartość gospodarcza odmian (WGO) oceniana była w doświadczeniach rejestrowych prowadzonych w 20 stacjach doświadczalnych oceny odmian (SDOO), w dwuletnim cyklu badawczym. Badania prowadzone były według ramowej metodyki stosowanej w COBORU (Anonim, 1998). Wyniki oceny wartości użytkowej odmian ziemniaka zamieszczono w tabeli 4.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki oceny odporności na wirusy nowo rejestrowanych odmian były od 1996 roku publikowane corocznie w materiałach konferencyjnych „Ochrona Ziemiaka” (Kapsa i in., 1996, 1997; Pietrak i Kapsa, 1998; Pietrak i in., 1999; Kamasa, 2000; Pietrak i Kamasa, 2001, 2002).

Ocenę odporności na wirusy Y, liściozwoju i M odmian zarejestrowanych w latach 2001–2002 przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Odporność na wirusy odmian ziemniaka zarejestrowanych w Polsce w latach 2001–2002
Resistance to virus infection of potato cultivars registered in Poland in 2001–2002

Odmiany Cultivars	Rok rejestracji Year of registration	Odporność na wirusy: Resistance to infection with:			
		PVY	PLRV	PVM	
Krajowe Domestic					
Neptun	2001	8	8	4	
Żagiel		6,5	8	3,5	
Andromeda	2002	6,5	6	3,5	
Dorota		8	6,5	3,5	
Felka		7	7,5	3	
Gracja		7	6,5	3	
Korona		8	6,5	7	
Pasat		8	5	4	
Rudawa		8	6,5	3,5	
Sonda		8	4	2	
Syrena		8	5	3	
Średnia odporność odmian krajowych Mean resistance of domestic cvs		7,5	6,4	3,6	
Zagraniczne Foreign					
Cycloon	2001	7,5	7	4,5	
Lady Claire		4	4	2	
Rosalind		5,5	6	3,5	
Asterix	2002	5	3,5	2,5	
Delikat		6	6,5	4	
Innovator		4	5,5	3	
Karatop		6	7	4,5	
Redstar		4	5	3	
Romula		8	7	4	
Saturna		4	6,5	4	
Velox		4	5,5	2	
Victoria		4	5,5	4	
Vitara		7,5	6,5	2	
Średnia odporność odmian zagranicznych Mean resistance of foreign cultivars		5,3	5,8	3,3	

Najwyższą odpornością na wirusy charakteryzują się odmiany: Neptun (PVY-8, PLRV-8 i PVM-4) zarejestrowana w 2001 roku i Korona (PVY-8, PLRV-6.5 i PVM-7) zarejestrowana w 2002 roku, a najniższą odpornością odmiana Lady Claire (PVY-4, PLRV-4 i PVM-2) zarejestrowana w 2001 roku.

Od lat osiemdziesiątych większość odmian krajowych badanych w doświadczeniach rejestrowych charakteryzowała się wysoką odpornością na wirusy (o sumarycznej ocenie odporności na PVY i PLRV co najmniej 13). Zaowocowało to wzrostem udziału odmian odpornych w uprawie (Kamasa, 1986). Od początku lat dziewięćdziesiątych w doświadczeniach tych badano odmiany zagraniczne, które w większości odznaczają się niskim poziomem odporności na wirusy. Tylko nieliczne z nich posiadały odporność na oba wirusy na średnim poziomie (ocena minimum 5), co było warunkiem koniecznym dla ich rejestracji. W roku 2001 obniżono do oceny 4 próg odporności zarówno dla PVY jak i PLRV, wymagany przy rejestrowaniu odmian. W efekcie w latach 2001 i 2002 zarejestrowano 13 odmian zagranicznych przede wszystkim przydatnych do przetwórstwa na frytki i chipsy (Innovator, Lady Claire, Redstar, Saturna i Victoria), ale podatnych na wirusy, zwłaszcza na PVY. Niewątpliwie produkcja nasienna tych odmian będzie trudniejsza i obarczona większym ryzykiem degradacji i dyskwalifikacji, co potwierdzają już wyniki kontroli weryfikacyjnej (Turska, 1998). Warto podkreślić to, że odmiany o odporności na PVY poniżej 5 w warunkach silnej presji infekcyjnej, jaka występuje w Młochowie, w niektórych latach porażały się tym wirusem w 100%.

Średni poziom odporności na PVY odmian krajowych jest wysoki (7,5), a odmian zagranicznych niższy o 2,2 stopnia (5,3). Średnia odporność na PLRV odmian krajowych jest dość wysoka (6,4), a odmian zagranicznych nieco niższa (5,8). Odporność na PVM zarówno odmian krajowych (3,6) jak i zagranicznych (3,3) jest niska. Odmiana Korona charakteryzuje się wysoką odpornością na wirus M (7), taką jak odmiana Triada. Odmiana Korona pochodzi od materiałów wyjściowych, od formy PW 147, w której występuje gen R_m warunkujący odporność na PVM.

Większość nowych odmian krajowych charakteryzuje się wysoką odpornością na wirusy (Pietrak, 2002). Wysoki poziom odporności na wirusy zapewnia utrzymywanie się plenności przez wiele lat, pozwala na obniżenie kosztów produkcji sadzeniaków i zmniejszenie ryzyka ich degradacji lub dyskwalifikacji.

Ocenę reakcji w warunkach szklarniowych na wirus Y nowych odmian prowadzono zgodnie z metodą opisaną przez Chrzanowską i Zagórską (1993). Po inokulacji mechanicznej wirusem Y (szczepami PVY⁰ z odmiany Lipiński Wczesny i PVY^N z odm. Wilga) zakażeniu nie uległy odmiany Neptun i Cycloon zarejestrowane w 2001 roku oraz odmiany: Dorota, Korona, Sonda, Pasat, Syrena, Rudawa, Romula i Vitara zarejestrowane w 2002 roku (tab. 2). Odmiany: Neptun, Korona, Sonda, Pasat, Syrena, Rudawa i Romula uzyskały ocenę 8 na wirus Y, ponieważ również nie podlegały porażeniu w polu. Odmiany Cycloon i Vitara nie ulegały zakażeniu w szklarni, ale sporadycznie wykrywano wirus Y w roślinach tych odmian i dlatego zostały ocenione na 7,5.

Tabela 2

Reakcja na wirus Y nowych odmian ziemniaka zarejestrowanych w latach 2001–2002 po inokulacji mechanicznej w szklarni

The reaction to PVY of new potato cultivars registered in 2001–2002 after mechanical inoculation in the greenhouse

Rok rejestracji Year of registration	Nie uległy zakażeniu szczepami PVY ⁰ i PVY ^N Not infected with PVY ⁰ and PVY ^N strains	Uległy zakażeniu tylko PVY ^N Infected only with PVY ^N	Uległy zakażeniu szczepami PVY ⁰ i PVY ^N i wykazały objawy mozaiki Infected with PVY ⁰ and PVY ^N strains and showed mosaic symptoms
2001	Cycloon (7,5)		Lady Claire (4)
	Neptun (8)		Rosalind (5,5) Żagiel (6,5)
2002	Dorota (8)	Felka (7)	Andromeda (6,5)*
	Korona (8)	Gracja (7)	Asterix (5)
	Pasat (8)		Delikat (6)
	Sonda (8)		Innovator (4)
	Syrena (8)		Karatop (6)
	Romula (8)		Redstar (4)
	Rudawa (8)		Saturna (4)
	Vitara (7,5)		Velox (4) Victoria (4)

* — Uległa zakażeniu PVY⁰, ale wirus przemieszczał się do bulw potomnych sporadycznie

* — Infected with PVY⁰ but the virus was transmitted occasionally to progeny tubers

Większość polskich odmian ziemniaka nie podlegała zakażeniu wirusem Y, natomiast większość odmian zagranicznych podlegała zakażeniu obydwoma szczepami PVY. Po zakażeniu wirusem Y rośliny wykazywały objawy mozaiki.

Po zakażeniu roślin wirusem liściozwoju przy użyciu mszyc nie podległy porażeniu odmiany Żagiel i Neptun (tab. 3). Odmiany te nie podlegały również porażeniu w polu i uzyskały ocenę odporności na wirus liściozwoju — 8 w skali 9-stopniowej. Odmiana Felka nie podlegała porażeniu PLRV w polu, a po zakażeniu w szklarni przy użyciu mszyc tylko kilka roślin uległo wirusowi liściozwoju, dlatego odmiana Felka została oceniona na 7,5. Po zakażeniu PLRV większość badanych odmian wykazywała silne objawy. Silnymi objawami reagowały zarówno odmiany podatne (Asterix, Lady Claire i Sonda) jak i odporne (Cycloon, Karatop i Romula). Słabe objawy obserwowano tylko u polskich odmian: Dorota, Korona i Rudawa. Odmiany te oceniono na 6,5 na podstawie wyników doświadczeń polowych i szklarniowych.

Krótką charakterystykę cech użytkowych odmian zarejestrowanych w 2001 roku

W grupie odmian jadalnych wprowadzono do uprawy cztery odmiany charakteryzujące się wysoką jakością konsumpcyjną:

- w grupie odmian wczesnych holenderską odmianę Lady Claire, która odznacza się przydatnością do produkcji chipsów i niemiecką odmianę Rosalind, plenną, w typie konsumpcyjnym ogólnoużytkowym, o dobrym smaku;
- w grupie odmian średnio wczesnych polską odmianę Żagiel, bardzo plenną, w typie konsumpcyjnym sałatkowym, o dobrym smaku i holenderską odmianę Cycloon, w typie kulinarnym lekko mączystym, o dobrym smaku i przydatności do produkcji frytek.

Odmiana Neptun jest odmianą późną skrobiową o średniej zawartości skrobi około 20%, dającą bardzo duże plony skrobi. Ponadto jest bardzo odporna na wirusy i odporna na zarazę ziemniaka.

Tabela 3

Reakcja na wirus liściozwoju nowych odmian ziemniaka zarejestrowanych w latach 2001–2002 po zakażeniu przy użyciu mszyc w szklarni
The reaction to PLRV of new potato cultivars registered in 2001–2002 after aphids inoculation in the greenhouse

Rok rejestracji Year of registration	Nie uległy zakażeniu PLRV Not infected with PLRV	Nasilenie objawów chorobowych The severity of symptoms		
		słabe mild	średnie moderate	silne severe
2001	Neptun (8)			Cycloon (7)
	Żagiel (8)			Lady Claire (4) Rosalind (6)
2002		Dorota (6,5)	Felka (7)	Andromeda (6)
		Korona (6,5)	Gracja (6,5)	Asterix (3,5)
		Rudawa (6,5)	Pasat (5)	Delikat (6,5)
			Syrena (5)	Innovator (5,5)
				Karatop (7)
				Romula (7)
				Saturna (6,5)
				Sonda (4)
				Velox (5,5)
				Vitara (6,5)

Nie oceniono nasilenia objawów chorobowych u odmian Redstar i Victoria
 The severity of symptoms was not evaluated in cultivars Redstar and Victoria

Krótką charakterystyką cech użytkowych odmian zarejestrowanych w 2002 roku

W grupie odmian jadalnych przeznaczonych do bezpośredniego spożycia wprowadzono do uprawy osiem odmian charakteryzujących się zarówno dużą plennością jak również wysoką jakością konsumpcyjną (tab. 4):

- w grupie odmian bardzo wczesnych wpisano do Rejestru Odmian (RO) trzy odmiany, w tym bardzo plenną odmianę Felka, która charakteryzuje się dodatkowo przydatnością do przerobu na frytki i chipsy. Z kolei dwie niemieckie odmiany Karatop i Velox charakteryzują się wcześniejszą tuberyzacją i są szczególnie przydatne do uprawy na wczesny zbiór. W porównaniu do wzorcowej odmiany Ruta, w najwcześniejszym terminie zbioru (po 40 dniach od wschodów) odmiana Karatop dała plon handlowy wyższy o 8%, natomiast odmiana Velox plonowała na poziomie wzorca;
- w grupie odmian wczesnych wpisano do RO również trzy odmiany, w tym bardzo plenną odmianę Korona, reprezentującą typ konsumpcyjny sałatkowy. Z kolei nieco mniej plenne odmiany niemieckie Vitara i Delikat odznaczają się bardzo dobrą jakością kulinarną, a odmiana Delikat dodatkowo może być przerabiana na frytki;
- w grupie odmian średnio wczesnych i średnio późnych wpisano do RO, odpowiednio, odmiany Andromeda i Syrena. Obie dają duże plony bulw o dobrej jakości.

Tabela 4

Ocena cech konsumpcyjnych odmian ziemniaka zarejestrowanych w 2002 roku
Evaluation of culinary quality of potato cultivars registered in 2002

Wczesność Earliness	Odmiana Cultivar	Barwa skórki Skin colour	Barwa miąższu Flash colour	Kształt bulw Tuber shape	Smak (skala 1–9) Taste (score 1–9)	Typ konsumpcyjny Culinary type	Przetwórstwo Processing	
							frytki French fries	chipsy chips
Bardzo wczesne Very early	Felka (BNH 7499)	Ż	ż	oow	7,2	B	+	+
	Karatop DE	Ż	jż	oow	6,6	AB		
	Velox DE	Ż	jż	ow	7,5	B		
Wczesne Early	Korona (ZAH 8299)	Ż	jż	oow	6,4	AB		
	Vitara DE	Ż	jż	ow	7,1	B		
	Delikat DE	Ż	jż	ow	7,5	B	+	
	Innovator NL	Ż	kr	ow	7,0	B	+	
	Gracja (ZAH 8899)	Ż	jż	oow	6,4	BC		+
	Dorota (BNH 8099)	Ż	jż	owp	6,7	BC	+	
Średnio wczesne Mid-early	Andromeda (DOC 10099)	Ż	jż	oow	6,9	AB		
	Asterix NL	Cz	jż	ow	7,0	B	+	
	Victoria NL	Ż	ż	ow	7,2	B	+	
	Redstar NL	Cz	ż	oow	7,0	BC		+
	Romula (327/88) DE	Ż	jż	oow	6,6	C		+
	Pasat (STB 8099)	Ż	kr	oow	6,5	C		
Średnio późne Medium-late	Syrena (STB 8599)	Ż	ż	ow	7,0	B		
	Saturna NL	Ż	jż	oow	6,3	BC		+
Późne Late	Sonda (KRA 6199)	Ż	b	oow	6,1	C		
	Rudawa (SOH 7099)	Ż	kr	oow	5,3	CD		

Objaśnienia; Explanations: Barwa skórki; Skin colour: Ż — żółta; yellow; Cz — czerwona; red

Barwa miąższu; Flash colour: ż — żółty; yellow; jż — jasno żółty; light yellow; kr — kremowy; cream; b — biały; white

Kształt bulw; Tuber shape: oow — okrągłoovalny; roundoval, ow — owalny; oval; owp — owalnopodłużny; longoval

Smak; Taste: 9 — najlepszy; the best

Typ konsumpcyjny; Culinary type: A — sałatkowy; salad; B — zwięzły, wszechstronnie użytkowy; pretty solid,

C — mączysty; mealy; D — bardzo mączysty; very mealy

W 2002 roku w znaczący sposób powiększono asortyment odmian przeznaczonych do przemysłowego przetwórstwa na frytki i chipsy. Wśród nich są trzy odmiany przydatne do produkcji frytek — wczesna Innovator i dwie średnio wczesne Asterix i Victoria oraz cztery odmiany przydatne do produkcji chipsów — wczesna, krajowa odmiana Gracja, średnio wczesne — Redstar i Romula oraz średnio późna Saturna. Należy zwrócić uwagę, że odmiany „frytkowe” odznaczają się równocześnie dobrą jakością konsumpcyjną. Jednak ich niska odporność na wirusy w znaczący sposób może ograniczać ich uprawę jako ziemniaków jadalnych do bezpośredniego spożycia.

W grupie odmian skrobiowych znalazły się cztery odmiany: wczesna Dorota i średnio wczesna Pasat i dwie późne Sonda i Rudawa. Wszystkie charakteryzują się dużymi plonami skrobi, a Rudawa najwyższą zawartością skrobi, przekraczającą 22%.

WNIOSKI

1. Odmiany ziemniaka zarejestrowane w latach 2001 i 2002, pochodzące z hodowli krajowej odznaczają się wysoką odpornością na wirus Y; dwie z nich wyróżniają się

- przydatnością na chipsy — Felka i Gracja, a dwie przydatnością na frytki — Dorota i Felka.
2. Odmiany ziemniaka zarejestrowane w latach 2001 i 2002, pochodzące z hodowli zagranicznych charakteryzują niższym niż polskie poziomem odporności na wirus Y przy podobnej średniej odporności na wirusy liściozwoju i M, ale większość z nich jest przydatna na frytki lub chipsy.

LITERATURA

- Anonim. 1998. Metodyka badania wartości gospodarczej odmian (WGO) roślin uprawnych. 1. Rośliny rolnicze. 1.6. Ziemniak. COBORU, Słupia Wielka.
- Chrzanowska M., Zagórska H. 1993. Metoda oceny i selekcji rodów ziemniaka odpornych na wirus Y. Biul. Inst. Ziemn. 43: 17 — 24.
- Gabriel W. 1995. Une methode d'utilisation possible de l'échelle de 1 a 9 pour l'évaluation de la resistance aux virus chez les cultivars de pomme de terre. Potato Res. 38: 297 — 305.
- Kamasa J. 1986. Postęp odmianowy ziemniaka w Polsce. Wiadomości Odmianoznawcze. COBORU, zeszyt 18: 38 s.
- Kamasa J. 2000. Charakterystyka rejestru odmian ziemniaka. Mat. Konf. IHAR Ochrona Ziemniaka. Kołobrzeg, 4–5.04.2000: 15 — 18.
- Kapsa J., Pietrak J., Turska E. 1996. Odmiany ziemniaka zarejestrowane w latach 1995–1996. Charakterystyka odporności na choroby. Mat. Konf. Inst. Ziemn. Ochrona Ziemniaka. Mielno, 1–2.04.1996: 18 — 21.
- Kapsa J., Pietrak J., Wojciechowska-Perz B. 1997. Charakterystyka nowych odmian ziemniaka, zarejestrowanych w 1997 roku. Mat. Konf. Inst. Ziemn. Ochrona Ziemniaka. Kołobrzeg, 9–10.04.1997: 39 — 42.
- Pietrak J. 1997. Zmiany w poziomie odporności na wirus Y i liściozwoju rodów hodowlanych i odmian ziemniaka wpisanych do rejestru w latach 1982–1995. Biul. Inst. Ziemn. 48/II: 17 — 22.
- Pietrak J. 2002. Odporność na wirusy polskich i zagranicznych odmian ziemniaka w doświadczeniach rejestrowych. Zesz. Nauk. Akad. Roln. w Krakowie 82: 93 — 99.
- Pietrak J., Kamasa J. 2001. Odporność i reakcja na wirusy odmian ziemniaka zarejestrowanych w Polsce w 2001 r. Mat. Konf. IHAR Ochrona Ziemniaka. Kołobrzeg, 19–20.04.2001: 121 — 124.
- Pietrak J., Kamasa J. 2002. Odporność i reakcja na wirusy odmian ziemniaka zarejestrowanych w latach 2001–2002. Mat. Konf. IHAR Ochrona Ziemniaka. Kołobrzeg, 11–12.04.2002: 70 — 75.
- Pietrak J., Kapsa J. 1998. Charakterystyka odporności odmian ziemniaka zarejestrowanych w latach 1997–1998. Mat. Konf. IHAR Ochrona Ziemniaka. Kołobrzeg, 21–22.04.1998: 18 — 20.
- Pietrak J., Kapsa J., Gawińska H. 1999. Charakterystyka odporności odmian ziemniaka zarejestrowanych w 1999 r. Mat. Konf. IHAR Ochrona Ziemniaka. Kołobrzeg, 23–24.03.1999: 101 — 103.
- Turska E. 1998. Rola odmian i materiału nasennego w produkcji ziemniaków wysokiej jakości. Ziemn. Pol. 4: 4 — 13.
- Wójcik A.R., Gabriel W., Woźnica W. 1976. Metody transformowania danych procentowych porażenia w epidemiologii wirusów ziemniaka. Biul. Inst. Ziemn. 17: 83 — 107.

JÓZEFA KAPSA

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Boninie

Zmiany w europejskich populacjach *Phytophthora infestans*

Changes in European populations of *Phytophthora infestans*

W ostatnich latach na całym świecie obserwuje się wzrastający potencjał infekcyjny *Phytophthora infestans* spowodowany genetycznymi zmianami składu populacji patogenu i wzrastającą presją infekcyjną zarazy w uprawach ziemniaka. Wynikiem tych zmian są: wcześniejszy rozwój epidemii i większe nasilenie choroby, wzrost patogeniczności patogenu oraz zmiany nasilenia i rozwoju pierwszych objawów zarazy na roślinach ziemniaka i pomidora. Zmiany te związane są z powszechnym pojawianiem się w Europie drugiego typu kojarzeniowego A2, co daje możliwość rozmnażania płciowego *P. infestans*. Efektem tego rozwoju jest występowanie oospor jako dodatkowego źródła wczesnych infekcji. W europejskich populacjach patogenu obserwuje się coraz bardziej złożone rasy oraz formy *P. infestans* odporne na niektóre fungicydy (fenyloamidy).

Słowa kluczowe: odporność na fenyloamidy, *Phytophthora infestans*, rasy, typy kojarzeniowe, zmiany europejskich populacji

An enhanced infection potential of *Phytophthora infestans* can be observed world wide in recent years, due to the genetic changes of the pathogen population composition and the growing infection pressure of late blight on potato crops. Some of the results of those changes are: earlier epidemics development and intensified severity of the disease, enhanced fungus pathogenicity, and changes in incidence and development of first symptoms of late blight on potato and tomato plants. The changes are connected with common appearance of the A2 mating types that result in possibility of sexual reproduction. An effect of the sexual development of the pathogen is occurrence of oospora as additional source of early infections. More composed races and forms of *P. infestans* resistant for some of fungicides (phenylamides) are observed in European pathogen populations.

Key words: changes in European populations, mating types, races, resistance to phenylamides, *Phytophthora infestans*

WSTĘP

Konsekwencją występowania agrofagów na plantacjach ziemniaka, w okresie wegetacji, szczególnie patogenów grzybowych i bakteryjnych, są straty w plonie i rozwój chorób na przechowywanych bulwach. Do najpowszechniejszych chorób ziemniaka, wywoływanych przez patogeny zalicza się zarazę ziemniaka, wywoływana przez organizm grzybopodobny *Phytophthora infestans*.

Mimo wieloletnich badań prowadzonych przez różne zespoły badawcze na całym świecie sprawca zarazy *P. infestans*, wciąż sprawia wiele trudności w uprawach roślin z rodziny *Solanaceae*, szczególnie w uprawach takich roślin, jak ziemniak czy pomidor.

W ciągu ostatnich dwudziestu lat obserwuje się w świecie zwiększenie potencjału infekcyjnego *P. infestans*, związane ze zmianą populacji patogenu oraz coraz większe zagrożenie upraw ziemniaka przez zarzę. Wynikiem tych zmian są między innymi:

- wcześniejsze wystąpienie epifitozy w sezonie (nawet już w maju) i gwałtowniejszy przebieg choroby,
- wzrost patogeniczności grzyba w stosunku do wielu odmian ziemniaka lub pomidora i przełamywanie ich odporności genetycznej,
- zmiany w występowaniu i rozwoju pierwotnych infekcji grzyba *P. infestans* na roślinach ziemniaka i nieskuteczność ochrony plantacji przed patogenem, stosowanej w tradycyjny sposób.

Rozwój zarazy w zależności od warunków meteorologicznych

Termin wystąpienia i tempo rozwoju zarazy na plantacji ziemniaka w danym roku są bardzo ściśle związane z warunkami meteorologicznymi (tab. 1). Przykład rozwoju zarazy ziemniaka w Boninie, w latach 1995–2001 wskazuje, że zaraza ziemniaka może pojawiać się w różnych terminach a termin krytycznego zniszczenie 50% naci może być przesunięty nawet o 6 tygodni (lata 1997 i 1999), skracając okres tworzenia się bulw.

Tabela 1

Rozwój zarazy ziemniaka w Boninie w latach 1995–2001
Development of potato late blight at Bonin in the years 1995–2001

Rok Year	Data sadzenia Date of planting	Suma opadów w VI i VII (mm) Rainfalls in VI– VII (mm)	Data wystąpienia zarazy Date of late blight appearance	Tempo szerzenia zarazy na odmianie kontrolnej Rate of late blight development on standard cultivar	Termin zniszcz. 50% naci (miesiąc-dekada) Time of 50% haulm destruction (month-decade)
1995	5.05	237,9	27.06	0,271	08–III
1996	13.05	224,8	13.07	0,289	08–II
1997	6.05	106,4	26.06	0,210	07–III
1998	6.05	270,0	09.07	0,226	08–I
1999	11.05	122,6	23.06	0,194	09–I
2000	28.04	148,9	17.07	0,387	08–I
2001	4.05	264,4	27.06	0,241	08–I

Występowanie typów kojarzeniowych w Europie

Patogen może rozmnażać się wegetatywnie, występując w postaci jednego z typów kojarzeniowych i generatywnie w obecności obu typów A1 i A2 (Smoot i in., 1958; Galindo, Gallegly, 1960). Występujące w populacji *P. infestans* sporadycznie izolaty autogamiczne mają zdolność rozmnażania generatywnego zarówno z typem A1, jak i A2 (Tantius i in., 1986).

Do końca lat siedemdziesiątych na całym świecie (z wyjątkiem Meksyku) dominowały “stare” populacje *P. infestans*, o typie kojarzeniowym A1, wywodzące się z jednolitego genetycznie szczepu zawierającego kilka czynników wirulencji, podatnego na metalaksyl (Niederhauser, 1991). Późniejsze analizy wykazały, że “stara”, jednolita populacja grzyba

w Europie została zastąpiona przez populację “nową”, zróżnicowaną genetycznie (Spielman i in., 1991; Sujkowski i in., 1994). W latach osiemdziesiątych pojawiły się pierwsze informacje o występowaniu w kilku krajach europejskich typu kojarzeniowego A2 wskazując, że europejskie populacje grzyba *P. infestans* zmieniły się (Fry i in., 1993, Sujkowski, 1992) — tabela 2.

Tabela 2

Frekwencja typu kojarzeniowego A2 w populacjach *P. infestans* w niektórych krajach
Frequency of the A2 mating types in *P. infestans* populations in some countries

Kraj Country	Lata Years	A2 (% badanych izolatów) A2 (% of examined isolates)	Źródło informacji Source of information
Anglia + Walia	1982–1985	5–17	Tantius i in., 1986
Anglia + Walia	1985–1988	śr. 10	Shattock i in., 1990
Irlandia	1988–1994	2,8–34,6	O’Sullivan, Dowley, 1994
Pn. Irlandia	1980–1994	0–20	O’Sullivan, Dowley, 1994
Niemcy Wsch.	1989–1990	13–27	Götz, 1991
Niemcy Zach.	1985–1994	0–41,4	Schöber-Butin i in., 1995
Finlandia	1990–1996	śr. 15	Hermansen i in., 2000
Norwegia	1994–1995	śr. 21	Hermansen, Amundsen, 1996
Szwecja	1997–1998	36–44	Sandström, Anderson, 1999
Polska	1988–1995	5–44	Zarzycka, Sobkowiak, 1997a

Pojawienie się w populacjach *P. infestans* drugiego typu kojarzeniowego i rozmnażania generatywnego stworzyło realną możliwość tworzenia i zimowania oospor w glebie, jako dodatkowego źródła infekcji pierwotnej, rozpoczynającego epidemii. Badania szklarniowe wykonane w Szwecji dowiodły, że oospory *P. infestans* obecne w glebie mogą wywoływać pojedyncze objawy podziemnych części łodyg i bulw ziemniaka (Sandström, Anderson 1999). Drenth (1994) stwierdza jednak, że oospora stanowiąca źródło infekcji nie poraża roślin bezpośrednio. W warunkach wysokiej wilgotności oospory kiełkują strzępką rostkową na której rozgałęzieniach tworzą się sporangia z pływkami. Uwolnione do gleby zoospory, z rozpryskującymi kroplami deszczu są przenoszone na dolne części łodyg i liście roślin ziemniaka.

Zmiany w składzie ras *P. infestans*

Nowe genotypy *P. infestans* charakteryzują się fenotypowo znacznie większą zmiennością, szerszym zakresem wirulencji i wyższym stopniem agresywności w stosunku do rośliny gospodarza (Sujkowski, 1992; Turkensteen i in., 1996; Zarzycka, Sobkowiak, 1997 b). W latach 60. i 70. w populacjach przeważały rasy proste i mało złożone. Nowe rasy grzyba są bardziej złożone. Obecnie, w Europie i na świecie spotyka się rasy złożone, zawierające 0–11 v-genów. Przeważają rasy 4–6 genowe. Przykładem mogą być zmiany występujące w niemieckiej populacji *P. infestans* (tab. 3).

Zmiany populacji patogenu, spowodowane pojawieniem się dwóch typów kojarzeniowych, wpłynęły także na wzrost patogeniczności grzyba w stosunku do wielu odmian ziemniaka lub pomidora i przełamywanie ich odporności genetycznej (Sujkowski i in., 1994). Wyższa agresywność nowych genotypów *P. infestans* powoduje intensywniejsze porażenie roślin ziemniaka i znacznie szybszy rozwój choroby na plantacji. Zwiększoną

agresywność nowej populacji *P. infestans* stwierdzano zarówno w stosunku do tkanek liści, jak i tkanek bulw.

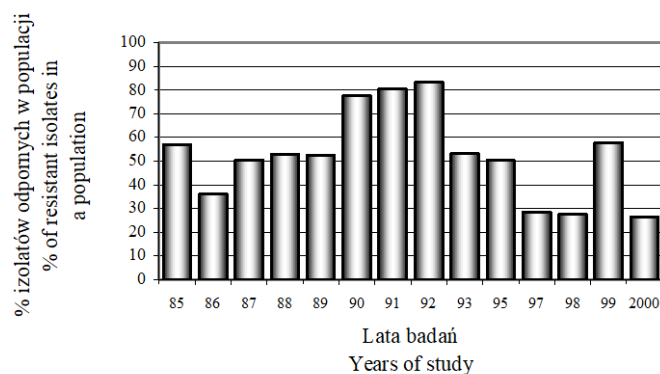
Tabela 3

Zmiany składu ras w niemieckich populacjach *P. infestans* wg Schöber-Butin i in. 1995
Changes of race composition in German populations of *P. infestans* acc. Schöber-Butin et al. 1995

Lata Years	Patotypy Pathotype	Liczba czynników wirulencji Number of virulence genes
1950	0, 1	1
1960	0, 1, 4, 1.4, 1.2.3.4	4
1970	1, 4, 1.4, 1.3.4, 1.2.3.4	4
1980	1.4, 1.3.4, 1.2.3.4, 1.3.10, 1.4.10, 1.3.4.10, 1.3.4.7.8.10.11	8
1985	1.4, 1.3.4, 1.4.10, 1.4.11, 1.3.4.7, 1.4.8.10, 1.4.8.11, 1.3.4.7.8, 1.2.3.4.7.8, 1.3.4.7.8.11, 1.3.4.7.10.11, 1.2.3.4.7.10.11	8
1990	1.2.3.4.7.8, 1.2.3.7.8.10.11, 1.2.3.4.5.7.10.11, 1.2.3.4.5.7.8.10.11, 1.3.4.7.10, 1.3.4.7.8.10, 1.3.4.6.7.8.10.11, 2.3.4.7.8.10.11, 3.4.7.8.10	10

Odporność patogenu na fenyloamidy

Zmiana składu populacji *P. infestans* w świecie wpłynęła także na powstanie nowych problemów w ochronie plantacji ziemniaka przed patogenem.



Rys. 1. Nasilenie występowania form *P. infestans* odpornych na fenyloamidy
Fig. 1. Incidence of *P. infestans* forms resistant to phenylamides

Przyczyną nieskuteczności ochrony może być szeroko rozpowszechnione w świecie zjawisko odporności grzybów na wysoko selektywne, nowoczesne fungicydy, do których zalicza się wprowadzone w Europie pod koniec lat siedemdziesiątych (1977 rok) fenyloamidy. Niestety już po kilku latach stosowania związków z tej grupy, w wielu uprawach stwierdzono połowę odporności patogenów na tę właśnie grupę środków. W 1980 roku połowę odporność na metalaksyl wykazał *P. infestans* na ziemniakach w kilku krajach Europy (Davidse i in., 1981; Dowley, O'Sullivan, 1981; Cooke, 1981). W Polsce, pierwsze doniesienia o odporności patogenu pochodzą z 1984 roku (Świąch, 1987, 1988). W latach 1985–2000 badano w Boninie

polską populację *P. infestans* i stwierdzono zmienne występowanie form *P. infestans* odpornych na fenyloamidy: od 26,4% w 2000 roku do 83,3% w roku 1993 (rys. 1).

Powszechnie uznano za słuszną hipotezę, że pierwotną przyczyną pojawienia się odpornych na fenyloamidy form *P. infestans* była najprawdopodobniej migracja, a nie mutacja grzyba. Jako jeden z dowodów podaje się fakt, że odporne na metalaksyl formy spotykano w Meksyku nawet w tych rejonach, gdzie nie stosowano nigdy chemicznej ochrony ziemniaka (Hawkes, 1958; Rivera-Peña, 1990 a, b; Andrivon, 1996). Wzrastający udział form odpornych spowodowany jest także intensywną ochroną chemiczną, prowadzoną za pomocą nadmiernie selektywnych związków fungicydowych.

Występowanie pierwszych objawów zarazy na łodygach

Obserwacje polowe, prowadzone przez szereg lat w Boninie nad występowaniem zarazy wykazały, że pierwsze infekcje zarazy coraz częściej występują nie tylko na liściach roślin ziemniaka, ale równocześnie także na łodygach (Kapsa, 2001). Objawy zarazy ziemniaka na łodygach rozpoczynają się na wierzchołkach pędów, ogonkach liściowych lub różnych częściach łodyg. Porażenie liści jest kontynuacją procesu chorobowego. Silnie porażone łodygi często przełamują się w miejscu wystąpienia choroby. Rośliny ulegają całkowitemu zniszczeniu. Na polu pozostają kikuty roślin, pokryte na całej porażonej powierzchni białym nalotem grzybni, na których obserwuje się, szczególnie w warunkach wysokiej wilgotności, obfite zarodnikowanie patogenu. Obserwacje polowe prowadzone na poletkach doświadczalnych IHAR, Oddział w Boninie wykazały, że wysokie temperatury powietrza (ok. 30° C) nie zatrzymują rozwoju choroby, a jedynie czasowo ją przyhamowują. Przy nastaniu warunków sprzyjających chorobie, zaraza rozwija się ponownie epidemicznie.

Tabela 4

Nasilenie zarazy w uprawach ziemniaka w Polsce w latach 1997–2001 (oparte na danych ankietowych)
Incidence of late blight at potato crops in Poland in the years 1997–2001 (based on questionnaire data)

Rok Year	Liczba plantacji Number of fields	Liczba obserwowanych odmian Number of observed cultivars	Procent plantacji z objawami zarazy łodygowej Percentage of fields with stem blight symptoms
1997	149	35	80,5
1998	158	41	65,2
1999	76	24	72,4
2000	56	22	58,9
2001	51	27	68,6

Infekcje łodyg nie dotyczą jedynie pojedynczych roślin, ale mają często charakter masowy (tab. 4). Zaraza łodygowa jest wynikiem bezpośredniej infekcji łodyg przez *P. infestans*, a nie efektem wtórnym zakażenia liści. Ta forma choroby stanowi “trwałe” źródło infekcji w sezonie wegetacyjnym, aż do powrotu warunków sprzyjających ponownemu rozwojowi choroby. Zakażenia łodyg są dodatkowym czynnikiem utrudniającym efektywną ochronę plantacji ziemniaka.

P. infestans bardzo zmienił się od czasu wielkiej epidemii zarazy w Irlandii w 1845 roku. Wciąż pojawiają się nowe, bardziej złożone rasy i stwarzają nowe wyzwania dla fitopatologów, hodowców i rolników.

LITERATURA

- Andrison D. 1996. The origin of *Phytophthora infestans* populations present in Europe in the 1840: a critical review of historical and scientific evidence. *Plant Pathol.* 45: 1027 — 1035.
- Cooke L. R. 1981. Resistance to metalaxyl in *Phytophthora infestans* in Northern Ireland. *Proc. 1981 British Crop Protection Conference: Pests and Diseases* 2: 641 — 649.
- Davidse L. C., Looijen D., Turkensten I. J., Van der Wald D. 1981. Occurrence of metalaxyl-resistant strains of *Phytophthora infestans* in Dutch potato fields. *Neth. J. Plant Pathol.*, 87: 65 — 68.
- Dowley L. J., O'Sullivan E., 1981. Metalaxyl resistant strains of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary in Ireland. *Potato Res.* 24: 417 — 421.
- Drenth A. 1994. Molecular genetics evidence for a new sexually reproducing population of *Phytophthora infestans* in Europe. Doctor thesis, Wageningen, The Netherlands: pp.150.
- Fry W. E., Goodwin S. B., Dyer A. T., Matuszak J. M., Drenth A., Tooley P. W., Sujkowski L. J., Ko Y. J., Cohen B. A., Spielman L. J., Deahl K. L., Inglis D. A., Sandlan K. P. 1993. Historical and recent migrations of *Phytophthora infestans* chronology, pathways and implications. *Plant Dis.* 77: 653 — 661.
- Galindo J., Gallegly M. E. 1960. The nature of sexuality in *Phytophthora infestans*. *Phytopathology*, 50: 123 — 128.
- Götz E. 1991. Untersuchungen zum Auftreten des A2-paarungstyps bei *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary in Ostdeutschland. *Potato Res.* 34: 233 — 237.
- Hawkes J. G. 1958. Significance of wild species and primitive forms for potato breeding. *Euphytica*, 7: 257 — 270.
- Hermansen A., Amundsen T. 1996. Mating types of *Phytophthora infestans* in selected fields in Norway in 1995. 13th Triennial Conference of EAPR, Veldhoven, The Netherlands: 270 — 271.
- Hermansen A., Hannukkala A., Naerstad R.H., Brurberg M.B. 2000. Variation in populations of *Phytophthora infestans* in Finland and Norway: mating type, metalaxyl resistance and virulence phenotype. *Plant Pathol.*, 49 (1): 11 — 22.
- Kapsa J. 2001. Zaraza (*Phytophthora infestans* /Mont./ de Bary) występująca na łodygach ziemniaka. *Monogr. i Rozpr. Nauk.* 11. IHAR Radzików 108 s. 30 tabl. Kolor.
- Niederhauser J. S. 1991. *Phytophthora infestans* – the Mexican connection. In: *Phytophthora*. Lucas J.A., Shattock R. C., Shaw D. S., Cooke L. R. (eds.). British Mycological Society, Cambridge University Press, Cambridge: 25 — 45.
- O'Sullivan E., Dowley L. J. 1994. Distribution and importance of the A2 mating type of *Phytophthora infestans*. *Irish J. Agric. Res.* 33: 104.
- Rivera-Peña A. 1990 a. Wild tuber-bearing species of *Solanum* and incidence of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary on the western slopes of the volcano Nevado de Toluca. 2. Distribution of *Phytophthora infestans*. *Potato Res.* 33: 341 — 347.
- Rivera-Peña A. 1990 b. Wild tuber-bearing species of *Solanum* and incidence of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary on the Western slopes of the volcano Nevado de Toluca. 5.Type of resistance to *P.infestans*. *Potato Res.* 33: 479 — 486.
- Sandström M., Anderson B. 1999. Distribution of mating types of *Phytophthora infestans* in Sweden. PAV — Special Report no 6. Workshop European Network for Development of an Integrated Control Strategy of potato late blight. Uppsala, Sweden 9-13.09.1998: 281 — 282.
- Schöber-Butin B., Knapova G., Knipfelberg I., Niepold F. 1995. *Phytophthora infestans* in Germany: population dynamics and modern methods in diagnosis. In: *Phytophthora* 150. Dowley L. J., Bannon E., Cooke L. R., Keane T., O'Sullivan E. (eds.). Dublin, Ireland: Boole: 96 — 101.
- Shattock R. C., Shaw D. S., Fyfe A. M., Dunn J. R., Loney K. H., Shattock J. A. 1990. Phenotypes of *Phytophthora infestans* collected in England and Wales from 1985 to 1988: mating type response to metalaxyl and isoenzyme analysis. *Plant Pathol.*, 39: 242 — 248.
- Smoot J. J., Gough F. J., Lamey H. A., Eichenmuller J. J., Gallegly M. E. 1958. Production and germination of oospores of *Phytophthora infestans*. *Phytopathology*, 48: 165 — 171.

- Spielman L. J., Drenth A., Davidse L. C., Sujkowski L. S., Gu W., Tooley P. W., Fry W. E. 1991. A second world-wide migration and population displacement of *Phytophthora infestans*? Plant Pathol. 40: 422 — 430.
- Sujkowski L. S. 1992. Zmienność wirulencji i agresywności u grzyba *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary w stosunku do ziemniaka. Rozprawa habilitacyjna, Instytut Ziemniaka, Młochów, ss.56.
- Sujkowski L. S., Goodwin S. B., Dyer A. T., Fry W. E. 1994. Increased genotypic diversity via migration and possible occurrence of sexual reproduction of *Phytophthora infestans* in Poland. Phytopathology, 84: 201 — 207.
- Świąch T. 1987. Skuteczność mieszanin fungicydów w aspekcie odporności *Phytophthora infestans* na metalaksyl. Roczniki Nauk. Rolniczych, Seria E, Ochrona Roślin 17 (1): 211 — 217.
- Świąch T. 1988. Badania nad odpornością *Phytophthora infestans* na metalaksyl przeprowadzone w Polsce w latach 1985-87. XXXVIII Sesja Naukowa IOR, 28 (2): 331 — 334.
- Tantius P. H., Fyfe A. M., Shaw D. S., Shattock R. C. 1986. Occurrence of the A2 mating type and self fertile isolates of *Phytophthora infestans* in England and Wales. Plant Pathol. 35: 578 — 581.
- Turkensteen L. J., Flier W. G., Baarlen P. van. 1996. Evidence for sexual reproduction of *Phytophthora infestans* in an allotment garden complex in the Netherlands. 13th Triennial Conference of EAPR, Veldhoven, The Netherlands: 356 — 357.
- Zarzycka H., Sobkowiak S. 1997 a. Ocena zmian zachodzących w polskiej populacji *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Biuletyn Instytutu Ziemniaka, 48 (I): 125 — 135.
- Zarzycka H., Sobkowiak S. 1997 b. Zagrożenie upraw ziemniaka przez zarazę ziemniaka w świetle zmian zachodzących w polskiej populacji *Phytophthora infestans*. Progress in Plant Protection / Postępy w Ochronie Roślin, 37 (1): 171 — 177.

JADWIGA ŚLIWKA

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Młochowie

Metody stosowane do charakteryzowania izolatów *Phytophthora infestans*, organizmu powodującego zarazę ziemniaka

Methods used for characterization of *Phytophthora infestans* isolates, the organism which causes potato late blight

Praca jest przeglądem literatury dotyczącej rodzajów polimorfizmu występujących wśród izolatów *Phytophthora infestans*, organizmu powodującego ważną chorobę ziemniaka — zarazę ziemniaka. Skupiono się głównie na metodach wykrywania poszczególnych rodzajów polimorfizmu. Szczegółowo omówione zostały metody określania: typu kojarzeniowego, odporności na metalaksyl, wirulencji, agresywności, patogeniczności, izoenzymów peptydazy i izomerazy glukozy-6-fosforanu, polimorfizmu długości fragmentów restrykcyjnych DNA jądrowego (sonda RG-57) oraz haplotypu mitochondrialnego. Wspomniano o testach opartych na metodzie PCR pozwalających wykrywać typ kojarzeniowy i polimorfizm w obrębie znanych sekwencji *P. infestans*, a także o markerach RAPD.

Słowa kluczowe: izolaty, markery, metody charakteryzowania, *Phytophthora infestans*.

The article is a review of the literature on different kinds of polymorphism described in isolates of *Phytophthora infestans*, the organism which causes an important potato disease — late blight. The article is focused on methods for revealing these kinds of polymorphism. The methods for revealing mating type, metalaxyl resistance, virulence, aggressiveness, pathogenicity, isoenzymes of peptidase and glucose-6-phosphate isomerase, restriction fragment length polymorphism of nuclear DNA (probe RG-57) and mitochondrial haplotype are described in a more detailed way. PCR-based tests for examining mating type, polymorphism inside the known DNA sequences and also RAPD markers are mentioned as well.

Key words: isolates, markers, methods of characterisation, *Phytophthora infestans*.

WSTĘP

Phytophthora infestans należy do królestwa Chromista, gromady Oomycetes i powoduje zarazę ziemniaka, gospodarczo najważniejszą w skali światowej chorobę ziemniaka (Świeżyński i Zimnoch-Guzowska, 2001). Jest to organizm heterotalliczny, w którym rozmnażanie płciowe następuje w wyniku kontaktu osobników reprezentujących dwa różne typy kojarzeniowe A1 i A2. Obecnie *P. infestans* towarzyszy uprawom ziemniaka i pomidora na całym świecie, jednak przepływ genów pomiędzy populacjami patogenu z

różnych regionów nie jest swobodny, hamują go bariery geograficzne oraz ograniczenia importowe ziemniaków i pomidorów. Z powodu utrudnionej migracji, działania dryfu genetycznego i wpływu składu populacji przeniesionej na nowe siedlisko (efektu założyciela) współczesne populacje *P. infestans* różnią się występowaniem i proporcjami alleli, czyli stopniem polimorfizmu. Za najbardziej polimorficzną uważa się populację *P. infestans* w Środkowym Meksyku, prawdopodobnym miejscu pochodzenia tego organizmu (Fry i in., 1993; Grünwald i in., 2001). Pewne allele, zarówno neutralne jak i te, na które działa dobór naturalny wciąż jeszcze nie zostały odnotowane w niektórych regionach geograficznych, przykładem może tu być typ kojarzeniowy A2 (Vega-Sánchez i in., 2000; McLeod i in., 2001; Perez i in., 2001). Dzięki temu, badania polimorfizmu i struktury genetycznej różnych populacji *P. infestans* zyskują na wartości i mogą posłużyć do śledzenia historycznych dróg migracji patogenu (Goodwin i in., 1994 a; Koh i in., 1994; Goodwin, 1997 a), czy odróżnienia populacji seksualnych od aseksualnych (Tooley i in., 1985; Goodwin i in., 1995 a; Zarzycka, Sobkowiak, 1999).

W genetyce populacyjnej *P. infestans* kluczową rolę odgrywa pojęcie linii klonalnej składającej się z wegetatywnych potomków danego genotypu (Goodwin, 1997 b; Kato i in., 1997). Zmienność w obrębie linii klonalnej powstaje wyłącznie na drodze mutacji. Wyróżnikiem linii klonalnych *P. infestans* jest łącznie 28 niesprzężonych loci, kodujących: typ kojarzeniowy, izoenzymatyczne genotypy izomerazy glukozy-6-fosforanu i peptydazy oraz prążki profilu jądrowego polimorfizmu długości fragmentów restrykcyjnych (RFLP) uzyskanego przy zastosowaniu sondy molekularnej RG 57 (Goodwin i in., 1994 b).

Dalsza część artykułu ma na celu omówienie wymienionych loci i innych markerów genotypowych i fenotypowych oraz metod ich wykrywania używanych do charakteryzowania izolatów *P. infestans*.

TYP KOJARZENIOWY

Typ kojarzeniowy A1 dominował na świecie aż do wczesnych lat 80. ubiegłego stulecia, podczas gdy typ A2, odkryty stosunkowo późno, był znany tylko w Meksyku (Niederhauser, 1956). Od tego momentu odnotowywano występowanie typu A2 w Europie, Ameryce Północnej, Azji i Afryce (Fry i in., 1993).

Typ kojarzeniowy należy do podstawowych charakterystyk izolatu, a jego określenie jest stosunkowo łatwe. Najprostszą i najczęściej stosowaną w tym celu metodą jest skrzyżowanie badanego izolatu z izolatami o znanym typie kojarzeniowym i zaobserwowanie obecności oospor - grubościennych, kulistych zarodników powstających w wyniku zapłodnienia (Tooley i in., 1985; Shattock i in., 1986; Shattock i in., 1990; McLeod i in., 2001). Jeśli badany izolat wytwarza oospory z izolatem A1, a nie wytwarza ich z izolatem A2, to jest typu kojarzeniowego A2.

Oospory nie zawsze powstają w wyniku zapłodnienia krzyżowego. Doświadczenie Ko (1978, 1980), w którym rosące na jednej szalce izolaty A1 i A2 oddzielono błoną półprzepuszczalną, wykazało, że obecność izolatu o odmiennym typie kojarzeniowym stymuluje tworzenie oospor za pośrednictwem związków chemicznych mogących przenikać przez błonę, a fizyczny kontakt badanych grzybni nie jest niezbędny. W

doświadczeniu tym oba izolaty wytworzyły oospory w wyniku samozapłodnienia (Ko, 1978, 1980). Wśród izolatów *P. infestans* wykryto także izolaty homotalliczne, które wytwarzają oospory pod nieobecność izolatu odmiennego typu kojarzeniowego (Shattock i in., 1987).

Krzyżowanie izolatów *P. infestans* można prowadzić na pożywce agarowej żytniej (Mahuku i in., 2000; Sedegui i in., 2000; Grünwald i in., 2001), owsianej (Elansky i in., 2001) lub V8 (Vega-Sánchez i in., 2000; McLeod i in., 2001; Perez i in., 2001). Niektórzy autorzy stymulowali wytwarzanie oospor dodatkiem węglanu wapnia i β -sitosterolu (Shattock i in., 1986; Koh i in., 1994) lub tylko β -sitosterolu (Spielman i in., 1990). Obecność oospor obserwuje się po inkubacji w temperaturze od 15° C (Perez i in., 2001) do 22° C (Hermansen i in., 2000), zazwyczaj jednak 18° C, trwającej mniej niż 10 dni (Lebreton i in., 1998; Mahuku i in., 2000; McLeod i in., 2001), 10–20 dni (Hermansen i in., 2000; Vega-Sánchez i in., 2000; Elansky i in., 2001), lub nawet 3–4 tygodnie (Tooley i in., 1985; Tooley i in., 1989; Perez i in., 2001).

Typ kojarzeniowy *P. infestans* jest determinowany przez pojedynczy gen, który wykazuje zaburzoną segregację. Stwierdzono, że z typem A2 jest związana delecja fragmentu chromosomu nazwanego *S1*. Fragment ten był wykrywany metodą RFLP tylko w DNA izolatów A1, a jego sekwencja posłużyła do zaprojektowania starterów reakcji łańcuchowej polimerazy DNA (PCR). Przy ich zastosowaniu można selektywnie namnażać obszar *S1*, a tym samym wykrywać typ kojarzeniowy A1. DNA izolatów typu A2 w powyższym teście PCR nie daje produktu, aczkolwiek wśród 95 izolatów znaleziono jeden typu kojarzeniowego A2, który posiadał obszar *S1* i dawał pozytywny wynik testu PCR (Judelson i in., 1996). Ta metoda określania typu kojarzeniowego była jak dotychczas stosowana rzadko (Perez i in., 2001).

ODPORNOŚĆ NA METALAKSYL

Zwalczanie *P. infestans* przy użyciu metalaksylu wywiera presję selekcyjną na populację patogenu, co doprowadziło do ekspansji izolatów odpornych na ten fungicyd. Odporność na metalaksyl jest cechą warunkowaną przez jeden gen wykazujący niepełną dominację, co oznacza, że homozygoty dominujące są odporne na metalaksyl, homozygoty recesywne — wrażliwe, a heterozygoty wykazują fenotyp pośredni (Shattock i in., 1987). Stosowane są dwie metody określania odporności izolatu na metalaksyl.

W metodzie pływających dysków na powierzchni wodnego roztworu metalaksylu umieszcza się krążki wycięte z liścia ziemniaka. Dyski te inokuluje się kroplą zawiesiny sporangiów lub zoospor *P. infestans*. Po 5–7 dniach inkubacji w świetle, w temperaturze sprzyjającej rozwojowi patogenu ocenia się rozwój grzybni i sporulację na powierzchni dysków (Therrien i in., 1989; Fry i in., 1991; Shattock i in., 1990; Chycoski i in., 1996; Lebreton i in., 1998; Hermansen i in., 2000; McLeod i in., 2001). Na podstawie doświadczeń z szeregiem stężeń metalaksylu można wyznaczyć takie stężenie, które hamuje rozwój patogenu w 50%, tzw. EC_{50} (McLeod i in., 2001). Stosując jedno lub dwa rozcieńczenia metalaksylu można przyporządkować izolaty do kategorii: wrażliwy,

pośredni, odporny na podstawie arbitralnie przyjętej skali (Fry i in., 1991) lub do tylko dwóch kategorii, wrażliwych i odpornych (Chycoski i in., 1996).

Druga metoda opiera się na pomiarze średnicy kolonii *P. infestans* na pożywce agarowej zawierającej fungicyd. Względny wzrost izolatu wyraża się jako procent średnicy kolonii rosnącej na pożywce wolnej od metalaksylu (Miller i in., 1997; Sedegui i in., 2000; Derie i in., 2001; Elansky i in., 2001; Grünwald i in., 2001; Mukalazi i in., 2001; Perez i in., 2001; Peters i in., 2001). Niektórzy autorzy wyznaczają tą metodą EC₅₀ (Peters i in., 2001), większość jednak przyporządkowuje izolaty do dwóch lub trzech kategorii odporności na podstawie arbitralnie określonej skali (Miller i in., 1997; Derie i in., 2001; Elansky i in., 2001). Arbitralność skali oraz stosowanie stężeń metalaksylu w pożywce, w obu opisanych metodach, w zakresie 5 µg/ml do 100 µg/ml sprawia, że wyniki uzyskane przez różnych autorów są nieporównywalne i w związku z tym Miller zaproponował użycie izolatów US-1 (wrażliwy), US-8 i US-11 (odporne), w celu wystandaryzowania stężenia metalaksylu i kryteriów odporności (Miller i in., 1997).

W latach 70. dwudziestego wieku sugerowano, że odporność na chloramfenikol i streptomycynę również mogą być cennymi markerami fenotypowymi izolatów *P. infestans*, ale obecnie nie znajdują one szerszego zastosowania w charakteryzowaniu izolatów (Shattock i in., 1987).

Nie wykryto zróżnicowania wśród izolatów *P. infestans* pod względem odporności na inne fungicydy stosowane przeciw zarazie ziemniaka, mankozeb i chlorotalonil (Kato i in., 1997).

WIRULENCJA, AGRESYWNOSĆ, PATOGENICZNOŚĆ

Fenotyp *P. infestans* można scharakteryzować określając rasę danego izolatu, czyli listę genów głównych odporności ziemniaka (genów *R*), które badany izolat jest w stanie przełamać, dzięki posiadanym odpowiadającym im czynnikom wirulencji. Znanych jest 11 genów *R*, wprowadzonych do ziemniaków uprawnych z dzikiego gatunku *S. demissum* oraz 11 czynników wirulencji *P. infestans* (Black i in., 1953). Rasę izolatu określa się przez badanie jego interakcji z roślinami posiadającymi poszczególne geny *R*, najczęściej jest to 11 roślin, każda z jednym tylko genem, zwanych testerami Blacka. Testy prowadzi się na odciętych listkach testerów Blacka (Sujkowski i in., 1996; Lebreton i in., 1998; Derie i in., 2001; Elansky i in., 2001; Perez i in., 2001; Zarzycka, 2001), rzadziej na dyskach wyciętych z liści (Tooley i in., 1989; Hermansen i in., 2000), inokulowanych kroplą zawiesiny sporangiów lub zoospor. Po 5-6 dniowej inkubacji w 15–18° C określa się interakcje izolatu z gospodarzami w kategoriach +/-.

Wirulencję względem danego genu *R* warunkuje brak dominującego allelu awirulencji (*Avr*) w *P. infestans*. Prawdopodobnie produktem genu *Avr* jest substancja, która jest wykrywana przez roślinę jako sygnał, pozwalający na wczesne wykrycie infekcji i włączenie reakcji odpornościowych. Znane są już pozycje genów *Avr1*, 2, 3, 4, 10, 11 na mapie genomu *P. infestans*, wiadomo także, że geny *Avr3*, 10 i 11 są ze sobą sprzężone i leżą w obrębie ósmej grupy sprzężeń, zaś delecja fragmentu chromosomu, w którym się

znajdują, prowadzi do uzyskania przez izolat wirulencji względem odpowiednich genów R ziemniaka (Whisson i in., 2001 a; Whisson i in., 2001 b; van der Lee i in., 2001).

Agresywność izolatu obrazuje tempo w jakim poraża on i rozwija się w gospodarzu. Jest badana przez pomiar wielkości plamy w mm lub ocenę jej wielkości w skali, odpowiadającej % porażenia powierzchni, na porażonych listkach rośliny podatnej i pozbawionej znanych genów R, które mogłyby komplikować przebieg interakcji. Do stosowanych w badaniach odmian pozbawionych genów R należą: Norchip (Chycoski i in., 1996; Kato i in., 1997), Bintje (Lebreton i in., 1999; Zarzycka, 2001) lub Tarpan (Zarzycka, 2001).

Lista gospodarzy *P. infestans* obejmuje oprócz ziemniaka wiele gatunków, m. in. pomidor *Lycopersicon esculentum*. Istnieją izolaty zdolne do porażenia obydwu tych gospodarzy lub tylko jednego z nich, lub wykazujące na różnych gospodarzach zróżnicowaną agresywność (Sedegui i in., 2000; Mukalazi i in., 2001). Zdolność do porażenia określonego gatunku jest nazywana patogenicznością względem danego gospodarza. Tę fenotypową cechę izolatów *P. infestans* bada się również na odciętych listkach lub całych roślinach i określa w kategoriach +/- (Sedegui i in., 2000; Mukalazi i in., 2001).

IZOENZYMY

Izoenzymy są to formy polipeptydów katalizujące tę samą reakcję chemiczną, ale różniące się między sobą masą cząsteczkową, kształtem i/lub wypadkowym ładunkiem elektrycznym. Różnice te powstają w wyniku mutacji najczęściej punktowych i uważanych za neutralne, jako że ostatecznie nie mają wpływu na aktywność białka, prowadzących do powstania różnych alleli kodujących ten sam enzym. Jeśli są to allele jednego locus, ich produkty są nazywane allozymami, jeśli mogą się znajdować w kilku różnych loci — izoenzymami (Spielman, 1989). Polimorficzne enzymy są często spotykane w organizmach żywych i mogą być wykorzystywane jako markery fenotypowe łatwo przekładalne na język genów, gdyż najczęściej odpowiadają za nie allele kodominujące. Każdy obecny w danym organizmie allel ulega ekspresji i daje się wykryć (Spielman, 1989).

Do wykrywania polimorfizmu enzymów służy elektroforetyczny rozdział białek połączony z wybarwieniem jednego enzymu, związanym z jego właściwościami katalitycznymi. W czasie natywnej elektroforezy białek na ich ruchliwość elektroforetyczną, czyli szybkość migracji w polu elektrycznym, mają wpływ: masa cząsteczki, jej kształt i ładunek elektryczny, czyli te parametry, którymi różnią się izoenzymy.

W przypadku *P. infestans*, poszukiwania markerów izoenzymatycznych były prowadzone wśród 38 enzymów, spośród których wykryto aktywność 17, z czego 11 były to enzymy monomorficzne. Zaledwie cztery enzymy były polimorficzne i można było je wykryć we wszystkich badanych izolatach z wystarczającą jakością (Tooley i in., 1985). Były to: izomeraza glukozy-6-fosforanu, peptydaza, dehydrogenaza ksantynowa i enzym jabłczanowy. W pracy Spielman i wsp. (1990), w tym samym celu zbadano 52 enzymy, z czego polimorficzne, nieskomplikowane genetycznie i rozdzielające się w sposób czytelny,

były tylko trzy: izomeraza glukozy-6-fosforanu, peptydaza i izomeraza fosforanu mannozy. Późniejsze badania zawęziły tę grupę do izomerazy glukozy-6-fosforanu (GPI) i peptydazy (PEP). Spowodowane to było rzadkością występowania izolatów polimorficznych pod względem pozostałych enzymów.

Obecnie profile izoenzymatyczne GPI i PEP są jedną z podstawowych charakterystyk izolatów oraz jednym z wyznaczników linii klonalnych *P. infestans*. Do tej pory wykryto siedem alleli GPI i pięć PEP (Fry i in., 1993). Oba te enzymy są w formie natywnej dimerami.

Tabela 1

Rodzaje nośników stosowane w elektroforezie GPI i PEP *P. infestans*
Types of media used in GPI and PEP electrophoresis in *P. infestans*

Nośnik Medium	Autor Author
Skrobia Starch	Tooley i in., 1985, Tooley i in., 1989, Shattock i in., 1990, Spielman i in., 1990, Spielman i in., 1991, Fry i in., 1991, Mosa i in., 1993, Goodwin i in., 1994, Koh i in., 1994, Sujkowski i in., 1994, Lebreton i in., 1998, Grünwald i in., 2001, Perez i in., 2001,
Octan celulozy Cellulose acetate	Goodwin i in., 1995, Miller i in., 1997, Erselius i in., 2000, Mahuku i in., 2000, Miller i in., 2000, Sedegui i in., 2000, Vega-Sánchez i in., 2000, Elansky i in., 2001, Grünwald i in., 2001, Perez i in., 2001,
Poliakrylamid Polyacrylamide	Ordóñez i in., 2000, Vega-Sánchez i in., 2000, Perez i in., 2001,
Poliakrylamid + izoelektroogniskowanie Polyacrylamide + isoelectrofocusing	McLeod i in., 2001, Fry i in., 1991.

Oznacza to, że homozygoty w obrazie elektroforetycznym mają jeden prążek odpowiadający dimerowi złożonemu z dwóch jednakowych podjednostek, natomiast heterozygoty mają trzy prążki, z których dwa odpowiadają dwóm różnym homodimerom, zaś trzeci leżący pomiędzy nimi odpowiada heterodimerowi, zbudowanemu z produktów obu alleli. Wyjątkowa pod względem profilu izoenzymatycznego GPI jest linia klonalna US-8, której obraz elektroforetyczny ma pięć prążków i która posiada aż trzy allele GPI nazwane 100, 111 i 122 (Spielman, 1989). Oznaczenia alleli izoenzymów są tworzone na podstawie ruchliwości elektroforetycznej produktów: najczęściej spotykany allel

oznaczono 100, zaś oznaczenia pozostałych to szybkość migracji ich produktów wyrażona w procentach względem produktu allelu 100 (Shattock i in., 1987). Na przestrzeni lat wielu autorów optymalizowało metody wykrywania GPI i PEP w próbkach grzybni *P. infestans*, a nawet w próbkach z porażonych roślin (Goodwin i in., 1995) stosując w elektroforezie różne nośniki (tab. 1) i systemy buforowe. Nośniki różnią się między sobą wymaganym nakładem pracy, czasem i kosztów, jak również rozdzielczością. Przykładem może być tu genotyp GPI 90/100, który można odróżnić od genotypu 100/100 wyłącznie na żelu skrobiowym (Vega-Sánchez i in., 2000) lub poliakrylamidowym, stosując izoelektroogniskowanie (McLeod i in., 2001).

RFLP DNA JĄDROWEGO

Badanie polimorfizmu długości fragmentów restrykcyjnych (RFLP) jest bardzo czułą metodą wykrywania zróżnicowania wewnątrzgatunkowego. Podstawą tej metody są powstałe w wyniku mutacji zmiany DNA, które prowadzą do zaniku lub powstawania nowych miejsc restrykcyjnych. W metodzie tej, DNA pocięte restryktazą, rozdzielane jest elektroforetycznie, następnie przenoszone na membranę i hybrydyzowane z sondą DNA. Sonda jest znakowana, dzięki czemu po hybrydyzacji można zobaczyć na radiogramach prążki odpowiadające fragmentom DNA o sekwencjach homologicznych z sekwencją sondy i różnych długościach, wynikających z położenia miejsc restrykcyjnych.

Poszukiwaniem sekwencji, która nadawałaby się na sondę do badań RFLP DNA jądrowego *P. infestans*, a więc hybrydyzowała z dużą liczbą wysoko polimorficznych fragmentów kodowanych przez niesprężone loci, zajmował się Goodwin (Goodwin i in., 1992). Poszukiwania rozpoczęto od stworzenia fragmentarycznej biblioteki genowej *P. infestans* w *Escherichia coli*. Z kolonii bakterii wyizolowano ok. 150 plazmidów zawierających fragmenty DNA *P. infestans*, które następnie oznakowano izotopem ³²P. Tak powstałe sondy hybrydyzowano z DNA siedmiu izolatów pochodzących z Centralnego Meksyku, pociętym enzymem EcoRI. Dwie sondy, RG-57 i RG-7 ujawniły największą liczbę wysoko polimorficznych fragmentów tworzących unikalny wzór dla każdego z siedmiu badanych izolatów. Krzyżując izolaty i badając profile RFLP w uzyskanych potomstwach stwierdzono, że większość z 25 fragmentów hybrydujących z sondą RG-57 dziedziczy się niezależnie. Wyjątek stanowiły prążki 21 i 23, które są, albo ściśle sprzężone ze sobą, albo są allelami jednego locus. W przypadku sondy RG-7 kosegregacja, alleliczność i ściśle sprzężenia zdarzały się o wiele częściej, co zdyskwalifikowało tę sondę z dalszych badań. Nie stwierdzono występowania mutacji w badanych potomstwach (Goodwin i in., 1992). Zbadano także ewolucyjną konserwatywność sekwencji sondy RG-57 hybrydując ją z DNA pięciu innych gatunków z rodzaju *Phytophthora*. Silna hybrydyzacja miała miejsce w trzech przypadkach: *P. mirabilis*, *P. colocasiae*, *P. phaseoli*. Stwierdzono też, że sonda RG-57 to sekwencja jądrowa, długości 1,2 kb i że nie koduje ona rybosomalnego DNA (Goodwin i in., 1992).

Od opublikowania pracy Goodwina w 1992 roku, sonda RG-57 zyskała dużą popularność, a uzyskany przy jej użyciu profil RFLP stał się jednym z wyznaczników linii

klonalnych. Obecnie często znakuje się sondę RG-57 w sposób nieradioaktywny (Ordonez i in., 2000; McLeod i in., 2001; Grünwald i in., 2001).

HAPLOTYP MITOCHONDRIALNY

Polimorfizm mitochondrialnego DNA stał się ważnym markerem izolatów *P. infestans*, gdyż jest dziedziczony po jednym z rodziców, prawdopodobnie matecznie, tzn. jedynie po tym z rodziców, którego gametę stanowiło oogonium. Polimorfizm mitochondrialnego DNA jest też łatwo wykrywalny. Po raz pierwszy polimorfizm miejsc restrykcyjnych mitochondrialnego DNA (mtDNA) *P. infestans* został wykryty przez Cartera. Wyizolował on mtDNA 24 izolatów z 11 krajów i poddał je działaniu siedmiu enzymów restrykcyjnych: BclI, BglII, ClaI, EcoRI, MspI, HindIII i HhaI. Pocięte DNA zostało rozdzielone elektroforetycznie na żelu agarozowym i wybarwione bromkiem etydyny. W efekcie wyróżniono w mtDNA *P. infestans* cztery typy: Ia, Ib, IIa i IIb (Carter i in., 1990). Główny polimorfizm polega na obecności w typie II, lub braku w typie I, fragmentu o długości 1,6kb, któremu towarzyszą zmiany w sekwencjach flankujących, ujawnione przez restryktazę EcoRI (Griffith i Shaw, 1998). Dodatkowy polimorfizm wykrywają enzymy MspI i HhaI, dzieląc powyższe typy na podtypy a i b. Polega on prawdopodobnie na zmianach pojedynczych nukleotydów lub bardzo małych delecjach, czy insercjach, nie wpływających na całkowity rozmiar mtDNA (Carter i in., 1990).

Po zsekwencjonowaniu mtDNA *P. infestans* (Paquin i in., 1997) Griffith i Shaw opracowali test oparty na metodzie PCR, który pozwala szybko i łatwo określić haplotyp mitochondrialny izolatu, z niewielkiej ilości całkowitego DNA. Zaprojektowali oni cztery zestawy primerów, z których następnie wybrali dwa, namnażające takie fragmenty mtDNA, które pocięte restryktazami MspI i EcoRI pozwalają odróżnić wszystkie 4 mitochondrialne haplotypy (Griffith i Shaw, 1998).

Znajomość mitochondrialnego haplotypu izolatu daje podstawy do przypuszczeń o niektórych innych jego cechach. Stwierdzono, że izolaty haplotypu Ib nigdy nie są wysoko odporne na metalaksyl, zazwyczaj są typu kojarzeniowego A1 i zazwyczaj posiadają genotyp izoenzymatyczny GPI 86/100, PEP 92/100 oraz profil RFLP DNA jądrowego charakterystyczny dla linii klonalnej US-1. Izolaty typu kojarzeniowego A2, które po roku 1970 w wielu rejonach świata wypierały typ A1 w większości są haplotypu mitochondrialnego Ia, z niewielką grupą IIa. Haplotyp IIb wykryto jak dotąd u nielicznych izolatów z rejonu Kalifornii i Vancouver oraz u jednego izolatu holenderskiego (Griffith i Shaw, 1998).

Haplotyp mitochondrialny został również określony dla DNA pochodzącego z historycznych próbek porażonych liści ze zbiorów zielnikowych Kew Gardens z czasów Wielkiego Głodu w Irlandii, spowodowanego epidemią zarazy ziemniaka w latach 40. dziewiętnastego wieku. Wbrew hipotezie mówiącej, że Europę do lat 1970-tych zasiedlała linia klonalna US-1 o haplocie Ib, okazało się, że próbki historyczne nie należą do haplotypu Ib (Ristaino i in., 2001).

CHARAKTERYZOWANIE IZOLATÓW *P. INFESTANS* W POLSCE

Polska populacja *P. infestans* pozostaje wciąż słabo scharakteryzowana molekularnie. Najdokładniejszych informacji o genetycznym zróżnicowaniu polskiej populacji *P. infestans* dostarczyli Sujkowski i wsp., (1994; 1996). Zbadali oni 247 izolatów, zebranych w całej Polsce w latach 1987-1991, pod względem typu kojarzeniowego, wirulencji, profili izoenzymatycznych GPI i PEP i profilu RFLP DNA jądrowego.

W latach późniejszych badania polskiej populacji *P. infestans* opierały się głównie na markerach fenotypowych. W Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin Oddział Młochów prowadzone są badania typu kojarzeniowego, wirulencji i agresywności kolekcjonowanych izolatów *P. infestans* (Zarzycka i Sobkowiak, 1999; Zarzycka 2001). W latach 1987-2001 przebadano łącznie 1603 izolaty (Zarzycka, ustna informacja).

Bartkowiak i Weber, (2000) zebrali 68 izolatów z regionu Kujaw w latach 1994-1996 i określili ich typ kojarzeniowy oraz wirulencję względem 11 genów R ziemniaka i pięciu genów głównych odporności pomidora.

Kapsa, (2001) badała izolaty pochodzące z łodyg i liści ziemniaków rosnących w Boninie w 1995 roku. Określono typ kojarzeniowy zebranych izolatów, ich wirulencję, agresywność, odporność na metalaksyl, odporność na inne komercyjnie dostępne fungicydy oraz występowanie polimorfizmu sekwencji mikrosatelitarnych. W IHAR Oddział Młochów podejmowane są także próby analizy izoenzymatycznej izolatów.

PODSUMOWANIE

Wymienione wyżej charakterystyki izolatów *P. infestans* są wykorzystywane przez badaczy z różną częstotliwością (tab. 2). Do najpopularniejszych, wiarygodnych i stabilnych markerów należą: typ kojarzeniowy, profile izoenzymatyczne GPI i PEP, odporność na metalaksyl i profil RFLP DNA jądrowego. W dostępnej w internecie globalnej bazie danych markerów *P. infestans* można znaleźć informacje dotyczące: pochodzenia geograficznego, pierwotnego gospodarza i jego odmiany, typu kojarzeniowego, genotypów GPI i PEP, odporności na metalaksyl i profilu RFLP DNA jądrowego danego izolatu (Forbes i in., 1998; <http://www.cipotato.org/gilb/isolate/>).

Podejmowane są próby rozszerzenia tej listy markerów. Markery RAPD zastosował Mahuku, wykorzystując 40 dostępnych komercyjnie primerów, z których 6 wykazało polimorfizm DNA sześciu badanych izolatów. Następnie wybrane primery zastosowano do charakteryzacji 141 kanadyjskich izolatów, co pozwoliło wyodrębnić wśród nich 21 grup, niesprzężonych z typem kojarzeniowym, profilem GPI ani odpornością na metalaksyl (Mahuku i in., 2000). W innej pracy zaprojektowano primery na podstawie znanych sekwencji pięciu genów *P. infestans*, które ulegają ekspresji podczas infekcji. Polimorfizm odnotowano jedynie w obrębie sekwencji *ipiB1*, po jej namnożeniu metodą PCR i trawieniu enzymem restrykcyjnym HaeIII (Perez i in., 2001). Perez zastosował markery AFLP, celem wykrycia polimorfizmu w ramach linii klonalnej US-1 (Perez i in., 2001), używał ich także Strömberg i wsp.(2001).

Tabela 2

Częstotliwość różnych markerów izolatów *P. infestans* w cytowanych publikacjach
Frequency of different markers of *P. infestans* isolates in the cited papers

Marker	Liczba publikacji Number of papers	% publikacji % of papers
Typ kojarzeniowy Mating type	33	97,0
Profil GPI GPI profile	30	88,2
Profil PEP PEP profile	25	73,5
Odporność na metalaksyl Metalaxyl resistance	18	52,9
Sonda RG-57 RG-57 probe	17	50,0
Wirulencja Virulence	10	29,4
Haplotyp mitochondrialny Mitochondrial haplotype	7	20,6
Agresywność Aggressiveness	3	8,8
Patogeniczność Pathogenicity	3	8,8
Inne Other	3	8,8
Ogólna liczba publikacji Total number of papers	34	100

Dzięki fenotypowym i genotypowym markerom izolatów *P. infestans* możliwe jest śledzenie dróg migracji tego patogenu, prowadzenie badań genetycznych, w których markery służą do odróżniania rekombinantów, prowadzenie badań filogenetycznych, odróżnianie populacji seksualnych od aseksualnych i określanie zmian w puli genetycznej populacji w czasie i przestrzeni.

LITERATURA

- Bartkowiak B., Weber Z. 2000. Characterization of *Phytophthora infestans* population from tomato in Kujawy region from 1994 to 1996. *Phytopathol. Pol.* 19: 27 — 33.
- Black W., Mastenbroek C., Millsand W. R., Peterson R. C. 1953. A proposal for an international nomenclature of races of *Phytophthora infestans* and of genes controlling immunity in *Solanum demissum* derivatives. *Euphytica* 2: 173 — 178.
- Carter D. A., Archer S. A., Buck K. W., Shaw D. S., Shattock R. C. 1990. Restriction fragment length polymorphisms of mitochondrial DNA of *Phytophthora infestans*. *Mycol. Res.* 94: 1123 — 1128.
- Chycoski C. I., Punja Z. K. 1996. Characteristics of populations of *Phytophthora infestans* from potato in British Columbia and other regions of Canada during 1993 to 1995. *Plant Dis.* 80: 579 — 589.
- Derie M. L., Inglis D. A. 2001. Persistence of complex virulences in populations of *Phytophthora infestans* in Western Washington. *Phytopathology* 91: 606 — 612.
- Elansky S., Smirnov A., Dyakov Y., Dolgova A., Filippov A., Kozlovsky B., Kozlovskaya I., Russo P., Smart C., Fry W. E. 2001. Genotypic analysis of Russian isolates of *Phytophthora infestans* from Moscow region, Siberia and Far East. *J. Phytopathology* 149: 605 — 611.

- Erselius L. J., Vega-Sánchez M. E., Forbes G. A. 2000. Stability in population of *Phytophthora infestans* attacking tomato in Ecuador demonstrated by cellulose assessment of glucose-6-phosphate isomerase. *Plant Dis.* 84: 325 — 327.
- Forbes G. A., Goodwin S. B., Drenth A., Oyarzun P., Ordóñez M. E., Fry W. E. 1998. A global marker database for *Phytophthora infestans*. *Plant Dis.* 82: 811 — 818.
- Fry W. E., Drenth A., Spielman L. J., Mantel B. C., Davidse L. C., Goodwin S. B. 1991. Population genetic structure of *Phytophthora infestans* in the Netherlands. *Phytopathology* 81: 1330 — 1336.
- Fry W. E., Goodwin S. B., Dyer A. T., Matuszak J. M., Drenth A., Tooley P. W., Sujkowski L. S., Koh Y. J., Cohen B. A., Spielman L. J., Deahl K. L., Inglis D. A., Sanlan K. P. 1993. Historical and recent migrations of *Phytophthora infestans*: chronology, pathways, and implications. *Plant Dis.* 77: 653 — 661.
- Goodwin S. B., Drenth A., Fry W. E. 1992. Cloning and genetic analysis of two highly polymorphic, moderately repetitive nuclear DNAs from *Phytophthora infestans*. *Curr. Gen.* 22: 107 — 115.
- Goodwin S. B., Cohen B. A., Deahl K. L., Fry W. E. 1994 a. Migration from Northern Mexico as the probable cause of recent genetic changes in populations of *Phytophthora infestans* in the United States and Canada. *Phytopathology* 84: 553 — 558.
- Goodwin S. B., Cohen B. A., Fry W. E. 1994 b. Panglobal distribution of a single clonal lineage of the Irish potato famine fungus. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 91: 1191 — 1195.
- Goodwin S. B., Sujkowski L. S., Dyer A. T., Fry B. A., Fry W. E. 1995 a. Direct detection of gene flow and probable sexual reproduction of *Phytophthora infestans* in Northern North America. *Phytopathology* 85: 473 — 479.
- Goodwin S. B., Schneider R. E., Fry W. E. 1995 b. Use of cellulose-acetate electrophoresis for rapid identification of allozyme genotypes of *Phytophthora infestans*. *Plant Dis.* 79: 1181 — 1185.
- Goodwin S. B., Drenth A. 1997 a. Origin of the A2 mating type of *Phytophthora infestans* outside Mexico. *Phytopathology* 87: 992 — 999.
- Goodwin S. B. 1997 b. The population genetics of *Phytophthora*. *Phytopathology* 87: 462 — 473.
- Grünwald N. J., Flier W. G., Sturbaum A. K., Garay-Serano E., van den Bosch T. B. M., Smart C. D., Matuszak J. M., Lozoya-Saldana H., Turkensteen L. J., Fry W. E. 2001. Population structure of *Phytophthora infestans* in the Toluca Valley region of Central Mexico. *Phytopathology* 91: 882 — 890.
- Griffith G. W., Shaw D. S. 1998. Polymorphisms in *Phytophthora infestans*: four mitochondrial haplotypes are detected after PCR amplification of DNA from pure cultures or from host lesion. *Appl. Environ. Microbiol.* 64: 4007 — 4014.
- Hermansen A., Hannukala A., Hafskjold Naerstad R., Brurberg M. B. 2000. Variation in populations of *Phytophthora infestans* in Finland and Norway: mating type, metalaxyl resistance and virulence phenotype. *Plant Pathol.* 49: 11 — 22.
- Judelson H. S. 1996. Chromosomal heteromorphism linked to the mating type locus of the oomycete *Phytophthora infestans*. *Mol. Gen. Genet.* 252: 155 — 161.
- Kapsa J. 2001. Zaraza (*Phytophthora infestans* /Mont./ de Bary) występująca na łodygach ziemniaka. Monogr. i Rozpr. Nauk. IHAR 11, Radzików.
- Kato M., Mizubuti E. S., Goodwin S. B., Fry W. E. 1997. Sensitivity to protectant fungicides and pathogenic fitness of clonal lineages of *Phytophthora infestans* in the United States. *Phytopathology* 87: 973 — 978.
- Ko W. H. 1978. Heterothallic *Phytophthora*: evidence for hormonal regulation of sexual reproduction. *J. Gen. Microbiol.* 107: 15 — 18.
- Ko W. H. 1980. Hormonal regulation of sexual reproduction in *Phytophthora*. *J. Gen. Microbiol.* 116: 459 — 463.
- Koh Y. J., Goodwin S. B., Dyer A. T., Cohen B. A., Ogoshi A., Sato N., Fry W. E. 1994. Migrations and displacements of *Phytophthora infestans* populations in East Asian Countries. *Phytopathology* 84: 922 — 927.
- Lebreton L., Laurent C., Andrivon D. 1998. Evolution of *Phytophthora infestans* populations in the two most important potato production areas of France during 1992–96. *Plant Pathol.* 47: 427 — 439.
- Lebreton L., Lucas J. M., Andrivon D. 1999. Aggressiveness and competitive fitness of *Phytophthora infestans* isolates collected from potato and tomato in France. *Phytopathology* 89: 679 — 686.

- Mahuku G., Peters R. D., Platt H. W., Daayf F. 2000. Random amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis of *Phytophthora infestans* isolates collected in Canada during 1994 to 1996. *Plant Pathol.* 49: 252 — 260.
- McLeod A., Denman S., Sadie A., Denner F. D. N. 2001. Characterisation of South African isolates of *Phytophthora infestans*. *Plant Dis.* 85: 287 — 291.
- Miller J. S., Hamm P. B., Johnson D. A. 1997. Characterisation of the *Phytophthora infestans* population in the Columbia Basin of Oregon and Washington from 1992 to 1995. *Phytopathology* 87: 656 — 660.
- Mosa A. A., Kobayashi K., Ogoshi A., Kato M., Sato N. 1993. Isoenzyme polymorphism and segregation in isolates of *Phytophthora infestans* from Japan. *Plant Pathol.* 42: 26 — 34.
- Mukalazi J., Adipala E., Sengooba T., Hakiza J. J., Olanya M., Kidanemariam H. M. 2001. Metalaxyl resistance, mating type and pathogenicity of *Phytophthora infestans* in Uganda. *Crop Protection* 20: 379 — 388.
- Niederhauser J. S. 1956. The blight, the blighter, and the blighted. *Trans. N. Y. Acad. Sci.* 19: 5 — 63.
- Ordóñez M. E., Hohl H. R., Velasco J. A., Ramon M. P., Oyarzun P. J., Smart C. D., Fry W. E., Forbes G. A., Erselius L. J. 2000. A novel population of *Phytophthora*, similar to *P. infestans* attacks wild *Solanum* species in Ecuador. *Phytopathology* 90: 197 — 202.
- Paquin B., Laforest M. J., Forget L., Roewer I., Wang Z., Longcore J., Lang B. F. 1997. The fungal mitochondrial genome project: evolution of fungal mitochondrial genomes and their gene expression. *Curr. Genet.* 31: 380 — 395.
- Perez W. G., Gamboa J. S., Falcon Y. V., Coca M., Raymundo R. M., Nelson R. J. 2001. Genetic structure of Peruvian populations of *Phytophthora infestans*. *Phytopathology* 91: 956 — 965.
- Peters R. D., Sturz A. V., Matheson B. G., Arsénault W. J., Malone A. 2001. Metalaxyl sensitivity of isolates of *Phytophthora erythroseptica* in Prince Edward Island. *Plant Pathol.* 50: 302 — 309.
- Ristaino J. B., Groves C. T., Parra G. R. 2001. PCR amplification of the Irish potato famine pathogen from historic specimen. *Nature* 411: 695 — 697.
- Sedegui M., Carroll R. B., Morehart A. L., Evans T. A., Kim S. H., Lakhdar R., Arifi A. 2000. Genetic structure of *Phytophthora infestans* population in Morocco. *Plant. Dis.* 84: 173 — 176.
- Shattock R. C., Shaw D. S., Fyfe A. M., Dunn J. R., Loney K. H., Shattock J. A. 1990. Phenotypes of *Phytophthora infestans* collected in England and Wales from 1985 to 1988: mating type, response to metalaxyl and isoenzyme analysis. *Plant Pathol.* 39: 242 — 248.
- Shattock R. C., Tooley P. W., Fry W. E. 1986. Genetics of *Phytophthora infestans*: determination of recombination, segregation, and selfing by isozyme analysis. *Phytopathology* 76: 410 — 413.
- Shattock R. C., Tooley P. W., Sweigard J., Fry W. E. 1987. Genetic studies of *Phytophthora infestans*. in *Genetics and Plant Pathogenesis*. Blackwell Scientific Publications, Oxford: 175 — 185.
- Spielman L. J. 1989. Isozymes in the population genetics of *Phytophthora infestans*. *Phytophthora*, Cambridge University Press, Cambridge: 231 — 241.
- Spielman L. J., Drenth A., Davidse L. C., Sujkowski L. J., Gu W., Tooley P. W., Fry W. E. 1991. A second world-wide migration and population displacement of *Phytophthora infestans*? *Plant Pathol.* 40: 422 — 430.
- Spielman L. J., Sweigard J. A., Shattock R. C., Fry W. E. 1990. The genetics of *Phytophthora infestans*: segregation of allozyme makers in F₂ and backcross progeny and the inheritance of virulence against potato resistance genes R2 and R4 in F₁ progeny. *Exp. Mycol.* 14: 57 — 69.
- Strömberg A., Boström U., Hallenberg N. 2001. Oospore germination and formation by the late blight pathogen *Phytophthora infestans* *in vitro* and under field conditions. *J. Phytopathology* 149: 659 — 664.
- Sujkowski L. S., Goodwin S. B., Dyer A. T., Fry W. E. 1994. Increased genotypic diversity via migration and possible occurrence of sexual reproduction of *Phytophthora infestans* in Poland. *Phytopathology* 84: 201 — 207.
- Sujkowski L. S., Goodwin S. B., Fry W. E. 1996. Changes in specific virulence in Polish populations of *Phytophthora infestans*: 1985–1991. *Eur. J. Plant Pathol.* 102: 555 — 561.
- Świeżyński K. M., Zimnoch-Guzowska E. 2001. Breeding potato cultivars with tubers resistant to *Phytophthora infestans*. *Potato Res.* 44: 97 — 117.

- Therrien C. D., Ritch D. L., Davidse L. C., Jespers B. K., Spielman L. J. 1989. Nuclear DNA content, mating type and metalaxyl sensitivity of eighty-three isolates of *Phytophthora infestans* from the Netherlands. *Mycol. Res.* 92: 140 — 146.
- Tooley P. W., Fry W. E., Villarreal Gonzalez M. J. 1985. Isozyme characterisation of sexual and asexual *Phytophthora infestans* populations. *J.Hered.* 76: 431 — 435.
- Tooley P. W., Therrien C. D., Ritch D. L. 1989. Mating type, race composition, nuclear DNA content, and isozyme analysis of Peruvian isolates of *Phytophthora infestans*. *Phytopathology* 79: 478 — 481.
- Van der Lee T., Testa A., van Klooster J., van den Berg-Velthuis G., Govers F. 2001. Chromosomal deletion in isolates of *Phytophthora infestans* correlates with virulence on R3, R10, and R11 potato lines. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 14: 1444 — 1452.
- Vega-Sánchez M. E., Erselius L. J., Rodriguez A. M., Bastidas D., Hohl H. R., Ojiambo P. S., Mukalazi J., Vermeulen T., Fry W. E., Forbes G. A. 2000. Host adaptation to potato and tomato within the US — 1 clonal lineage of *Phytophthora infestans* in Uganda and Kenya. *Plant Pathol.* 49: 531 — 539.
- Whisson S. C., van der Lee T., Bryan G. J., Waugh R., Govers F., Birch P. R. J. 2001 a. Physical mapping across an avirulence locus of *Phytophthora infestans* using a highly representative, large-insert bacterial artificial chromosome library. *Mol. Genet. Gen.* 266: 289 — 295.
- Whisson S. C., van der Lee T., Bryan G. J., Waugh R., Govers F., Birch P. R. J. 2001 b. *Phytophthora infestans* genomics: positional cloning of a virulence genes. *Scottish Crop Research Institute Annual Report*: 132 — 134.
- Zarzycka H., Sobkowiak S. 1999. Sexuality of *Phytophthora infestans* and the role of oospores as a primary infection source of potato late blight. *J. Plant Protection Res.* 39: 109 — 115.
- Zarzycka H. 2001. Ocena wirulencji, agresywności i typu kojarzeniowego izolatów *Phytophthora infestans*. W: *Monogr. i Rozpr. Nauk. IHAR 10, praca zbior. Radzików*: 65 — 67.

JÓZEFA KAPSA
JERZY OSOWSKI

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Boninie

Wprowadzanie i ocena systemu decyzyjnego NegFry w strategii ochrony przed zarazą ziemniaka w warunkach polskich

Implementation and evaluation of NegFry decision support system in late blight control strategy under Polish conditions

Celem stosowania różnorodnych systemów prognozowania i monitorowania w strategii zwalczania zarazy ziemniaka jest precyzyjne określenie pojawienia się choroby i podjęcie decyzji o terminach zalecanych aplikacji fungicydowych w sezonie. Wszystkie systemy stosowane w Europie wymagają podstawowych danych meteorologicznych (temperatura powietrza, wilgotność względna, opady) i wprowadzenia podstawowych danych biologicznych (odmiana i jej odporność na zarazę, data wschodów, termin zakończenia sezonu). Wyniki doświadczeń wykonanych w 2001 roku na polach produkcyjnych potwierdziły użyteczność systemu NegFry w ochronie pól ziemniaczanych przed zarazą, w polskich warunkach pogodowych. Dzięki zastosowaniu systemu NegFry można było zmniejszyć o 1–2 zabiegi fungicydowe w porównaniu z intensywną, rutynową ochroną. Pomimo zmniejszenia liczby aplikacji obserwowano istotne hamowanie rozwoju choroby i uzyskano dobrą skuteczność ochrony.

Słowa kluczowe: system decyzyjny w ochronie, ziemniaki, zwalczanie zarazy

The purpose of various forecasting and monitoring systems using in the late blight control strategy is to define precisely the disease appearance and undertake decision about dates of recommended fungicide applications during the season. All the running in Europe systems needs basic meteorological data (air temperature, relative humidity, precipitation) and implementation of basic biological data (variety and variety resistance against late blight, crop emergence, end of season). Results of trials carried out at commercial fields in 2001 have confirmed usefulness of the NegFry system for potato field protection against late blight under Polish weather conditions. By using the NegFry system, number of fungicide applications could be reduced for 1–2, compared to intensive, routine protection. In spite of decreasing the number of sprays, significant inhibition of disease development and good control effectiveness were observed.

Key words: late blight control, decision support systems, potato

WSTĘP

W większości krajów Europy Zachodniej ochrona plantacji przed zarazą ziemniaka (*Phytophthora infestans*) polega przede wszystkim na ochronie chemicznej uprawianych ziemniaków. Przeciętna liczba wykonywanych w ciągu sezonu zabiegów fungicydowych waha się w granicach 5–20, w zależności od presji infekcyjnej patogenu (tab. 1).

Tabela 1

Szacunkowe stosowanie zabiegów fungicydowych w zwalczaniu zarazy w wybranych krajach Europy (lata 1996–2000). Źródło Schepers, 2001
The estimated use of fungicides to potato late blight control in various European countries (Year 1996–2000). Acc. Schepers, 2001

Kraj Country	Lata Years				
	1996	1997	1998	1999	2000
Austria — Austria	4–6	5–6	4–6	4–12	4
Belgia — Belgium	8–12	14–15	12–14	10	12–20
Dania — Denmark	5,5	5,5	8	7,5	7–8
Finlandia — Finland	3–4	4–5	3–8	2–6	5–9
Francja — France	9–11	11–14	?	15	16–17
Hiszpania — Spain	3	5–6	3	4–5	2–6
Holandia — Holland	5–12	7–15	7–15	7–16	15–20
Niemcy — Germany	5–6	7–9	3–10	4–5	2–14
Norwegia — Norway	2,9	4	5	5–6	6–7
Polska — Poland	1,6	1,7	1,7	2	2
Szwajcaria — Switzerland	6–7	7–9	5–7	6–10	7
Szwecja — Sweden	4–7	4–7	4–12	4–11	?
Wlk. Brytania (Anglia/Walia) — UK	2–10	4–18	8–15	4–16	?
Włochy — Italy	6–8	6–8	4–5	8–10	6–8

Zastosowanie w ochronie przed zarazą różnych systemów decyzyjnych (DSS = Decision Support Systems) ma na celu precyzyjne określenie daty pierwszego i kolejnych zabiegów ochronnych oraz koniecznej ich liczby. Pozwala to nie tylko obniżyć koszty ochrony, ale i chronić środowisko przed nadmiernym wprowadzaniem do niego aktywnych substancji chemicznych.

W Europie, w ochronie plantacji ziemniaka przed zarazą najczęściej stosowane są następujące systemy decyzyjne: Plant-Plus, ProPhy, NegFry, Milsol, Guntz Diveau i SimPhyt. Wszystkie oparte są na podstawowych parametrach pogodowych. Najważniejsze czynniki meteorologiczne to te, które mają największy wpływ na rozwój patogenu — wilgotność względna i temperatura powietrza oraz opady. Niektóre z systemów wymagają dodatkowych informacji pogodowych, np. o szybkości i kierunku wiatru czy nasłonecznieniu (Kapsa, 2002). Na podstawie parametrów pogodowych można ustalić okresy krytyczne i terminy epidemicznego wystąpienia choroby, nasilenie presji infekcyjnej sprawcy oraz wyznaczyć krzywe postępu choroby (Ullrich, Schrödter, 1966; Fry i in., 1983; Forrer i in., 1993; Hansen, 1997; Gutsche, 1998; Schepers, 1998). Większość systemów oprócz podstawowych danych meteorologicznych wymaga także wprowadzenia danych agrotechnicznych, takich jak wczesność uprawianej odmiany i jej odporność na

zarazę, terminy wschodów i zakończenia sezonu wegetacyjnego, informacje o stosowanym nawadnianiu plantacji.

W Polsce brak jest jednolitego systemu decyzyjnego w ochronie upraw ziemniaka przed zarazą. Ochronę chemiczną rozpoczyna się najczęściej w momencie wystąpienia pierwszych objawów choroby w polu. Pierwszy zabieg bywa więc najczęściej spóźniony, co obniża skuteczność ochrony. Także liczba stosowanych zabiegów chemicznych jest najczęściej niewystarczająca. W naszym kraju średnia liczba zabiegów fungicydowych, wykonywanych rutynowo na plantacjach chronionych nie przekracza 2 (Kapsa, 2000). Z drugiej strony zdarza się, że rolnicy wykonują lokalnie (zgodnie z zawartymi kontraktami) 10–12 zabiegów nawet wtedy, gdy nie ma takiej potrzeby.

W ostatnich latach podjęto prace nad wprowadzeniem w Polsce ogólnie dostępnego systemu decyzyjnego NegFry, stosowanego w ochronie upraw ziemniaka przed zarazą, w ramach międzynarodowej współpracy z naukowcami duńskimi. Zaletą tego systemu jest możliwość wyznaczania (na podstawie warunków meteorologicznych i w oparciu o wprowadzone dane biologiczne) wartości progowych temperatury, wilgotności, opadów i zakumulowanych jednostek infekcyjnych oraz jednostek dziennego ryzyka. Z polskiej strony w pracach uczestniczą organizacje państwowe i instytuty naukowe: GIOR, IUNG, IOR, IHAR, IMiGW.

MATERIAŁ I METODY

W sezonie 2001 przeprowadzono pięć różnych doświadczeń polowych, których celem było sprawdzenie przydatności systemu decyzyjnego NegFry w ochronie produkcyjnych plantacji ziemniaka przed zarazą. Dwa doświadczenia zostały wykonane w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Boninie. Trzy pozostałe wykonano u rolników indywidualnych we wsi Osiny, pod nadzorem pracowników ODR Końskowola.

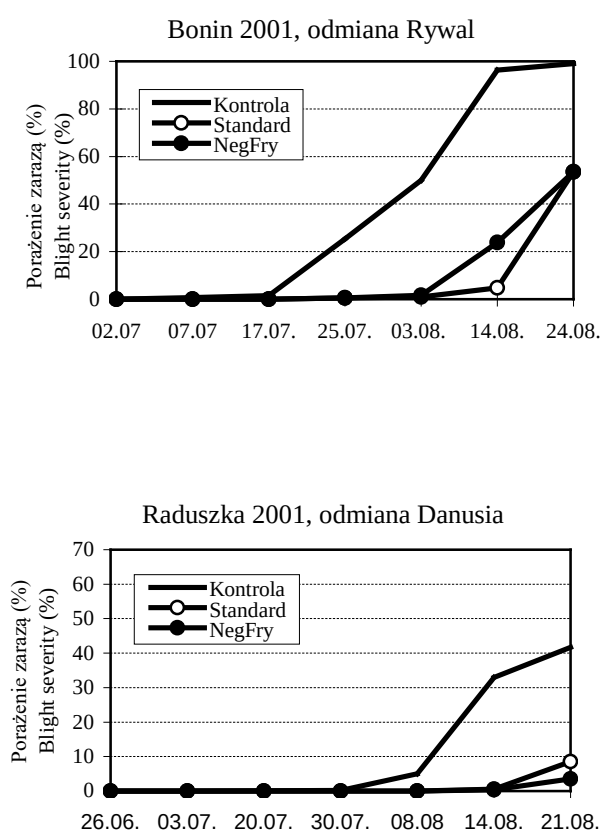
Doświadczenia prowadzone w Instytucie założono w Boninie na poletkach doświadczalnych odmiany Rywał (wielkość poletek 60 m²) i w miejscowości Raduszka na polach produkcyjnych odmiany Danusia (wielkość poletek 0,54 ha). Porównywano skuteczność ochrony ziemniaka prowadzonej tradycyjnie w Instytucie (= rutynowa ochrona plantacji od końca czerwca do połowy sierpnia) i ochrony wg systemu NegFry (prognozującego termin pierwszego zabiegu na podstawie danych meteorologicznych i terminu wschodów ziemniaka, a pozostałych zabiegów w zależności od układu warunków meteorologicznych i podatności uprawianych odmian). W wariacie badań z ochroną tradycyjną zastosowano 6 aplikacji fungicydowych (6 razy fluazinam w dawce 0,3 l·ha⁻¹), w wariacie ochrony prowadzonej według systemu NegFry zastosowano 4 opryskiwania (2 razy cymoksanil + mankozeb w dawce 2 kg·ha⁻¹ i 2 razy fluazinam w dawce 0,3 l·ha⁻¹). W sezonie oceniano stopień zniszczenia roślin ziemniaka przez zarazę, krzywe postępu choroby, wysokość uzyskanego plonu bulw oraz jego zdrowotność. Wyniki porównano z wynikami uzyskanymi na poletkach kontrolnych (niechronionych).

Doświadczenia w Osinach zostały wykonane na różnych polach produkcyjnych odmian Bzura, Irga i Ania. Wielkość poletek wahała się od 0,2 do 0,7 ha. W sezonie porównywano rozwój choroby i wysokość uzyskanego plonu na poletkach chronionych według własnych

programów rolników oraz z zastosowaniem systemu decyzyjnego NegFry. W przypadku tych doświadczeń porównywano jedynie skuteczność różnych systemów ochrony, bez poletek kontrolnych (niechronionych).

WYNIKI

Warunki meteorologiczne występujące na terenie Polski w sezonie wegetacyjnym 2001 były na ogół bardzo sprzyjające rozwojowi zarazy. Na wszystkich prowadzonych doświadczeniach zaraza pojawiła się jednak stosunkowo późno. W doświadczeniach na północy kraju (Bonin) pierwsze objawy zarazy obserwowano 7 lipca (odmiana Rywal) i 20 lipca (odmiana Danusia).



Rys. 1. Rozwój zarazy ziemniaka na poletkach chronionych wg różnych systemów ochrony
Fig. 1. Development of potato late blight at plots with various protection programs

Wyniki doświadczeń prowadzonych w Instytucie (Bonin i Raduszka) przedstawiono w tabelach 2 i 3 oraz na rysunkach 1 i 2. W obu doświadczeniach zastosowanie programów ochrony skutecznie zahamowało rozwój choroby w porównaniu z epidemicznym jej rozwojem na poletkach kontrolnych.

Tabela 2

Porównanie skuteczności programów ochrony przed zarazą ziemniaka w doświadczeniach IHAR, (Raduszka, 2001)
Comparison of efficacy of protection programs against potato late blight in the trials of PBAI, (Raduszka, 2001)

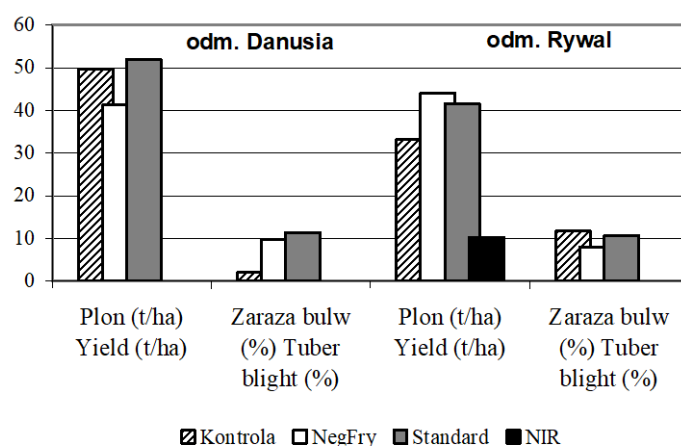
Odmiana Variety	Ochrona Treatment	Data wystąpienia zarazy Date of late blight appearance	Liczba opryskiwań Number of sprays	Porażenie zarazą na końcu wegetacji (%)* Disease severity at the end of season (%)*	AUDPC** AUDPC**
Danusia	kontrola — control	20.07.	—	41,7	0,0925
	Standard	30.07.	6	8,5	0,0026
	NegFry	30.07.	4	3,5	0,0064

* Danusia — obserwacje 21.08.2001

* Danusia — observation at 21.08.2001

** Powierzchnia względna pod krzywą rozwoju choroby

** Relative area under disease progress curve



Rys. 2. Plony bulw i ich jakość (zaraza bulw) uzyskane z poletek chronionych wg różnych systemów
Fig. 2. Tuber yields and their quality (tuber blight) originating from plots with various protection programs

Zniszczenie roślin odmiany Danusia pod koniec okresu wegetacyjnego (21 sierpnia) wynosiło na poletkach kontrolnych 66,7%, na poletkach chronionych w sposób tradycyjny 8,0%, a na chronionych wg systemu NegFry tylko 3,5% (tab. 2). Plon bulw odmiany Danusia był ogólnie wysoki. Nie stwierdzono istotnych różnic w wysokości plonu otrzymanego ze wszystkich poletek (rys. 2). Obserwowano niższe porażenie bulw pocho-

dzących z poletek kontrolnych w porównaniu z poletkami chronionymi. Tak niskie porażenie zarzą plonu pochodzącego z poletek niechronionych spowodowane zostało wcześniejszym zniszczeniem (zasuszeniem) roślin przez chorobę wraz ze źródłem infekcji bulw. Na takie przypadki zwracano już uwagę we wcześniejszych pracach (Bain, Möller, 1999).

Na poletkach kontrolnych odmiany Rywal, 24 sierpnia obserwowano całkowite zniszczenie roślin sięgające 99,8%; na poletkach chronionych wg obu systemów rośliny zostały zniszczone w 53,6% (tab. 3). Plony bulw odmiany Rywal uzyskane z poletek chronionych wg systemu NegFry były istotnie wyższe w porównaniu z wariantem kontrolnym (rys. 2). Nie stwierdzono istotnych różnic w plonie bulw między porównywanymi systemami. Nie stwierdzono także istotnych różnic w porażeniu bulw zarzą pomiędzy poszczególnymi wariantami doświadczenia.

Tabela 3

Porównanie skuteczności programów ochrony przed zarzą ziemniaka w doświadczeniach IHAR, (Bonin, 2001)
Comparison of efficacy of protection programs against potato late blight in the trials of PBAI, (Bonin, 2001)

Odmiana Variety	Ochrona Treatment	Data wystąpienia zarazy Date of late blight appearance	Liczba opryskiwań Number of sprays	Porażenie zarzą koniec wegetacji (%)* Disease severity at the end of season (%)*	AUDPC** AUDPC**
Rywal	kontrola — control	07.07.	—	99,8	0,423
	Standard	17.07.	6	53,6	0,102
	NegFry	17.07.	4	53,6	0,063

*Rywal — obserwacje 24.08.2001

*Rywal — observation at 24.08.2001

** Powierzchnia względna pod krzywą rozwoju choroby

** Relative area under disease progress curve

W obu doświadczeniach skuteczność ochrony prowadzonej intensywnie i z zastosowaniem systemu decyzyjnego NegFry była podobna. Zastosowanie systemu NegFry pozwoliło jednak zmniejszyć liczbę stosowanych zabiegów chemicznych.

Wyniki doświadczeń nad porównywaniem skuteczności różnych systemów ochrony prowadzone pod nadzorem ODR Końskowola przedstawiono w tabeli 4.

Na polach chronionych wg systemu NegFry obserwowano większe hamowanie rozwoju choroby w porównaniu z ochroną tradycyjną, stosowaną przez rolników. Efekt hamowania rozwoju choroby był szczególnie widoczny na odmianie Bzura. Porażenie roślin chronionych tradycyjnie (obserwowane 20 września) wynosiło 95%, według systemu NegFry — 50%. Tak silne porażenie zarzą odmiany Bzura, odpornej na tę chorobę, było prawdopodobnie spowodowane stanem sadzeniaków tej odmiany, a nie presją infekcyjną patogenu w sezonie wegetacyjnym. Na odmianie Ania porażenie roślin wynosiło odpowiednio: 75 i 50%.

Plon bulw wszystkich odmian chronionych według systemu NegFry był wyższy w porównaniu z plonem uzyskanym z poletek chronionych tradycyjnie. Z powodu sprzedaży ziemniaków przez rolników, w doświadczeniu nie została oceniona zdrowotność bulw.

W przypadku doświadczeń produkcyjnych dobra skuteczność ochrony prowadzonej wg systemu NegFry wymagała zwiększenia liczby zabiegów fungicydowych o jeden (odmiana Ania) i o dwa (odmiana Bzura) w porównaniu z ochroną prowadzoną przez rolników.

Tabela 4

Skuteczność programów ochrony przed zarzą ziemniaka w doświadczeniach ODR Końskowola (Osiny, 2001)

Effectiveness of late blight protection programs in the trials of ODR Końskowola (Osiny, 2001)

Odmiana, odporność — stopnie Variety, resistance — degree	Ochrona Treatment	Data wystąpienia zarazy Date of late blight appearance	Liczba aplikacji Number of applications	Porażenie zarzą koniec wegetacji (%)* Disease severity at the end of season (%)*	AUDPC** AUDPC**	Plon (t·ha ⁻¹) Yield (t·ha ⁻¹)
Bzura (8)	Standard NegFry	02.08. 02.08.	2 4	95 50	0,079 0,155	20,5 31,0
Irga (2)	Standard NegFry	25.07. 25.07.	4 4	20 20	0,047 0,047	25,5 28,5
Ania (6)	Standard NegFry	02.08. 02.08.	2 3	75 50	0,079 0,105	20,0 26,0

* Koniec wegetacji (= desykacja), różny dla każdej odmiany (Bzura 20.09., Ania 20.09., Irga 3.09.)

* End of vegetation (= desiccation), different for each variety (Bzura 20.09., Ania 20.09., Irga 3.09.)

** Powierzchnia względna pod krzywą rozwoju choroby

** Relative area under disease progress curve

DYSKUSJA

Przydatność systemu NegFry w polskich warunkach została sprawdzona już wcześniej w doświadczeniach mikropoletkowych (Wójtowicz i Piekarczyk, 1998). Autorzy wykazali dużą przydatność kilku różnych systemów stosowanych w ochronie ziemniaka przed zarzą i opłacalność ekonomiczną ochrony z zastosowaniem systemu decyzyjnego NegFry. Według autorów dla poprawienia precyzyjności prognozowania wystąpienia zarazy w warunkach polskich konieczne są jednak pewne modyfikacje (obniżenie progowych wartości zakumulowanych jednostek infekcyjnych).

Doświadczenia prowadzone w 2001 roku na polach produkcyjnych potwierdziły przydatność systemu decyzyjnego NegFry do określania terminu pierwszego i kolejnych zabiegów i uzyskaną dzięki niemu dobrą skuteczność ochrony pól ziemniaczanych przed zarzą. Zastosowanie tego systemu pozwoliło zmniejszyć liczbę zabiegów fungicydowych o 1–2 w porównaniu z intensywną ochroną prowadzoną rutynowo w Instytucie. Mimo zmniejszenia liczby aplikacji fungicydów uzyskano znaczne zahamowanie rozwoju choroby i dobrą skuteczność ochrony.

Wyniki doświadczeń prowadzonych przez ODR Końskowola również wykazały lepszą skuteczność ochrony plantacji z wykorzystaniem systemu decyzyjnego NegFry. Wskazują jednak na potrzebę niewielkiego zwiększenia liczby zabiegów w tzw. tradycyjnej praktyce rolniczej. Nasze polskie warunki klimatyczne nie wymagają jednak aż takiej dużej liczby opryskiwań fungicydowych jaka stosowana jest w Europie (Schepers, 2001).

Dotychczasowe badania wskazują na duże możliwości wykorzystania systemu decyzyjnego NegFry, dzięki któremu można uzyskać skuteczną ochronę przed zarazą, z uwzględnieniem aspektów ochrony środowiska. W sezonie 2002 badania będą kontynuowane w różnych punktach Polski.

WNIOSKI

1. Wstępne doświadczenia prowadzone w 2001 roku na polach produkcyjnych w Boninie i Raduszcze potwierdziły przydatność systemu decyzyjnego NegFry do określania terminu pierwszego i kolejnych zabiegów w zwalczaniu zarazy ziemniaka w warunkach polskich.
2. Zastosowanie tego systemu w ochronie plantacji ziemniaka przed zarazą pozwoliło zmniejszyć liczbę zabiegów fungicydowych o 1–2 w porównaniu z intensywną ochroną prowadzoną rutynowo. Mimo zmniejszenia liczby aplikacji fungicydów uzyskano znaczne zahamowanie rozwoju choroby i dobrą skuteczność ochrony.
3. Wyniki doświadczeń prowadzonych przez ODR Końskowola na polach rolników indywidualnych potwierdziły skuteczność ochrony plantacji z wykorzystaniem systemu decyzyjnego NegFry. Koszty niewielkiego zwiększenia liczby zabiegów w tzw. tradycyjnej praktyce rolniczej zostały zrekompensowane wyższą plonem bulw.
4. Zastosowanie systemu decyzyjnego NegFry w ochronie plantacji ziemniaka przed zarazą pozwala obniżyć koszty ochrony, ale i chronić środowisko przed nadmiernym wprowadzaniem do niego aktywnych substancji chemicznych.

LITERATURA

- Bain R. A., Möller K. 1999. Factors influencing potato tuber infection by *Phytophthora infestans*. PAV — Special Report 5/1999. Proc. Workshop on the European Network for Development of an Integrated Control Strategy of Potato Late Blight. Sweden, Uppsala 9–12. 09.1998: 210 — 228.
- Forrer H. R., Gujer H. U., Fried P. M. 1993. PhytoPRE — A comprehensive information and decisions support system for late blight in potatoes. Proc. Workshop on Computer-based DSS on Crop Protection, Parma Italy: 173 — 181.
- Fry W. E., Apple A. E., Bruhn J. A. 1983. Evaluation of potato blight forecasts modified to incorporate host resistance and fungicide weathering. Phytopathology 73: 1054 — 1059.
- Gutsche V. 1998. Usage of model Simphyt in frame of the project Paso in Germany from 1994 to 1997. PAV — Special Report 3/1998. Proc. Workshop on the European Network for Development of an Integrated Control Strategy of Potato Late Blight. Carlow, Ireland 24–27.09.1997: 104 — 110.
- Hansen J. G. 1997. Report of the discussions of the subgroup Decision Support Systems. PAV — Special Report 1/1997. Proc. Workshop on the European Network for Development of an Integrated Control Strategy of Potato Late Blight. Lelystad, Netherlands 30.09-3.10.1996: 15 — 19.
- Kapsa J. 2000. Porównanie różnych programów zwalczania zarazy ziemniaka (*Phytophthora infestans*). Konferencja. Ochrona ziemniaka. Kołobrzeg, 4-5. 04. 2000. IHAR Oddz. Bonin: 44 — 51.
- Kapsa J. 2002. Zastosowanie systemów decyzyjnych w ochronie plantacji ziemniaka przed zarazą. Progress in Plant Protection 42 (1): 1 — 7.
- Schepers H. T. A. M. 1998. Epidemiological parameters in decision support systems for *Phytophthora infestans*. PAV — Special Report 3/1998. Proc. Workshop on the European Network for Development of an Integrated Control Strategy of Potato Late Blight. Carlow, Ireland 24–27. 09. 1997: 30 — 36.

- Schepers H. T. A. M. 2001. The development and control of *Phytophthora infestans* in Europe in 2000. PAV — Special Report 7/2001. Proc. Workshop on the European Network for Development of an Integrated Control Strategy of Potato Late Blight. Germany, Munich, 6–10. 09. 2000: 9 — 18.
- Ullrich J., Schrödter H. 1966. Das Problem der Vorhersage des Auftretens der Kartoffelkrautfäule (*Phytophthora infestans*) und die Möglichkeit seiner Lösung durch eine “Negativprognose”. Nachrichtenblatt Deut. Pflanzenschutz 3: 33 — 40.
- Wójtowicz A., Piekarczyk J. 1998. Porównanie skuteczności wybranych systemów wspierających podejmowanie decyzji w zwalczaniu zarazy ziemniaka. Progress in Plant Protection / Postępy w Ochronie Roślin 38 (2): 358 — 361.

GENOWEFA SOWA-NIEDZIAŁKOWSKA

Zakład Przechowalnictwa i Przetwórstwa Ziemniaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Jadwisin

Określanie optymalnej temperatury przechowywania sadzeniaków różnych odmian ziemniaka w skali 9-stopniowej

Determination of optimum storage temperature of seed potato tubers of different cultivars in 9-degree scale

Celem badań było określenie wpływu zróżnicowanych warunków przechowywania sadzeniaków na plonowanie 54 odmian ziemniaka. Sadzeniaki badanych odmian przechowywano w temperaturze 2°, 6°, 10° C przy zachowaniu wilgotności względnej powietrza powyżej 90%. Stwierdzono, że temperatura przechowywania modyfikuje stan fizjologiczny bulw matecznych. Ponadto udowodniono, że każda odmiana wymaga specyficznych warunków przechowywania sadzeniaków dla prawidłowego wzrostu i plonowania roślin. W oparciu o uzyskane wyniki i wyliczenia statystyczne, optymalne warunki termiczne w czasie magazynowania sadzeniaków 54 badanych odmian ziemniaka przedstawiono w skali 1–9.

Słowa kluczowe: odmiany ziemniaka, plonowanie, sadzeniaki, skala 9-stopniowa, temperatura przechowywania

The aim of this work was to define the subsequent influence of different storage conditions of seed potatoes on tuber yield of 54 potato cultivars. Seed tubers were stored at the temperatures of 2°, 6°, 10° C and RH about 90%. It was found that storage temperature modified the physiological state of mother tubers. Moreover, it was found that each cultivar required its own specific storage conditions of potatoes seed in order to obtain the optimal field growth of plant and yielding. All the cultivars were divided into the groups depending on optimum storage temperature of seed potato tubers expressed in 1–9 degree scale.

Key words: cultivars, yielding, 9-grade scale, seed potatoes, storage temperature

WSTĘP

W warunkach klimatycznych Polski bulwy przeznaczone do sadzenia, magazynowane są przez okres 6–7 miesięcy. Przechowywanie sadzeniaków przez tak długi czas w nieodpowiednich warunkach może przyczynić się do obniżenia ich wartości biologicznej. Dobry sadzeniak powinien cechować się wysoką zdrowotnością i właściwym stanem fizjologicznym gwarantującym odpowiedni wigor wzrostu roślin potomnych. Na

fizjologiczną jakość sadzeniaków wpływa wiele współdziałających ze sobą czynników, zarówno w czasie wzrostu jak i przechowywania. Jednym z głównych czynników modyfikujących wiek fizjologiczny sadzeniaków są warunki przechowywania, począwszy od zbioru aż do ich wysadzania (van Loon, 1987; van Ittersum, Scholte, 1992; Struik, Wiersema, 1999; Sowa-Niedziałkowska, 2000).

Pomimo, że jesteśmy potęgą ziemniaczaną, to w praktyce rolniczej nie przykładą się większej uwagi do przechowywania sadzeniaków i magazynuje się je w bardzo różnych warunkach termicznych. Stąd też celem niniejszej pracy jest przeanalizowanie oddziaływania zróżnicowanych warunków termicznych w czasie przechowywania na stan fizjologiczny sadzeniaków i plonotwórczość roślin z nich wyrosłych. Uzyskane wyniki pozwolą na określenie optymalnych warunków przechowywania sadzeniaków powszechnie uprawianych odmian ziemniaka i przedstawienie ich wymagań termicznych w czasie magazynowania w skali 9-stopniowej w zależności od uwarunkowań genetycznych danej odmiany.

MATERIAŁ I METODY

W ciągu ostatnich 15 lat przebadano łącznie 54 odmiany ziemniaka różnej wczesności i różnego przeznaczenia. Badania prowadzone były w kilku seriach, w których uwzględniano nowe odmiany wchodzące do rejestru. Każda odmiana testowana była w trzyletnich cyklach badawczych.

Sadzeniaki badanych odmian magazynowane były w przechowalni od początku października aż do sadzenia tj. do trzeciej dekady kwietnia, w temperaturze 2°, 6° i 10° C przy wilgotności względnej powietrza ponad 90%. Celem określenia przemian fizjologicznych podczas magazynowania, oceniano zakończenie okresu uspienia bulw, minimalną temperaturę kiełkowania oraz intensywność wzrostu kielków. Tuż przed sadzeniem wszystkie kielki z bulw matecznych zostały usunięte i do doświadczenia następczego przeznaczano bulwy zdrowe, wyrównanej wielkości. Doświadczenie połowe zakładane było w układzie bloków losowanych, po 40 roślin na poletku, w trzech powtórzeniach, w rozstawie 67,5 cm x 37 cm w redlinie. W doświadczeniu połowym określano tempo wschodów, obsadę roślin na poletku, liczbę pędów głównych w roślinie oraz plon ogólny w fazie pełnej dojrzałości.

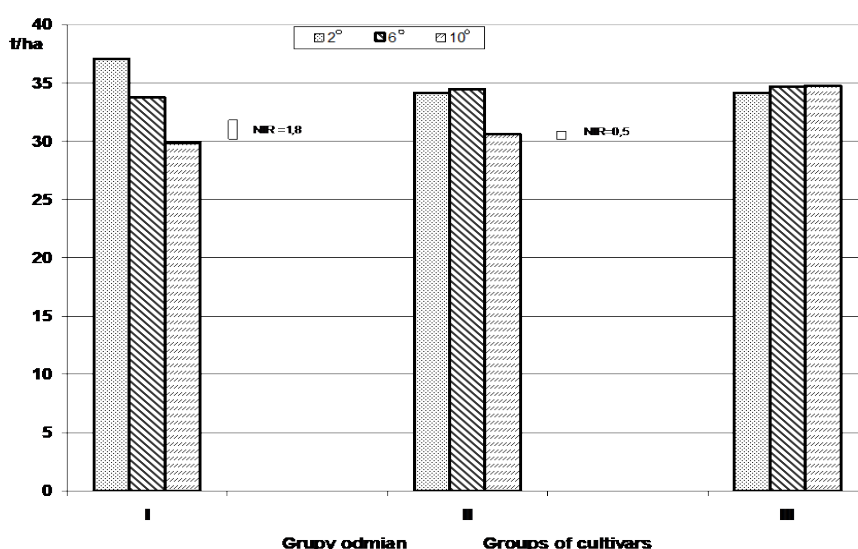
Wyniki pochodzące z kilku serii niezależnych doświadczeń poddano wyliczeniom statystycznym, wykonując n-czynnikową analizę wariancji z zastosowaniem testu F "Snedecora" dla modelu stałego. Przy obliczaniu najmniejszej istotnej różnicy (NIR) wykorzystano test t-Studenta.

Celem usystematyzowania reakcji odmian na warunki przechowywania sadzeniaków, wyrażonej spadkiem plonu, wyliczono przedziały ufności i podzielono odmiany na trzy istotnie różniące się grupy: poniżej, powyżej i w zakresie dolnego i górnego przedziału ufności. Utworzone grupy odmian na bazie wyliczeń statystycznych, posłużyły do zaproponowania skali 9-stopniowej, w ramach której przedstawiono zróżnicowaną reakcję odmian na warunki przechowywania sadzeniaków.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wieloletnie obserwacje i pomiary dotyczące 54 odmian ziemniaka wykonywane w tych samych warunkach i w takim samym układzie, pozwoliły na syntetyczne określenie zależności pomiędzy warunkami przechowywania bulw matecznych a rozwojem i plonowaniem roślin z nich wyrosłych. Wykonane badania umożliwiły również scharakteryzowanie reakcji odmian na zróżnicowane warunki przechowywania sadzeniaków.

Uznano, że spośród wszystkich oznaczanych cech, plonowanie roślin określane w fazie pełnej dojrzałości bulw, jest najważniejszym i najbardziej wymiernym parametrem oceniającym osobniczą reakcję odmiany na warunki przechowywania sadzeniaków. Przy pomocy wyliczeń statystycznych, badane odmiany podzielono na trzy grupy różnie plonujące pod wpływem następczym temperatury przechowywania sadzeniaków (rys. 1):



Rys. 1. Wpływ temperatury przechowywania sadzeniaków na plonowanie 3 grup odmian o istotnie zróżnicowanej reakcji ($t \cdot ha^{-1}$)

Fig. 1. Influence of storage temperature of seed potatoes on tuber yield of 3 cultivar groups with significantly different reaction ($t \cdot ha^{-1}$)

- Do pierwszej grupy należą odmiany plonujące istotnie najwyżej pod wpływem przechowywania sadzeniaków w niskiej temperaturze 2°C i wraz ze wzrostem temperatury wykazujące udowodniony liniowy spadek plonu. W tej grupie znalazły się następujące odmiany: Anielka, Arkadia, Bogna, Ceza, Darga, Fregata, Głada, Jagoda, Jantar, Koral, Ruta, Triada i Vistula;
- Do drugiej bardzo licznej grupy należą 23 odmiany, dla których temperatura przechowywania sadzeniaków 2°C–6°C była najkorzystniejsza, zaś temperatura wyższa (10°C), powodowała istotny spadek plonu. Grupę tę reprezentowały następujące

odmiany: Aster, Ania, Balbina, Baszta, Bekas, Bliza, Bzura, Drop, Dunajec, Grot, Jagna, Klepa, Kolia, Kos, Lena, Lawina, Maryna, Muza, Orlik, Olza, Perkoz, Stobrawa i Sumak;

- Trzecia grupa (18 odmian), wykazała dużą tolerancję na zakres temperatur przechowywania od 2° do 10° C. Sadzeniaki tych odmian plonowały na tym samym poziomie (różnice nieistotne) niezależnie od temperatury przechowywania (w badanym zakresie). Tak zareagowały następujące odmiany: Albina, Bila, Bóbr, Ekra, Elba, Fala, Fauna, Harpun, Heban, Ibis, Irga, Koga, Lotos, Malwa, Marta, Oda, Orłan i Rybitwa.

Tabela 1

Spadek lub wzrost plonu bulw ($t\cdot ha^{-1}$) spowodowany wzrostem temperatury przechowywania sadzeniaków (z 2 do 10° C) w 3 grupach odmian istotnie zróżnicowanych
Decrease or increase of tuber yield (t/ha) caused by increase of storage temperature of seed potato tubers (from 2° C to 10° C) in 3 groups significantly different cultivars

Grupa odmian Group of cultivars					
I*		II		III	
Fregata	-14,3	Dunajec	-10,6	Bila	-2,0
Jagoda	-4,5	Bekas	-10,2	Orłan	-1,1
Bogna	-3,2	Bliza	-5,9	Fauna	-0,9
Koral	-2,6	Drop	-5,6	Irga	-0,8
Vistula	-2,5	Lena	-5,5	Bóbr	-0,6
Darga	-2,2	Balbina	-5,4	Ibis	-0,4
Ruta	-2,0	Maryna	-5,2	Heban	-0,3
Ceza	-2,0	Klepa	-4,6	Elba	-0,1
Triada	-1,9	Sumak	-4,6	Ekra	-0,1
Jantar	-1,9	Grot	-4,5	Koga	0
Arkadia	-1,7	Aster	-4,2	Albina	+0,1
Głada	-1,4	Ania	-3,7	Marta	+0,6
Anielka	-1,1	Baszta	-3,6	Fala	+1,0
		Olza	-3,3	Rybitwa	+1,2
		Jagna	-3,2	Harpun	+1,9
		Muza	-3,2	Malwa	+2,5
		Lawina	-2,9	Lotos	+2,9
		Kolia	-2,8	Oda	+7,5
		Kos	-2,8		
		Orlik	-2,5		
		Stobrawa	-1,9		
		Bzura	-1,7		
		Perkoz	-1,3		

* Objaśnienia; Explanations

I. Grupa odmian wymagająca niskich temperatur przechowywania sadzeniaków

I. Group of cultivars required lower temperature storage of seed tubers

II. Grupa odmian wykazująca spadek plonu w temperaturze powyżej 6° C

II. Group of cultivars demonstrated decrease of yield when seed tubers were stored at temperature above 6° C

III. Grupa odmian tolerancyjna na zakres temperatur 2°–10° C.

III. Group of cultivars tolerant to storage temperature in range of 2°–10° C

Badania Bodlaendera i Marinusa (1987) potwierdzają powyższe spostrzeżenia i zależności świadczące o tym, że niektóre odmiany (np. Desiree) wykazują lepszy wigor wzrostu i plonowania po przechowywaniu sadzeniaków w 4° C a inne (np. Jaerla) osiągają lepsze parametry rozwojowe i plonotwórcze w 12° C.

Szczegółowa analiza uzyskanych wyników wykazała, że w ramach tej samej grupy siła reakcji na wzrastające temperatury przechowywania poszczególnych odmian nie była jednakowa (tab. 1). Dla przykładu w grupie pierwszej odmian, wymagającej niższych temperatur przechowywania sadzeniaków, spadek plonu pod wpływem podwyższenia temperatury o 4° C (z 2° C do 6° C) wahał się od 1,1 t·ha⁻¹ u odmiany Anielka do ponad 14 t·ha⁻¹ u odmiany Fregata. Wzrost temperatury przechowywania z 6° C do 10° C wpłynął na dalszy spadek plonu u wszystkich odmian, a w przypadku odmiany Głada był najwyższy i wynosił aż 20 t·ha⁻¹.

Z kolei w grupie drugiej (reagującej spadkiem plonu po przechowywaniu sadzeniaków dopiero w temperaturze ponad 6° C) podwyższenie temperatury z 6° C do 10° C obniżyło plon o 1,3 t·ha⁻¹ u odmiany Perkoz do ponad 10 t·ha⁻¹ u odmian Dunajec i Bekas.

Odmienne zachowanie wykazała trzecia grupa odmian tolerancyjnych na badany zakres temperatur. Spadek plonu sadzeniaków przechowywanych w najwyższej temperaturze 10° C w porównaniu do magazynowanych w najniższej temperaturze 2° C był nieznaczny. U 9 odmian stwierdzono niżkę plonu dochodzącą do 2 t·ha⁻¹, natomiast u pozostałych 8 odmian nastąpił wzrost plonu pod wpływem wysokiej temperatury przechowywania sadzeniaków (10° C), dochodzący nawet do 7,5 t·ha⁻¹, jak np. u odmiany Oda.

Tabela 2

Rząd wielkości NIR określający spadek lub wzrost plonu bulw zależnie od grupy odmian
Values of LSD determined differences in the yield of potato tubers depending on group of cultivars

Grupa odmian Group of cultivars	Skala Scale	Spadek lub wzrost plonu w t·ha ⁻¹ Decrease or increase of yield (t·ha ⁻¹)
I *	1	zniżka powyżej decrease above 5,3
	2	zniżka decrease 5,3–1,2
	3	zniżka poniżej, decrease below 1,2
II	4	zniżka powyżej decrease above 5,4
	5	zniżka decrease 5,4–3,5
	6	zniżka poniżej decrease below 3,5
III	7	zniżka poniżej, decrease below 2,0
	8	wzrost poniżej increase below 5,0
	9	wzrost ponad increase above 5,0

* — Objasnienia I, II, III jak w tabeli 1

* — Explanations as in table 1

Mając na uwadze różną siłę reakcji odmian w obrębie tej samej grupy, postanowiono w oparciu o wyliczenia statystyczne, dokonać dalszego podziału odmian. Celem scharakteryzowania różnic w wielkości spadku lub zwwyżki plonów pod wpływem wzrostu temperatury przechowywania sadzeniaków, wyliczono przedział ufności w ramach grupy

i podzielono odmiany na trzy podgrupy: poniżej, powyżej i w obrębie przedziału ufnosci. Zaproponowano skalę 9-stopniową dla utworzonych podgrup odmian, charakteryzujących się podobnym (wyliczonym) spadkiem lub wzrostem plonu (tab. 2).

Każdej wydzielonej grupie odmian o istotnie różnym typie reakcji na wzrastającą temperaturę przechowywania przydzielono po 3 oceny w skali 9-stopniowej przyjmując, że 9 oznacza reakcję najbardziej pożądaną, a 1 — pożądaną najmniej. I tak grupie odmian wymagającej niskiej temperatury przechowywania sadzeniaków przypadło 3 stopnie skali (od 1 do 3). Drugiej grupie odmian tolerancyjnej na temperaturę przechowywania do 6° C przydzielono także 3 stopnie (od 4 do 6), a oceny od 7 do 9 przypisano grupie odmian tolerancyjnej na szerszy zasięg temperatur od 2° C do 10° C (tab. 2).

W tabeli 3 przedstawiono wymagania termiczne sadzeniaków badanych odmian w długotrwałym okresie przechowywania w skali 9-stopniowej. Spośród badanych odmian, sadzeniaki odmiany Fregata, charakteryzowały się najwyższym spadkiem plonu (14,3 t·ha⁻¹) przy podwyższeniu temperatury przechowywania z 2° C do 6° C. Odmiana ta uzyskała więc ocenę 1 w skali 9-stopniowej, co oznacza że wymaga ona najniższej temperatury przechowywania sadzeniaków 2° C. Tak duży spadek plonu wraz z podwyższaniem temperatury przechowywania sadzeniaków, a także inne symptomy takie jak dużo miejsc pustych na poletku oraz krótki okres uśpienia bulw i intensywny wzrost kielków w czasie magazynowania świadczą o bardzo szybkim tempie starzenia fizjologicznego bulw tej odmiany.

Tabela 3

Optymalne warunki przechowywania sadzeniaków badanych odmian wyrażone w skali 9-stopniowej
Optimum storage temperature of seed potato tubers of tested cultivars in 1–9 scale

Skala 1–9° Scale	Odmiany Cultivars
1	Fregata
2	Arkadia, Bogna, Ceza, Darga, Glada, Jagoda, Jantar, Koral, Ruta, Triada, Vistula
3	Anielka
4	Balbina, Bekas, Bliza, Drop, Dunajec, Lena
5	Ania, Aster, Baszta, Grot, Klepa, Maryna, Sumak
6	Bzura, Irys, Jagna, Kolia, Kos, Lawina, Muza, Olza, Orlik, Perkoz, Stobrawa
7	Bila, Bóbr, Ekra, Elba, Fauna, Heban, Ibis, Irga, Koga, Orłan
8	Albina, Fala, Harpun, Lotos, Marta, Malwa, Rybitwa
9	Oda

1 — Odmiany wymagające najniższej temperatury przechowywania sadzeniaków (2° C)

1 — The cultivars required the lowest storage temperature (2° C) of seed tubers

9 — Odmiany o dużej tolerancji na temperaturę przechowywania w zakresie (2°–10° C)

9 — The cultivars with great tolerance to storage temperature (2°–10° C)

Natomiast odmiana Oda, której bulwy z uwarunkowań genetycznych, charakteryzują się długim okresem uśpienia i mało intensywnym wzrostem kielków w czasie przechowywania, wykazała odwrotną reakcję. Sadzeniaki tej odmiany przechowywane w 10° C plonowały średnio o 7,5 t·ha⁻¹ wyżej niż przechowywane w temperaturze 2° C. Świadczy to o dużej tolerancji tej odmiany na wysokie temperatury przechowywania (do 10° C), stąd też najwyższa ocena 9 w proponowanej skali.

Uzyskane wyniki badań dowodzą, że w praktyce rolniczej możliwe jest osiągnięcie pożądanego stanu fizjologicznego sadzeniaków przez odpowiednie warunki przechowywania. Jednakże konieczne jest poznanie osobniczych cech odmiany pod względem tempa fizjologicznego starzenia bulw i określenie wpływu następczych warunków przechowywania sadzeniaków na wigor wzrostu i plonowanie roślin (Struik, Wiersema, 1999).

W przyszłych opracowaniach charakterystyk odmian, możliwe będzie przedstawienie optymalnych warunków przechowywania sadzeniaków nowych odmian ziemniaka w proponowanej skali 9-stopniowej. Wymagane jest jednak określanie na bieżąco w trzyletnich badaniach wpływu następczych zróżnicowanych warunków przechowywania sadzeniaków każdej odmiany na rozwój i plonowanie, a następnie na podstawie uzyskanych plonów i wyliczeń statystycznych, przedstawionych w niniejszej pracy, przypisanie jej do jednej z trzech grup reakcji. Po zaszeregowaniu odmiany do którejkolwiek z grup, należy wyliczyć zniżkę lub wzrost plonu i podać w skali 1–9 zgodnie z wartościami przedstawionymi w tabeli 2.

WNIOSKI

1. Na podstawie wieloletnich badań stwierdzono, że powszechnie uprawiane odmiany ziemniaka są istotnie zróżnicowane pod względem wymagań termicznych w czasie przechowywania sadzeniaków.
2. Wśród odmian ziemniaka wyróżnia się 3 typy reakcji na wzrastające temperatury przechowywania sadzeniaków:
 - liniowy spadek plonu na wzrost temperatury przechowywania powyżej 2° C;
 - tolerancja na temperaturę przechowywania do 6° C i spadek plonu przy temperaturze powyżej tej granicy;
 - tolerancja na temperaturę przechowywania do 10° C.
3. Nie stwierdzono ścisłej zależności pomiędzy wymaganiami termicznymi w okresie przechowywania sadzeniaków a długością okresu wegetacji badanych odmian. W każdej wytypowanej grupie znalazły się zarówno odmiany bardzo wczesne, jak i późne.
4. Przeprowadzone badania dowiodły, że możliwe jest przedstawienie optymalnych warunków termicznych dla przechowywania sadzeniaków różnych odmian w skali 9-stopniowej, pod warunkiem przeprowadzenia dla każdej nowej odmiany, wnikliwych obserwacji, pomiarów i wyliczeń zarówno w czasie magazynowania sadzeniaków jak również w czasie wzrostu i plonowania roślin z nich wyrosłych.
5. W zaproponowanej skali 9-stopniowej określającej wymagania termiczne sadzeniaków w okresie przechowywania, stopień 9 oznacza największą tolerancję na temperaturę przechowywania, a stopień 1 — największą wrażliwość na wzrost temperatury powyżej 2° C.

LITERATURA

- Bodlaender K. B. A., Marinus J. 1987. Effect of physiological age on growth vigour of seed potatoes of two cultivars. 3. Effect on plant growth under controlled conditions. *Potato Res.* 30: 423 — 40.
- Ittersum van M. K., Scholte K. 1992. Shortening dormancy of seed potatoes by storage temperature regimes. *Potato Res.* 35: 389 — 401.
- Loon van C. D. 1987. Effect of physiological age on growth vigour of seed potatoes of two cultivars. 4. Influence of storage period and storage temperature on growth and yield in the field. *Potato Res.* 3: 441 — 450.
- Sowa-Niedziałkowska G. 2000. Oddziaływanie warunków przechowywania sadzeniaków na wzrost i plonowanie odmian jadalnych ziemniaka. *Biul. IHAR* 213: 217 — 223.
- Struik P. C., Wiersema S. G. 1999. Control and manipulation of physiological seed tuber quality. In: *Seed potato technology*. Wageningen, The Netherlands: 97 — 131.

PODZIĘKOWANIE

Bardzo dziękuję Pani prof. Stanisławie Roztropowicz-Szkubel za pomoc przy opracowaniu niniejszej pracy.

JERZY OSOWSKI

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Boninie

Wpływ zaprawiania na zdrowotność bulw ziemniaka

Influence of seed dressing on healthiness of potato tubers

Bulwy ziemniaka zaprawiano preparatami: Vitavax 200 FS, Monceren 12,5 DS. i Monceren 250 FS 2–3 dni przed sadzeniem. Doświadczenie założono w układzie bloków zrandomizowanych. Powierzchnia poletka wynosiła 25 m² w każdym z czterech powtórzeń. Po zbiorach z każdego poletka pobierano próby o wadze 10 kg i po umyciu oceniano porażenie bulw chorobami. Oceniano porażenie przez następujące choroby: ospowatość bulw (*Rhizoctonia solani*), parch zwykły (*Streptomyces scabies*) i parch srebrzysty (*Helminthosporium solani*). Wyniki uzyskane w testach wykazują skuteczność testowanych zapraw w ograniczaniu ospowatości bulw w latach 1999 i 2001.

Słowa kluczowe: *Helminthosporium solani*, *Rhizoctonia solani*, *Streptomyces scabies*, zaprawy

Potato seed tubers were dressed with the chemicals: Vitavax 200 FS, Monceren 12,5 DS and Monceren 250 FS 2–3 days before planting. Field trials were carried out in a randomized complete block design. Each plot of 25 m² size was replicated four times. After harvest, 10 kg samples of tubers (from each plot) were washed and visually assessed for diseases. Tubers were scored for: black scurf (*Rhizoctonia solani*), common scab (*Streptomyces scabies*) and silver scurf (*Helminthosporium solani*). The results showed that all the tested chemicals were efficient in the black scurf control in the years 1999 and 2001 (statistically significant).

Key words: dressing, *Helminthosporium solani*, potato, *Rhizoctonia solani*, *Streptomyces scabies*

WSTĘP

Jedną z najgroźniejszych chorób ziemniaka w okresie wegetacji jest rizoktonioza ziemniaka powodowana przez grzyb *Rhizoctonia solani*. Choroba ta występuje na roślinach ziemniaka w trzech formach chorobowych, z których każda pojawia się w jego innej fazie rozwojowej. Straty powodowane przez tego sprawcę mogą wynosić od kilku do kilkunastu procent (Kochman i Węgorek, 1997), a nawet sięgać w skrajnych przypadkach połowy plonu (Häni, Popow i in., 1998). Najbardziej szkodliwą formą choroby jest gnicie kielków (Borecki, 1996) powodujące opóźnienia w rozwoju roślin ziemniaka, a nawet przy silnym rozwoju całkowity brak skielkowania bulwy obniżając w ten sposób liczbę łodyg na plantacji. Liczba łodyg na plantacji jest jednym z czynników mających wpływ na wielkość i strukturę plonu (Zarzyńska, Gruczek, 2000). Poprzez uzyskanie na hektarze optymalnej

liczby łodyg możemy osiągnąć maksymalny plon pożądanej przez nas frakcji bulw (w zależności od kierunku uprawy). Ograniczanie szkodliwego działania patogenu możemy uzyskać poprzez prawidłowo prowadzone zabiegi agrotechniczne oraz stosując zaprawianie bulw ziemniaka.

Celem tej pracy było sprawdzenie skuteczności wiosennego stosowania zapraw w ograniczaniu porażenia bulw przez sprawców chorób skórki i ich wpływu na frakcje w plonie.

MATERIAŁ I METODY

Ocenę skuteczności zapraw przeprowadzono w Starym Oleśnie (woj. opolskie) w latach 1999–2001. Skuteczność zapraw oceniano w dwóch seriach:

— seria I — Vitavax 200 FS i Monceren 12,5 DS,

— seria II — Vitavax 200 FS i Monceren 250 FS.

Obie serie porównywano z kombinacją kontrolną. Zaprawiony wiosną materiał wysadzano w czterech powtórzeniach na poletkach doświadczalnych wielkości 25 m² każde. W okresie wegetacji notowano daty wschodów i liczbę wschodzących roślin, a także ilość roślin z objawami rizoktoniozy i czarnej nóżki. Po zbiorze plonu na próbach o wadze 10,0 kg przeprowadzono ocenę porażenia bulw sprawcami chorób skórki (ospowatość, parch zwykły, parch srebrzysty) i podział plonu na frakcje. Wielkość nasilenia choroby oceniano według 5 klas porażenia (procent pokrycia bulwy nekrozą), gdzie 1 oznacza brak objawów, 2 — porażenie w zakresie 0,1–25,0%, 3 — w zakresie 25,1–50,0%, 4 — w zakresie 50,1–75,0% i 5 — porażenie > 75,0%. Dla każdej z ocenianych chorób obliczono indeks porażenia według wzoru Townsenda-Heubergera. Obliczenia statystyczne wykonano za pomocą analizy wariancji.

DYSKUSJA I WYNIKI

W ocenianych latach nasilenie porażenia bulw ziemniaka chorobami skórki (tab. 1) było zróżnicowane. Statystycznie istotne różnice w wysokości porażenia (w każdej z ocenianych serii) między kombinacjami kontrolnymi, a testowanymi zaprawami stwierdzono w porażeniu bulw przez sprawców ospowatości bulw i parcha srebrzystego. Najwyższe porażenie bulw ziemniaka ospowatością stwierdzono w serii II w 2001 roku (11,85%). Najniższe wartości porażenia wśród testowanych zapraw odnotowano dla kombinacji Vitavax 200 FS w każdej z testowanych serii (średnio seria I — 0,15%; seria II — 1,10%). Wpływ na wysokość porażenia bulw ospowatością w mniejszym stopniu mogła mieć odporność uprawianej odmiany. Pietkiewicz (1983) uważa, że związane jest to z tym, że na bulwach ziemniaka grzyb wytwarza jedynie stadium przetrwalnikowe. Zróżnicowanie w wysokości porażenia w każdym z ocenianych lat w większym stopniu mogło być spowodowane sprzyjającymi do rozwoju sprawcy choroby warunkami meteorologicznymi w okresie tworzenia się opilśni łodygowej w wyniku wystąpienia której tworzy się ospowatość bulw (Osowski, 2000). Także stopień nawilgocenia gleby w okresie zbioru według Boguckiej (1978) mógł stanowić istotny czynnik wpływający na

wysokość porażenia. Kolejnym ważnym czynnikiem, który może mieć istotny wpływ na wysokość porażenia jest gleba na jakiej były uprawiane ziemniaki. Borecki (1996) i Kochman i Węgorzek (1997) za jedno z głównych źródeł przenoszenia materiału infekcyjnego oprócz ospowatych bulw uważają właśnie glebę.

W ocenie nasilenia porażenia bulw przez sprawcę parcha zwykłego w każdej z badanych serii nie uzyskano istotnych różnic między kombinacjami. Najwyższe wartości porażenia (tab. 1) stwierdzono w serii II (31,72% na kombinacji kontrolnej). Brak istotnego zróżnicowania w nasileniu porażenia parchem zwykłym w ocenianych seriach mógł być spowodowany wystąpieniem niekorzystnych do rozwoju bakterii (sprawców parcha zwykłego) warunków meteorologicznych w okresie największej podatności bulw ziemniaka (Gawińska, Kapsa i in., 1999).

Tabela 1

Porażenie bulw chorobami skórki w latach 1999–2001 w Starym Oleśnie
Skin diseases infection of potato tubers in the years 1999–2001, Stare Olesno

Seria Series	Rok Year	Kombinacja Combination	Dawka na 100 kg Dose per 100 kg	Indeks porażenia w % Infection severity index %		
				Ospowatość Black scurf	Parch zwykły Common scab	Parch srebrzysty Silver scab
I	1999	kontrola control	—	8,20	4,30	34,50
		Vitavax 200 FS	200 ml	0,10	12,40	31,10
		Monceren 12,5 DS	200 g	0,60	6,80	33,50
		NIR		4,70 **	nieistotne not significant	nieistotne not significant
		LSD				
	2000	kontrola control	—	1,10	20,60	72,80
		Vitavax 200 FS	200 ml	0,20	10,00	66,30
		Monceren 12,5 DS	200 g	0,0	18,70	55,90
		NIR		nieistotne not significant	nieistotne not significant	7,87**
		LSD				
II	2000	kontrola control	—	1,10	20,60	72,80
		Monceren 250 FS	60 ml	0,0	14,60	75,60
		Vitavax 200 FS	200 ml	0,20	10,00	66,30
		NIR		nieistotne not significant	nieistotne not significant	nieistotne not significant
		LSD				
	2001	kontrola control	—	11,85	31,72	30,51
		Monceren 250 FS	60 ml	4,21	30,76	30,43
		Vitavax 200 FS	200 ml	2,00	29,47	27,34
		NIR		4,72**	nieistotne not significant	nieistotne not significant
		LSD				

** — a = 0,01

W ocenie nasilenia porażenia bulw ziemniaka parchem srebrzystym stwierdzono zróżnicowanie między poszczególnymi seriami badań. Istotne różnice między badaniem kontrolnym a testowanymi zaprawami, w ocenie nasilenia występowania parcha srebrzystego na bulwach, stwierdzono w jednym z testowanych lat w serii I (tab. 1) w kombinacji z zastosowaniem zaprawy Monceren 12,5 DS (NIR–7,87). W pozostałych latach

niezależnie od serii badań, nie stwierdzono różnic między porażeniem w kombinacji kontrolnej a testowanymi zaprawami, jednocześnie wysokość porażenia bulw parchem srebrzystym była znacznie niższa niż w roku 2000. Zróżnicowanie w wysokości porażenia bulw parchem srebrzystym w poszczególnych latach badań według Kochmana i Węgorka (1997) mogło być uzależnione od wystąpienia korzystnych do rozwoju sprawcy warunków meteorologicznych w okresie wiązania bulw pod krzakiem. Inną przyczyną takiego zróżnicowania w porażeniu mógł być stan nawilgocenia gleby w okresie zbioru (Kochman, Węgorek, 1997; Kapsa i in., 1998).

Kolejnym elementem oceny zebranego plonu był jego podział na frakcje. Testowane próby podzielono na trzy frakcje 1 — bulwy o wielkości < 30 mm, 2 — o wielkości 30–60 mm i 3 — > 60 mm. Dla każdej z ocenianych zapraw uzyskano wyższą plonów o frakcji > 60 mm w stosunku do kombinacji kontrolnej (tab. 2). Wielkość ta wynosiła od 14,4% dla Moncerenu 12,5 DS do 45,0% dla Moncerenu 250 FS.

Tabela 2

Podział plonu na frakcje w t/ha w latach 1999–2001 w Starym Oleśnie
Division of the yield into fractions in the years 1999–2001, Stare Olesno

Seria Series	Kombinacja Combination	Rok Year	Frakcje w t/ha Fraction t/ha		
			< 3 cm	3–6 cm	> 6 cm
I	kontrola control	1999	3,80	22,70	8,10
		2000	5,05	29,27	23,08
		średnio average	4,43	25,98	15,59
	Monceren 12,5DS	1999	2,91	13,84	8,15
		2000	3,29	25,91	27,50
		średnio average	3,10	19,87	17,83
	Vitavax 200 FS	1999	4,40	20,4	8,20
		2000	2,25	10,14	28,51
		średnio average	3,33	15,27	18,35
II	kontrola control	2000	5,05	29,27	23,08
		2001	4,19	11,65	2,16
		średnio average	4,62	20,46	12,62
	Monceren 250 FS	2000	4,09	13,65	34,76
		2001	3,34	9,80	1,76
		średnio average	3,70	11,70	18,30
	Vitavax 200 FS	2000	2,25	10,14	28,51
		2001	4,06	9,14	0,70
		średnio average	3,15	9,64	14,61

Oceniane w latach 1999–2001 zaprawy skutecznie ograniczały nasilenie występowania ospowatości na bulwach w dwóch z trzech testowanych lat. Rizoktonioza ziemniaka oprócz obniżania ilości obsady na plantacji powoduje także zdrobnienia i deformacje bulw (Kapsa, 1997), które skutecznie eliminują możliwość wykorzystania uzyskanych plonów w

przetwórstwie. Poprzez zastosowanie odpowiedniej obsady roślin lub pędów na hektarze rolnik może uzyskać maksymalny plon bulw w wielkości przydatnej do danego kierunku przetwórstwa. Zastosowanie zaprawiania pozwoliło na uzyskanie zwwyżki plonu we frakcji najbardziej przydatnej do przetwórstwa na frytki i chipsy.

WNIOSKI

1. Testowane zaprawy skutecznie ograniczały wielkość porażenia bulw ospowatością dając w efekcie plon o większej zdrowotności.
2. Zaprawianie wraz z prawidłowo zastosowanymi zabiegami agrotechnicznymi może stanowić skuteczny sposób ograniczania szkodliwego działania sprawcy choroby i podniesienia jakości uzyskiwanego plonu.
3. Zwiększenie w plonie bulw frakcji najbardziej przydatnej do przetwórstwa wpłynie na podniesienie opłacalności produkcji.

LITERATURA

- Bogucka H. 1978. Variation among Polish potato cultivars in susceptibility to *Rhizoctonia solani* Kühn and some factors influencing disease severity. — 7th Trienn. Conf. EAPR. Abstr. Conf. Papers. Warsaw: 231 — 232.
- Borecki Z. 1996 Nauka o chorobach roślin. Wyd. 2. PWRiL, Warszawa: 302 — 304.
- Gawińska H., Kapsa J., Lewosz W., Osowski J. 1999. Parch zwykły ziemniaka (*Streptomyces* sp.) i jego występowanie w Polsce. Mat. Konf. „Ochrona Ziemniaka” 23–24 marzec Kołobrzeg IHAR Oddz. Bonin: 58 — 62.
- Häni F., Popow G., Reinhard A. 1998. Ochrona roślin rolniczych w uprawie integrowanej. PWRiL, Warszawa: 130 — 131.
- Kapsa J. 1997. Grzybowe choroby ziemniaka. Produkcja ziemniaków Technologia-Ekonomika-Marketing. Wyd. 2. Pr. zbior. pod red. J. Chotkowskiego IHAR Oddz. Bonin: 63 — 65.
- Kapsa J.; Lewosz W.; Osowski J., Gawińska H. 1998. Parch srebrzysty (*Heliniosporium solani*) i jego występowanie w Polsce. Mat. Konf. „Ochrona Ziemniaka” 21–22 kwietnia Kołobrzeg IHAR Oddz. Bonin: 21 — 24.
- Kochman J., Węgorz W. 1997. Ochrona roślin. Plantpress, Kraków: 525 — 526.
- Osowski J. 2000. Występowanie ospowatości bulw ziemniaka w Polsce w latach 1987–1998. Mat. Konf. „Ochrona Ziemniaka” 4–5 kwietnia Kołobrzeg IHAR Oddz. Bonin: 59 — 63.
- Pietkiewicz J., Choroszewski P. 1983. Wstępna ocena reakcji odmian ziemniaka na niektóre choroby skórki bulw. Biul. Inst. Ziemn. 29: 129 — 139.
- Podręcznik doświadczałnictwa polowego w ochronie roślin. 1989. PWRiL, Warszawa: 41.
- Zarzyńska K., Gruczek T. 2000. Poradnik producentów ziemniaka sezon 2000/2001. IHAR Oddz. Jadwisin: 50 — 52.

MARIA PYTLARZ-KOZICKAKatedra Szczegółowej Uprawy Roślin
Akademia Rolnicza, Wrocław

Wpływ gęstości sadzenia na zdrowotność i plon dwóch odmian ziemniaka

The effects of planting density on health and yields of two potato cultivars

Celem badań było określenie wpływu szerokości międzyrzędzi (62,5, 75 i 91 cm) oraz gęstości sadzenia w rzędzie (30 i 40 cm) na wzrost i rozwój roślin, porażenie chorobami wirusowymi i grzybowymi oraz plon dwóch odmian ziemniaka (Arkadia i Orlik) charakteryzujących się różną odpornością na choroby oraz długością okresu wegetacji. Sadzeniaki badanych odmian reprodukowano w ramach badań od elity w 1999 roku do klasy A w 2001 roku. W okresie wegetacji prowadzono obserwacje wzrostu, rozwoju i porażenia roślin chorobami wirusowymi i grzybowymi. Zbiór ziemniaków wykonywano w fazie dojrzałości fizjologicznej bulw. Po zbiorze określono plon bulw i jego strukturę. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji, istotność wpływu badanych czynników określono na podstawie testu F w analizie wariancji. Warunki pogodowe w latach badań były dość zróżnicowane, najkorzystniejsze dla rozwoju roślin i plonowania były w 2001 roku, mniej korzystne w latach 1999 i 2000. Porażenie roślin chorobami wirusowymi wzrastało w kolejnych latach reprodukcji, wyższe zaobserwowano u odmiany Orlik i gdy stosowano wąskie międzyrzędzia. Porażenie roślin zarazą ziemniaka zależało od warunków pogodowych w latach badań. Plony bulw były wyższe u odmiany Arkadia i w korzystnym 2001 roku. Malały wraz ze wzrostem szerokości międzyrzędzi, przyczyną tego była mniejsza obsada roślin na hektarze. Większa gęstość sadzenia przyczyniła się do procentowego wzrostu sadzeniaków i procentowego spadku bulw jadalnych w plonie ogólnym.

Słowa kluczowe: gęstość, porażenie roślin, plon, ziemniak

The purpose of the study was to determine the effects of distances between rows (62.5, 75 and 91 cm) and planting densities in a row (30 and 40 cm) on plant growth and development, viral and fungal infections and also the yields of two potato cultivars (Arkadia and Orlik), exhibiting different levels of resistance to diseases and different lengths of the growing season. The plant potatoes of the two cultivars under investigation were reproduced from the elite in 1999 until class A in 2001. The observations of growth, development and occurrence of viral and fungal diseases were carried out during the growing season. Potatoes were harvested at the stage of physiological maturity. After harvesting, the yield and its structure were determined. The results were analyzed statistically using the method of the analysis of variance. The significance of the impact of the factors under investigation were analyzed using an F test in the analysis of variance. The weather conditions in the years under investigation were different; the most favourable for plant development and yielding were those in 2001, while less favourable were the weather conditions in 1999 and 2000. Viral infections increased in subsequent years of reproduction; more infections were observed in the Orlik cultivar with narrow

distances between the rows. The occurrence of potato blight was weather-dependent. The yields of potato tubers were higher with Arkadia cultivar and in 2001, but decreased with the increasing distances between the rows, due to a lower number of plants per ha. Higher planting density resulted in increased rates of planting potatoes, but lower rates of commercial potato tubers in the total yield.

Key words: diseases, planting density, potato, yield

WSTĘP

Opłacalność uprawy ziemniaka zależy głównie od wysokości i jakości uzyskanych plonów, które z kolei uwarunkowane są między innymi właściwościami odmianowymi, sposobem uprawy oraz warunkami pogodowymi w okresie wegetacji. W technologii uprawy ziemniaka ważnym zagadnieniem jest dostosowanie ciągników i maszyn do właściwej szerokości międzyrzędzi pozwalającej na pełną mechanizację wszelkich prac polowych oraz umożliwiających terminowe wykonanie zabiegów. W krajach o wysokim poziomie rolnictwa przejście na większe szerokości międzyrzędzi podyktowane było głównie względami ekonomicznymi i organizacyjno-technicznymi. Polska należy do nielicznych krajów, gdzie w uprawie ziemniaka przeważa rozstawa międzyrzędzi 62,5 cm, która podyktowana jest możliwościami technicznymi małych gospodarstw rolnych. Badania krajowe prowadzone przez Gruczka (1996) i Jabłońskiego (1997) z rozstawą międzyrzędzi 67,5 i 75 cm wykazały szereg zalet przy stosowaniu szerszych międzyrzędzi niż 62,5 cm. Do zalet tych należy zaliczyć między innymi: zmniejszenie ilości bulw zazielenionych i porażonych zarazą ziemniaka, a na plantacjach nasiennych ułatwienie przy przeprowadzaniu selekcji negatywnych. Badania zachodnioeuropejskie wskazują ponadto, że zwiększenie szerokości międzyrzędzi do 75 cm, nawet 91 cm (36 cali) nie powoduje niżki plonów.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu trzech szerokości międzyrzędzi (62,5, 75 i 91 cm) oraz dwóch gęstości sadzenia w rzędzie (30 i 40 cm) na wzrost i rozwój roślin, porażenie chorobami oraz plony ziemniaka odmiany Arkadia i Orlik, charakteryzujących się różną długością okresu wegetacji i odpornością na choroby wirusowe.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Pawłowice w latach 1999–2001 na glebie brunatnej kompleksu żytniego dobrego, klasa bonitacyjna V metodą split-plot w czterech powtórzeniach. Czynniki badane były:

- rozstawa międzyrzędzi — 62,5 cm, 75 cm, 91 cm,
- odmiany: Orlik i Arkadia,
- gęstość sadzenia w rzędzie: 30 cm i 40 cm.

Warunki pogodowe w latach badań były dość zróżnicowane, najkorzystniejsze dla plonowania ziemniaka były w roku 2001, natomiast mniej korzystne w latach 1999–2000.

Sadzeniaki badanych odmian reprodukowano od stopnia elity w 1999 roku do klasy A w 2001 roku. Doświadczenie sadzono wg kombinacji ręcznie pod znacznik. W okresie wegetacji prowadzono obserwacje wzrostu i rozwoju oraz porażenia roślin chorobami i

szkodnikami. Stonkę ziemniaczaną zwalczano preparatami Karate 025 EC (0,4 l·ha⁻¹) lub Fastac 10 EC (0,1 l·ha⁻¹), w zależności od nasilenia pojawienia się szkodnika, natomiast zarazę ziemniaka w zależności od roku badań zagrożenia patogenem, kolejno preparatami: Ridomil plus 45 WP (2 kg/ha), Curzate M 72,5 WP (2 kg·ha⁻¹) i Altima 500SC (0,4 l·ha⁻¹) — lata 1999 i 2000 oraz Tatoo 025 EC (0,3 l·ha⁻¹), Bravo 500 SC (2 l·ha⁻¹) i Altima 500 SC(0,4 l·ha⁻¹) w 2001 roku.

Zbiór ziemniaków wykonywano ręcznie w fazie dojrzałości fizjologicznej bulw. Podczas zbioru określano plon bulw, a następnie strukturę plonu, na podstawie której określono plon sadzeniaków, bulw handlowych i ich procentowy udział w plonie ogólnym oraz masę przeciętnej bulwy. Dalsze analizy obejmowały zawartość skrobi, suchej masy i białka ogólnego. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji dla doświadczenia trzyczynnikowego założonego metodą podbloków. Istotność wpływu badanych czynników określono na podstawie testu F w analizie wariancji.

WYNIKI

Obserwacje porażenia roślin chorobami wirusowymi prowadzone w okresach wegetacji w poszczególnych latach badań wykazały wzrost porażenia w kolejnych latach reprodukcji (tab. 1).

Tabela 1

Procent bulw porażonych roślin wirusami po kolejnych rozmnożeniach polowych
Percent of plants infected with viruses in subsequent next field multiplications

Rozstawa rzędów Distance between rows	Odmiana Variety	Gęstość w rzędzie Density in row	1999				2000				2001			
			Y	L	M	suma total	Y	L	M	suma total	Y	L	M	suma total
62,5	—	—	0,8	1,1	—	1,9	1,7	1,7	1,9	5,3	8,1	21,4	0,2	29,7
75,0	—	—	0,4	0,8	0,2	1,5	1,5	3,2	0,6	5,3	6,6	12,8	—	19,4
91,0	—	—	0,6	0,2	—	0,8	0,6	0,4	1,1	2,1	4,1	8,8	—	12,8
—	Orlik	—	1,1	0,3	0,2	2,6	2,4	3,6	2,3	8,3	8,4	26,6	—	35,0
—	Arkadia	—	0,1	0,2	—	0,3	0,1	—	0,2	0,3	4,1	2,0	0,2	6,3
—	—	30 cm	0,7	0,6	0,2	1,4	1,3	1,6	1,3	4,2	6,3	12,5	0,2	19,0
—	—	40 cm	0,6	0,8	—	1,4	1,3	2,0	1,1	4,4	6,3	16,1	—	22,4

Wyższe porażenie obserwowano u odmiany Orlik, która charakteryzuje się mniejszą odpornością na choroby wirusowe (PVY 7,5 i PLRV 5) niż odmiana Arkadia (PVY 8, PLRV 8). Wzrost szerokości międzyrzędzi powodował zmniejszenie procentowego porażenia roślin chorobami wirusowymi. Niewielkie porażenie roślin chorobami obserwowano w latach 1999 i 2000 na wszystkich badanych obiektach. Wyraźna różnica w porażeniu chorobami wirusowymi między badanymi odmianami zaznaczyła się dopiero w trzecim roku reprodukcji (2001) gdy ogólnie porażenie chorobami znacznie wzrosło. Gęstość sadzenia ziemniaków w rzędach w latach 1999 i 2000 nie wpłynęła na ilość roślin porażonych. W 2001 roku wyższe porażenie obserwowano przy sadzeniu w rzędzie co 40 cm. Porażenie roślin zarazą ziemniaka przy stosowaniu systematycznej ochrony roślin

zależało od warunków pogodowych w latach badań oraz od podatności odmian na tego patogena. Wyższe porażenie (tab. 2) zarazą ziemniaka we wszystkich latach badań było u odmiany Orlik, niższe, gdy sadzono w międzyrzędzia co 91 cm, natomiast gęstość sadzenia w rzędzie nie miała wpływu na porażenie roślin zarazą ziemniaka.

Tabela 2

Stopień porażenie roślin zarazą ziemniaka (w skali 9–1)
Degree of potato plants infection by late blight (to scale 9–1)

Rozstawa rzędów Distance between rows	Odmiana Variety	Gęstość w rzędzie Density in row	1999			2000				2001			
			13.07	20.07	10.08	20.06	11.07	18.07	28.07	22.06	30.06	11.08	23.07
62,5	—	—	8	7	6	8	7	7	7	8	8	7	6
75,0	—	—	8	7	6	8	7	7	7	9	9	8	7
91,0	—	—	9	9	6	9	8	7	7	9	9	9	8
—	Orlik	—	7	5	—	7	5	—	—	8	8	6	5
—	Arkadia	—	9	9	6	9	8	7	7	9	9	9	8
—	—	30 cm	8	7	6	8	7	7	7	8	8	8	6
—	—	40 cm	8	7	6	8	7	7	7	9	9	8	7

Tabela 3

Plony bulw ogółem, sadzeniaków i bulw jadalnych w t·ha⁻¹, masa 1 bulwy (g) — średnie lat 1999–2001
Potato tuber yield, seed and edible tuber in t·ha⁻¹, weight of a single tuber (g) — means for the years 1999–2001

Rozstawa rzędów (cm) Distance between rows	Odmiana Variety	Gęstość w rzędzie Density in rank	Plon bulw Tubers yield	Plon sadzeniaków Seed yield	Plon bulw jadalnych Edible tubers yield	Masa 1 bulwy Weight of tuber
62,5	—	—	33,8	24,9	25,1	73,2
75,0	—	—	32,3	25,1	23,3	71,7
91,0	—	—	30,8	22,2	23,4	77,3
NIR	P (0,05)	—	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
—	Orlik	—	28,5	21,1	24,7	87,6
—	Arkadia	—	36,1	29,7	23,3	60,5
NIR	P (0,05)	—	3,7	4,3	r.n.	8,9
—	—	30 cm	33,8	26,8	24,9	72,1
—	—	40 cm	30,9	24,3	23,0	76,0
NIR	P (0,05)	—	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Rok	Year	1999	22,0	15,4	16,7	28,1
		2000	40,0	32,0	28,6	87,4
		2001	35,0	28,9	26,8	66,9
NIR	P (0,05)	—	5,8	6,3	5,4	7,1

r.n. — Różnica nieistotna

r.n. — Not significant difference

Wysokość plonów bulw (tab. 3) zależała od badanych czynników a także istotny wpływ miały warunki pogodowe w latach badań. Najwyższe plony bulw uzyskano w 2000 roku, najniższe w suchym 1999 roku. Wyższe plony bulw uzyskano również stosując rozstaw międzyrzędzi 62,5 i 75 cm, a u odmiany Arkadia, oraz gdy sadzono co 30 cm w rzędzie. Średnie plony bulw w latach badań malały wraz ze wzrostem szerokości

międzyrzędzi. Przyczyną tego była mniejsza obsada roślin na hektarze, a w 2001 roku dodatkową przyczyną spadku plonów było wyższe porażenie roślin chorobami wirusowymi (tab. 1). Plon sadzeniaków oraz procentowy ich udział w plonie ogólnym wyższy był przy rozstawie 75 cm i gdy sadzono co 30 cm w rzędzie. Odmiana Arkadia charakteryzowała się wyższym plonem i procentowym udziałem sadzeniaków w plonie ogólnym. Plon bulw jadalnych zbliżony był na wszystkich badanych obiektach. Procentowy udział bulw jadalnych w plonie ogólnym zależał istotnie tylko od badanej odmiany i znacznie wyższy był u odmiany Orlik. Masa przeciętnej bulwy zależała przede wszystkim od właściwości odmianowych i wyższa była u odmiany Orlik, oraz gdy sadzono bulwy co 40 cm w rzędzie. Korzystny wpływ na przeciętną masę bulwy wywarły również warunki pogodowe w 2000 roku, powodując wzrost masy bulwy o 19,3–20,5 g. w porównaniu z latami 1999 i 2001.

Zawartość suchej masy, białka oraz skrobi w bulwach ziemniaka (tab. 4) zależała od właściwości odmianowych i w niewielkim stopniu zróżnicowana była w latach badań. Wyższą zawartością suchej masy, białka i skrobi w bulwach charakteryzowała się odmiana Arkadia. Średnia zawartość białka i skrobi w latach 1999 i 2000 była zbliżona, natomiast w mokrym 2001 roku wyższa była zawartość białka, niższa skrobi. Rozstawa międzyrzędzi oraz gęstość sadzenia w rzędzie nie miały wpływu na zawartość powyższych składników.

Tabela 4

Procentowy udział sadzeniaków i bulw jadalnych w plonie ogólnym oraz % zawartość suchej masy i skrobi w bulwach

Percentages of seed and edible tubers in total yield; contents of dry mass and starch in the tubers (%)

Rozstawa rzędów Distance between rows (cm)	Odmiana Variety	Gęstość w rzędzie Density in row	Sadzeniaki Seeds	Bulwy jadalne Tubers edible	Sucha masa Dry matter	Skrobia Starch
62,5	—	—	73,7	74,2	21,2	14,5
75,0	—	—	77,8	72,2	21,4	14,6
91,0	—	—	72,2	76,1	20,7	14,4
NIR	P (0,05)	—	2,4	r.n.	r.n.	r.n.
—	Orlik	—	67,0	83,1	19,2	13,1
—	Arkadia	—	82,2	65,2	23,2	15,9
NIR	P (0,05)	—	5,4	7,6	2,1	1,3
—	—	30 cm	76,8	73,8	21,3	14,6
—	—	40 cm	72,2	74,5	21,1	14,4
NIR	P (0,05)	—	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Rok	Year	1999	69,4	76,4	21,2	14,8
		2000	81,2	71,2	20,6	14,7
		2001	73,2	74,8	21,4	13,9
NIR	P (0,05)	—	6,1	r.n.	r.n.	r.n.

DYSKUSJA

Rozstawa międzyrzędzi i gęstość sadzenia roślin w rzędzie decydują o powierzchni zajmowanej przez jedną roślinę, jak i o obsadzie roślin na hektarze. Zastosowanie szerszej rozstawy międzyrzędzi podyktowane jest obecnie względami organizacyjno-technicznymi, tj. użytkowymi obecnie ciągnikami i maszynami przy sadzeniu, pielęgnacji, ochronie i zbiorze ziemniaków. Wyniki badań przeprowadzonych w latach 1999–2001 w RZD

Pawłowice, podobnie jak badania Gruczka (1996), Jabłońskiego (1997) i Nowackiego (2000) wykazały, że plon ogólny bulw przy zwiększeniu rozstawy międzyrzędzi z 62,5 do 75 cm nie powoduje istotnej obniżki plonów. Niższy plon bulw uzyskano dopiero przy zwiększeniu rozstawy do 91 cm. Rozstawa międzyrzędzi 75 cm okazała się najprzystatniejsza do produkcji sadzeniaków, uzyskano wówczas najniższy procent bulw jadalnych. Przy gęstości sadzenia w rzędzie co 30 cm uzyskano wyższe plony bulw ogółem i sadzeniaków oraz nieco niższe plony bulw handlowych, taką zależność obserwowali również w swoich badaniach Gruczek i Zarzyńska (2000), Roztropowicz (1993), Sawicka i Skalski (1992).

Z badanych odmian średnio późna odmiana Arkadia dała wyższe plony bulw ogółem i sadzeniaków, niższe natomiast plony bulw handlowych.

Porażenie roślin chorobami wirusowymi, które ma znaczny wpływ na wysokość uzyskanego plonu znacznie wyższe było w trzecim roku reprodukcji co spowodowało w 2001 roku spadek plonów ziemniaków mimo sprzyjających warunków pogodowych w okresie wegetacji. Wysoki procent roślin porażonych stwierdzono wówczas u odmiany Orlik oraz gdy stosowano rozstaw międzyrzędzi 62,5 cm. Porażenie roślin zarazą ziemniaka zależało przede wszystkim od warunków pogodowych oraz odporności badanych odmian. Pozytywnie również na obniżenie porażenia zarazą ziemniaka wpłynęło zastosowanie rozstawy międzyrzędzi (91 cm). Na zawartość składników pokarmowych w bulwach ziemniaka istotny wpływ miały właściwości genetyczne badanych odmian oraz warunki pogodowe, które to czynniki decydowały o możliwości gromadzenia suchej masy, białka i skrobi w bulwach (tab. 4) oraz o wysokości uzyskanego plonu świeżej i suchej masy bulw, co również potwierdziły badania Gąsiorowskiej i Zarzeckiej (2002).

WNIOSKI

1. Warunki pogodowe w latach badań były zróżnicowane. Dla uzyskania wysokich plonów bulw najkorzystniejszy był rok 2000.
2. Porażenie roślin chorobami wirusowymi wzrastało w kolejnych latach reprodukcji i wyższe było u odmiany Orlik niezależnie od innych badanych czynników.
3. Zwiększenie rozstawy międzyrzędzi z 62,5 do 75 cm nie powodowało istotnej obniżki plonów.
4. Rozstawa międzyrzędzi 75 cm oraz gęstość sadzenia w rzędzie co 30 cm okazały się najprzystatniejsze do produkcji sadzeniaków. Uzyskano wówczas wyższy plon bulw i procent sadzeniaków w plonie.
5. Na podstawie wyników badań można stwierdzić, że wysokie plony bulw odmian o dłuższym okresie wegetacji (Arkadia) można uzyskać przy sadzeniu w rozstawie międzyrzędzi (75 cm), natomiast wyższe plony bulw odmian o krótkim okresie wegetacji (Orlik) uzyskuje się przy tradycyjnej rozstawie 62,5 cm.
6. Zawartość suchej masy, białka i skrobi w bulwach ziemniaka zależy przede wszystkim od właściwości odmianowych oraz warunków pogodowych w okresie wegetacji.

LITERATURA

- Gąsiorowska B., Zarzecka K. 2002. Wpływ terminu zbioru na plonowanie i cechy jakościowe ziemniaka uprawianego w rejonie Siedlec. Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie. II Konferencja Naukowa 13–16 V 2002, Polanica Zdrój.
- Głuska A. 2000. Wpływ agrotechniki na kształtowanie jakości plonu ziemniaka. Biul. IHAR 213: 173 — 178.
- Gruczek T. 1996. Technika sadzenia ziemniaków na wczesny zbiór. Ziemniak Polski 1/1996: 4 — 11.
- Gruczek T., Zarzyńska K. 2000. Obsada pędów decyduje o plonie ziemniaka. Top Agrar Polska 4: 90 — 92.
- Jabłoński K. 1997. Mechanizacja i technologia produkcji ziemniaków w rozstawie międzyrzędzi 75 cm. Ziemniak Polski 1/1997: 4 — 7.
- Jabłoński K. 1997. Sadzenie, pielęgnacja i ochrona ziemniaków. Fundacja Rozwój SGGW: 33 — 41.
- Roztropowicz S. 1994. Zalecenia agrotechniczne. Technologie uprawy roślin. Ziemniak wczesny. P (56/26) Puławy: 21 — 23.
- Sawicka B., Skalski J. 1992. Wpływ niektórych zabiegów agrotechnicznych na plonowanie kilku odmian ziemniaka. Roczn. Nauk Rol. Seria A, t. 109, 3: 143 — 151.
- Szutkowska M. 2000. Kształtowanie architektury łanu w technologii uprawy ziemniaków dla przetwórstwa spożywczego. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin 213: 191 — 199.

PIOTR KRASKA
EDWARD PALYS
Katedra Ekologii Rolniczej
Akademia Rolnicza w Lublinie

Wpływ systemów uprawy roli, poziomów nawożenia i ochrony na plonowanie ziemniaka uprawianego na glebie lekkiej

The influence of tillage systems, fertilization and plant protection levels on yielding of potato cultivated on light soil

W latach 1998–2000 w Gospodarstwie Doświadczalnym Bezek koło Chełma, przeprowadzono doświadczenie polowe na glebie bielcowej niecałkowitej, leżącej na podłożu marglistym o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego i mocnego. W pracy przedstawiono wpływ płużnego i bezorkowego systemu uprawy roli oraz dwóch zróżnicowanych poziomów nawożenia i ochrony chemicznej na plonowanie i strukturę plonu bulw jadalnej odmiany ziemniaka Ania. Jednocześnie analizowano kształtowanie się plonu białka, skrobi i suchej masy. Przeprowadzone badania nie wykazały istotnych różnic w plonowaniu ziemniaka uprawianego systemem płużnym, jak i bezorkowym. Stwierdzono istotny wpływ podwyższonego poziomu nawożenia i ochrony roślin na zwiększenie plonu bulw ziemniaka, skrobi, suchej masy bulw oraz białka ogólnego. Jednocześnie ten poziom pielęgnacji istotnie zwiększał masę i liczbę bulw z jednego krzaka ziemniaka oraz średnią masę jednej bulwy.

Słowa kluczowe: nawożenie, ochrona roślin, struktura plonu, systemy uprawy roli, ziemniak

The field experiment was carried out in the experimental farm Bezek near Chełm in the years 1997–2000. The field was situated on light and sandy clay soil. The phosphorus content in soil was high, that of potassium was medium, and the magnesium content was low. The soil contained 1.2% of humus. The purpose of this work was to determine influences of the conventional and ploughless tillage systems and two differentiated fertilization and plant protection levels upon potato tubers yield and its structure as well as yields of total protein starch and dry matter. The potato cultivar Ania was cultivated in the crop rotation: potato — spring barley — winter rye. It was stated that the tillage systems did not differentiate potato tubers yield. Intensive fertilization and plant protection levels significantly increased yields of tubers, starch, dry matter and total protein, compared with the basic levels. Simultaneously, intensive fertilization and plant protection levels increased weight and number of tubers per plant as well as average weight of a tuber.

Key words: fertilization, plant protection, potato, tillage systems, yield structure

WSTĘP

Ziemniak w roku 2000 uprawiany był w Polsce na powierzchni 1251 tys. ha, co stanowiło 10,1% powierzchni w strukturze zasiewów. Odgrywa on istotną rolę w żywieniu człowieka i zwierząt gospodarskich ale również wykorzystywany jest przez przemysł.

Wiele czynników wpływa na planowanie ziemniaka. Oprócz uprawy roli, która ma podstawowe znaczenie w przygotowaniu gleby do uzyskania wysokich i stabilnych plonów bulw, istotną rolę odgrywa poziom nawożenia mineralnego, a w szczególności nawożenia azotem. Również skuteczne sposoby walki z zachwaszczeniem oraz chorobami i szkodnikami decydują o wielkości i jakości uzyskiwanego plonu (Głuska, 1999, 2000; Pietkiewicz, 1986; Zarzecka, Gąsiorowska, 2000). Zastąpienie tradycyjnej uprawy roli w której dominującym zabiegiem uprawowym jest orka, innymi sposobami uprawy nie wpływa negatywnie na jakość i wielkość uzyskiwanego plonu bulw ziemniaka (Bolińska, Dzienia, 1999; Dzienia, Szarek, 1999).

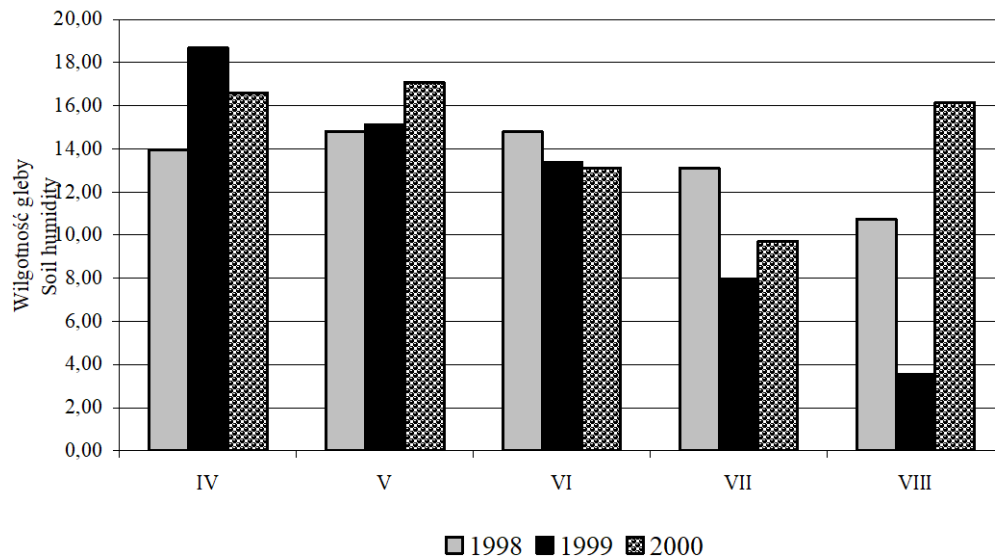
Celem niniejszych badań było określenie wpływu dwóch systemów uprawy roli — płużnego i bezorkowego oraz dwóch poziomów nawożenia i ochrony roślin na plon bulw i jego strukturę, plon skrobi, suchej masy, białka ogólnego w suchej masie bulw jadalnego ziemniaka odmiany Ania, uprawianego na glebie lekkiej.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe przeprowadzono w latach 1998–2000 w Gospodarstwie Doświadczalnym Bezek, należącym do Akademii Rolniczej w Lublinie. Pole doświadczalne zlokalizowane było na glebie bielcowej niecałkowitej, leżącej na podłożu marglistym o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego i mocnego. Ta gleba zaliczona jest do klasy bonitacyjnej IVb i kompleksu żyniego dobrego. Zasobność gleby w przyswajalny fosfor była wysoka, w potas średnia zaś w magnez niska. W $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ wynosiła odpowiednio: P_2O_5 — 171; K_2O — 120; Mg — 22. Zawartość próchnicy wynosiła 1,2%. Odczyn gleby był lekko kwaśny, a pH w $1\text{mol KCl}\cdot\text{dm}^{-3}$ wynosiło 6,0.

Podsumowując warunki opadowo-termiczne, należy stwierdzić iż suma opadów w okresie wegetacji w pierwszym roku badań była mniejsza, a w dwóch ostatnich latach większa od średniej wieloletniej. Szczególnie niekorzystnym rozkładem opadów w okresie wegetacji ziemniaka odznaczał się rok 1999. Potwierdzają to wyniki badań dotyczące wilgotności gleby wykonane metodą suszarkowo-wagową w odstępach 10 dniowych (rys. 1). Temperatury powietrza we wszystkich latach przewyższały średnią wieloletnią okresu wegetacji. Jednocześnie średnia temperatura powietrza za ten okres w roku 1999 była wyższa aniżeli w pozostałych latach badań (tab. 1).

Schemat statycznego, dwuczynnikowego doświadczenia polowego założonego metodą bloków losowych w czterech powtórzeniach uwzględniał dwa systemy uprawy roli: płużny (klasyczny) i bezorkowy oraz dwa poziomy nawożenia i ochrony roślin: podstawowy i intensywny. Ziemniak uprawiano w płodozmianie: ziemniak — jęczmień jary — żyto ozime. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 48 m^2 .



Rys. 1. Dynamika wilgotności (% wag.) 0–30 cm warstwy gleby pod ziemniakiem
Fig. 1. Dynamics of humidity (percentage by weight) in the 0–30 cm soil layer under potato crop

Tabela 1

Opady i temperatury powietrza w sezonie wegetacyjnym 1998–2000 w zestawieniu ze średnimi wieloletnimi (1974–1995) wg Stacji Meteorologicznej w Bezku
Rainfalls and air temperatures in the vegetation seasons of the years 1998–2000 as compared with the long-term means (1974–1995), according to the Meteorological Station at Bezek

Lata Years	Miesiące Months						Suma Sum
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
	opady w mm rainfalls in mm						
1998	53,5	40,5	78,8	71,7	49,9	49,0	343,4
1999	95,3	36,1	101,3	57,5	53,9	48,9	393,0
2000	72,9	50,0	55,8	126,7	55,6	64,4	425,4
Średnia z lat 1974–1995 Mean for 1974–1995	36,3	50,9	81,0	77,2	64,1	58,2	367,7
	temperatura w °C temperature in °C						średnio mean
1998	10,4	14,1	17,6	18,0	16,8	12,6	14,9
1999	9,4	12,1	18,9	20,3	17,6	14,7	15,5
2000	11,6	14,6	17,1	16,5	18,0	11,1	14,8
Średnia z lat 1974–1995 Mean for 1974–1995	7,2	13,3	15,9	17,3	17,2	12,9	14,0

Schemat uprawy roli pod ziemniak przedstawiono w tabeli 2. Klasyczna uprawa roli przygotowująca pole pod ziemniak rozpoczynała się podorywką i bronowaniem po zbiorze przedplonu. Obornik w ilości ok. 30 t·ha⁻¹ przykrywano orką przedzimową. Pierwszym wiosennym zabiegiem uprawowym pod ziemniak było bronowanie broną średnią. Nawozy azotowe, fosforowe i potasowe oraz w drugim poziomie nawożenia magnezowe wysiewano przed wiosennym gruberowaniem (tab. 2). Ziemniak średnio późny odmiany Ania w stopniu oryginalu wysadzano sadzarką w rozstawie rzędów 62,5 i gęstości 40 cm. Po posadzeniu pole wałowano wałem pierścieniowym. W intensywnym poziomie nawożenia drugą dawkę azotu 30 kg·ha⁻¹ wnoszono przed obsypywaniem (tab. 2).

Tabela 2

Zabiegi agrotechniczne, nawożenie i ochrona roślin
Tillage, fertilization and plant protection

Uprawa roli Soil cultivation		
płużna ploughing	bezorkowa ploughless	
jesień autumn		
Podorywka (8-10 cm) + bronowanie, bronowanie, stosowanie obornika, orka przedzimowa (25 cm)	Gruberowanie (ok. 18 cm) + bronowanie, bronowanie, stosowanie obornika, głęboszowanie (ok. 40 cm)	
Skimming (8-10 cm) + harrowing, harrowing, manure application, fall ploughing (25 cm)	Cultivating (about 18 cm) + harrowing, harrowing, manure application, subsoiling (about 40 cm)	
wiosna spring		
Bronowanie, gruberowanie (ok. 18 cm) + bronowanie, sadzenie sadzarką, wałowanie wałem pierścieniowym, obredlanie dwa razy, obsypywanie	Bronowanie, gruberowanie (ok.18 cm) + bronowanie, sadzenie sadzarką, wałowanie wałem pierścieniowym, obredlanie dwa razy, obsypywanie	
Harrowing, cultivating (about 18 cm) + harrowing, mechanical planting, subsoil packing, hilling twice before emergence, ridging after emergence	Harrowing, cultivating (about 18 cm) + harrowing, mechanical planting, subsoil packing, hilling twice before emergence, ridging after emergence	
poziom nawożenia i ochrony fertilization and plant protection level		
składnik component	podstawowy basic	intensywny intensive
N	90	120 (90 + 30)
P ₂ O ₅	40	80
K ₂ O	100	150
MgO	—	30
Wykaz środków ochrony roślin List of pesticides	Afalon Dyspersyjny 2 l·ha ⁻¹	Afalon Dyspersyjny 2 l·ha ⁻¹ + Dual 960 EC 1,5 l·ha ⁻¹
	Ridomil MZ 72 WP 2 kg·ha ⁻¹	
	Decis 2,5 EC 0,3 l·ha ⁻¹	
	Bancol 50 WP 0,4 kg·ha ⁻¹	
	Mospilan 20 SP 80 g·ha ⁻¹	

W bezorkowym systemie uprawy roli pod ziemniak obornik w tej samej dawce wnoszono przed przedzimowym głęboszowaniem. Nawozy mineralne wnoszono wiosną przed gruberowaniem w tych samych dawkach i formach jak w uprawie płużnej. W obydwu systemach uprawy roli w okresie od posadzenia do wschodów ziemniaka wykonywano dwukrotne obredlanie, natomiast po wschodach obsypywanie (tab. 2). W wariancie podstawowego poziomu nawożenia i ochrony na świeżo obsypane redliny przeciw chwastom stosowano przedwschodowo Afalon Dyspersyjny 450 SC (linuron) w dawce $2 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$. W intensywnym poziomie wnoszono w tym samym terminie Afalon Dyspersyjny 450 SC (linuron) w ilości $2 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ łącznie z Dualem 960 EC (metolachlor) w dawce $1,5 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$, oraz przed zwarciem rzędów ziemniaka Sencor 70 WP (metrybuzyna) w ilości $0,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Stonkę ziemniaczaną w obu poziomach pielęgnacji w zależności od jej nasilenia zwalczano Decisem 2,5 EC (deltametryna) w dawce $0,3 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$, Bancolem 50 WP (bensultap) w ilości $0,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz Mospilanem 20 SP (acetamiprid) w ilości $80 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$. Celem ochrony roślin przed zarazą ziemniaka w podstawowym poziomie nawożenia i ochrony stosowano Ridomil MZ 72 WP (metalaksyl + mankozeb) w dawce $2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. W poziomie intensywnym wnoszono ten sam fungicyd i w tym samym terminie oraz dodatkowo w odstępach czternastodniowych Tattoo 550 SC (chlorowodorek propamokarbu + mankozeb) w ilości $4 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ i Bravo 500 SC (chlorotalonil) w dawce $3 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$.

W czasie zbioru strukturę plonu ziemniaka oceniano na 10 kolejnych krzakach każdego poletka. Bulwy dzielono na frakcje o średnicy: poniżej 3 cm, od 3 do 4 cm, od 4 do 5 cm, od 5 do 6 cm i powyżej 6 cm. W każdej frakcji określono masę i liczbę bulw oraz ich procentowy udział. W czasie zbioru kopaczką w pełnej dojrzałości, ważono bulwy z każdego poletka oraz pobierano 5 kg próby w celu określenia zawartości skrobi za pomocą wagi Reimanna. Po zbiorze zawartość suchej masy określono metodą suszarkową w temperaturze 105°C . W suchej masie bulw zawartość białka ogólnego oznaczono metodą Kjeldahla. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie opierając się na analizie wariancji. Średnie porównano przy pomocy najmniejszych istotnych różnic na podstawie testu Tuckeya.

WYNIKI BADAŃ

Plon bulw ziemniaka różnicowały zarówno poziomy nawożenia i ochrony roślin, jak też warunki pogodowe sezonów wegetacji. Istotnie większy plon bulw stwierdzono w poziomie intensywnym w porównaniu z podstawowym nawożeniem i ochroną ziemniaka. W 1998 i 2000 roku uzyskano istotnie większe plony bulw ziemniaka niż w roku 1999 (tab. 3).

Ocena procentowego udziału poszczególnych frakcji w masie bulw ziemniaka wskazuje, że istotnie największy procentowy (80,8%) udział stanowiły frakcje jadalne o średnicy powyżej 4 cm. Istotnie mniejszy udział w masie miały bulwy o średnicy 3–4 cm, a najmniejszy poniżej 3 cm. Stwierdzona interakcja pomiędzy frakcjami a latami badań wskazuje, że w roku 1999 istotnie mniejszy procentowy udział stanowiły bulwy

o średnicy od 5 do 6 cm i powyżej 6 cm, zaś istotnie większy bulwy pozostałych frakcji w porównaniu z dwoma pozostałymi latami badań (tab. 4).

Tabela 3

Plon bulw ziemniaka w dt·ha ⁻¹ Potato tubers yield in dt·ha ⁻¹					
Lata Years	System uprawy Tillage system		Poziom nawożenia i ochrony Fertilization and plant protection level		Średnio Mean
	Plużny Ploughing	Bezorkowy Ploughless	Podstawowy Basic	Intensywny Intensive	
1998	318,8	338,5	266,8	390,2	328,6
1999	148,1	118,2	84,8	181,5	133,2
2000	371,5	330,1	309,5	392,3	350,9
Średnio Mean	279,4	262,2	220,3	321,3	–
NIR 0,05	pomiędzy poziomami nawożenia i ochrony = 26,2; pomiędzy latami = 38,6				
LSD 0.05	between fertilization and plant protection levels = 26.2; between years = 38.6				

Tabela 4

Procentowy udział frakcji w masie bulw ziemniaka Percentages of size fractions in yield of potato tubers					
Lata Years	Frakcja bulw w cm Fraction of tubers in cm				
	< 3	3–4	4–5	5–6	> 6
1998	2,4	8,9	22,7	34,0	32,0
1999	11,7	27,6	36,4	17,7	6,6
2000	1,3	5,9	16,7	31,9	44,2
Średnio Mean	5,1	14,1	25,3	27,9	27,6
NIR 0,05	pomiędzy frakcjami = 4,2; we współdziałaniu frakcje × lata = 9,0				
LSD 0.05	between fractions = 4.2; for interaction fractions × years = 9.0				

Procentowy udział frakcji w liczbie bulw ziemniaka był dość równomierny. Niemniej jednak udział frakcji o średnicy powyżej 6 cm był istotnie mniejszy od pozostałych. Ponadto frakcja o średnicy od 5 do 6 cm miała też istotnie mniejszy udział w liczbie bulw niż pozostałe trzy frakcje. Średni udział frakcji jadalnych o średnicy od 4 do ponad 6 cm w liczbie bulw wynosił 55,6%. Stwierdzona interakcja pomiędzy frakcjami w procentowym ich udziale w liczbie bulw a latami wskazuje, że w roku 1999 liczba bulw o średnicy od 5 do 6 cm i powyżej 6 cm była istotnie mniejsza niż w pozostałych latach. W tym samym roku istotnie największy udział miały bulwy o średnicy poniżej 3 cm. Natomiast w dwu pozostałych latach badań, a szczególnie w roku 2000 obserwowano istotnie większy na ogół procentowy udział w liczbie bulw dużych (tab. 5).

Udowodniono statystycznie istotnie większą masę bulw ziemniaka z jednego krzaka na poletkach intensywnie nawożonych i chronionych w porównaniu z obiektami pielęgnacji podstawowej. Jednocześnie największą masę bulw z jednego krzaka

stwierdzono w roku 1998, istotnie mniejszą w roku 2000 zaś najmniejszą w roku 1999 (tab. 6). Intensywny poziom nawożenia i ochrony istotnie zwiększał liczbę bulw z jednego krzaka ziemniaka. W roku 1998 było ich istotnie więcej pod krzakiem niż w latach 1999 i 2000 (tab. 6).

Tabela 5

Procentowy udział frakcji w liczbie bulw ziemniaka
Percentages of size fractions in number of potato tubers

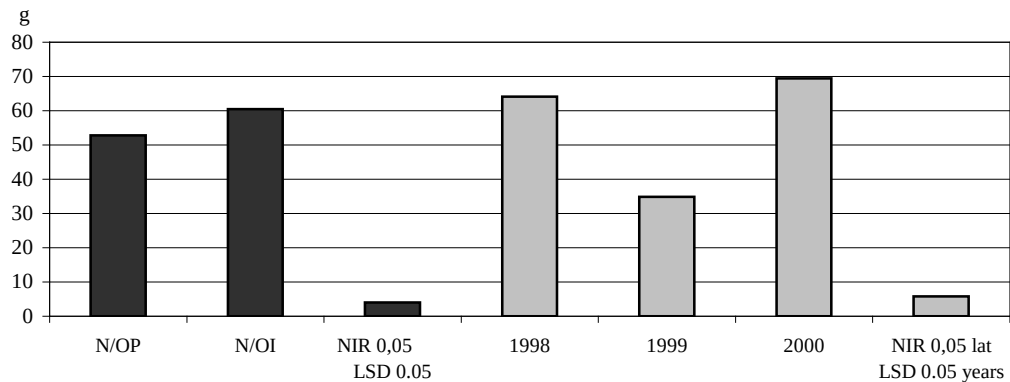
Lata Years	Fracja bulw w cm Fraction of tubers in cm				
	< 3	3–4	4–5	5–6	> 6
1998	20,7	20,0	24,8	22,1	12,4
1999	35,3	29,7	23,9	8,8	2,3
2000	12,1	15,5	22,4	27,2	22,8
Średnio Mean	22,7	21,7	23,7	19,4	12,5
NIR _{0,05}	pomiędzy frakcjami = 2,3; we współdziałaniu frakcje × lata = 7,5				
LSD _{0,05}	between fractions = 2.3; for interaction fractions × years = 7.5				

Tabela 6

Charakterystyka plonu bulw ziemniaka
Characteristic of potato tubers yield

Lata Years	System uprawy Tillage system		Poziom nawożenia i ochrony Fertilization and plant protection levels		Średnio Mean
	plużny ploughing	bezorkowy ploughless	podstawowy basic	intensywny intensive	
	masa bulw z 1 krzaka ziemniaka w g tubers weight per plant in g				
1998	1134,5	1185,1	1018,0	1301,6	1159,8
1999	508,1	476,0	378,6	605,5	492,1
2000	1004,1	981,0	806,1	1179,0	992,6
Średnio Mean	882,2	880,7	734,2	1028,7	–
NIR 0,05	pomiędzy poziomami nawożenia i ochrony = 99,2; pomiędzy latami = 146,2				
LSD 0.05	between fertilization and plant protection levels = 99.2; between years = 146.2				
Lata Years	liczba bulw z 1 krzaka ziemniaka tubers number per plant				Średnio Mean
	plużny ploughing	bezorkowy ploughless	podstawowy basic	intensywny intensive	
	masa bulw z 1 krzaka ziemniaka w g tubers weight per plant in g				
1998	17,4	18,7	16,2	19,9	18,1
1999	14,7	13,5	13,2	14,9	14,1
2000	13,5	15,1	12,4	16,1	14,3
Średnio Mean	15,2	15,7	13,9	17,0	–
NIR 0,05	pomiędzy poziomami nawożenia i ochrony = 1,7; pomiędzy latami = 2,4				
LSD 0.05	between fertilization and plant protection levels = 1.7; between years = 2.4				

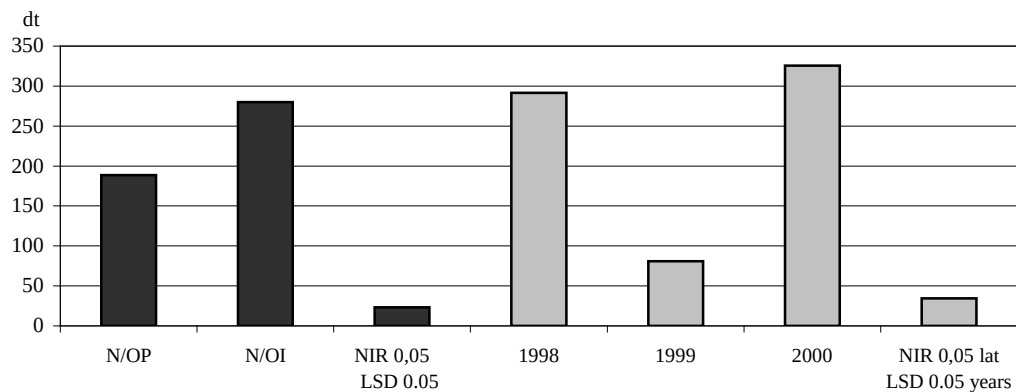
W przeprowadzonym doświadczeniu średnia masa pojedynczej bulwy wynosiła 56,9 g. Była ona istotnie większa na obiektach intensywnie nawożonych i chronionych. W roku 1999 średnia masa jednej bulwy była istotnie mniejsza aniżeli w latach 1998 i 2000 (rys. 2).



N/OP — nawożenie i ochrona podstawowa; basic fertilization and plant protection
 N/OI — nawożenie i ochrona intensywna; intensive fertilization and plant protection
 NIR 0,05 nawożenia i ochrony; LSD 0.05 fertilization and plant protection

Rys. 2. Średnia masa jednej bulwy ziemniaka w g
Fig. 2. Mean weight of a single potato tuber in g

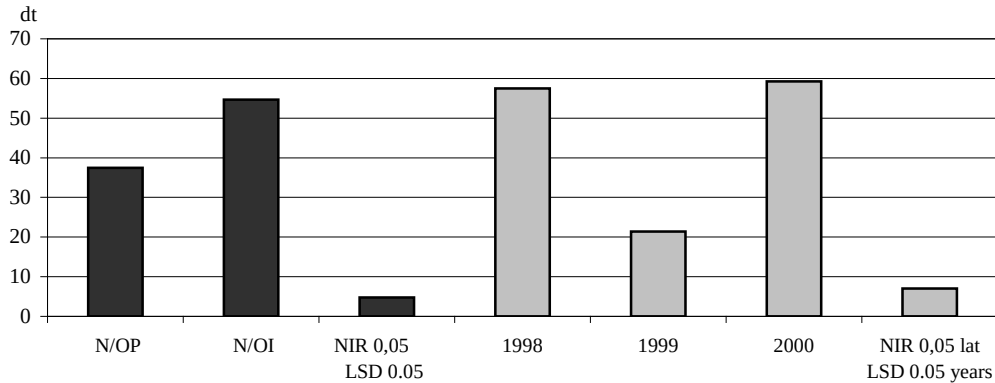
Udział bulw handlowych w plonie kształtował się podobnie jak plon bulw ziemniaka. Podwyższone nawożenie mineralne oraz intensywniejsza ochrona plantacji przed chwastami i zarzą ziemniaka istotnie zwiększały plon bulw o średnicy powyżej 4 cm (rys. 3).



N/OP — nawożenie i ochrona podstawowa; basic fertilization and plant protection
 N/OI — nawożenie i ochrona intensywna; intensive fertilization and plant protection
 NIR 0,05 nawożenia i ochrony; LSD 0.05 fertilization and plant protection

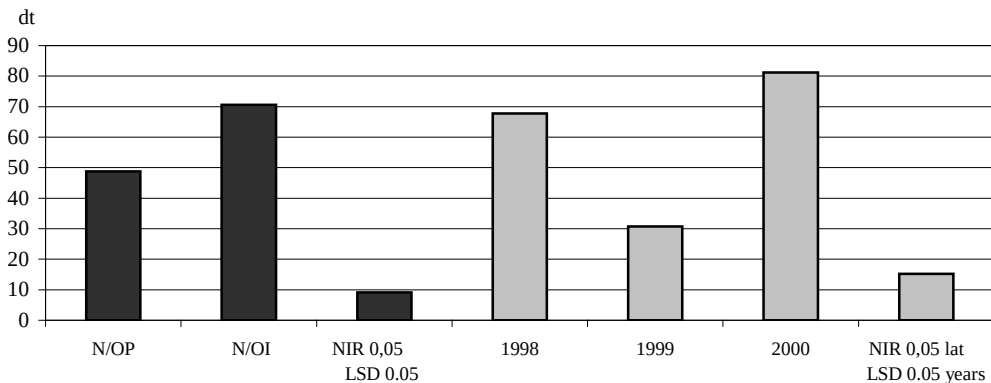
Rys. 3. Udział bulw handlowych w plonie w dt·ha⁻¹
Fig. 3. Potato commercial yield in dt·ha⁻¹

Plon skrobi, suchej masy oraz białka ogólnego uzyskany wraz z masą bulw ziemniaka istotnie zwiększało intensywne nawożenie mineralne i stosowanie środków ochrony roślin. Istotnie większy plon skrobi, suchej masy i białka ogólnego bulw ziemniaka stwierdzono w latach 1998 i 2000 aniżeli w roku 1999 (rys. 4, rys. 5, rys. 6).



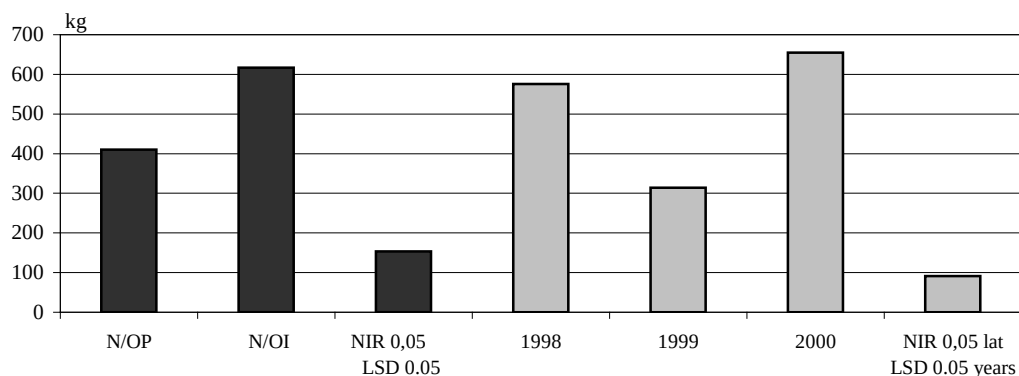
N/OP — nawożenie i ochrona podstawowa; basic fertilization and plant protection
 N/OI — nawożenie i ochrona intensywna; intensive fertilization and plant protection
 NIR 0,05 nawożenia i ochrony; LSD 0.05 fertilization and plant protection

Rys. 4. Plon skrobi w $\text{dt}\cdot\text{ha}^{-1}$
Fig. 4. Starch yield in $\text{dt}\cdot\text{ha}^{-1}$



N/OP — nawożenie i ochrona podstawowa; basic fertilization and plant protection
 N/OI — nawożenie i ochrona intensywna; intensive fertilization and plant protection
 NIR 0,05 nawożenia i ochrony; LSD 0.05 fertilization and plant protection

Rys. 5. Plon suchej masy bulw ziemniaka w $\text{dt}\cdot\text{ha}^{-1}$
Fig. 5. Dry matter yield of potato in $\text{dt}\cdot\text{ha}^{-1}$



N/OP — nawożenie i ochrona podstawowa; basic fertilization and plant protection
 N/OI — nawożenie i ochrona intensywna; intensive fertilization and plant protection
 NIR 0,05 nawożenia i ochrony; LSD 0.05 fertilization and plant protection

Rys. 6. Plon białka ogólnego w suchej masie bulw ziemniaka w $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$
Fig. 6. Total protein yield in dry matter of potato tuber in $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$

DYSKUSJA

W wyniku trzyletnich badań nie stwierdzono istotnego oddziaływania systemów uprawy roli na plonowanie ziemniaka. Zaznaczyła się jednak tendencja uzyskiwania większych plonów bulw ziemniaka o około 6,6% na obiektach płużnej uprawy roli w porównaniu z systemem bezorkowym. W poszczególnych latach badań tendencje te układały się różnie. I tak w latach 1999 i 2000 stwierdzono zwiększony plon bulw w uprawie płużnej wynoszący odpowiednio 25,3% i 12,5%, z równoczesną tendencją wzrostu w tym sposobie plonu suchej masy i skrobi. W roku 1998 było natomiast odwrotnie, gdyż na obiektach uprawy bezorkowej uzyskano o 6,2% większy przyrost plonu bulw ziemniaka niż w systemie płużnym. Być może, że spulchnienie po raz pierwszy głęboszem na głębokość około 40 cm mogło wywołać tendencję wzrostu plonu bulw ziemniaka. Wyniki badań innych autorów dotyczące oddziaływania różnych sposobów uprawy roli na plonowanie ziemniaka są niejednoznaczne. I tak Dzienia i Szarek (1999), zastępując uprawę płużną kultywátorem uzyskali na glebie kompleksu żyniego dobrego (IVb) zwiększenie plonu bulw ziemniaka od 7 do 12%. W badaniach zaś Boligłowy i Dzieni (1999) na glebie kompleksu żyniego dobrego zastąpienie pługa kultywátorem zmniejszało plon bulw ziemniaka w granicach od 2 do 17%, bez zmian wielkości bulw. Niewiadomski i Nowicki (1970) uzyskali, na glebie brunatnej średniozwięzłej (klasa IIIb) większy plon suchej masy i skrobi ziemniaka w uprawie płużnej aniżeli bezorkowej.

W prowadzonych w Bezku badaniach plon bulw, suchej masy oraz plon skrobi był większy na obiektach gdzie stosowano zwiększone nawożenie i ochronę przed

chwastami i chorobami. Decydująca była tu jednak kompleksowość współdziałania zwiększonego nawożenia, zmniejszonego zachwaszczenia łąn i ochrony plantacji przed zarazą ziemniaka. Intensywna ochrona ziemniaka przed zarazą oraz wyższe nawożenie mineralne pozwoliło na zwiększenie plonu bulw o $10,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Znajduje to w pewnym stopniu potwierdzenie w badaniach Pietkiewicza (1986), który w wyniku zastosowanej ochrony przed zarazą ziemniaka uzyskał wyższą plon bulw od $3\text{--}9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Kołpak i Paprocki (1987) za główny czynnik decydujący o wysokości plonu bulw z jednostki powierzchni uznają nawożenie azotowe i obsadę roślin. Lis i Wierzejska-Bujakowska (2000) potwierdzają też zwiększanie się plonu bulw wskutek wzrastających dawek azotu. Z kolei Suwara i Gawrońska-Kulesza (1994) do podstawowych elementów decydujących o wielkości uzyskiwanych plonów ziemniaka zaliczają liczbę i masę bulw pod krzakiem. W doświadczeniach Mazura i Gawlika (1977) wzrost nawożenia azotem zwiększał procentowy udział bulw o średnicy większej niż 4 cm. Nawożenie magnezem w badaniach Rykaczewskiej (2000) podwyższało plon bulw ziemniaka oraz liczbę bulw spod krzaka.

W naszym doświadczeniu intensywny poziom nawożenia i ochrony zwiększał w porównaniu z podstawowym również plon białka ogólnego z bulw ziemniaka o 50,3%. Wynikało to głównie ze wzrostu plonu bulw. Mazur i Gawlik (1977) jedynie wskutek zwiększonego nawożenia azotowego uzyskali wyższą plon białka o 34,0%, zaś Mazur i Ciećko (1976) w innym doświadczeniu o 9%. W naszych badaniach nie ma możliwości rozgraniczenia oddziaływania nawożenia i ochrony chemicznej ziemniaka, gdyż obydwa te czynniki porównywaliśmy jednocześnie.

W analizowanym eksperymencie liczba bulw z jednej rośliny oraz procentowy udział poszczególnych frakcji bulw w masie i liczbie nie były istotnie różnicowane przez badane systemy uprawy roli. Zastępując pług kultywatorem Boligłowa i Dzień (1999) nie stwierdzili istotnego wpływu sposobu uprawy na liczbę bulw spod krzaka. Dzień i Szarek (1999) stwierdzili podobną zależność oraz brak różnicowania frakcji w plonie bulw w płużnym i bezorkowym systemie uprawy roli.

Uzyskane wyniki badań w Bezku dowodzą iż wzrost nawożenia i ochrony chemicznej zwiększał na glebie lekkiej masę bulw spod jednego krzaka. Gąsior (1997) w doświadczeniu na glebie płowej kompleksu żytniego dobrego wraz ze wzrostem poziomu nawożenia azotem uzyskał też większą masę bulw z jednej rośliny ziemniaka. Chemiczna ochrona plantacji ziemniaka przed chwastami w badaniach Zarzeckiej i Gąsiorowskiej (2000) oraz Zarzeckiej i wsp. (1999) zwiększała średnią masę i liczbę bulw pod krzakiem oraz ich procentowy udział o średnicy przekraczającej 40 mm. Stosowanie herbicydów do odchwaszczania ziemniaka na glebie kompleksu żytniego dobrego w badaniach Kołpaka i wsp. (1987) zwiększało w plonie udział bulw dużych o średnicy od 5,5 do 8 cm.

Zdaniem Sawickiej (1980) wysoki poziom opadów w okresie lipca i sierpnia może obniżać liczbę bulw małych i średnich zaś zwiększać liczbę bulw największych. Ma to swoje potwierdzenie w naszych badaniach, gdzie największy procentowy udział bulw dużych zarówno w masie jak i liczbie stwierdzono w roku 2000, który odznaczał się

największą ilością opadów w tym okresie. Tym bardziej kiedy w lipcu i sierpniu roku 1999 suma opadów była o 41,0 mm mniejsza niż w roku 2000 i o 29,9 mm aniżeli w wieloleciu, stwierdzono najmniej korzystną strukturę plonu bulw. Jednocześnie ta autorka (1980) podaje, że wraz ze wzrostem średniej temperatury powietrza w okresie lipca i sierpnia należy się spodziewać zwiększenia masy bulw najmniejszych oraz średnich, kosztem pozostałych frakcji. Spostrzeżenia te zostały również potwierdzone w naszym doświadczeniu. Wysoka suma opadów w czerwcu roku 1999 spowodowała nadmierne zachwaszczenie łąnu ziemniaka. W najmniej korzystnym do plonowania ziemniaka roku 1999, średnia temperatura powietrza w lipcu i sierpniu była o 1,7° C większa w porównaniu z wieloleciem z tego okresu i rokiem 2000 oraz o 1,6° C niż w roku 1998. W połączeniu z niską wilgotnością gleby w tych miesiącach uzyskano szczególnie niski plon bulw. Potwierdzają to również niskie plony bulw ziemniaka, uzyskane w Polsce w roku 1999 w wysokości 157 dt·ha⁻¹, podczas gdy w poprzednim roku wynosiły one 200 dt·ha⁻¹. Podobnie w województwie lubelskim w roku 1999 średni plon bulw ziemniaka wynosił 160 dt·ha⁻¹ i był mniejszy aniżeli w roku 1998, w którym osiągnął on poziom 199 dt·ha⁻¹.

WNIOSKI

1. Stosowane na glebie lekkiej systemy uprawy roli nie różnicowały istotnie plonu bulw ziemniaka. Stwierdzono jedynie tendencję wzrostu plonu bulw w płużnym systemie uprawy roli w porównaniu z systemem bezorkowym.
2. Wzrost poziomu nawożenia N, P, K i Mg oraz chemicznej ochrony plantacji przed chwastami i zarazą ziemniaka zwiększył plony bulw ziemniaka, skrobi, suchej masy bulw oraz białka ogólnego w porównaniu z podstawowym wariantem nawożenia i ochrony.
3. Intensyfikacja nawożenia i chemicznej ochrony roślin istotnie zwiększyła udział bulw handlowych w plonie, masę i liczbę bulw z jednego krzaka ziemniaka oraz średnią masę jednej bulwy.

LITERATURA

- Boligłowa E., Dzienia S. 1999. Efektywność systemów uprawy roli i nawożenia organicznego pod ziemniak. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, Agricultura 74: 191 — 195.
- Dzienia S., Szarek P. 1999. Wpływ systemów uprawy i nawożenia organicznego na plonowanie ziemniaka. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, Agricultura 74: 197 — 202.
- Gąsior J. 1997. Wpływ nawożenia azotem i terminu zbioru na skład chemiczny bulw ziemniaków. Cz I. Zawartość skrobi i azotu. Roczn. Gleboznawcze, t. XLVIII, nr 3 / 4: 83 — 93.
- Głuska A. 1999. Wpływ agrotechniki na kształtowanie jakości plonu. Mat. konf. nt. „Ziemniak jadalny i dla przetwórstwa spożywczego — czynniki agrotechniczne i przechowalnicze warunkujące jakość”. IHAR, Radzików, 23–25 lutego: 19 — 24.
- Głuska A. 2000. Wpływ agrotechniki na kształtowanie jakości plonu ziemniaka. Biul. IHAR 213: 173 — 178.
- Kołpak R., Paprocki S. 1987. Dostosowanie technologii uprawy ziemniaków do kierunku użytkowania. Cz. I. Wpływ technologii uprawy na plon bulw oraz zawartość i plon skrobi. Roczn. Nauk Rol., ser. A, t. 107, z. 2: 73 — 83.

- Kołpak R., Byszewska-Wzorek A., Płodowska J. 1987. Wpływ herbicydów na wysokość i jakość plonu ziemniaków. *Rocz. Nauk Rol.*, ser. A, t. 106, z. 4: 171 — 183.
- Lis B., Wierzejska-Bujakowska A. 2000. Wykorzystanie azotu przez jadalne odmiany ziemniaka a ich plonowanie. *Biul. IHAR* 213: 87 — 98.
- Mazur T., Ciećko Z. 1976. Wpływ nawożenia i gęstości sadzenia na plon i jakość bulw ziemniaków. Cz. II. Skład chemiczny bulw ziemniaków. *Rocz. Nauk Rol.*, ser. A, t. 102, z. 1: 87 — 98.
- Mazur T., Gawlik T. 1977. Wpływ dawki i rodzaju nawozu azotowego na plon oraz cechy jakości wczesnych odmian ziemniaka. *Biul. Inst. Ziemn.* 20: 61 — 81.
- Niewiadomski W., Nowicki J. 1970. Efektywność uprawy roli wykonanej systemem dotychczasowym, spłyconym i bezorkowym w świetle 12-letnich badań. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, z. 99: 9 — 40.
- Pietkiewicz J. 1986. Skuteczność zwalczania zarazy ziemniaka w warunkach produkcyjnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, z. 319: 63 — 68.
- Rykaczewska K. 2000. Zawartość magnezu w bulwach dwóch średnio wczesnych odmian ziemniaka oraz plon w zależności od zasobności gleby w ten pierwiastek. *Biul. IHAR* 213: 37 — 44.
- Sawicka B. 1980. Wpływ niektórych czynników siedliskowych i agrotechnicznych na kształtowanie się plonu ziemniaków. *Rocz. Nauk Rol.*, ser. A, t. 108, z. 2: 27 — 43.
- Suwara I., Gawrońska-Kulesza A. 1994. Wpływ wieloletniego nawożenia na właściwości gleby i plonowanie roślin. Cz. I. Właściwości gleby. *Rocz. Nauk Rol.*, ser. A, t. 110, z. 3-4: 105 — 115.
- Zarzecka K., Gąsiorowska B. 2000. Efekty zwalczania chwastów w uprawie ziemniaka i ich wpływ na wybrane cechy jakości bulw. *Biul. IHAR* 213: 201 — 210.
- Zarzecka K., Ceglarek F., Gąsiorowska B., Gruzewska A. 1999. Impact of weed control on potato infestation and yielding. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, vol. 2, issue 2, series Agronomy (www.ejpau.media.pl).

BARBARA SAWICKAKatedra Szczegółowej Uprawy Roślin
Akademia Rolnicza w Lublinie

Efekty stosowania herbicydów w uprawie *Helianthus tuberosus* L. Część II. Plon i struktura nadziemnych części roślin

The effects of application of herbicides in *Helianthus tuberosus* L. cultivation Part II. Yield and structure of aboveground parts of plants

Wyniki badań oparto na doświadczeniu polowym, przeprowadzonym w latach 1996–1998 na glebie o składzie piasku gliniastego lekkiego o kwaśnym odczynie, założonym metodą losowanych podbloków. Czynnikiem doświadczenia były trzy odmiany słonecznika bulwiastego (Biała Kulista IHAR, Czerwona Kulista IHAR, Swojecka Czerwona,) oraz 5 sposobów pielęgnacji (Linurex 50 WP w dawce 2,0 kg·ha⁻¹; Afalon 50 WP + Bładex 50 WP w ilości 1,5 l + 1,5 kg·ha⁻¹; Azogard 50 WP w dawce 3 kg·ha⁻¹; Afalon 50 WP + Command 480 EC w ilości 1 l + 0,2 l·ha⁻¹; obiekt kontrolny z pielęgnacją mechaniczną) na tle jednakowego nawożenia azotem, fosforem i potasem (100 kg N, 120 kg P₂O₅ i 180 kg K₂O·ha⁻¹) i 250 dt·ha⁻¹ obornika. Badane odmiany odmiennie reagowały na herbicydy. Dla odmian Biała Kulista IHAR i Czerwona Kulista IHAR najbardziej korzystną, ze względu na plon zielonej masy, była mieszanina herbicydów Afalon 50 WP + Bładex 50 WP, a dla plonu bulw — herbicyd Linurex 50 WP. Dla odmiany Swojecka Czerwona najlepszym herbicydem, z uwagi na plon zielonej masy, był Azogard 50 WP, zaś ze względu na plon bulw — mieszanina Afalon 50 WP + Bładex 50 WP.

Słowa kluczowe: herbicydy, odmiany, słonecznik bulwiasty, plon, struktura plonu

The experiment was carried out in 1996–1998 on the soil of light loamy sand type and acidic reaction by the method of randomized sub-blocks. Three varieties (Biała Kulista IHAR, Czerwona Kulista IHAR, Swojecka Czerwona) and five weeds control methods (sprays with: Linurex 50 WP dosed 2.0 kg·ha⁻¹; mixture of Afalon 50 WP + Bładex 50 WP dosed 1.5 l + 1.5 kg·ha⁻¹, respectively, Azogard 50 WP dosed 3 kg·ha⁻¹, mixture of Afalon 50 WP + Command 480 EC dosed 1 l + 0.2 l·ha⁻¹, respectively; mechanical tillage without herbicides as the control object) were the factors of the experiment. Soil was fertilized with 100 kg N, 120 kg P₂O₅ and 180 kg K₂O and 250 dt·ha⁻¹ of manure. The mixture of Afalon 50 WP and Bładex 50 WP was most effective but the Linurex 50 WP was the best herbicide limiting weed mass. The cultivars differently reacted to the herbicides. For the cultivars Biała Kulista IHAR and Czerwona Kulista IHAR mixture Afalon 50 WP + Bładex 50 WP was most effective for the yield of green matter and herbicide Linurex 50 WP — for the yield of tubers. For the

cultivar Swojecka Czerwona Azogard 50 WP was the best herbicide for the yield of green matter and mixture of Afalon 50 WP + Bladex 50 WP — for the yield of tubers.

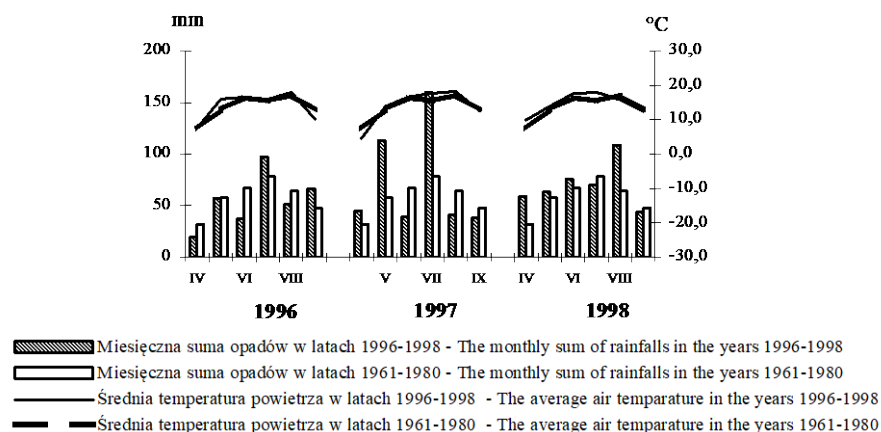
Key words: cultivars, herbicides, Jerusalem artichoke, structure of yield, yield

WSTĘP

Słonecznik bulwiasty *Helianthus tuberosus* L. zwany również bulwą lub topinamburem uważany jest za cenną roślinę o dużym potencjale produkcyjnym i wszechstronnym użytkowaniu. W ostatnich latach ponownie wzrasta zainteresowanie tym gatunkiem, co wynika z różnorodnego wykorzystywania bulw w żywieniu zwierząt i ludzi, jak też z zastosowania w przetwórstwie spożywczym oraz farmaceutycznym (Barta i in., 1991; Hag i Oftener, 1992; Szebiotko i in., 1995; Sawicka, 1998; Chrapkowska i in., 1995; Góral, 1997; 2000; Baraniak i Mróz, 2000; Cieślak i Filipiak-Florkiewicz, 2000). Z rolniczego punktu widzenia ważne jest przede wszystkim paszowe zastosowanie słonecznika bulwiastego. *Helianthus tuberosus* może być rośliną konkurencyjną dla innych roślin pastewnych, takich jak: ziemniak, buraki pastewne, mieszanki zbożowe (Sawicka, 1998 b). Na paszę mogą być wykorzystywane zarówno bulwy, jak i masa zielona *Helianthus tuberosus* w postaci świeżej lub kiszonek (Tabin, 1961; Peters i Soltner, 1998; Hag i Oftener, 1992; Góral, 1997; Sawicka, 1998). Liście tego gatunku stanowią około 30% masy rośliny i zawierają praktycznie całą ilość karotenów (prowitaminy A) i witaminę C, stąd też stanowią one bardzo dobry komponent do produkcji koncentratów paszowych, w tym koncentratów białkowo-witaminowych (Chrapkowska i in. 1995; Baraniak i Mróz, 2000). Słonecznik bulwiasty należy, obok kukurydzy, buraka i niektórych traw, do roślin mających największy potencjał plonowania w naszej strefie klimatycznej. Kostaric i wsp. (1984) oceniając plony 36 odmian i rodów słonecznika bulwiastego, z różnych krajów, wykazali, że plony bulw mogą się wahać od 60 do 760 dt·ha⁻¹, a plony zielonej masy mogą być nawet dwukrotnie wyższe, zaś potencjalne plony biomasy tego gatunku ocenia się na 2000 dt·ha⁻¹. W Europie Zachodniej plony bulw *Helianthus tuberosus* kształtują się w granicach od 300 do 500 dt, zaś plony zielonej masy — 500-700 dt·ha⁻¹ (Peters i Soltner, 1988; Barta i in. 1991). W polskich warunkach klimatycznych uzyskiwano dotychczas plony bulw w zakresie od 170 do 340 dt, zaś zielonej masy — 120–360 dt·ha⁻¹ (Sienkiewicz, 1960; Tabin, 1961; Rudnicki i Jaskulski, 1993; Gutmański i Pikulik, 1994; Góral, 1998; Sawicka, 1998). Natomiast w badaniach genotypów słonecznika bulwiastego plony zielonej masy najlepszego klonu dochodzą do 757 dt, a bulw do 342 dt·ha⁻¹ (Góral, 1997). Zastosowanie herbicydów na plantacjach słonecznika bulwiastego ogranicza szkodliwe oddziaływanie chwastów, zwłaszcza w pierwszym okresie tuż po sadzeniu (Rudnicki i Jaskulski, 1993; Sawicka, 2000). Mało poznane jest jednak oddziaływanie tych związków na plon zielonej masy i bulw *Helianthus tuberosus* oraz na strukturę ich biomasy. Stosowanie herbicydów triazynowych, mocznikowych oraz z innych grup w uprawie tego gatunku może przyczynić się nie tylko do ograniczenia zachwaszczenia lecz również do modyfikacji rozwoju roślin, a w konsekwencji zmiany wartości paszy, stąd też określenie wpływu chemicznej ochrony przed chwastami na plon zielonej masy i bulw oraz ich strukturę jest obecnie ważnym zagadnieniem.

MATERIAŁ I METODY

Analizę oparto na wynikach doświadczenia polowego przeprowadzonego w latach 1996–1998 w polowej stacji doświadczalnej w Parczewie na glebie o składzie piasku gliniastego lekkiego i lekko kwaśnym odczynie. Eksperyment wykonano metodą losowych podbloków w trzech powtórzeniach. Czynnikiem I rzędu były odmiany słonecznika bulwiastego: Biała Kulista IHAR, Czerwona Kulista IHAR, Swojecka Czerwona; czynnik II rzędu stanowiły sposoby pielęgnacji: (A) Linurex 50 WP w dawce $2,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$; (B) Afalon 50 WP + Bładex 50 WP w ilości $1,5 \text{ l} + 1,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$; (C) Azogard 50 WP w dawce $3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$; (D) Afalon 50 WP + Command 480 EC w ilości $1 \text{ l} + 0,2 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$; (E) obiekt kontrolny z pielęgnacją mechaniczną. Nawożenie mineralne (100 kg N , $100 \text{ kg P}_2\text{O}_5$, $150 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$) i organiczne ($250 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$) było na stałym poziomie. Warunki prowadzenia doświadczenia i charakterystykę badanych regulatorów wzrostu podano w I części pracy (Sawicka, 2000).



Rys. 1. Opady i temperatura powietrza w okresie wegetacji *Helianthus tuberosus* w latach 1996–1998 wg IMGW we Włodawie

Fig. 1. Rainfalls and air temperature during *Helianthus tuberosus* vegetation period in the years 1996–1998, according to IMGW at Włodawa

Zbiór części nadziemnych wykonano w 20 września, a bulw 10 października. W czasie zbioru określono plon zielonej masy i jego strukturę oraz oznaczono plon bulw. Na podstawie plonu spod 10 roślin wyliczono: masę łodyg i liści na roślinie; liczbę liści na roślinie i masę jednego liścia; procentowy udział łodyg i liści w plonie; liczbę i masę bulw z jednej rośliny oraz średnią masę bulwy. Wyniki badań opracowano statystycznie wykonując analizy wariancji badanych cech. Istotność źródeł zmienności sprawdzano

testem „F” Fishera-Snedecora. Istotność różnic oceniano testem Tukeya (Domaradzki i in., 2001).

Przebieg warunków meteorologicznych w latach badań był zmienny, co ilustruje rysunek 1.

WYNIKI BADAŃ

Biologiczna reakcja roślin słonecznika bulwiastego na herbicydy

Słonecznik bulwiasty charakteryzuje się dużą zmiennością plonowania poszczególnych roślin, a nawet poszczególnych pędów, stąd też w pracy przeanalizowano zależności między czynnikami eksperymentu a masą łodyg i liści oraz ich liczbą, a także masą bulw i ich liczbą z jednej rośliny (tab. 1–2, 5–10).

Tabela 1

Wpływ herbicydów i lat na świeżą masę łodyg i liści *Helianthus tuberosus* w przeliczeniu na roślinę
The influence of herbicides and years on the fresh matter of stems and leaves of *Helianthus tuberosus*, per plant

Herbicydy Herbicides	Świeża masa łodyg Fresh matter of stems (g)				Świeża masa liści Fresh matter of leaves (g)			
	lata years							
	1996	1997	1998	średnia mean	1996	1997	1998	średnia mean
A	82	219	241	181	41	56	66	54
B	138	296	236	223	63	71	64	66
C	119	262	243	208	40	73	61	58
D	128	200	239	189	52	58	60	57
E	79	247	208	178	36	53	62	50
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$ □	64			42	18			11
Średnia Mean	109	245	233	196	47	62	62	57
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$	28				7			

A — Linurex 50 WP; B — Afalon 50 WP + Bładex 50 WP; C — Azogard 50 WP; D — Afalon 50 WP + Command 480 EC; E — Obiekt kontrolny; Control object

* Nieistotne przy poziomie $\alpha \leq 0,05$

* Not significant at $\alpha \leq 0.05$

Świeża masa łodyg i liści słonecznika bulwiastego wynosiła 253 g na roślinę, w tym łodygi stanowiły 196 g, a liście — 57 g (tab. 1, 2). Największą masę, tak łodyg jak i liści z rośliny, uzyskano w obiektach z mieszaniną preparatów: Afalon 50 WP + Bładex 50 WP i była ona istotnie wyższa niż w obiekcie kontrolnym z pielęgnacją mechaniczną oraz w kombinacji z preparatem Linurex 50 WP. Reakcja roślin na herbicydy zastosowane w pielęgnacji była jednak uzależniona od warunków atmosferycznych w okresie wegetacji. Użycie mieszaniny herbicydów Afalon 50 WP + Bładex 50 WP, dawało najwyższą masę łodyg w latach 1996–1997, charakteryzujących się bardzo wilgotnym okresem tuż po zastosowaniu herbicydów. Największą masę liści w tym obiekcie uzyskano tylko w 1996 roku i była ona istotnie wyższa niż w kombinacji kontrolnej i w obiektach z udziałem herbicydu Linurex 50 WP i Azogard 50 WP. W 1997 roku, najbardziej obfitym w opady,

ale najmniej korzystnie rozłożonych w czasie wegetacji, najwyższą masę liści otrzymano w obiekcie z preparatem Azogard 50 WP i tylko nieznacznie niższą w kombinacji z mieszaniną preparatów Afalon 50 WP + Bladex 50 WP, w porównaniu z obiektem kontrolnym. W 1998 roku, charakteryzującym się ponadnormatywną ilością opadów prawie we wszystkich miesiącach ważnych dla wegetacji roślin, różnice w masie łodyg i liści słonecznika bulwiastego między poszczególnymi sposobami pielęgnacji okazały się nieistotne. Reakcja odmian na sposoby pielęgnacji tego gatunku okazała się zróżnicowana. Odmiana Biała Kulista IHAR największą masę liści, a Czerwona Kulista IHAR najwyższą masę zarówno łodyg, jak i liści uzyskały w obiektach ze stosowaniem mieszaniny preparatów: Afalon 50 WP + Bladex 50 WP. Uwarunkowania genetyczne decydowały o masie liści z jednej rośliny, zaś nie różnicowały masy łodyg. Największym ulistnieniem cechowała się odmiana Biała Kulista IHAR, najmniejszym zaś — Swojecka Czerwona. Niezależnie od czynników eksperymentu warunki meteorologiczne w latach badań decydowały o wartościach tych parametrów.

Tabela 2

Wpływ herbicydów i odmian na świeżą masę łodyg i liści *Helianthus tuberosus* w przeliczeniu na roślinę
The influence of herbicides and cultivars on the fresh matter of stems and leaves of *Helianthus tuberosus*, per plant

Herbicydy Herbicides	Świeża masa łodyg Fresh matter of stems (g)			Świeża masa liści Fresh matter of leaves (g)		
	odmiany cultivars					
	Biała Kulista IHAR	Czerwona Kulista IHAR	Swojecka Czerwona	Biała Kulista IHAR	Czerwona Kulista IHAR	Swojecka Czerwona
A	193	167	183	64	49	50
B	245	255	170	78	70	50
C	199	198	227	63	53	58
D	196	194	177	61	59	51
E	187	174	173	58	46	47
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$	64			18		
Średnia Mean	204	197	186	65	55	51
NIR — LSD $\alpha \leq 0.05$	n*				7	

A — Linurex 50 WP; B — Afalon 50 WP + Bladex 50 WP; C — Azogard 50 WP; D — Afalon 50 WP + Command 480 EC; E — Obiekt kontrolny; Control object

* Nieistotne przy poziomie $\alpha \leq 0,05$

* Not significant at $\alpha \leq 0,05$

W strukturze plonu części nadziemnych słonecznika bulwiastego łodygi stanowiły przeciętnie 76,2%, a liście 23,8% (tab. 3–4). Tylko w 1996 roku, o największym niedoborze opadów w okresie wegetacji, sposoby pielęgnacji oddziaływały na strukturę plonu zielonej masy roślin. Najkorzystniejszą strukturę plonu uzyskano w obiekcie z preparatem Linurex 50 WP. Zastosowanie tego herbicydu pozwoliło na uzyskanie delikatnej paszy o wysokim udziale liści, a małym łodyg. Najlepszą strukturą plonu części nadziemnych słonecznika bulwiastego, tj. największym udziałem liści, a najmniejszym łodyg, cechowała się odmiana Biała Kulista IHAR, zaś najmniej korzystną — Swojecka Czerwona.

Tabela 3

Wpływ herbicydów i lat na udział łodyg i liści *Helianthus tuberosus*
The influence of herbicides and years on the share of stems and leaves of *Helianthus tuberosus*

Herbicydy Herbicides	Udział łodyg Share of stems (%)				Udział liści Share of leaves (%)			
	lata years							
	1996	1997	1998	Średnia Mean	1996	1997	1998	Średnia Mean
A	66,2	80,2	78,7	75,0	33,8	19,8	21,3	25,0
B	68,7	81,2	78,6	76,2	31,3	18,8	21,4	23,8
C	74,4	78,0	80,1	77,5	25,6	22,0	19,9	22,5
D	71,0	78,2	80,0	76,4	29,0	21,8	20,0	23,6
E	68,7	82,3	77,0	76,0	31,3	17,7	23,0	24,0
NIR — $LSD \alpha \leq 0,05$	8,2		n*		5,2		1,6	
Średnia Mean	69,8	80,0	78,9	76,2	30,2	20,0	21,1	23,8
NIR — $LSD \alpha \leq 0,05$	2,5				1,6			

A — Linurex 50 WP; B — Afalon 50 WP + Bladex 50 WP; C — Azogard 50 WP; D — Afalon 50 WP + Command 480 EC; E — Obiekt kontrolny; Control object

* Nieistotne przy poziomie $\alpha \leq 0,05$

* Not significant at $\alpha \leq 0,05$

Tabela 4

Wpływ herbicydów i odmian na udział łodyg i liści *Helianthus tuberosus*
The influence of herbicides and cultivars on the share of stems and leaves of *Helianthus tuberosus*

Herbicydy Herbicides	Udział łodyg Share of stems (%)			Udział liści Share of leaves (%)		
	odmiany cultivars					
	Biała Kulista IHAR	Czerwona Kulista IHAR	Swojecka Czerwona	Biała Kulista IHAR	Czerwona Kulista IHAR	Swojecka Czerwona
A	72,1	75,3	77,8	27,9	24,7	22,2
B	74,7	77,4	76,3	25,3	22,6	23,7
C	74,5	78,6	79,4	25,5	21,4	20,6
D	75,3	76,0	77,8	24,7	24,0	22,2
E	74,8	76,8	76,5	25,2	23,2	23,5
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$	8,2		n*			
Średnia Mean	74,3	76,8	77,6	25,7	23,2	22,4
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$	2,5		1,6			

A — Linurex 50 WP; B — Afalon 50 WP + Bladex 50 WP; C — Azogard 50 WP; D — Afalon 50 WP + Command 480 EC; E — Obiekt kontrolny; Control object

* Nieistotne przy poziomie $\alpha \leq 0,05$

* Not significant at $\alpha \leq 0,05$

Oznacza to większą przydatność tej pierwszej jako paszy zielonej oraz surowca do produkcji koncentratów białkowych, ponieważ stosunek liści do łodyg był u tej odmiany korzystniejszy, a same łodygi delikatniejsze. Niezależnie od czynników eksperymentu warunki atmosferyczne w latach badań decydowały o partycypacji liści i łodyg w plonie pojedynczej rośliny. Najkorzystniejszą strukturę biomasy słonecznika bulwiastego uzyskano w 1996 roku, o najniższych opadach, ale najkorzystniej rozłożonych w okresie

wegetacji, zaś najmniej korzystną — w 1997 roku, o najwyższych opadach w tym okresie, ale również najniższym usłonecznieniu i temperaturze powietrza, co, jak należy przypuszczać, nie pozwoliło na efektywny przepływ produktów fotosyntezy z liści do bulw.

Tabela 5

Wpływ herbicydów i lat na masę i liczbę liści *Helianthus tuberosus*
The influence of herbicides and years on the weight and number of leaves of *Helianthus tuberosus*

Herbicydy Herbicides	Liczba liści Number of leaves				Masa liścia Weight of a leave (g)			
	lata years							
	1996	1997	1998	Średnia Mean	1996	1997	1998	Średnia Mean
A	40	34	19	31	1,04	1,86	3,59	2,16
B	62	25	18	35	1,03	2,75	3,58	2,45
C	41	25	17	28	0,99	2,92	3,61	2,51
D	52	25	20	32	1,00	2,42	3,00	2,14
E	42	25	19	29	0,85	2,10	3,23	2,06
NIR — $LSD \alpha \leq 0,05$		15		6		0,22		0,07
Średnia Mean	47	27	19	31	0,98	2,41	3,40	2,26
NIR — $LSD \alpha \leq 0,05$		4				0,04		

A — Linurex 50 WP; B — Afalon 50 WP + Bladex 50 WP; C — Azogard 50 WP; D — Afalon 50 WP + Command 480 EC; E — Obiekt kontrolny; Control object

Liczba liści na roślinie oraz masa pojedynczego liścia świadczy o bujności całej rośliny, jej potencjale plonowania, przydatności do celów paszowych oraz do przetwórstwa na koncentraty białkowe. Pojedyncza roślina *Helianthus tuberosus* wytwarzała przeciętnie 31 liści, o średniej masie 2,26 g (tab. 5, 6). Użycie herbicydów w uprawie tego gatunku istotnie różnicowało liczbę i masę liści. Wytwarzaniu największej ich liczby najbardziej sprzyjało stosowanie w uprawie słonecznika bulwiastego mieszaniny herbicydów Afalon 50 WP + Bladex 50 WP, zaś użycie preparatu Azogard 50 WP oraz mechaniczne odchwaszczanie istotnie ograniczało liczbę liści. Pozostałe herbicydy nie wywierały istotnego wpływu na wartość tej cechy, w porównaniu do obiektu kontrolnego. Reakcja roślin na herbicydy zależała od warunków meteorologicznych w okresie wegetacji. W najbardziej skąpym w opady 1996 roku największą liczbę liści wytwarzały rośliny w kombinacji z mieszaniną preparatów Afalon 50 WP + Bladex 50 WP. W roku 1997, o nadmiernych opadach w okresie wegetacji, obserwowano jedynie tendencję do tworzenia większej liczby liści w pielęgnacji z udziałem herbicydu Linurex 50 WP, natomiast w 1998 roku, o ponadnormatywnych opadach, sposoby pielęgnacji nie wywarły ukierunkowanego wpływu na wartość tej cechy. Z kolei zwiększaniu masy pojedynczego liścia w latach 1997–1998 najbardziej sprzyjało stosowanie herbicydu Azogard 50 WP, a 1996 roku, o niedostatecznym zaopatrzeniu w wodę — obiekt z preparatem Linurex 50 WP oraz kombinacja z mieszaniną preparatów Afalon 50 WP + Bladex 50 WP, w porównaniu z pielęgnacją mechaniczną. Pod względem ulistnienia badane odmiany wykazały dużą różnorodność. Najbardziej ulistnione rośliny i jednocześnie o największej masie

pojedynczych liści wytworzyła odmiana Biała Kulista IHAR, najsłabiej zaś ulistnione — Swojecka Czerwona.

Tabela 6

Wpływ herbicydów i odmian na masę i liczbę liści *Helianthus tuberosus*
The influence of herbicides and cultivars on the weight and number of leaves *Helianthus tuberosus*

Herbicydy Herbicides	Liczba liści Number of leaves			Masa liścia Weight of a leave (g)		
	odmiany cultivars					
	Biała Kulista IHAR	Czerwona Kulista IHAR	Swojecka Czerwona	Biała Kulista IHAR	Czerwona Kulista IHAR	Swojecka Czerwona
A	40	26	27	1,84	2,43	2,22
B	41	38	27	2,71	2,42	2,22
C	28	26	29	2,63	2,63	2,27
D	30	31	36	2,41	2,43	1,56
E	31	28	28	2,22	1,84	2,13
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$	15			0,22		
Średnia Mean	34	30	29	2,36	2,35	2,08
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$	4			0,04		

A — Linurex 50 WP; B — Afalon 50 WP + Bladex 50 WP; C — Azogard 50 WP; D — Afalon 50 WP + Command 480 EC; E — Obiekt kontrolny; Control object

Tabela 7

Wpływ herbicydów i lat na masę i liczbę bulw *Helianthus tuberosus* w przeliczeniu na roślinę
The influence of herbicides and years on the weight and number of tubers *Helianthus tuberosus*, per plant

Herbicydy Herbicides	Masa bulw Weight of tubers (kg)				Liczba bulw Number of tubers			
	lata years							
	1996	1997	1998	Średnia Mean	1996	1997	1998	Średnia Mean
A	0,86	0,81	0,74	0,80	22	29	24	25
B	0,98	0,86	0,63	0,82	21	26	24	24
C	0,75	0,78	0,78	0,77	23	31	25	26
D	0,50	0,69	0,64	0,61	23	30	25	26
E	0,70	0,68	0,50	0,63	24	34	29	29
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$	0,24		0,08		n*		3	
Średnia Mean	0,76	0,77	0,66	0,73	23	30	25	26
NIR — LSD $\alpha \leq 0.05$	0.05				2			

A — Linurex 50 WP; B — Afalon 50 WP + Bladex 50 WP; C — Azogard 50 WP; D — Afalon 50 WP + Command 480 EC; E — Obiekt kontrolny; Control object

* Nieistotne przy poziomie $\alpha \leq 0,05$

* Not significant at $\alpha \leq 0,05$

Tabela 8

Wpływ herbicydów i odmian na masę i liczbę bulw *Helianthus tuberosus* w przeliczeniu na roślinę
The influence of herbicides and cultivars on the weight and number of tubers *Helianthus tuberosus*, per plant

Herbicydy Herbicides	Masa bulw Weight of tubers [kg]			Liczba bulw Number of tubers		
	odmiany cultivars					
	Biała Kulista IHAR	Czerwona Kulista IHAR	Swojecka Czerwona	Biała Kulista IHAR	Czerwona Kulista IHAR	Swojecka Czerwona
A	0,74	0,87	0,80	22	25	28
B	0,79	0,88	0,81	19	26	27
C	0,70	0,83	0,78	23	28	29
D	0,49	0,66	0,68	23	27	28
E	0,65	0,61	0,62	25	28	33
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$	0,24			n*		
Średnia Mean	0,67	0,77	0,74	22	27	29
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$	0,05			2		

A — Linurex 50 WP; B — Afalon 50 WP + Bladex 50 WP; C — Azogard 50 WP; D — Afalon 50 WP + Command 480 EC; E — Obiekt kontrolny; Control object

* Nieistotne przy poziomie $\alpha \leq 0,05$

* Not significant at $\alpha \leq 0.05$

Z jednej rośliny słonecznika bulwiastego uzyskano przeciętnie 26 bulw o masie 0,73 kg (tab. 7–8). Masę bulw pojedynczej rośliny, jak i ich liczbę determinowały w największym stopniu sposoby pielęgnacji roślin. Największą masę bulw z jednej rośliny, ale jednocześnie najmniejszą ich liczbę uzyskano w obiektach z użyciem mieszaniny preparatów Afalon 50 WP + Bladex 50 WP, w porównaniu tak z obiektem kontrolnym, jak i kombinacją z mieszaniną herbicydów Afalon 50 WP + Command 480 EC. Masa bulw z jednej rośliny zależała również od oddziaływania herbicydów w konkretnych warunkach siedliskowych. Tylko w latach 1996 i 1998 odnotowano istotny wpływ sposobów pielęgnowania łąnu słonecznika bulwiastego na tę cechę. W 1996 roku, o najniższych opadach w okresie wegetacji, największą masę bulw uzyskały rośliny w obiektach z mieszaniną preparatów Afalon 50 WP + Bladex 50 WP, zaś najniższą w kombinacji z udziałem mieszaniny herbicydów Afalon 50 WP + Command 480 EC. W roku 1998, o nadmiernie wilgotnym okresie wegetacji, największą masę bulw zanotowano w obiektach z udziałem preparatu Azogard 50 WP, natomiast najmniejszą w kombinacji kontrolnej. Masa bulw z jednej rośliny okazała się również uzależniona od reakcji odmian na sposoby pielęgnacji. Odmiany Kulista Biała i Czerwona Kulista IHAR największą wartość tej cechy uzyskały w obiektach pielęgnowanych mieszaniną preparatów Afalon 50 WP + Bladex 50 WP oraz herbicydem Linurex 50 WP. Zmienność genetyczna decydowała tak o masie, jak i liczbie bulw z pojedynczej rośliny. Największą masą bulw z jednej rośliny cechowała się odmiana Czerwona Kulista IHAR, zaś największą ich liczbą — odmiana Swojecka. Zmienność warunków siedliskowych modyfikowała również wartość tych parametrów. Największą masę i liczbę bulw wytworzyły rośliny w 1997 roku, o najobfitszych opadach, zaś najmniejszą ich liczbę — w 1996 roku, najuboższym w opady, a masę bulw — w 1998 roku.

Przeciętna masa jednej bulwy wynosiła 29 g (tab. 9–10). Mieszanina herbicydów Afalon 50 WP + Bladex 50 WP oraz preparat Linurex 50 WP i Azogard 50 WP przyczyniły się do uzyskania większej masy jednostkowej bulwy niż stosowanie pielęgnacji mechanicznej czy mieszaniny preparatów Afalon 50 WP + Command 480 EC; przy czym zależność taką stwierdzono jedynie w latach 1996 i 1997.

Tabela 9

Wpływ herbicydów i lat na masę jednej bulwy *Helianthus tuberosus*
The influence of herbicides and years on the weight of a single tuber of *Helianthus tuberosus*

Herbicydy Herbicides	Średnia masa bulwy Average weight of a tuber (g)			
	lata years			
	1996	1997	1998	średnia mean
A	39	28	31	33
B	48	33	27	36
C	34	25	31	30
D	22	23	25	23
E	31	21	17	23
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$		12		4
Średnia Mean	35	26	26	29
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$		2		

A — Linurex 50 WP; B — Afalon 50 WP + Bladex 50 WP; C — Azogard 50 WP; D — Afalon 50 WP + Command 480 EC; E — Obiekt kontrolny; Control object

Tabela 10

Wpływ herbicydów i odmian na masę jednej bulwy *Helianthus tuberosus*
The influence of herbicides and cultivars on the weight of a single tuber *Helianthus tuberosus*

Herbicydy Herbicides	Średnia masa bulwy Average weight of a tuber (g)		
	odmiany cultivars		
	Biała Kulista IHAR	Czerwona Kulista IHAR	Swojecka Czerwona
A	35	34	30
B	42	34	32
C	33	30	28
D	21	24	25
E	27	22	19
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$	n*		
Średnia Mean	32	29	27
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$		2	

A — Linurex 50 WP; B — Afalon 50 WP + Bladex 50 WP; C — Azogard 50 WP; D — Afalon 50 WP + Command 480 EC; E — Obiekt kontrolny; Control object

* Nieistotne przy poziomie $\alpha \leq 0,05$

* Not significant at $\alpha \leq 0.05$

W nietypowym, pod względem opadów, jak i usłonecznienia 1998 roku, najwyższą masę bulwy zanotowano równorzędnie w obiektach z preparatem Linurex 50 WP oraz z

herbicydem Azogard 50 WP, w porównaniu z obiektem kontrolnym. Uwarunkowania genetyczne modyfikowały również masę pojedynczej bulwy. Bulwy o największej masie jednostkowej wytworzyła odmiana Biała Kulista IHAR, o najmniejszej zaś — Swojecka Czerwona. W suchszych warunkach rośliny wytworzyły znacznie mniej bulw niż w warunkach wyższej wilgotności.

Efekty produkcyjne zastosowania herbicydów

Średni plon zielonej masy roślin *Helianthus tuberosus* w doświadczeniu był wysoki i wynosił średnio 545 dt·ha⁻¹ (tab. 11–12). Sposoby pielęgnacji roślin z użyciem herbicydów, z wyjątkiem preparatu Linurex 50 WP, powodowały istotny wzrost wartości tej cechy, w porównaniu z obiektem kontrolnym, wpływ ten jednak był uzależniony od warunków meteorologicznych w okresie wegetacji. W 1996 roku, najuboższym w opady, najwyższy plon części nadziemnych uzyskano w obiektach z preparatem Azogard 50 WP; w 1997 roku, o wysokich, acz nierównomiernie rozłożonych opadach w okresie wegetacji — w obiektach pielęgnowanych mieszaniną preparatów Afalon 50 WP + Bladex 50 WP, zaś w roku 1998, o ponadnormatywnych opadach we wszystkich okresach ważnych dla rozwoju roślin — w obiekcie kontrolnym z pielęgnacją mechaniczną. Cechy genetyczne badanych odmian w istotny sposób kształtowały plon biomasy. Najplenniejszą okazała się odmiana Czerwona Kulista IHAR (590 dt·ha⁻¹), zaś najmniej plenną — Biała Kulista IHAR (500 dt·ha⁻¹).

Tabela 11

Wpływ herbicydów i lat na plon zielonej masy i bulw *Helianthus tuberosus* w dt·ha⁻¹
The influence of herbicides and years on the yield of green matter and tubers
of *Helianthus tuberosus*, in dt·ha⁻¹

Herbicydy Herbicides	Plon zielonej masy The yield of green matter				Plon bulw The yield of tubers			
	lata years							
	1996	1997	1998	średnia mean	1996	1997	1998	średnia mean
A	389	791	334	504	340	328	184	284
B	548	851	387	595	314	306	233	284
C	555	838	366	586	287	282	251	273
D	460	777	362	533	198	213	222	211
E	350	741	428	506	245	235	148	209
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$	40		18		18		9	
Średnia Mean	460	799	375	545	277	273	208	252
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$	12				6			

A — Linurex 50 WP; B — Afalon 50 WP + Bladex 50 WP; C — Azogard 50 WP; D — Afalon 50 WP + Command 480 EC; E — Obiekt kontrolny; Control object

Badane odmiany wykazały odmienną reakcję na herbicydy stosowane w pielęgnacji słonecznika bulwiastego (tab. 12). Odmiany Biała Kulista IHAR i Czerwona Kulista IHAR najwyższy plon części nadziemnych uzyskały w obiektach, gdzie zachwaszczenie zwalczano przy użyciu mieszaniny herbicydów Afalon 50 WP + Bladex 50 WP, jednakże wysoki plon zielonej masy uzyskały te odmiany również w kombinacjach z preparatem

Azogard 50 WP, a odmiana Kulista Czerwona ponadto w obiektach z mieszaniną herbicydów Afalon 50 WP + Command 480 EC. Odmiana Swojecka Czerwona najwyższy plon biomasy uzyskała w kombinacji z preparatem Azogard 50 WP i niewiele niższy w obiektach z mieszaniną herbicydów Afalon 50 WP + Bladex 50 WP, w porównaniu z preparatem Linurex 50 WP oraz kombinacją kontrolną. Największy wpływ na plon zielonej masy *Helianthus tuberosus* wywarły jednak warunki atmosferyczne w latach badań. Najwyższy plon uzyskano w 1997 roku, najobfitszym w opady, ale jednocześnie o najwyższej liczbie godzin słonecznych w okresie wegetacji, decydujących o fotosyntezie, a tym samym o akumulacji plonu; najniższą zaś wartość tej cechy zanotowano w 1998 roku, charakteryzującym się wprawdzie wysokimi opadami, we wszystkich miesiącach ważnych dla wegetacji tego gatunku, ale również najniższym usłonecznieniem.

Tabela 12

Wpływ herbicydów i odmian na plon części nadziemnych i bulw *Helianthus tuberosus* w dt·ha⁻¹
The influence of herbicides and cultivars on the yield of green matter and tubers of *Helianthus tuberosus*, in dt·ha⁻¹

Herbicydy Herbicides	Plon zielonej masy The yield of green matter			Plon bulw The yield of tubers		
	odmiany cultivars					
	Biała Kulista IHAR	Czerwona Kulista IHAR	Swojecka Czerwona	Biała Kulista IHAR	Czerwona Kulista IHAR	Swojecka Czerwona
A	501	539	473	269	311	272
B	559	642	585	247	307	299
C	543	615	601	227	308	285
D	485	607	507	161	254	218
E	410	550	559	221	210	197
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$	40			18		
Średnia Mean	500	590	545	225	278	254
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$	12			6		

A — Linurex 50 WP; B — Afalon 50 WP + Bladex 50 WP; C — Azogard 50 WP; D — Afalon 50 WP + Command 480 EC; E — Obiekt kontrolny; Control object

Średni plon bulw *Helianthus tuberosus* w doświadczeniu wynosił 252 dt·ha⁻¹ (tab. 11–12). Wszystkie sposoby pielęgnacji z użyciem herbicydów, z wyjątkiem mieszaniny preparatów Afalon 50 WP + Command 480 EC, powodowały istotny wzrost wartości tej cechy, w porównaniu z obiektem kontrolnym. Oddziaływanie herbicydów na wielkość plonu było jednak uzależnione od warunków atmosferycznych w okresie wegetacji. W latach 1996 i 1997 najwyższy plon bulw otrzymano w obiektach pielęgnowanych z udziałem preparatów Linurex 50 WP oraz Afalon 50 WP + Bladex 50 WP, zaś w roku 1998 — w kombinacji z użyciem herbicydu Azogard 50 WP oraz Afalon 50 WP + Bladex 50 WP. Wielkość plonu bulw w istotny sposób kształtował czynnik genetyczny. Najplenniejszą okazała się odmiana Czerwona Kulista IHAR, najmniej plenną zaś — Biała Kulista IHAR. Badane odmiany reagowały odmiennie na stosowane sposoby pielęgnacji. I tak w przypadku odmiany Kulista Biała i najkorzystniejszą, z uwagi na plon bulw, okazała się pielęgnacja z użyciem preparatu Linurex 50 WP, najmniej korzystną zaś — pielęgnacja

mechaniczna. W przypadku odmiany Czerwona Kulista IHAR aż 3 sposoby pielęgnacji z użyciem herbicydów okazały się równorzędne i lepsze od kombinacji kontrolnej, tj. preparat Linurex 50 WP, Afalon 50 WP + Bładex 50 WP i Azogard 50 WP. W przypadku odmiany Swojeczka Czerwona najwyższy efekt, w postaci zwyczajki plonu bulw, uzyskano w pielęgnacji z użyciem mieszaniny preparatów Afalon 50 WP + Bładex 50 WP, w stosunku do kombinacji kontrolnej, ale równocześnie dwa inne sposoby pielęgnacji przy użyciu herbicydów, tj. z preparatem Linurex 50 WP oraz Azogard 50 WP nie różniły się istotnie od tej pierwszej. Najwyższy plon bulw, podobnie jak i zielonej masy, uzyskano w obfitym w opady, ale jednocześnie najbardziej słonecznym 1997 roku, zaś najniższy w najuboższym w opady 1996 roku, o najmniej słonecznym czerwcu i lipcu.

DYSKUSJA

Stosowanie herbicydów w uprawie słonecznika bulwiastego nie zawsze oddziaływało korzystnie na plon bulw i części nadziemnych oraz ich strukturę. Przeciętnie najwyższy efekt plonotwórczy uzyskano w obiektach pielęgnowanych z udziałem mieszaniny herbicydów Afalon 50 WP + Bładex 50 WP, co przyczyniło się do wzrostu plonu bulw o 35,8% i plonu zielonej masy o 17,6%. Stosowanie mieszaniny tych preparatów w pielęgnacji roślin pozwoliło również uzyskać rośliny o największej liczbie liści i największej masie łodyg. Wyższość mieszanin nad pojedynczym herbicydem podkreśla Gauvrit (1996), który dowiódł, iż mieszaniny herbicydów zwalczają szersze spektrum gatunków chwastów niż pojedynczy herbicyd. Według Ceglarka i wsp. (1990) pielęgnacja z użyciem herbicydu Afalon 50 WP, zapewnia większe plony bulw i skutecznie zwalcza chwasty.

Preparat Azogard 50 WP, którego substancją aktywną jest prometryna, w dotychczasowych badaniach wykazał dobrą skuteczność w zwalczaniu chwastów w słoneczniku bulwiastym (Rudnicki i Jaskulski, 1993; Sawicka, 2000). Jego efektywność plonotwórcza była tylko nieco niższa niż mieszaniny preparatów Afalon 50 WP + Bładex 50 WP i wyrażała się wzrostem plonu zielonej masy o 30,6%, a bulw — o 15,9%. Stosowanie tego preparatu przyczyniło się również do uzyskania najniższego udziału liści poprzez zmniejszenie ich liczby w plonie pojedynczej rośliny, ale jednocześnie pozwoliło osiągnąć najwyższą masę jednostkową liści. Główny mechanizm działania fitocydalnego herbicydów triazynowych, do których należy herbicyd Azogard 50 WP, polega bowiem na fotoutlenianiu fotosyntetyzujących błon tylakoidów w chloroplastach, które hamują przepływ elektronów, przeciwdziałając przemianie energii świetlnej w energię elektrochemiczną (Moreland, 1967; Kirkwood 1991; Gauvrit, 1996).

Preparat Linurex 50 WP, którego substancją aktywną jest linuron, we wcześniejszych badaniach (Sawicka, 2000) najlepiej ograniczał tak świeżą, jak i suchą masę chwastów, przyczynił się również do wzrostu plonu bulw o 35,6%, poprzez zwiększenie plonu bulw z jednej rośliny, ale równocześnie obniżył o 0,3% plon zielonej masy słonecznika bulwiastego. W badaniach Rudnickiego i Jaskulskiego (1993) użycie tego preparatu spowodowało wzrost plonu bulw o 7,4% i plonu zielonej masy o 5,8%. Moreland (1967), Scalla (1990), a także Kirkwood (1991) sugerują, iż substancje aktywne tej grupy

preparatów hamują proces fotosyntezy w jego początkowej fazie, blokując fotolizę wody, zaś w fazie świetlnej fotosyntezy, działają jako inhibitory transportu elektronów umożliwiając powstawanie aktywnych form tlenu, reagujących z lipidoproteinowymi składnikami błon plazmatycznych, co w efekcie uszkadza strukturę chloroplastów. Mechanizmy działania fitocydalnego oddziałują na różne mechanizmy życiowe roślin toteż ustąpienie zmian fitocydalnych, wywołanych stosowaniem tego herbicydu należy zawdzięczać krótkotrwałemu oddziaływaniu stresu i wczesnej fazie wzrostu roślin, w której szybciej zachodzą procesy restytucji. Ważne jest także, iż słonecznik bulwiasty jest gatunkiem polikarpicznym o dużej vitalności roślin, co ułatwia procesy restytucji.

Z kolei efekt plonotwórczy mieszaniny herbicydów Afalon 50 WP + Command 480 EC, która wprawdzie powodowała największe uszkodzenia chwastów, jedno- i dwuliściennych (Sawicka, 2000), okazał się niewielki, gdyż zwiększała ona jedynie plon zielonej masy o ok. 5,3%, natomiast wzrost plonu bulw okazał się nieistotny, co wynikało z ujemnego jej wpływu na masę pojedynczego liścia i liczbę bulw z rośliny. Spowodowane to było przejściowym zahamowaniem początkowego wzrostu roślin *Helianthus tuberosus* pod wpływem mieszaniny tych preparatów. Zmiany te wprawdzie ustąpiły po 6 tygodniach, ale należy przypuszczać, iż mogły wywołać nieodwracalne uszkodzenia aparatu asymilacyjnego. Substancja aktywna preparatu Command 480 EC — chlomazone, hamuje bowiem biosyntezę pigmentów (Tomlin, 1997). W dostępnej literaturze brak jest danych na temat stosowania preparatu Command 480 EC w uprawie słonecznika bulwiastego. Rola i wsp. (1999) donoszą, że herbicyd ten, często stosowany w krajach Unii Europejskiej, ma lepszą skuteczność w niszczeniu chwastów w mieszkankach z innymi herbicydami. W ich opinii zarówno Command 480 EC, jak i Command 360 CS (nowa formuła w postaci zawiesiny kapsułek w cieczy) nie wywierają ujemnego wpływu na plonowanie roślin uprawnych. Takie preparaty jak Afalon 50 WP, czy Linurex 50 WP (z grupy mocznikowych), których substancją biologicznie aktywną jest linuron — inhibitor fotosyntezy i transportu elektronów, można mieszać, zdaniem Tomlina (1997) i Pruszyńskiego i wsp. (2000), z innymi herbicydami m.in. z preparatem Command 480 EC. W opinii Rudnickiego i Jaskulskiego (1993) preparaty te stosowane oddzielnie nie wpływają w istotny sposób na wysokość roślin, plon części nadziemnych jak i bulw. W opinii Domańskiej (1991), system mechaniczno-chemicznej pielęgnacji roślin uprawnych z zastosowaniem herbicydów skuteczniej zwalcza chwasty i zapewnia wyższe plony bulw i masy nadziemnej niż pielęgnacja mechaniczna. Wyższość mieszanin nad pojedynczym herbicydem podkreśla również Hess (1985), Kirkwood (1991), Rola i wsp. (1999). Autorzy ci dowodzą, iż mieszaniny herbicydów zwalczają szersze spektrum gatunków chwastów niż pojedynczy herbicyd. Odmienne zdania są Masztakov i wsp. (1971), którzy twierdzą, iż uszkodzenia rośliny uprawnej powodują obniżkę plonu bulw oraz, że przyczyniają się do jego zdrobnienia.

Zależności w obrębie cech plonu i jego struktury, pomiędzy przebiegiem pogody, a reakcją roślin na herbicydy wskazują, że determinowana w dużej mierze czynnikami genetycznymi, jak i warunkami siedliska, potencjalna zdolność plonowania roślin może ulec zmniejszeniu po zastosowaniu herbicydów w niesprzyjających warunkach meteorologicznych. Spostrzeżenia te potwierdza Moreland (1967), Masztakov i wsp. (1971) oraz

Gauvrit (1996). Zdaniem Domańskiej (1991) zwiększone ujemne oddziaływanie herbicydów na rośliny *Helianthus tuberosus* może wystąpić w latach mokrych i chłodnych, gdy rośliny są mniej odporne na niekorzystne warunki atmosferyczne. W opinii Vanowej i Benada (1983) niskie temperatury i małe opady mogą stworzyć w glebie gorsze warunki do rozkładu herbicydów i również zwiększyć ich fitotoksyczność. Z kolei duża ilość opadów w okresie sadzenia, wschodów i silnego wzrostu masy vegetatywnej rośliny uprawnej wzmacnia ich wrażliwość na herbicydy.

Zróznicowane reakcje badanych odmian na zastosowane herbicydy i ich mieszaniny stwierdzono w przypadku prawie wszystkich badanych cech. Wiadomo, że herbicydy mogą przemieszczać się z liści i łodyg do owoców, nasion, bulw i akumulując się w nich zmieniać fizjologiczne, biochemiczne i konsumpcyjne właściwości plonu roślin uprawnych. Pod ich działaniem odmiany wrażliwe mogą reagować trwałymi zmianami morfologicznymi, które mogą doprowadzić do obniżenia plonów (Masztakov i in., 1971; Hess, 1985; Kirkwood, 1991; Gauvrit, 1996). Zmiany te są wynikiem zakłócenia procesów fizjologiczno-biochemicznych, a zwłaszcza zróżnicowania intensywności fotosyntezy oraz zawartości biologicznie czynnych substancji (Masztakov i in. 1971; Scalla, 1990; Hess, 1996). Badania fizjologiczno-biochemiczne wykazały, że różnice między odpornymi i wrażliwymi na herbicyd roślinami, czy odmianami danego gatunku polegają na tempie przyswajania i rozkładania herbicydu w tkankach (Gauvrit, 1996).

Właściwości odmianowe *Helianthus tuberosus* wpływały decydująco na wielkość plonu i jego strukturę, co potwierdzają liczne badania Tabina (1961), Sienkiewicz (1960); Górala (1998, 2000), Sawickiej (1998, 2000). Zaistniałe różnice w plonie bulw i masy nadziemnej roślin *Helianthus tuberosus* oraz ich struktury wynikały ze zmienności fenotypowej odmian słonecznika bulwiastego, która jest łącznym efektem zmienności genetycznej i środowiskowej, co potwierdza Tabin (1961), Gutmański i Pikulik (1994), Sawicka (1997) oraz Góral (1998, 1999). Obok zmienności genetycznej występuje równolegle zmienność środowiskowa. Do najważniejszych przyczyn tej zmienności można zaliczyć: jakość sadzeniaków (zdrowotność, wielkość, sposób przechowywania); niejednorodność środowiska glebowego; błędy w agrotechnice; niejednakową powierzchnię przypadającą na jedną roślinę (niewschody, sąsiedztwo roślin chorych); różnorodność wpływu warunków meteorologicznych, takich jak: temperatura, światło (długość fali, intensywność i czas trwania), zaopatrzenie roślin w wodę. Jasiewicz i wsp. (1999) sugerują, iż warunki stresowe (np. długotrwała susza lub nadmiar opadów) mogą powodować dezorganizację membran chloroplastów, co bezpośrednio wpływa na obniżenie wydajności fotosystemu PS II, który jest najbardziej czułym wskaźnikiem działania różnorodnych czynników stresowych na rośliny. Zróznicowanie środowiska w jakim znajdują się rośliny *Helianthus tuberosus* powoduje modyfikację procesów regulacji wewnętrznej zarówno w obrębie rośliny, jak i poszczególnych pędów. Może zatem wystąpić zmienność łodyg w obrębie rośliny, zmienność roślin w redlinie, zmienność roślin na poletku, związana z latami, jak i miejscowościami (Ubysz-Borucka, 1977; Sawicka, 1997). Poznanie zmienności fenotypowej odmian *Helianthus tuberosus* i wydzielenie z niej zmienności genetycznej i środowiskowej ułatwiłoby typowanie do uprawy odmian o największej stabilności pożądanej cechy.

WNIOSKI

1. Herbicydy i ich mieszaniny wywarły zróżnicowany wpływ na plon bulw i części nadziemnych *Helianthus tuberosus* oraz ich strukturę:
 - największy wzrost plonu bulw (o 35,6%) i części nadziemnych *Helianthus tuberosus* (o 17,6%), dzięki największej liczbie i masie liści oraz masie łodyg z rośliny, uzyskano w obiektach pielęgnowanych z udziałem mieszaniny herbicydów Afalon 50 WP + Bladex 50 WP;
 - efektywność plonotwórcza preparatu Azogard 50 WP, była tylko nieco niższa niż mieszaniny preparatów Afalon 50 WP + Bladex 50 WP i wyrażała się wzrostem plonu zielonej masy o 15,9%, a bulw — o 30,6%. Stosowanie tego herbicydu przyczyniło się również do uzyskania najniższego udziału liści w plonie;
 - preparat Linurex 50 WP zwiększył plon bulw o 35,6%, ale nie oddziaływał istotnie na plon zielonej masy;
 - stosowanie mieszaniny herbicydów Afalon 50 WP + Command 480 EC nie powinno być polecane w pielęgnacji słonecznika bulwiastego, z uwagi na brak wyraźnego efektu plonotwórczego, a jednocześnie na ujemne oddziaływanie na strukturę plonu.
2. Istniejąca zależność, w obrębie cech plonu i jego struktury, pomiędzy przebiegiem pogody, a reakcją roślin na herbicydy wskazuje, że potencjalna zdolność plonowania roślin słonecznika bulwiastego może ulec zmniejszeniu po zastosowaniu herbicydów w niesprzyjających warunkach meteorologicznych.
3. Reakcja badanych odmian na herbicydy okazała się odmienna:
 - największą efektywność herbicydów, w postaci plonu zielonej masy, odmiany: Biała Kulista IHAR i Swojecka Czerwona uzyskały w kombinacjach z mieszaniną herbicydów Afalon 50 WP + Bladex 50 WP oraz z preparatem Azogard 50 WP; Czerwona Kulista IHAR — w tych samych kombinacjach, a ponadto w obiekcie z mieszaniną preparatów Afalon 50 WP + Command 480 EC;
 - najwyższy plon bulw odmiana Biała Kulista IHAR wydała w obiektach pielęgnowanych przy użyciu preparatu Linurex 50 WP, Czerwona Kulista IHAR — równorzędnie w obiektach z preparatem Linurex 50 WP, Azogard 50 WP i z mieszaniną preparatów Afalon 50 WP + Bladex 50 WP; zaś Swojecka Czerwona — w kombinacjach z mieszaniną preparatów Afalon 50 WP + Bladex 50 WP oraz z preparatem Azogard 50 WP.
4. Odmiana Czerwona Kulista IHAR odznaczała się największym plonem zielonej masy i bulw, lecz najkorzystniejszą strukturą plonu zielonej masy cechowała się Biała Kulista IHAR, co predestynuje ją do produkcji koncentratów białkowo-witaminowych.

LITERATURA

- Baraniak B., Mróz D. 2000. Chosen functional properties of protein concentrates obtained from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) juice. Pol. J. Food Nutr. Sci., 7/48 (2) (S): 92 — 95.
- Barta J., Goin B., Torok S. 1991. Natural foods from Jerusalem artichoke tubers. Acta Alimentaria, 20 (1): 72 — 73.
- Ceglarek F., Jabłońska-Ceglarek R., Dąbrowska K. 1990. Uproszczenia w pielęgnowaniu ziemniaka. Cz. I. Sposoby pielęgnacji a zachwaszczenie i plonowanie ziemniaków. Rocz. Nauk Rol., A-108 (4): 9 — 23.
- Cieślak E., Filipiak-Florkiewicz A. 2000. Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) — wykorzystanie do produkcji żywności funkcjonalnej. Żywność, 1 (22), 74 — 81.
- Chrapkowska K. J., Piasecki M., Góral S. 1995. Liście *Helianthus tuberosus* L. (topinambur) jako surowiec do otrzymania koncentratów białkowo-witaminowych. Mat. Konf. Nauk. nt.: Osiągnięcia i perspektywy technologii żywności. Łódź 12–13 września: 51.
- Domańska H. 1991. Herbicydy. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Domaradzki K., Badowski M., Filipiak K., Franek M., Gołębiowska H., Kieloch R., Kucharski M., Rola H., Rola J., Sadowski J., Sekutowski T., Zawerbny T. 2001. Metodyka doświadczeń biologicznej oceny herbicydów, bioregulatorów i adiuwantów. Cz. I. Doświadczenia polowe. Wyd. IUNG, Wrocław.
- Gauvrit C. 1996. Efficacité et sélectivité des herbicides. INRA, Paris.
- Góral S. 1997. Topinambur — słonecznik bulwiasty — *Helianthus tuberosus* L. W: Nowe rośliny uprawne. E. Nalborczyk (red.). Wyd. SGGW, Warszawa.
- Góral S. 1998. Zmienność morfologiczna i plonowanie wybranych klonów słonecznika bulwiastego — topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.). Hodowla Roślin i Nasiennictwo, 2: 6 — 10.
- Góral S. 2000. Wartość użytkowa topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.). Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 468: 17 — 30.
- Gutmański I., Pikulik R. 1994. Porównanie wartości użytkowej kilku biotypów topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.). Biul. IHAR, 189: 91 — 100.
- Hag R. K. M., Ofter N. W. 1992. *Helianthus tuberosus* as an alternative forage crop for cool maritime regions, a preliminary study of the yield and nutritional quality of shoot fissures from perennial stands. J. Sci. Food Agric., 60 (2): 213 — 221.
- Hess D. 1985. Weed Physiology. In: Herbicide physiology. Duke S. (ed.) ERC Press Inc., London: 181 — 214.
- Jasiewicz C., Rapacz M., Antonkiewicz J. 1999. Wpływ metali ciężkich na uszkodzenia błon komórkowych i aparatu fotosyntetycznego oraz plon topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.). Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 469: 403 — 410.
- Kirkwood R. C. 1991. Target sites for herbicide Action. Plenum Press, New York.
- Kostaric N., Cosentino G.P., Wieczorek A., Duvnjak Z. 1984. The Jerusalem artichoke as an agricultural crop. Biomass, 5: 1 — 36.
- Masztafov S., Diejeva W., Wołyniec A. 1971. Działanie herbicydów na rośliny. PWRiL, Warszawa.
- Moreland D. E. 1967. Mechanism of action of herbicides. Ann. Rev. Plant Physiol. 18: 365 — 378.
- Peters R., Soltner H., 1988. Erste Erfahrungen mit der Lege- und Erntetechnik bei Topinambur. Kartoffelbau, 39 (12): 369 — 398.
- Pruszyński S.(red.) 2000. Zalecenia ochrony roślin na lata 2000/01. Cz. II. Rośliny rolnicze. Wyd. IOR, Poznań.
- Rola H., Franek M., Wierski K., Grzbiela M. 1999. Badania nad zastosowaniem nowej formuacji chlomazonu (Command 360 CS) do zwalczania chwastów w rzepaku ozimym i jarym. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin, 39 (2): 613 — 615.
- Rudnicki F., Jaskulski D. 1993. Efekty zastosowania niektórych herbicydów w uprawie bulwy *Helianthus tuberosus*. Zesz. Nauk. ART Bydgoszcz, 181 (33): 127 — 130.
- Sawicka B. 1997. Zmienność fenotypowa niektórych biopierwiastków w bulwach *Helianthus tuberosus* L. W: Biopierwiastki w naszym środowisku. Wyd. Poli ART. Studio s.c., Lublin: 110 — 117.
- Sawicka B. 1998. Wartość pastewna słonecznika bulwiastego (*Helianthus tuberosus* L.) w warunkach intensywnego nawożenia azotem. Annales UMCS, E, 53 (12), 97 — 108.
- Sawicka B. 2000. Efekty stosowania herbicydów w uprawie *Helianthus tuberosus* L. Cz. I. Wzrost roślin i zachwaszczenie. Biul. IHAR 215: 305 — 322.

- Scalla R. 1990. Les herbicides. Mode d'action et principes d'utilisation. INRA, Paris.
- Sienkiewicz 1960. Uprawa bulwy w świetle niektórych doświadczeń w Polsce. Nowe Rol. 7: 35 — 37.
- Szebiotko K., 1995. Genotypy *Helianthus tuberosus* L. jako surowiec do produkcji składników paszowych oraz produktów spożywczych. Sprawozdanie z realizacji projektu badawczego KBN. AR, Poznań: 1 — 42.
- Tabin S., 1961. Plon i zawartość składników pokarmowych w bulwie (*Helianthus tuberosus* L.) w zależności od terminu jej zbioru. Roczn. Nauk Rol. A-4, 82: 1 — 26.
- Tomlin C.D.S. 1997. The pesticide manual. British Crop Protection Council, Farnham, Surrey.
- Ubysz-Borucka L. 1977. Fenotypowa zmienność ziemniaka. Zesz. Probl. Postęp. Nauk Rol., 191: 283 — 285.
- Vanova M., Benada J. 1983. Vliv terminu aplikace herbicidu na fitotoxicitu a odrudovou citlivost ozime pšenice. Ochr. Rostl. 19: 225 — 234.

KRZYSZTOF KLIMONT¹**STANISŁAW GÓRAL¹****MAREK JOŃCA²**¹ Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

² Przedsiębiorstwo Rekultywacji Terenów Górniczych, Jeziorko

Rekultywacyjna efektywność osadów ściekowych na podłożu wapna poflotacyjnego

The effectiveness of sewage sludge in soil recovery on flotation tilling tips

Badano wpływ stosowania zróżnicowanych dawek osadu ścieków komunalnych na inicjację i intensywność procesów glebotwórczych na bezglebowym podłożu wapna poflotacyjnego Kopalni Siarki „Jeziorko” w zależności od gatunku roślin rekultywacyjnych, a także wzrost wierzby wiciowej na tym podłożu. Bezglebowe grunty (wapno poflotacyjne) nawieziono osadami ścieków komunalnych w ilościach 250, 500 i 750 m³/ha i nawożono nawozami mineralnymi. Na podłożu tym wysadzono bulwy topinamburu i wysiano nasiona kostrzewy trzcinowej. Na podłożu wzbogaconym dawką 250 m³/ha osadu wysiano ponadto kostrzewę łąkową w mieszance z życią trwałą, koniczyną łąkową i lucerną mieszańcową. Corocznie ruń kostrzewy trzcinowej, mieszanki traw oraz traw z roślinami motylkowymi wykaszano, lub wypasano bydłem, a zeschnięte pędy topinamburu wiosną wykaszano i rozdrabniano. Również na wapnie poflotacyjnym wzbogaconym 100 m³/ha osadów oraz resztkami poźniwnymi i słomą z żyta (przedplon) założono plantację wierzby wiciowej. W pobranych próbkach podłoża określono skład granulometryczny, zawartość przyswajalnego P, K i Mg, pH oraz zawartość materii organicznej. Stwierdzono, że wszystkie dawki osadów ściekowych wniesione do podłoża wapiennego powodują widoczny przyrost materii organicznej oraz wzrost zawartości przyswajalnych związków P, K i Mg. Wysokie dawki osadu ściekowego w połączeniu z masą organiczną topinamburu wpływają najsilniej na procesy glebotwórcze podłoża wapiennego, poprzez tworzenie się znacznego poziomu organiczno-próchnicznego i zwiększenie zawartości składników mineralnych P, K i Mg. Wolniej ten proces przebiega w przypadku kostrzewy trzcinowej, a najwolniej gdy wzbogacone osadem ściekowym wapno porasta mieszanka traw i trawy z roślinami motylkowymi. Wierzba wiciowa bardzo dobrze rośnie na pokładach wapna poflotacyjnego wzbogaconego osadem ściekowym oraz resztkami poźniwnymi przedplonu i rozdrobnioną słomą. Stan słabo rosnących i wypadających roślin wikliny na części plantacji wydaje się, że nie zależy od niskiej zawartości podłoża w składniki mineralne ale od innych czynników. Skład mechaniczny podłoża jest mocno zróżnicowany, ale minimalnie wpływa na zasobność podłoża w materię organiczną i przyswajalne P, K i Mg. W wierzchniej warstwie podłoża wapiennego procesy glebotwórcze przebiegają intensywniej i zawiera ona kilkakrotnie więcej materii organicznej i składników mineralnych w porównaniu z poziomem podpróchnicznym.

Słowa kluczowe: osady ściekowe, podłoże bezglebowe, proces glebotwórczy, rekultywacja terenów pogórniczych, skład mechaniczny gleby, wapno poflotacyjne

The effect of different doses of thickened municipal sludge fertilization on initiation and intensity of soil formation process on a tip of flotation tilling from sulphur mine at Jeziórko (south-east of Poland was studied) in relation to a species of reclamation plant. The growth of *Salix viminalis* was a separate aspect of the research. The tip of flotation tilling was fertilized with sewage sludge at the amount of 250; 500 and 750 m³/ha together with mineral NKP fertilization. Next tubers of *Helianthus tuberosus* or seed of *Festuca arundinacea* were planted. On flotation tilling enriched additionally with 250 m³/ha of thickened municipal sludge, *Festuca pratensis* was planted in mixture with *Lolium perenne*, *Trifolium pratense*, and *Medicago varia*. The canopy of *Festuca arundinacea* and mixtures of grasses were cut or fed to cattle, however dried shoots of *Helianthus tuberosus*, were cut and crushed and left over early in spring. Prior to setting up the plantation of *Salix viminalis* the tip of flotation tilling was fertilized with 100 m³/ha of municipal sludge together with post-harvest residues of preceding crop (rye). In the collected soil samples soil texture, pH and content of P, K, Mg and organic matter were determined. It was found that all doses of municipal sludge applied to flotation tilling caused clear increase of organic matter content and concentration of P, K, Mg. The highest doses of municipal sludge together with organic matter from *Helianthus tuberosus* influenced most efficiently the soil formation process, formation of humus layer and accumulation of the mineral ingredients was most intense. *Salix viminalis* grew well on flotation tilling fertilized with municipal sludge together with post harvest residues of rye straw. Weak or dead basket willow plants found on a part of the plantation seem to be caused by other factors than the lack of nutrients in soil. Mechanical composition of ground was much differentiated, but it had almost no effect on organic matter and P, K, Mg contents. In the surface layer of the flotation tilling the process of soil recovery was more intensive and this layer contained more organic matter and minerals than the lower one.

Key words: flotation tilling, post-mining reclamation, sewage sludge, soil forming process, soil texture

WSTĘP

Eksploracja złóż siarki w kopalniach okolic Tarnobrzega spowodowała zniekształcenia budowy geologicznej, urzeźbienia terenu oraz zmianę warunków hydrogeologicznych, przyczyniają się do degradacji dużych obszarów gruntów wcześniej użytkowanych rolniczo. Silne zasiarczenie terenu zniszczyło szatę roślinną i życie biologiczne gleby, a zakwaszenie gleb kształtowało się poniżej pH 4,0. Na tych terenach występują również obszary, gdzie zakwaszenie sięga nawet pH 2,5 (obszar górniczy, będącej w likwidacji Kopalni Siarki „Grzybów”). Także wapno poflotacyjne, wykorzystywane w pracach neutralizacyjnych i niwelacyjnych terenów poeksploatacyjnych kopalni siarki jest pozbawione życia biologicznego. Zainicjowanie procesów glebotwórczych na niwelowanych terenach z użyciem odpadów pokopalnianych jest największym problemem, ponieważ wapno poflotacyjne jest tylko martwym podłożem, na którym wskutek odpowiednich zabiegów mogą być zainicjowane procesy glebotwórcze, umożliwiające wegetację roślinności.

Rekultywacja terenów pokopalnianych, po otworowej eksploatacji siarki, jest zagadnieniem trudnym i złożonym. W procesie eksploatacji siarki zachodzą przekształcenia chemiczne, geomechaniczne i hydrologiczne (Puka, 1991). Rekultywacja gruntów po otworowej eksploatacji siarki (wg Łackiej-Pilaszek i Siuty, 1991) polega na: likwidacji otworów eksploatacyjnych, technicznej rekultywacji gruntu, uregulowaniu warunków gruntowo-wodnych, zneutralizowaniu kwasowości gruntów, użyznieniu mineralnym i organicznym rekultywowanych gruntów, i w końcowej fazie, wprowadzenia odpowiednich

roślin pionierskich. Rozpoczęty w 1995 roku program pilotażowo-wdrożeniowy przewidywał zastosowanie osadu ściekowego z Miejskiej Oczyszczalni Ścieków w Stalowej Woli do rekultywacji biologicznej wapna poflotacyjnego zdeponowanego na polu poeksploatacyjnym siarki kopalni „Jeziórko” (Jońca, 2000). Już po roku badań przydatność osadów ściekowych oczyszczalni komunalnych do celów rekultywacyjnych i zagospodarowania gruntów poeksploatacyjnych oceniono jednoznacznie pozytywnie (Jońca, 1996). Badania Siuty i wsp. (Siuta i in., 1996) oraz Klimonta i Górala (2001) wykazały że lucerna, topinambur i kostrzewa trzcinowa oraz kupkówka pospolita są najlepszymi roślinami rekultywacyjnymi na bezglebowe podłoże wapna poflotacyjnego nawiezione osadami ścieków komunalnych. Osady te, powstałe w procesie mechanicznego i biologicznego oczyszczania ścieków komunalnych, zawierają dużo masy organicznej i azotu, mogą więc spełniać rolę nawozu naturalnego, jak obornik. Muszą one jednak odpowiadać określonym wymaganiom pod względem chemicznym, biologicznym, jak również technicznym (Piotrowska, 1989).

Prezentowane badania miały na celu określenie wpływu stosowania zróżnicowanych dawek osadu ścieków komunalnych na inicjację i intensywność procesów glebotwórczych na bezglebowym podłożu wapna poflotacyjnego Kopalni Siarki „Jeziórko” w zależności od gatunku roślin rekultywacyjnych.

MATERIAŁ I METODY

Wapno poflotacyjne jest odpadem, który powstaje w procesie wzbogacania siarki rodzimej, wydobywanej metodą odkrywkową, przez oddzielenie nadmiaru skały płonnej. Zdeponowane na terenie kopalni odkrywkowej osady poflotacyjne przerzucono na pola poeksploatacyjne Kopalni Siarki „Jeziórko” (otworowa metoda pozyskiwania siarki) przy pomocy hydrotransportu. Zdeponowano je na powierzchni około 50 ha, a średnia miąższość wynosiła 1,5 m (od 1 do 6 m). Według doniesień literaturowych (Gołda, 1993) wapno poflotacyjne, można uznać za gliny lekkie pylaste, zawierające następujące frakcje:

- piasek (1,0–0,1 mm) — 35%,
- pył (0,1–0,02 mm) — 29%,
- cząstki spławialne < 0,02 mm — 36%, przy zawartości 6% iłu koloidalnego (<0,002 mm).

Osady ściekowe zastosowane do rekultywacji biologicznej pochodziły z Miejskiej Oczyszczalni Ścieków w Stalowej Woli, a ich skład chemiczny i właściwości przedstawiono w tabeli 1.

Wiosną 1995 roku grunt bezglebowy nawieziono powierzchniowo osadem ściekowym w ilościach 250, 500 i 750 m³ /ha i wymieszano z podłożem broną talerzową ciężką na głębokość 25 cm (Jońca, 1996). We wszystkich wariantach doświadczenia zastosowano także nawożenie mineralne N, P, K w ilościach 68,39,39 kg/ha, które w podanej wielkości wnoszono corocznie wiosną. Wariant kontrolny stanowił obiekt nie nawożony osadami ściekowymi i nie porośnięty roślinnością.

Na przygotowanym podłożu wysadzono bulwy topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.) na powierzchni 0,25 ha oraz wysiano nasiona kostrzewy trzcinowej (*Festuca arundinacea*

Scherb.) na powierzchni ok. 1,0 ha. Poza tym prowadzono obserwacje na obiektach, obsianych kostrzewą łąkową w mieszance z życicą trwałą, koniczyną czerwoną i lucerną mieszańcową, które były położone również na podłożu wapna poflotacyjnego, nawiezonego dawką 250 m³ osadu.

Każdego roku wyrosłą ruń kostrzewy trzcinowej i mieszanek traw zbierano poprzez wykaszanie oraz okresowo wypasano bydłem, natomiast pędy topinamburu pozostawiano nie skoszone na zimę, a wczesną wiosną ścinano, rozdrabniano łodygi i mieszano z podłożem za pomocą brony talerzowej.

Wiosną 1998 roku (III dekada kwietnia) na podłożu szlamów poflotacyjnych, wzbogaconych uprzednio dawką 100 m³ osadów ściekowych założono plantację wierzby wiciowej (*Salix viminalis* L.). Powierzchnia doświadczenia wynosiła 0,80 ha. Przedplonem dla wierzby było żyto, a po jego zbiorze, słomę rozdrobniono i przyorano. Osady ściekowe wniesiono pod orkę zimową. Wiosną zastosowano wieloskładnikowe nawożenie mineralne i bronowanie. Następnie ręcznie posadzono zrazy w rozstawie 70 x 50 cm (17 tys. sadzonek na 1 ha), które pielęgnowano poprzez opielanie.

Na początku sierpnia 2001 roku pobrano próbki podłoża, na którym rosną rośliny rekultywacyjne z dwóch poziomów: organiczno-próchnicznego (OA) do 3–6 cm (zależnie od miąższości) i poziomu podpróchnicznego (C) znajdującego się bezpośrednio pod poziomem materii organicznej do głębokości około 12–15 cm. Celem znalezienia przyczyn słabego wzrostu bądź zasychania wierzby wiciowej (wikliny) na części plantacji, pobrano średnie próbki podłoża z dwóch miejsc (wiklina bujnie rosnąca i słabo rosnąca).

Analizy próbek podłoża wykonano w SChR w Kielcach, skład granulometryczny metodą sedymentacyjną wg BN-78/9181-11, zawartość przyswajalnego P i K (metodą Egnera-Riehma), Mg (kolorymetrycznie), materię organiczną (metodą Tiurina) oraz pH w 1 n KCl. Otrzymane wyniki analiz chemicznych (K i Mg) porównywano do wielkości podanych przez IUNG dla kategorii agronomicznej gleb lekkich i średnich (IUNG, 1989).

WYNIKI

Jak wynika z danych tabeli 1 osady ściekowe zawierają w suchej masie pokaźne ilości składników pokarmowych w postaci azotu, fosforu i wapnia oraz niewielkie magnezu. Zawartość azotu ogólnego jest w osadzie 1,7 razy większa niż w oborniku dobrej jakości (azot amonowy stanowi 0,40%), fosforu 1,4 razy, ale jednocześnie ma w swoim składzie ponad trzy razy mniej wapnia i pięciokrotnie mniej magnezu w porównaniu z obornikiem. Ilość substancji organicznej w osadach jest bardzo wysoka i niewiele niższa niż w oborniku.

Stosując dawkę 250 m³ osadu ściekowego w przeliczeniu na 1 ha, wnosi się wraz z nim ok. 2,5 t azotu (w tym 300 kg łatwo przyswajalnego NH₄), 1,3 t fosforu, a także ok. pół tony wapnia i 120 kg magnezu oraz prawie 53 t substancji organicznej. Wraz z dawką podwójną (500 m³ osadów na 1 ha) wniesiono odpowiednio prawie 5,0 t azotu ogólnego (w tym 600 kg w formie amonowej), 2,5 t fosforu ogólnego oraz znaczące ilości wapnia i magnezu (odpowiednio 950 kg i 250 kg). Dawka potrójna (750 m³ osadu na 1 ha) to wprowadzenie do podłoża 7,5 t N ogólnego (w tym NH₄⁺ — 870 kg), około 3,7 t fosforu

(P₂O₅) oraz 1420 kg CaO i 380 kg MgO. Zawartości potasu w osadach nie oznaczano, ale zwykle jest ona niewielka, ponieważ jako pierwiastek dobrze rozpuszczalny, przechodzi do wody w procesie oczyszczenia ścieków (tab. 2).

Tabela 1

Skład chemiczny i sanitarny osadów ściekowych z Miejskiej Oczyszczalni Ścieków w Stalowej Woli
Chemical composition and sanitary status of sewage sludge from Stalowa Wola City cleaning system

Składniki Components	Zawartość Content	
	osady ściekowe sewage sludge	obornik* manure
Sucha masa % Dry matter %	29,100	25,0
pH	7,130	
Zawartość w % suchej masy Content of dry matter (%)		
Azot ogólny (N)	3,400	2,0
Azot amonowy (NH ₄ ⁺)	0,400	—
Fosfor ogólny (P ₂ O ₅)	1,690	1,2
Wapń (CaO)	0,640	2,0
Magnez (MgO)	0,160	0,8
Substancja organiczna Organic matter	72,580	88,0
Zawartość w mg/kg suchej masy Content in mg/kg of dry matter		
Cynk (Zn)	1257,730	
Ołów (Pb)	68,730	
Kadm (Cd)	<6,870	
Miedź (Cu)	30,930	
Chrom ogólny (Cr)	<20,620	
Nikiel (Ni)	68,730	
Rtęć (Hg)	0,060	
Badania bakteriologiczne i parazytologiczne Bacteriological and parazytological test		
Obecność Salmonelli Presence of Salmonella	Nie stwierdzono Not detected	
Liczba żyjących jaj <i>Ascaris sp.</i> , <i>Toxocara sp.</i> , <i>Trichuris sp.</i> Number of live eggs of <i>Ascaris sp.</i> , <i>Toxocara sp.</i> , <i>Trichuris sp.</i>		
	2	

* Skład chemiczny obornika wg Maćkowiaka, 1996

Według opinii wydanych przez SANEPID przebadane partie osadów ściekowych pod względem chemicznym, bakteriologicznym i parazytologicznym są zgodne z obowiązującymi przepisami prawa i mogą być wykorzystywane rolniczo.

* Chemical composition of manure acc. Maćkowiak, 1996

According to the statement of SANEPID, the sewage sludge tested for chemical compositions well as bacteriologically and parazytologically were in agreement with the current standards and were allowed to be utilized in agriculture.

Tabela 2

Ilość składników pokarmowych i materii organicznej wnoszona wraz z osadem ściekowym do bezglebowego podłoża poflotacyjnego

The amount of nutrients and organic matter carried in with sewage sludge into the flotation tilling

Dawka osadu ściekowego m ³ /ha Dose of sewage sludge m ³ /ha	Ilość składników pokarmowych (t) Amount of nutrients (t)					
	azot ogólny (N) total nitrogen	azot amonowy (NH ₄ ⁺) ammonium nitrogen	Fosfor ogólny (P ₂ O ₅) total phosphorus	wapń (CaO) calcium	magnez (MgO) magnesium	substancja organiczna organic matter
100	0,998	0,116	0,492	0,190	0,050	21,121
250	2,495	0,290	1,229	0,475	0,120	52,800
500	4,990	0,580	2,458	0,950	0,250	105,605
750	7,485	0,870	3,687	1,420	0,380	158,408

* — m³ osadu badanego osadu ściekowego (c. wł. 1,02 g/cm³) waży ok. 1,0 t

* — m³ of sewage sludge (1,02 g/cm³) weighs about 1,0 t

Tabela 3

Wpływ zróżnicowanych dawek osadów ściekowych na zawartość przyswajalnego P, K, Mg i materii organicznej w podłożu wapna poflotacyjnego w zależności od gatunku rośliny rekultywacyjnej (topinambur, kostrzewa trzcinowa)

The effect of different doses of sewage sludge on organic matter and P and K, Mg content in relation to species of reclamation plant (Jerusalem artichoke, tall fescue)

Gatunek rośliny Species	Dawki osadów ściekowych (m ³ /ha) Dose of sewage sludge	Poziom glebowy Soil horizon	Cechy Traitse				
			pH w 1n KCl in 1 N KCl	P ₂ O ₅ mg/100g gleby of soil	K ₂ O mg/100g gleby of soil	Mg mg/100g gleby of soil	Substancja organiczna Organic matter %
Kontrola Control	0	OA	7,44	1,5	7,3	1,7	0,54
	0	C	7,64	1,4	4,5	1,4	0,22
Topinambur Jerusalem artichoke	250	OA	7,93	50,0	5,9	26,0	8,34
		C	7,91	5,2	1,3	3,3	0,70
	500	OA	7,49	49,5	12,8	20,8	10,67
		C	7,63	5,7	2,0	3,7	1,03
		OA	7,68	56,0	15,2	23,1	10,55
		C	7,63	5,3	2,0	4,2	0,97
Kostrzewa trzcinowa Tall fescue	250	OA	7,54	4,9	8,7	2,5	2,31
		C	7,75	1,3	3,4	1,5	2,26
	500	OA	7,23	14,5	8,5	2,7	3,88
		C	7,63	2,4	3,1	1,7	1,50
		OA	7,50	9,4	11,5	4,7	2,32
		C	7,72	2,5	4,4	1,9	2,70

Pięcioletnie badania wykazały, że pod wpływem każdej z użytych dawek osadu wzrosła zawartość substancji organicznej w podłożu. Najwyższe przyrosty masy organicznej obserwowano na obiektach porośniętych topinamburem (tab. 3, 4).

Wnoszone osady ściekowe zawierające wyraźne ilości azotu, fosforu oraz pokaźne wapnia i magnezu, a zapewne i potasu (nie oznaczano) mają wpływ na wzrost ich zawartości w podłożu. Pod wpływem pojedynczej i podwójnej dawki osadu na doświad-

czeniu z topinamburem zawartość fosforu (P_2O_5) wzrosła 33 razy, a potasu tylko dwukrotnie (dawka podwójna). Zawartość magnezu natomiast wzrosła kilkanaście razy w stosunku do kontroli. Tak ogromny przyrost zawartości przyswajalnych form podstawowych składników pokarmowych warunkował wytworzenie się z wyrosłej i rozdrobnionej masy organicznej poziomu organiczno-próchnicznego i kompleksu sorpcyjnego, „magazynującego” jony oznaczanych pierwiastków.

Tabela 4

Wpływ osadów ściekowych na zawartość przyswajalnego P, K, Mg i materii organicznej w podłożu wapna poflotacyjnego w zależności od gatunku rośliny rekultywacyjnej (mieszanki traw, traw z roślinami motylkowymi, wierzba wiciowa)
The effect of sewage sludge on organic matter and P, K, Mg content, in relation to species of reclamation plant (mixture of grasses, grasses with papilionaceous plants, basket willow)

Gatunek rośliny Species	Dawki osadów ściekowych (m ³ /ha) Dose of sewage sludge	Poziom glebowy Soil horizont	Cechy Traits					Substancja organiczna Organic matter %
			pH w 1 N KCl in 1 N KCL	P ₂ O ₅ mg/100 g gleby of soil	K ₂ O mg/100g gleby of soil	Mg mg/100g gleby of soil		
Kontrola Control	0	OA C	7,44 7,64	1,5 1,4	7,3 4,5	1,7 1,4	0,54 0,22	
Kostrzewa łąkowa + życica trwała <i>Festuca pratensis</i> + <i>Lolium perenne</i>	250	OA C	7,60 7,68	2,5 1,4	7,0 2,3	1,7 2,2	2,05 0,97	
Kostrzewa łąkowa + Koniczyna czerwona <i>Festuca pratensis</i> + <i>Trifolium pratense</i>	250	OA C	7,36 7,65	2,4 2,0	5,4 1,5	2,7 1,9	3,66 1,29	
Kostrzewa łąkowa + lucerna mieszańcowa <i>Festuca pratensis</i> + <i>Medicago varia</i>	250	OA C	7,54 7,53	1,7 1,2	4,5 2,2	2,0 4,3	2,64 0,27	
Wierzba wiciowa (bujna) <i>Salix viminalis</i> (abundant)	100	OA C	7,33 7,66	10,4 4,2	8,5 2,0	2,3 1,3	4,12 0,84	
Wierzba wiciowa (słabo rosnąca) <i>Salix viminalis</i> (weak growing)	100	OA C	7,53 7,66	5,5 1,4	5,4 1,9	1,9 1,5	3,75 0,87	

Osady zastosowane na doświadczeniu z kostrzewą trzcinową spowodowały, że wytworzył się poziom organiczno-próchniczny (OA) na podłożu wapiennym, który zawierał ponad 3 razy więcej fosforu (dawka pojedyncza), potas wzrósł nieznacznie, a magnez 1,6 razy. Dawka podwójna (500 m³·ha⁻¹) powodowała najwyższy ponad 10-krotny wzrost zawartości przyswajalnego fosforu i tak jak w poprzedniej dawce, wzrost K i Mg. Dawka najwyższa (potrójna) oddziaływała pośrednio w przypadku fosforu powodowała najwyższy przyrost potasu (1,5 razy), zwiększając prawie 3-krotnie zawartość magnezu (tab. 3).

Zróznicowane wysokości dawek osadów ściekowych powodowały niewielki przyrost zasobności podłoża w przyswajalny fosfor i magnez w porównaniu do wariantu kontrolnego. Najwyższy przyrost fosforu w podłożu stwierdzono na obiekcie, który porastała kostrzewa łąkowa w mieszance z życicą trwałą, a magnezu przy poroście kostrzewy łąkowej z koniczyną czerwoną. Odnotowano natomiast zmniejszenie zawartości potasu w podłożu, co można wytłumaczyć dużym zapotrzebowaniem roślinności trawiastej na ten pierwiastek (tab. 4).

Plantacja wierzby wiciowej (wikliny) została posadzona na podłożu wapiennym wzbogaconym 100 m³ osadów na 1 ha z przeznaczeniem na materiał szkółkarski. Po posadzeniu udatność nasadzeń oceniono na ok. 90%, co jest wynikiem dobrym, zważywszy na jakość podłoża. Pomiary pędów wykonane w drugim roku po posadzeniu wykazały średnicę ok. 8–12 mm, wysokość 100–120 cm, a obecnie ich średnica wynosi 20–25 mm, a wysokość ponad 2,5 m.

Tabela 5

Skład granulometryczny osadów wapna poflotacyjnego, jako podłoża roślin rekultywacyjnych (topinambur, kostrzewa trzcinowa)
Soil texture of flotation tilling used as soil for various reclamation plant (Jerusalem artichoke, tall fescue)

Dawki osadów ściekowych (m ³ /ha) Dose of sawage sludge	Gatunek rośliny Species	Poziom glebowy Soil horizon	Podgrupy granulometryczne (symbol) Granulometric subgroups (symbols)	Zasobność frakcji w % Fraction content			
				piasek sand 1,0–0,1 mm	pył dust 0,1–0,02 mm	cząstki spławialne (łłowe) Floatable fraction < 0,02 mm	w tym ił koloidalny colloidal clay < 0,002 mm
250	topinambur Jerusalem artichoke	OA	piasek luźny (pl) loose sand	58	37	5	0
		C	piasek gliniasty lekki (pgl) light loamy sand	65	23	12	1
	kostrzewa trzcinowa tall fescue	OA	pył piaszczysty (płp) sandy silt	38	45	17	0
		C	piasek gliniasty mocny (pgm) strong loamy sand	46	37	17	0
500	topinambur Jerusalem artichoke	OA	piasek słabo gliniasty (ps) Weak-loamy sand	71	24	5	0
		C	piasek gliniasty lekki (pgl) light loamy sand	74	15	11	0
	kostrzewa trzcinowa tall fescue	OA	piasek słabo gliniasty (ps) weak-loamy sand	63	31	6	0
		C	piasek gliniasty lekki (pgl) light loamy sand	64	22	14	1
750	topinambur Jerusalem artichoke	OA	piasek słabo gliniasty (ps) weak-loamy sand	69	24	7	0
		C	piasek gliniasty lekki (pgl) light loamy sand	54	21	25	0
	kostrzewa trzcinowa tall fescue	OA	piasek gliniasty lekki (pgl) light loamy sand	53	33	14	0
		C	pył piaszczysty (płp) sandy silt	40	46	14	1
Kontrola Control		OA	pył piaszczysty (płp) sandy silt	48	45	7	1
		C	piasek gliniasty lekki (pgl) light loamy sand	66	23	11	1

Wapno poflotacyjne, na którym w przedplonie uprawiano żyto i wzbogacono rozdrobnioną słomą po zbiorze, a następnie osadami ściekowymi i nawozami mineralnymi stało się

doskonałym podłożem do wzrostu i rozwoju wierzby wiciowej. Masa organiczna resztek poźniwnych żyta i rozdrobniona słoma w połączeniu z osadami i nawozami pozwoliła na wzrost materii organicznej ponad 7,5 razy, na stanowisku gdzie rośnie bujna wiklina i prawie 7 razy na polu ze słabymi roślinami.

Tabela 6

Skład granulometryczny osadów wapna poflotacyjnego jako podłoża roślin rekultywacyjnych (mieszanek traw, trawy z roślinami motylkowymi, wierzba wiciowa)
Soil texture of flotation tilling used as a soil for various reclamation plant (mixture of grasses, grasses with papilionaceous plants, basket willow)

Gatunek rośliny Species	Poziom glebowy Soil horizon	Podgrupy granulometryczne (symbol) Granulometric subgroups (symbols)	Zawartość frakcji w % Fraction content			
			piasek 1,0–0,1 mm sand	pył 0,1–0,02 mm dust	cząstki spławialne (iłowe) < 0,02 mm floatable fraction (clay)	w tym ił koloidalny < 0,002 mm colloidal clay
Kostrzewa łąkowa + życica trwała <i>Festuca pratensis</i> +	OA	pył piaszczysty (płp) sandy silt	43	46	11	1
<i>Lolium perenne</i>	C	pył piaszczysty (płp) sandy silt	52	41	7	1
Kostrzewa łąkowa + koniczyna czerwona <i>Festuca pratensis</i> +	OA	pył piaszczysty (płp) Sandy silt	43	41	16	1
<i>Trifolium pratense</i>	C	piasek luźny (pl) loose sand	68	28	4	0
Kostrzewa łąkowa + lucerna mieszańcowa <i>Festuca pratensis</i> +	OA	piasek luźny (pl) loose sand	64	31	5	0
<i>Medicago varia</i>	C	piasek słabo gliniasty (ps) weak-loamy sand	50	40	10	0
Wierzba wiciowa (bujna) <i>Salix viminalis</i>	OA	piasek słabo gliniasty (ps) weak-loamy sand	64	30	6	0
(abundant)	C	piasek gliniasty lekki (pgl) light loamy sand	64	24	12	0
Wierzba wiciowa (słabo rosnąca) <i>Salix viminalis</i> (weak growing)	OA	piasek słabo gliniasty (ps) weak-loamy sand	63	29	8	1
	C	piasek słabo gliniasty (ps) weak-loamy sand	65	28	7	1
Kontrola Control	OA	pył piaszczysty (płp) sandy silt	48	45	7	1
	C	piasek gliniasty lekki (pgl) light loamy sand	66	23	11	1

Zawartość przyswajalnego fosforu na części plantacji, gdzie bujnie rośnie wiklina jest średnia, a potasu i magnezu niska, natomiast na miejscu gdzie ta wierzba rośnie słabo lub wręcz zamiera zawartość fosforu i potasu jest niska, a magnezu bardzo niska. Odczyn podłoża na obydwu połaciach plantacji jest lekko zasadowy (pH odpowiednio 7,33 i 7,53). Nie wydaje się, aby niska i bardzo niska zawartość P, K i Mg w podłożu wpłynęła na zamieranie wikliny. Również skład chemiczny obydwu omawianych podłoży jest podobny (tab. 4). Przyczyny zamierania wikliny mogą być inne. Skład granulometryczny podłoża, na którym założono doświadczenia jest bardzo zróżnicowany. W większości próbek przeważa frakcja piasku, następną wielkość stanowią pyły, a najmniej jest cząstek

spławialnych. Il koloidalny natomiast występuje śladowo w 10 na 24 badanych próbkach. Odczyn podłoża, na którym prowadzone są badania jest zasadowy i mało zróżnicowany od 7,23–7,93 pH (tab. 3 i 4).

Skład chemiczny podłoża i zawartość gromadzonej substancji organicznej w zasadzie w małym stopniu zależy od składu granulometrycznego (tab. 5 i 6).

PODSUMOWANIE

Uzyskane wyniki badań wykazały, że pokłady wapna poflotacyjnego użyte do rekultywacji terenów poeksploatacyjnych kopalni siarki wydobywanej metodą otworową, wzbogacone substancjami i mikroorganizmami zawartymi w osadach ściekowych razem z porastającą je roślinnością, tworzą odpowiednie podłoże do procesów glebotwórczych. Czynnikiem inicjującym ten proces jest więc wprowadzona w postaci osadu ściekowego materia organiczna i przyswajalne podstawowe składniki pokarmowe dla roślin oraz mikroflora, które to czynniki przywracają życie biologiczne bezglebowego podłoża, a pojawiająca się odpowiednio dobrana roślinność, wzbogaca nadal podłoże w materię organiczną, tworząc poziom organiczno-próchniczny z rozwiniętym kompleksem sorpcyjnym, dając zaczątki gleby. O przebiegu intensywnych procesów glebotwórczych w wierzchniej warstwie podłoża wapiennego świadczy fakt, że zawartość substancji organicznej i przyswajalnych pierwiastków N, P, K, Mg w poziomie organiczno-próchnicznym (OA) jest kilka, a nawet kilkakrotnie razy wyższa niż w poziomie podpróchnicznym (C).

WNIOSKI

1. Dawki osadów ściekowych wniesione do podłoża wapiennego w ilości 250, 500 i 750 cm³/ha powodują istotny przyrost substancji organicznej oraz wzrost zawartości przyswajalnych związków N, P, K i Mg.
2. Wysokie dawki osadu ściekowego w połączeniu z masą organiczną topinamburu wpływają najsilniej na procesy glebotwórcze podłoża wapiennego, poprzez tworzenie się znaczącego poziomu organiczno — próchnicznego i zwiększenie zawartości składników pokarmowych N, P, K i Mg.
3. Podłoże wapienne porośnięte kostrzewą trzcinową i wzbogacone osadem ściekowym wolniej w porównaniu z topinamburem, przekształca się w glebę i zawiera mniej przyswajalnych związków N, P, K i Mg.
4. Pod wpływem osadów i mieszanki traw oraz traw z motylkowymi proces glebotwórczy w podłożu wapna poflotacyjnego przebiega najwolniej, w porównaniu ze stanowiskiem porośniętym topinamburem i kostrzewą trzcinową, co wiąże się z częściowym wyprowadzeniem masy roślinnej podczas wykaszania i wypasania traw i traw z roślinami motylkowymi.
5. Wierzba wiciowa (wiklina) bardzo dobrze rośnie na pokładach wapna poflotacyjnego, wzbogaconego osadem ściekowym oraz resztkami poźniowymi przedplonu i rozdrobnioną słomą.

6. Wydaje się, że stan słabo rosnących i wypadających roślin wikliny na części plantacji nie zależy od niskiej zasobności podłoża w N, P, K i Mg, ale od innych czynników (choroby, wody stojące).

LITERATURA

- Gołda T. 1993. Przemiany siarki elementarnej zawartej w szlamach poflotacyjnych pod wpływem rekultywacyjnych zabiegów uprawowych. Zesz. Nauk. AGH Nr 1496, Sozologia i Socjotechnika z. 37: 67 — 75.
- Jońca M. 1996. Rekultywacyjna efektywność osadu ściekowego w Kopalni Siarki „Jeziórko”. Materiały Terenowej Konferencji Naukowo-Technicznej. Przyrodnicze Użytkowanie Osadów Ściekowych, Lublin: 73 — 76.
- Jońca M. 2000. Zastosowanie osadów ściekowych w rekultywacji gruntów kopalni siarki „Jeziórko” Inżynieria Ekologiczna nr 1 Ochrona i Rekultywacja Gruntów PTIE. Baranów Sandomierski: 14–16 czerwca 2000: 27 — 30.
- Klimont K., Góral S. 2001. Glebotwórcze działanie traw i topinamburu na gruncie z wapna poflotacyjnego. Inżynieria Ekologiczna nr 3. Ochrona i Rekultywacja Gruntów. PTIE, Bydgoszcz 4–6 czerwca 2001: 198 — 201.
- Łącka-Pilaszek B., Siuta J. 1991. Ekologiczne skutki otworowej eksploatacji siarki w kopalni Jeziórko. Ochrona Środowiska 2.
- Maćkowiak Cz. 1996. Nawozowa użyteczność osadów ściekowych w świetle badań JUNG. Materiały Terenowej Konferencji Naukowo-Technicznej. Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych. Lublin: 35 — 39.
- Materiały do opracowania zaleceń nawozowych na gruntach ornych. 1989. IUNG w Puławach. PWRiL, Warszawa.
- Piotrowska M. 1989. Metody oceny przydatności osadów ścieków bytowych w rolnictwie. Wybrane zagadnienia związane z chemicznym zanieczyszczeniem gleb. PAN, Warszawa: 83 — 100.
- Puka T. 1996. Rekultywacyjne zadania Kopalni Siarki „Jeziórko”. Materiały Terenowej Konferencji Naukowo-Technicznej. Przyrodnicze Użytkowanie Osadów Ściekowych. Lublin: 69 — 72.
- Siuta J., Wasiak G., Chłopecki K., Kaźmierczuk M., Jońca M., Mamelka D., Sułek S. 1996. Przyrodniczo-techniczne przetwarzanie osadów ściekowych w kompost. IOŚ Warszawa.

PIOTR MALICKI

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Nowe odmiany roślin rolniczych wyhodowane w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin

Wiosną 2002 roku Dyrektor Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych podjął decyzję o wpisaniu do Rejestru 27 nowych odmian roślin rolniczych wyhodowanych w Spółkach Hodowli Roślin i Zakładach Doświadczalnych IHAR. Charakterystykę nowo zarejestrowanych odmian podajmy na podstawie badań COBORU oraz zaleceń hodowców, koncentrując się na wskazaniu wyróżniających je cech jakościowych i użytkowych. Poniżej prezentujemy najnowsze odmiany zbóż, kukurydzy, ziemniaków, rzepaku, traw i roślin strączkowych.

PSZENICA JARA

Korynta (KOH 1498) — odmiana jakościowa (grupa A) o dobrej zdrowotności wyhodowana w Hodowli Roślin Strzelce Sp. z o.o. Oddział Kończewice. Rośliny średniej wysokości, odporne na osypywanie ziarna, o przeciętnym terminie dojrzewania. Ziarno duże, szkliste o wysokim stopniu wyrównania, dobrej wymiałości, odporne na porastanie, o dużej zawartości białka i glutenu. Plonuje dobrze w całym kraju, a na wschodzie bardzo dobrze. Przy przeciętnych wymaganiach glebowych jest mało tolerancyjna na zakwaszenie gleby.

JĘCZMIENŃ OZIMY

Bażant (BKH 2198) — odmiana pastewna o przeciętnej mrozoodporności i zdrowotności wyhodowana w Hodowli Roślin Smolice Sp. z o.o. Oddział Bąków. Rośliny wysokie o dużej odporności na wyleganie. Ziarno małe średnio wyrównane o przeciętnej zawartości białka. Plonuje dobrze w południowo-zachodniej części kraju, w pozostałych rejonach przeciętnie. Ma przeciętne wymagania glebowe i średnią tolerancję na zakwaszenie gleby.

ŻYTO OZIME

Rostockie (SMH 1599) — odmiana populacyjna przeznaczona do uprawy na ziarno, o dobrej zdrowotności i zimotrwałości wyhodowana w Hodowli Roślin Smolice Sp. z o.o. Rośliny wysokie, o średniej odporności na wyleganie i dużej odporności na porastanie ziarna w kłosie. Ziarno duże, wyrównane o dużej zawartości białka. Plonuje bardzo dobrze

w południowo-wschodnim rejonie kraju, a w pozostałej części Polski dobrze. Ma średnie wymagania glebowe i średnią tolerancję na zakwaszenie gleby.

Stach F₁ (RAH 1598) — odmiana mieszańcowa, o dobrej zimotrwałości i dużej odporności na rdze hodowli Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie, przekazana do Hodowli Roślin Smolice Sp. z o.o. Rośliny o przeciętnej wysokości i dużej odporności na wyleganie. Ziarno średniej wielkości, dobrze wyrównane, o przeciętnej zawartości białka. Plonuje bardzo dobrze w całym kraju. Jest średnio tolerancyjna na zakwaszenie gleby

PSZENŻYTO OZIME

Pawo (MAH 3399) — odmiana o dużej mrozoodporności i dobrej odporności na rdzę brunatną i septoriozę plew wyhodowana w Hodowli Roślin Strzelce Sp. z o.o. Oddział Borowo. Rośliny średniej wysokości o małej odporności na wyleganie i średniej odporności na porastanie ziarna w kłosie. Ziarno duże, średnio wyrównane, o dość małej zawartości białka. Plon ziarna bardzo dobry jedynie na południowym wschodzie przeciętny. Odmiana ma średnie wymagania glebowe i średnią tolerancję na zakwaszenie gleby.

Witon (MAH 3299) — odmiana o średniej mrozoodporności i zróżnicowanej zdrowotności; duża odporność na septoriozę plew, małą na rdzę brunatną i fuzariozę kłosów wyhodowana w Hodowli Roślin Strzelce Sp. z o.o. Oddział Małyszyn. Rośliny niskie, o dużej odporności na wyleganie i średniej odporności na porastanie ziarna w kłosie. Ziarno małe średnio wyrównane o przeciętnej zawartości białka. Plon ziarna bardzo dobry w całym kraju. Odmiana ma średnie wymagania glebowe i średnią tolerancję na zakwaszenie gleby

OWIES

Polar (STH 4999) — druga krajowa odmiana o nieoplewionym ziarnie, wyhodowana w Hodowli Roślin Strzelce Sp. z o.o., o dobrej zdrowotności, średniej wysokości roślin, bardzo dużej odporności na wyleganie i średnim terminie dojrzewania. Ziarno w porównaniu do odmiany Akt jest większe, lepiej wyrównane oraz zawiera więcej białka i tłuszczu. Plonuje (po uwzględnieniu ok. 28% łuski) powyżej średniej zarejestrowanych odmian owsa. Posiada przeciętne wymaganie glebowe i jest mniej tolerancyjna na zakwaszenie gleby.

KUKURYDZA

Blask (SMH 12499) — mieszaniec pojedynczy, średnio wczesny (FAO 240-250), wyhodowany w Hodowli Roślin Smolice Sp. z o.o. Rośliny dość wysokie o kolbach długich, kształtu stożkowo-cylindrycznego i dużej średnicy. Plon ziarna duży, struktura kolb średnia. Mieszaniec polecany jest do uprawy na ziarno w rejonach południowym i środkowym.

Boruta (SMH 12599) — mieszaniec trójliniowy kiszonkowy o wczesności pośredniej pomiędzy grupą wczesną i średnio wczesną (FAO 230-240), wyhodowany w Hodowli Roślin Smolice Sp.z o.o. Rośliny wysokie o dobrej zdrowotności, długich kolbach dużej średnicy. Plon ogólny suchej masy średni, plon kolb duży, struktura plonu korzystna. Mieszaniec przydatny jest do uprawy na kiszonkę w trudniejszych warunkach termicznych.

Bulat (SMH 11899) — mieszaniec trójliniowy, średnio wczesny (FAO 240), wyhodowany w Hodowli Roślin Smolice Sp. z o.o. Rośliny wysokie o dobrej zdrowotności, długich kolbach i dużej średnicy. Plon ziarna dość duży. Mieszaniec polecany jest do uprawy na ziarno w rejonach produkcji ziarnowej.

Junak (SMH 11799) — mieszaniec trójliniowy, wczesny (FAO 210-220), wyhodowany w Hodowli Roślin Smolice Sp.z o.o. Rośliny wysokie o długich kolbach średniej średnicy kształtu stożkowo-cylindrycznego. Podatność na fuzariozy łodyg średnia, na wyleganie mała. W grupie odmian wczesnych plonuje dobrze. Mieszaniec przydatny jest do uprawy na ziarno i CCM w gorszych warunkach termicznych.

Nysa (SMH 12199) — mieszaniec trójliniowy, średnio wczesny (FAO 240-250), wyhodowany w Hodowli Roślin Smolice Sp.z o.o. Rośliny wysokie, o długich kolbach, dużej średnicy i średniej liczbie rzędów ziarna. Mała podatność na fuzariozy, wyleganie i porażenie przez omacnicę prosowiankę. Plonuje dobrze przy średniej strukturze kolb. Mieszaniec polecany jest do uprawy na ziarno i CCM w rejonach uprawy ziarnowej.

Rota (SMH 11599) — mieszaniec trójliniowy, średnio wczesny (FAO 230), wyhodowany w Hodowli Roślin Smolice Sp. z o.o. Rośliny wysokie, o długich kolbach, średniej wielkości i średniej liczbie rzędów ziarna. Mała podatność na wyleganie, głównie i omacnicę prosowiankę. Na tle odmian średnio wczesnych plonuje dobrze. Mieszaniec przydatny jest do uprawy na ziarno w rejonach mniej korzystnych termicznie.

ZIEMNIAK

Felka (BNH 7499) — odmiana bardzo wczesna, plenna, jadalna w typie kulinarnym wszechstronnie użytkowym, wyhodowana w Hodowli Ziemniaka Zamarte Sp. z o.o., Dział Hodowli Bonin. Bulwy dość duże, okrągłoowalne o dużym udziale frakcji handlowej. Miąższ żółty, smak dobry. Przydatna do produkcji frytek i chipsów. Odmiana o dobrej odporności na choroby, zalecana do uprawy w całym kraju.

Korona (ZAH 8299) — odmiana wczesna, jadalna, dobrze plonująca, w typie kulinarnym sałatkowym, wyhodowana w Hodowli Ziemniaka Zamarte Sp. z o.o. Bulwy bardzo duże okrągłoowalne o bardzo dużym udziale plonu handlowego. Miąższ jasnożółty o dobrym smaku. Odmiana odporna na większość chorób z wyjątkiem zarazy ziemniaka. Zalecana do uprawy w całym kraju.

Dorota (BOH 8099) — odmiana wczesna skrobiowa, wyhodowana w Hodowli Ziemniaka Zamarte Sp z o.o., Dział Hodowli w Boninie. Bulwy duże okrągłopodługne o zawartości skrobi 17,5%. Miąższ jasnożółty, smak dość dobry, typ konsumpcyjny ogólnoużytkowy do mączystego. Przydatna do produkcji frytek. Odmiana odporna na choroby wirusowe, podatna na porażenie zarazą ziemniaka. Zalecana do uprawy w całym kraju.

Rudawa (SOH 7099) — odmiana skrobiowa, późna, wyhodowana w Hodowli Ziemiaka Zamarte Sp. z o.o. i Hodowli Roślin Szyldak Sp. z o.o. Bulwy bardzo duże, okrągłoowalne o bardzo dużej zawartości skrobi (22,5%). Miąższ kremowy, smak przeciętny, typ konsumpcyjny bardzo mączysty. Odporność na choroby na poziomie odmian wzorcowych. Przydatna do uprawy w całym kraju.

Gracja (ZAH 8899) — odmiana wczesna jadalna w typie kulinarnym wszechstronnie użytkowym do mączystego, wyhodowana w Hodowli Ziemiaka Zamarte Sp. z o.o. Bulwy duże okrągłoowalne o dużym udziale w plonie frakcji handlowej, przydatne do produkcji chipsów. Miąższ jasnożółty o dobrym smaku. Odmiana odporna jest na mątwika ziemniaczanego i choroby wirusowe, podatna na porażenie zarazą ziemniaka.

BURAK CUKROWY

Polonez (SMH 399) — diploidalna odmiana buraka cukrowego wyhodowana w Hodowli Roślin Smolice Sp. z o.o., hodowla zachowawcza jest prowadzona przez Wielkopolską Hodowlę Buraka Cukrowego Sp. z o.o. w Poznaniu. Rośliny o średnim ulistnieniu, normalnym typie korzenia i przeciętnej podatności na chwościka burakowego. Plon korzeni i cukru na poziomie wzorca, zawartość cukru wyższa od wzorca.

RZEPAK OZIMY

Bosman (BOH 2499) — odmiana populacyjna, podwójnie ulepszona rzepaku ozimego wyhodowana w Hodowli Roślin Strzelce Sp. z o.o. Oddział Borowo. Rośliny średnio wysokie o dobrej odporności na wyleganie i średniej zdrowotności. Zimotrwałość dobra, na poziomie odmian wzorcowych. Nasiona powyżej średniej wielkości o podwyższonej zawartości tłuszczu. Zawartość białka ogólnego w suchej beztłuszczowej masie powyżej średniej, przy średniej zawartości włókna. Plon nasion i tłuszczu dość duży.

Lubusz (MAH 3798) — mieszaniec złożony podwójnie ulepszony, wczesny, rzepaku ozimego wyhodowany w Hodowli Roślin Strzelce Sp. z o.o. Oddział Borowo. Rośliny średnio wysokie o dobrej odporności na wyleganie i średniej zdrowotności. Zimotrwałość dobra, na poziomie najlepszych odmian. Nasiona powyżej średniej wielkości o dużej zawartości tłuszczu. Zawartość białka ogólnego w suchej beztłuszczowej masie powyżej wzorca, włókna średnia. Plon nasion i tłuszczu bardzo duży.

Pomorzanin (MAH 4098) — mieszaniec złożony podwójnie ulepszony, wczesny, rzepaku ozimego wyhodowany w Hodowli Roślin Strzelce Sp. z o.o. Oddział Małyszyn. Rośliny średnio wysokie o średniej odporności na wyleganie i średniej zdrowotności. Zimotrwałość dobra, na poziomie odmian wzorcowych. Nasiona średniej wielkości o podwyższonej zawartości tłuszczu. Zawartość białka ogólnego w suchej beztłuszczowej masie powyżej wzorca, włókna średnia. Plon nasion i tłuszczu bardzo duży.

BOBIK

Albus (STH 1299) — odmiana bobiku wyhodowana w Hodowli Roślin Strzelce Sp. z o.o. Rośliny średnio wysokie o tradycyjnym typie wzrostu przydatne do uprawy na

zbiór nasion paszowych. Wyleganie na początku kwitnienia nie występuje, a przed zbiorem małe. Podatność na choroby grzybowe średnie. Nasiona duże, białoszare okrywy i śladowe ilości tanin. Plony nasion i białka ogólnego — średnie. Wymagania glebowe typowe dla bobiku.

FASOLA

Raba (RAH 899) — odmiana fasoli zwykłej karłowej, z przeznaczeniem do uprawy na suche nasiona, wyhodowana w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie. Rośliny średnio wysokie, krzaczaste o białych kwiatach. Nasiona eliptyczne małe o białej okrywie o zawartości białka powyżej przeciętnej. Osadzenie dolnych strąków dość wysokie.

ŁUBIN WĄSKOLISTNY

Baron (PRH 1599) — odmiana łubinu wąskolistnego wyhodowana w Hodowli Roślin Smolice Sp. z o.o. Oddział Przebędowo. Rośliny o tradycyjnym typie wzrostu i niebieskiej barwie kwiatu. Wyleganie roślin w czasie kwitnienia i przed zbiorem bardzo małe. Odporna na choroby fuzaryjne, brunatną plamistość i antraknozę. Nasiona średniej wielkości o szarej okrywie z białą i brązową ornamentacją, przydatne na paszę. Plony nasion i białka ogólnego bardzo duże. Skłonność do pęknięcia strąków i osypywania nasion bardzo mała, zawartość alkaloidów mała. Odmiana przeznaczona jest do uprawy na glebach kompleksu żyniego bardzo dobrego.

Zeus (PRH 1799) — odmiana łubinu wąskolistnego wyhodowana w Hodowli Roślin Smolice Sp. z o.o. Oddział Przebędowo. Rośliny o tradycyjnym typie wzrostu i różowej barwie kwiatu. Podatność na wyleganie roślin przez cały okres wegetacji bardzo mała. W dużym stopniu odporna na choroby fuzaryjne, brunatną plamistość i antraknozę. Nasiona duże o białej okrywie bez ornamentacji, przydatne na paszę. Plony nasion i białka ogółem bardzo duże. Skłonność do pęknięcia strąków i osypywania nasion bardzo mała. Odmiana przeznaczona jest do uprawy na glebach kompleksu żyniego bardzo dobrego.

KOSTRZEWA ŁĄKOWA

Justa (BAH 397) — średnio wczesna dobrze zimująca, pastewna odmiana kostrzewy łąkowej wyhodowana w Zakładzie Doświadczalnym Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Bartążku. Rośliny wiosną i po kolejnych koszeniach wykazują bardzo dużą szybkość odrastania, dobrze zagęszczają ruń, są bardzo odporne na choroby grzybowe i bakteryjne. Plony suchej masy bardzo duże, szczególnie duże i stabilne w drugim i trzecim roku użytkowania. Odmiana wyróżnia się plonem energii paszy. Przeznaczona do użytkowania kośnego na łąki oraz na pastwiska.

Szczegółowych informacji o w/w odmianach udzielają:

1. Dział Promocji Postępu Biologicznego IHAR Radzików, 05-870 Błonie,
— tel. (0-22) 725-35-78, 725-36-11, (0-502) 25-78-74, fax. (0-22) 725 47 14, e-mail:
p.malicki@ihar.edu.pl
2. Spółki Hodowli Roślin:
3. Hodowla Roślin Smolice Sp. z o.o., Smolice 146, 63-740 Kobylin
— tel. (0 65) 548 24 20, fax (0 65) 548 10 70, e-mail: hrsmolice@poczta.onet.pl
4. Hodowla Roślin Strzelce Sp. z o.o., Strzelce, ul Główna 20, 99-307 Strzelce
tel. (0 24) 356 69 00, fax (0 24) 356 69 02, e-mail: hr-strzelce@post.pl
5. Hodowla Ziemniaka Zamarte Sp. z o.o., Zamarte 33, 89-430 Kamień Krajeński
— tel. (0 52) 388 15 76, fax (0 52) 388 15 74, e-mail: hzz@zamarte.com

SPIS TREŚCI — CONTENTS

Jerzy Kączkowski	Nowe poglądy na strukturę i funkcje białek zapasowych zbóż na przykładzie pszenicy (<i>Triticum aestivum</i> L.) New aspects of the cereal grain storage protein structure and functions based on wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.)	3
Małgorzata Grudkowska Barbara Zagdańska	Roślinne endoproteinazy cysteinowe i ich różnorodne funkcje fizjologiczne Plant cysteine endoproteinas and their multiple physiological roles	33
Małgorzata Grudkowska Krzysztof Wiśniewski Barbara Zagdańska	Aktywność endoproteinaz cysteinowych wskaźnikiem odporności pszenicy na mróz i suszę Cysteine endoproteinas activity as an indicator of wheat resistance to frost and drought	45
Artur Kryszczuk	Kriokonserwacja — nowoczesna metoda długotrwałego przechowywania materiału roślinnego Cryopreservation — a modern method of long-term storage of plant material	57
Tadeusz Oleksiak	Efekty hodowli pszenicy ozimej Część I. Zmiany potencjału plonowania odmian Effects of winter wheat breeding Part I. Yield potential changes	67
Stanisław Węgrzyn Tadeusz Wojas Tadeusz Śmiałowski	Uwarunkowania genetyczne oraz współzależności plonu i wybranych cech użytkowych pszenicy ozimej (<i>Triticum aestivum</i> L.) Heritability and interrelationships of yield and certain agronomic traits in winter wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.)	77
Tadeusz Wojas Magdalena Gut	Współzależności pomiędzy odpornością na porastanie a innymi cechami użytkowymi pszenicy ozimej (<i>Triticum aestivum</i> L.) Interrelationships between preharvest sprouting and some agronomic traits in winter wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.)	87
Józef Pilch	Wartość technologiczna introgresywnych form pszenicy ozimej (<i>Triticum aestivum</i> L.) Bread-making quality of introgressive forms of winter wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.)	95
Hanna Subda Aneta Jarosławska Anna Unton Zofia Karolini-Skaradzińska	Ocena wpływu wybranych cech chemicznych pszenicy ozimej na jakość ciasta i chleba The effect of selected chemical features of winter wheat flour on the quality of dough and bread	111
Maria Chrząstek	Wpływ dodanych i podstawionych chromosomów żyta (<i>Secale cereale</i> L.) na wybrane cechy ilościowe pszenicy (<i>Triticum aestivum</i> L.) Effect of added and substituted rye chromosomes (<i>Secale cereale</i> L.) on some quantitative features of wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.)	121

Maria Chrząstek	Reakcja linii pszenicy z dodanymi i podstawionymi chromosomami żyta na egzogeny kwas giberelinowy The reaction of wheat lines with added and substituted rye chromosomes to exogenic gibberellic acid	131
Jerzy Grabiński Jan Mazurek	Plonowanie żyta mieszańcowego odmiany Nawid w warunkach rzadkich siewów Yielding of hybrid winter rye cultivar Nawid under low sowing density	137
Helena Grzesik	Charakterystyka rodów pszenżyta ozimego odpornych na porastanie. Komunikat Characteristics of winter triticales strains resistant to pre-harvest sprouting. Short communication	145
Bogusława Jaśkiewicz	Określenie wymagań agrotechnicznych nowych odmian pszenżyta ozimego Determination of agrotechnical requirements for new winter triticales varieties	151
Andrzej Woźniak	Plonowanie pszenżyta jarego w różnych systemach następstwa roślin Yielding of spring triticales in different systems of crop sequence	159
Krzysztof Klimont	Wpływ naświetlania laserem nasion na plon ziarna i wartość siewną ziarna jęczmienia jarego (<i>Hordeum vulgare</i> L.) The influence of the laser biostimulation on the yield and seed quality of spring barley (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	169
Andrzej Woźniak	Wpływ przedplonów na plonowanie, zachwaszczenie i zdrowotność jęczmienia jarego The influence of forecrops on yielding, weed infestation and state of health of spring barley	179
Tadeusz Śmiałowski Stanisław Węgrzyn	Zmienność, zależność i genetyczne uwarunkowanie ważnych cech u rodów i odmian owsa (<i>Avena sativa</i> L.) Variability, correlation, and heritability of the important traits of oat (<i>Avena sativa</i> L.) varieties and strains	186
Sławomir Michałek Edward Borowski	Kielkowanie nasion i wzrost siewek krajowych odmian soi (<i>Glycine max</i> (L.) Merr.) w warunkach suszy Seed germination and seedling growth of the Polish soybean (<i>Glycine max</i> (L.) Merr.) cultivars in drought conditions	195
Józef Martyniak Danuta Martyniak	Przyrodnicze i antropogeniczne uwarunkowania rejonizacji uprawy kostrzewy czerwonej na nasiona w Polsce The natural and anthropogenic condition for regionalization of red fescue seed production in Poland	203
Elżbieta Czembor	Brunatna plamistość wiechliny łąkowej (<i>Drechslera poae</i> (Baudys) Shoemaker) Część I. Taksonomia, występowanie, biologia i znaczenie gospodarcze Leaf spot and melting out of Kentucky bluegrass <i>Drechslera poae</i> (Baudys) Shoemaker Part I. Taxonomy, biology and economic importance of the pathogen	213
Elżbieta Czembor	Brunatna plamistość wiechliny łąkowej (<i>Drechslera poae</i> (Baudys) Shoemaker) Część II. Hodowla odpornościowa wiechliny łąkowej Leaf spot and melting out of Kentucky bluegrass <i>Drechslera poae</i> (Baudys) Shoemaker Part II. Breeding for resistance of Kentucky bluegrass	223

Mieczysław Wilczek Piotr Wilczek	Wpływ terminu zbioru pierwszego pokosu oraz nawożenia makro- i mikroelementami na plon nasion tetraploidalnej koniczyny czerwonej (łąkowej) The influence of term of first cut harvest and macro- and microelements fertilization on seed yield of tetraploid red clover	237
Krzysztof Klimont	Wpływ światła lasera na plon roślin i jakość nasion szarłat krwistego (<i>Amaranthus cruentus</i> L.) The influence of the laser light on yield and seed quality of amaranth (<i>Amaranthus cruentus</i> L.)	249
Krzysztof Klimont	Badania biostymulacji laserem na wartość siewną nasion i plon roślin pomidora (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) i ogórka (<i>Cucumis sativus</i> L.) Studies of laser biostimulation on sowing value of seeds and yield of tomato (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) and cucumber (<i>Cucumis sativus</i> L.) plants	257
Krystyna Rykaczewska	Rola wieku fizjologicznego bulw matecznych w kształtowaniu architektury łanu i plonu ziemniaka Część I. Wpływ na strukturę rośliny i architekturę łanu The role of physiological age of mother tubers in forming of canopy architecture and yield of potato Part I. The influence on plant structure and potato canopy architecture	267
Krystyna Rykaczewska	Rola wieku fizjologicznego bulw matecznych w kształtowaniu architektury łanu i plonu ziemniaka Część II. Wpływ na plon i jego strukturę The role of physiological age of mother tubers in forming of canopy architecture and yield of potato Part II. The influence on yield and its structure	281
Barbara Sawicka	Syntetyczne regulatory wzrostu Mival i Moddus 250 ME w uprawie ziemniaka Część III. Wpływ regulatorów wzrostu na ciemnienie miąższu bulw surowych i gotowanych The synthetic growth regulators Mival and Moddus 250 ME in potato cultivation Part III. The influence of growth regulators on darkening of raw and cooked tubers	301
Halina Kurzawińska Iwona Gajda	Grzyby zasiedlające sucho gnijące bulwy ziemniaka Fungi settling dry rotting potato tubers	315
Jadwiga Pietrak Juliusz Kamasa	Reakcja na wirusy i wartość użytkowa odmian ziemniaka zarejestrowanych w Polsce w latach 2001–2002 The reaction to virus infection and agronomic value of potato cultivars registered in Poland in 2001–2002	321
Józefa Kapsa	Zmiany w europejskich populacjach <i>Phytophthora infestans</i> Changes in European populations of <i>Phytophthora infestans</i>	329
Jadwiga Śliwka	Metody stosowane do charakteryzowania izolatów <i>Phytophthora infestans</i> , organizmu powodującego zarazę ziemniaka Methods used for characterization of <i>Phytophthora infestans</i> isolates, the organism which causes potato late blight	337

Józefa Kapsa Jerzy Osowski	Wprowadzanie i ocena systemu decyzyjnego NegFry w strategii ochrony przed zarazą ziemniaka w warunkach polskich Implementation and evaluation of NegFry decision support system in late blight control strategy under Polish conditions	351
Genowefa Sowa- Niedziałkowska	Określanie optymalnej temperatury przechowywania sadzeniaków różnych odmian ziemniaka w skali 9-stopniowej Determination of optimum storage temperature of seed potato tubers of different cultivars in 9-degree scale	361
Jerzy Osowski	Wpływ zaprawiania na zdrowotność bulw ziemniaka Influence of seed dressing on healthiness of potato tubers	369
Maria Pytlarz-Kozicka	Wpływ gęstości sadzenia na zdrowotność i plon dwóch odmian ziemniaka The effects of planting density on health and yields of two potato cultivars	375
Piotr Kraska Edward Pałys	Wpływ systemów uprawy roli, poziomów nawożenia i ochrony na plonowanie ziemniaka uprawianego na glebie lekkiej The influence of tillage systems, fertilization and plant protection levels on yielding of potato cultivated on light soil	383
Barbara Sawicka	Efekty stosowania herbicydów w uprawie <i>Helianthus tuberosus</i> L. Część II. Plon i struktura nadziemnych części roślin The effects of application of herbicides in <i>Helianthus tuberosus</i> L. cultivation Part II. Yield and structure of aboveground parts of plants	397
Krzysztof Klimont Stanisław Góral Marek Jońca	Rekultywacyjna efektywność osadów ściekowych na podłożu wapna poflotacyjnego The effectiveness of sewage sludge in soil recovery on flotation tilling tips	415
Piotr Malicki	Nowe odmiany roślin rolniczych wyhodowane w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin	427