



Nowe odmiany ziemniaków w PMHZ Strzekęcín

Fot. Sławomir Wróbel

BIULETYN
INSTYTUTU HODOWLI
I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
Nr 243/2007



Nowe odmiany ziemniaków w PMHZ Strzekęcín. *Fot. Sławomir Wróbel*

RADZIKÓW 2007
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),
DANUTA BOROS, WIESŁAW MĄDRY, WOJCIECH NOWACKI,
STANISŁAWA ROZTROPOWICZ-SZKUBEL, BARBARA ZAGDAŃSKA,
GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA (Sekretarz Redakcji — Editorial Secretary)

CZASOPISMO UKAZUJE SIĘ OD 1951 ROKU

Redaktor techniczny i skład komputerowy
GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA

Druk: PWR Sp. z o.o

JACEK WAGA

Zakład Oceny Jakości i Metod Hodowli Zbóż

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Kraków

Katalog bloków białek gliadynowych polskich odmian i rodów pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.)

Catalogue of gliadin protein blocks occurring in Polish common wheat cultivars and strains (*Triticum aestivum* L.)

W pracy przedstawiono nową, wersję katalogu białek gliadynowych, który obejmuje 38 bloków, z czego osiem warunkuje chromosom 1A, sześć warunkuje chromosom 1B, trzy — chromosom 1D, czternaście — chromosom 6A, cztery — chromosom 6B oraz trzy — chromosom 6D. Polimorfizm wybranych frakcji gliadyn w populacjach mieszańcowych F₂, uzyskanych z trzech kombinacji krzyżowań, analizowano metodą elektroforezy na żelu poliakryloamidowym w środowisku kwaśnym (A PAGE). Liczebność, z jaką określone grupy białek występowały u badanych mieszańców porównywano z teoretycznie oczekiwanym stosunkiem rozszczepień 1:2:1 i testowano za pomocą χ^2 . Analizowano też białka gliadynowe odmian i rodów pszenicy ozimej wybranych z kolekcji roboczej HR Strzelce sp. z o.o., u których stwierdzono obecność nowych frakcji, podobnych do bloków zidentyfikowanych na podstawie analizy genetycznej. Identyfikowano je porównując obrazy elektroforetyczne badanych form do odmian wzorcowych. Katalog opracowano głównie z myślą o jego wykorzystaniu w analizie materiałów hodowlanych wytwarzanych przez polskich hodowców, dlatego też obejmuje on przede wszystkim bloki białek gliadynowych najczęściej spotykane wśród polskich odmian i rodów pszenicy ozimej.

Słowa kluczowe: analiza elektroforetyczna A PAGE, bloki białek gliadynowych

Based on the acid polyacrylamide gel electrophoresis (A PAGE) a new version of catalogue of gliadin protein blocks was worked out. The catalogue contains jointly 38 blocks. Eight, six, three, fourteen, four and three of them are coded by the chromosomes 1A, 1B, 1D, 6A, 6B and 6D, respectively. New blocks included to the catalogue were verified using genetic analysis of F₂ hybrid genotypes. The observed frequencies of the analyzed gliadin components were compared with theoretically expected segregation ratio 1:2:1 for two allelic variants of one gliadin coding gene, and tested by the χ^2 test. Other new blocks (mainly coded by the chromosome 6A) observed in cultivars and strains selected from the collection of Plant Breeding Strzelce Sp. z o.o. were identified by comparison of their components with components of the blocks identified earlier. The new catalogue describes mainly gliadins commonly occurring in Polish cultivars and lines of winter wheat. It is recommended for analysis of breeding materials developed and investigated by Polish wheat breeders.

Key words: electrophoretic analysis, A PAGE, gliadin protein blocks

WSTĘP

W ostatnich latach analiza elektroforetyczna białek gliadynowych znalazła szerokie zastosowanie w pracach nad wytwarzaniem nowych odmian pszenicy (Bushuk, 1998). Standardowa metoda rozdziału gliadyn — elektroforeza na żelu poliakryloamidowym (A PAGE) — została zaakceptowana przez hodowców jako metoda wspomagająca tradycyjną selekcję. Spośród licznych jej zalet na szczególną uwagę zasługuje znaczna wydajność, dokładność i powtarzalność wyników. Szeroki wachlarz zastosowań A PAGE obejmuje między innymi ocenę podobieństwa i wyrównania genetycznego odmian i rodów pszenicy, identyfikację homozygot, heterozygot i rekombinantów w populacjach mieszańcowych czy analizę sprzężenia genów.

Białka gliadynowe są ważnym elementem strukturalnym glutenu, a zmienność ich budowy fizykochemicznej ma wpływ na właściwości wypiekowe mąki (Wrigley i in., 1982). Dzięki temu niektóre frakcje zidentyfikowane na podstawie elektroforezy, mogą być wykorzystane jako markery biochemiczne w selekcji form wysokojakościowych. Należy podkreślić, iż większość opisanych aplikacji znajduje zastosowanie na najwcześniejszych etapach hodowli, poczynając od pokolenia F_2 włącznie.

Skuteczność wykorzystania obrazów elektroforetycznych zależy w dużym stopniu od sposobu ich interpretacji. W pracach nad określeniem tożsamości badane genotypy porównywane są ze sobą celem stwierdzenia podobieństwa specyficznych frakcji białkowych (Javornik i in., 1989). Wydaje się jednak, iż bardziej efektywną metodą jest analiza bloków białkowych oparta na genetycznych podstawach dziedziczenia gliadyn. Wiadomo, iż *loci* warunkujące ich syntezę zlokalizowane są na chromosomach: 1A, 1B, 1D, 6A, 6B i 6D (Sozinov i Poperella, 1980). Każdy *locus* składa się z kilku silnie sprzężonych genów i tworzy serię alleli wielokrotnych (Sozinov, 1985). Pojedyncze geny (tzw. *minor loci*) zlokalizowane w sąsiedztwie głównych skupień genowych dodatkowo poszerzają zakres zmienności (Pogna i in., 1993). Grupa prążków obrazu elektroforetycznego warunkowana przez pojedynczy allel tworzy blok białkowy. Celem identyfikacji nowych bloków wykonywane są kombinacje krzyżowań odmian różniących się pod względem wybranych fragmentów obrazu elektroforetycznego gliadyn. Stwierdzenie, czy analizowane prążki stanowią jeden blok, czy też są komponentami różnych bloków jest możliwe na podstawie wyników analizy rozszczepienia genów w pokoleniu F_2 .

Zidentyfikowane bloki gromadzone są w katalogach. Największą ich liczbę (ponad 100) opisuje katalog Metakowskiego (Metakovsky, 1991). Możliwość bezpośredniego wykorzystania tego katalogu w pracach badawczych i hodowlanych utrudnia jednakże kilka czynników, między innymi brak dostępności odmian wzorcowych użytych przez autora, nieznaczne różnice metodyczne mające wpływ na lokalizację prążków czy też obecność specyficznych frakcji białkowych obserwowanych w populacjach odmian i rodów pochodzących z różnych krajów. W ZOJiMHZ IHAR w Krakowie podjęto prace nad utworzeniem własnego katalogu, który uwzględniłby specyfikę polskich materiałów hodowlanych (Waga, 2000). Pierwotna jego wersja została opracowana na podstawie analizy porównawczej obrazów elektroforetycznych gliadyn licznych form pszenicy ze

schematami Metakowskiego. Nie była ona jednak poparta analizą dziedziczenia białek. Dlatego też zidentyfikowane grupy prążków mogły, ale nie musiały stanowić bloków białkowych.

Celem niniejszego opracowania było udoskonalenie istniejącego katalogu gliadyn polegające m.in. na tym, że wprowadzone do niego bloki identyfikowano i klasyfikowano na podstawie wyników analizy mieszańców F_2 . W pracy wykorzystano również metodę porównawczą, jednakże wzorcem stanowiącym punkt odniesienia były bloki zidentyfikowane wcześniej. Opracowany katalog będzie wykorzystany do charakterystyki polskich odmian i rodów, jak również w pracach nad określeniem związku genetycznego gliadyn z cechami jakościowymi pszenicy.

MATERIAŁ I METODY

Materiał roślinny

Przedmiotem badań były:

- populacje mieszańcowe F_2 uzyskane z trzech kombinacji krzyżowań: sptv-1 $\times$ Flair, kbh-sp 1 $\times$ sth 9055, kbh-sp 1 $\times$ Mironowska 808. Dla każdej kombinacji analizowano po około 140 ziarniaków. Linie sptv 1 oraz kbh-sp 1 zostały wytworzone w ZOJiMHZ IHAR w Krakowie. Sptv-1 jest mieszańcem uzyskanym z kombinacji Elena $\times$ Oberkummler Rotkorn (odmiana orkisz — *Tr. aestivum* ssp. *spelta*), natomiast kbh-sp 1 jest jednym z dwóch biotypów gliadynowych odmiany Oberkummler Rotkorn.
- odmiany i rody pszenicy ozimej pochodzące z kolekcji roboczej firmy Hodowla Roślin Strzelce sp. z o.o. Analizowano po 50 ziarniaków dla każdego z dziewiętnastu genotypów wybranych do badań.

Analizy elektroforetyczne

Białka gliadynowe analizowano metodą elektroforezy na żelu poliakryloamidowym w środowisku kwaśnym buforu mleczanowo-glinowego (Metakovsky i Novoselskaya, 1991). Białka ekstrahowano z pojedynczych ziarniaków 70% alkoholem etylowym przez około 20 godzin, a następnie wirowano 12 minut przy 10000 x g. Ekstrakty zagęszczono nasyconym roztworem sacharozy nanoszono do studzienek uformowanych w żelu o całkowitym stężeniu monomerów T = 8% oraz stężeniu crosslinkera (metylen-bisakrylamidu) C = 0,29%. Rozdział białek prowadzono w komorach elektroforetycznych Desaga przez 5 godzin przy U = 500V, po czym żele barwiono w roztworze komasyny G 250 przez około 12 godzin, odbarwiano w wodzie i fotografowano.

Analiza statystyczna i opracowanie katalogu

Mieszańce F_2 każdej kombinacji krzyżowań dzielono na trzy grupy pod względem zróżnicowania określonych fragmentów obrazu elektroforetycznego gliadyn. Dwie spośród nich obejmowały genotypy zawierające prążki charakterystyczne dla poszczególnych rodziców natomiast do grupy trzeciej zaliczono osobniki zawierające prążki obu rodziców łącznie. Założono, iż w pierwszym przypadku analizowane genotypy stanowią homozygoty, natomiast w drugim heterozygoty pod względem genów warunkujących białka gliadynowe. W sytuacji, gdy specyfika kombinacji prążków uniemożliwiała

odróżnienie jednego z dwóch typów homozygoty od heterozygoty, oba genotypy łączono razem.

Liczebność osobników w utworzonych grupach mieszańców porównywano z teoretycznie oczekiwanym stosunkiem rozszczepień 1:2:1 lub 3:1 dla dwóch allelicznych wariantów jednego genu, a zgodność częstości obserwowanych i oczekiwanych testowano na podstawie χ^2 (Brites i Carrillo, 2000). Stosunek 3:1 w badaniach nad dziedziczeniem białek zapasowych pszenicy nie jest powiązany z dominowaniem genu, lecz wynika ze wspomnianego wcześniej połączenia klasy heterozygot (liczebność 2) z jedną z dwóch klas homozygot (liczebność 1) i był rozpatrywany w przypadku jednej kombinacji - kbh-sp 1 $\times$ Mironowska 808.

Graficzny schemat zidentyfikowanych bloków białek gliadynowych opracowano przy użyciu programu Excell 2003. Dla prążków warunkowanych chromosomem 6A, których kombinacje analizowano po raz pierwszy, obliczano wartości współczynnika Rm według wzoru opisanego w jednej z wcześniejszych prac (Waga, 2000). Współczynnik Rm ułatwia prawidłowe usytuowanie poszczególnych frakcji białkowych na schemacie graficznym bloku.

WYNIKI I DYSKUSJA

Identyfikacja gliadyn warunkowanych chromosomem 1A na podstawie analizy potomstwa kombinacji sptv-1 $\times$ Flair

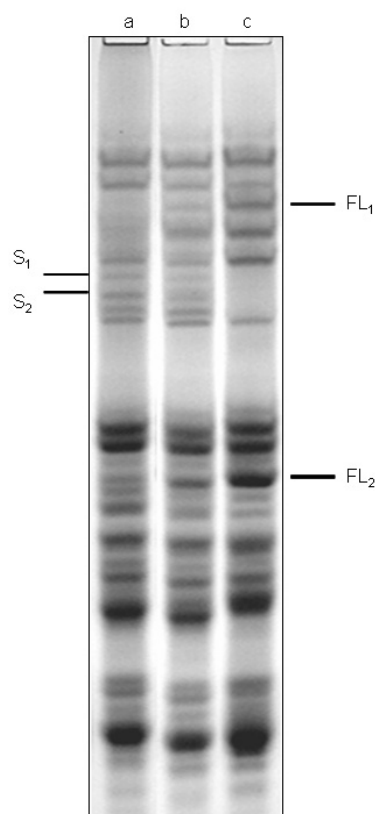
Mieszańce pokolenia F₂ uzyskane z kombinacji sptv-1 $\times$ Flair analizowano pod kątem różnicowania wybranych frakcji białkowych należących do grup γ - i ω -gliadyn (rys. 1). Komponent mateczny zawierał parę prążków oznaczonych symbolami S₁ oraz S₂, stosunkowo często obserwowaną wśród polskich odmian i rodów pszenicy ozimej. Z kolei odmiana Flair zawierała dwa specyficzne prążki oznaczone symbolami FL₁ i FL₂. Pierwszy z nich był zlokalizowany w bliskim sąsiedztwie cięższych frakcji ω -gliadyn natomiast drugi, intensywnie wybarwiony prążek, obserwowano nieco poniżej pary prążków centralnych. Taka lokalizacja białek na obrazie elektroforetycznym sugeruje, iż są one warunkowane chromosomem 1A. Celem analizy genetycznej było stwierdzenie, czy obserwowane we wcześniejszych badaniach pary prążków FL₁ i FL₂ oraz S₁ i S₂ stanowią bloki białkowe, oraz czy bloki te są allelicznymi wariantami białkowymi genu zlokalizowanego na chromosomie 1A.

Mieszańce F₂ podzielono na trzy klasy osobników, zawierających:

- prążki S₁ i S₂
- prążki S₁ i S₂ oraz FL₁ i FL₂ łącznie
- prążki FL₁ i FL₂

Przyjęto hipotezę, iż:

- genotypy należące do grupy pierwszej stanowią homozygoty pod względem genu w *locus Gli A1*, w którym allel kodujący gliadyny jest typowy dla linii sptv-1
- genotypy należące do grupy drugiej są heterozygotami.
- genotypy należące do grupy trzeciej są homozygotami pod względem genu w *locus Gli A1*, w którym allel kodujący gliadyny jest typowy dla odmiany Flair.



Rys. 1. Wzorce białek gliadynowych obserwowane u mieszańców pokolenia F₂ kombinacji sptv 1 × Flair: a. typ sptv 1, b. heterozygota pod względem locus *Gli A1*, c. typ Flair. Frakcje białkowe warunkowane chromosomem 1A zaznaczono z prawej i lewej obrazu elektroforetycznego
Fig. 1. Gliadin patterns of hybrid genotypes observed in F₂ generation obtained from the cross combination sptv 1 × Flair: a. type sptv 1, b. heterozygote in locus *Gli A1*, c type Flair. Gliadin fractions coded by the chromosome 1A are marked on the right and left hand side of the electrophoregram

Celem weryfikacji przyjętej hipotezy testowano zgodność liczebności genotypów w trzech utworzonych klasach mieszańców z teoretycznie oczekiwanym stosunkiem rozszczepień dla jednej pary allelicznych genów (1:2:1) na podstawie χ^2 (tab. 1). Wynik testu pozwala uznać hipotezę zerową o braku różnic pomiędzy teoretycznie oczekiwaną i obserwowaną liczebnością genotypów w grupach i przyjąć jako prawdziwe stwierdzenie, iż dwie pary prążków: FL₁ i FL₂ oraz S₁ i S₂ stanowią dwa bloki białkowe kodowane dwoma allelicznymi wariantami genu na chromosomie 1A. Zgodnie z przyjętymi wcześniej oznaczeniami blok typowy dla linii sptv-1 oznaczono symbolem *Gli A1-1*, natomiast blok charakterystyczny dla odmiany Flair oznaczono symbolem *Gli A1-7*. Biorąc pod uwagę, iż wszystkie genotypy, w których obserwowano prążki FL₁ i FL₂ zawierały dodatkowo jeden słabo wybarwiony prążek, zlokalizowany nieco poniżej FL₂ uznano, iż wchodzi on również w skład bloku *Gli A1-7*.

Tabela 1

Test χ^2 dla gliadyn FL₁ i FL₂ oraz S₁ i S₂ w potomstwie F₂ kombinacji sptv 1 × Flair
The χ^2 test for gliadins FL₁, FL₂, S₁ and S₂ in F₂ hybrid genotypes coming from the combination sptv 1 × Flair

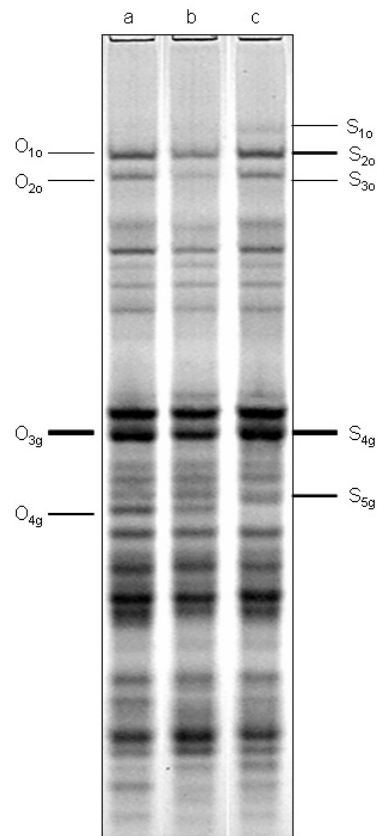
Grupy genotypów Groups of genotypes	Prążki gliadynowe Gliadin bands	Stosunek rozszerzenia Segregation ratio	Liczoność oczekiwana Expected	Liczoność obserwowana Observed	χ^2	P
1	S ₁ +S ₂	1	35,5	43	4,818	0,1-0,05
2	(S ₁ +S ₂) + (FL ₁ +FL ₂)	2	71	74		
3	FL ₁ +FL ₂	1	35,5	25		

Identyfikacja gliadyn warunkowanych chromosomami 1D i 6A na podstawie analizy potomstwa kombinacji kbh-sp 1 × STH 9055

Komponenty rodzicielskie, podobnie jak w pierwszej kombinacji krzyżowań, różniły się w strefie γ - i wolno migrujących ω -gliadyn (tzw. frakcje ω -5) (rys. 2). Gliadyny z grupy ω -5 są na ogół warunkowane chromosomem 1D (*locus Gli D1*), co można stwierdzić przez porównanie ich z obrazem bloków białkowych warunkowanych chromosomem 1D w katalogu Metakowskiego, jak również przez analogię z wynikami badań innych autorów (Metakovsky, 1991; Sozinov i Poperella, 1980). Niektóre komponenty tych bloków są jednak zlokalizowane nie tylko w strefie ω , ale także w strefie γ -gliadyn. Celem niniejszego doświadczenia było między innymi stwierdzenie, które spośród obserwowanych γ gliadyn wchodzi w skład bloku kodowanego chromosomem 1D. W przypadku linii kbh-sp 1 analizowano prążki oznaczone symbolami O_{1o}, O_{2o}, O_{3g} i O_{4g} natomiast dla rodu STH 9055 wybrano prążki oznaczone symbolami S_{1o}, S_{2o}, S_{3o}, S_{4g} i S_{5g}. Litery „o” i „g” obok numerów prążków oznaczają ich lokalizację w strefach ω i γ -gliadyn. Analizując mieszańce F₂ pod względem obecności lub braku wymienionych frakcji gliadyn całą badaną populację mieszańców podzielono na trzy grupy osobników, zawierających:

- prążki O_{1o}, O_{2o}, O_{3g} i O_{4g}
- prążki O_{1o}, O_{2o}, O_{3g} i O_{4g} oraz S_{1o}, S_{2o}, S_{3o}, S_{4g} i S_{5g}
- prążki S_{1o}, S_{2o}, S_{3o}, S_{4g} i S_{5g}.

Następnie przyjęto hipotezę, iż genotypy w grupach pierwszej i trzeciej stanowią homozygoty typu kbh-sp1 oraz STH 9055 natomiast grupa druga obejmuje heterozygoty. Biorąc pod uwagę, iż prążki O_{1o} i O_{2o} są zlokalizowane identycznie jak S_{2o} i S_{3o}, za cechę różnicującą uznano obecność lub brak prążków S_{1o}, S_{5g} i O_{4g}.



Rys. 2. Wzorce białek gliadynowych obserwowane u mieszańców pokolenia F₂ kombinacji kbh-sp 1 × STH 9055: a. typ kbh-sp 1, b. heterozygota pod względem locus *Gli D1*, c. typ STH 9055. Frakcje białkowe warunkowane chromosomem 1D zaznaczono z prawej i lewej obrazu elektroforetycznego
Fig. 2. Gliadin patterns of hybrid genotypes observed in F₂ generation obtained from the cross combination kbh-sp 1 × STH 9055: a. type kbh-sp 1, b. heterozygote in locus *Gli D1*, c. type STH 9055. Gliadin fractions coded by the chromosome 1D are marked on the right and left side of the electrophoregram

Celem weryfikacji założonej hipotezy analizowano zgodność obserwowanych liczebności w poszczególnych grupach mieszańców z teoretycznie oczekiwanym stosunkiem rozszczepień 1:2:1 dla jednej pary allelicznych genów na podstawie testu χ^2 (tab. 2). Uzyskane wyniki dowodzą zgodności obserwowanych i oczekiwanych stosunków rozszczepień, co oznacza, że obie badane kombinacje gliadyn stanowią bloki warunkowane dwoma allelicznymi wariantami genu na chromosomie 1D, którym nadano symbole *Gli D1*-1.1 (blok typowy dla rodu STH 9055) oraz *Gli D1*-1.2 (blok typowy dla linii kbh-sp 1).

Tabela 2

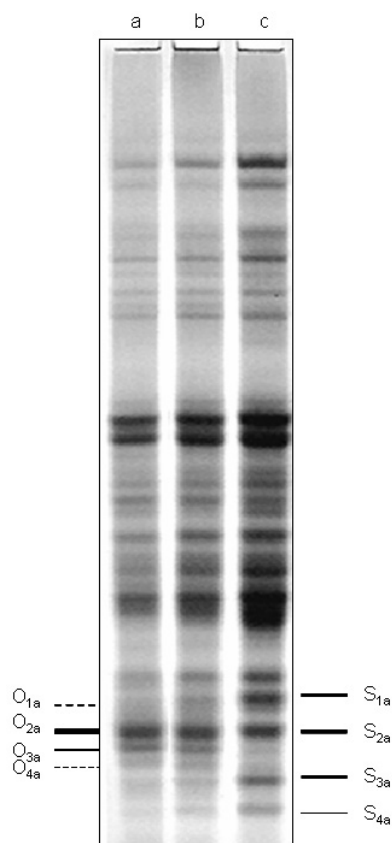
Test χ^2 dla gliadyn O₁, O₂, O₃, O₄ oraz S₁, S₂, S₃, S₄, S₅ w potomstwie F₂ kombinacji kbh-sp 1 × STH 9055

The χ^2 test for gliadins O₁, O₂, O₃, O₄ and S₁, S₂, S₃, S₄, S₅ in F₂ hybrid genotypes coming from the combination kbh-sp 1 × STH 9055

Grupy genotypów Groups of genotypes	Prążki gliadynowe Gliadin bands	Stosunek rozszczepień Segregation ratio	Liczebność oczekiwana Expected	Liczebność obserwowana Observed	χ^2	P
1	O ₁ +O ₂ +O ₃ +O ₄	1	36,75	41	3,055	0,3-0,2
2	(O ₁ +O ₂ +O ₃ +O ₄)+(S ₁ +S ₂ +S ₃ +S ₄ +S ₅)	2	73,5	63		
3	S ₁ +S ₂ +S ₃ +S ₄ +S ₅	1	36,73	43		

Biorąc pod uwagę, iż linię kbh-sp 1 uzyskano drogą selekcji biotypów gliadynowych z heterogenicznej formy orkisz Oberkummler Rotkorn można przyjąć, iż prążek O_{4g}, którego pozycja na obrazie elektroforetycznym wyraźnie różni się od prążka S_{5g} (O_{4g} znajduje się poniżej S_{5g}) jest cechą specyficzną orkisz ułatwiającą identyfikację jego mieszańców z pszenicą zwyczajną.

Linia kbh-sp1 oraz ród STH 9055 różniły się także pod względem prążków należących do α -gliadyn. Z wcześniejszych badań nad dziedziczeniem białek zapasowych pszenicy wynika, iż w tej części obrazu elektroforetycznego zlokalizowane są głównie frakcje warunkowane przez *locus* na chromosomie 6A, oraz pojedyncze frakcje warunkowane chromosomem 6D (Metakovsky, 1991; Sozinov, 1985; Sozinov i Poperella, 1980). Obserwowane zróżnicowanie α -gliadyn u mieszańców F₂ obu form rodzicielskich stanowiło punkt wyjścia dla stwierdzenia, które białka tworzą bloki warunkowane chromosomem 6A. Zarówno w przypadku linii kbh-sp 1 jak i rodu STH 9055 rozpatrywano po cztery prążki, które oznaczono symbolami: O_{1a}, O_{2a}, O_{3a}, O_{4a} (linia kbh-sp1) oraz S_{1a}, S_{2a}, S_{3a} i S_{4a} (rodu STH 9055) (rys. 3). Litera „a” w indeksie dolnym obok numeru prążka oznacza jego lokalizację w strefie α -gliadyn. Spośród ośmiu wymienionych prążków, dwie pary: O_{1a} i S_{1a} oraz S_{2a} i O_{3a} były identyczne u obu rodziców, pozostałe były specyficzne dla badanych genotypów i stanowiły element różnicujący zarówno formy rodzicielskie, jak i genotypy mieszańcowe. U mieszańców F₂ wyróżniono trzy grupy genotypów zawierających α -gliadyny: typowe dla linii kbh-sp1, typowe dla rodu STH 9055 oraz stanowiące sumę prążków obu komponentów rodzicielskich. Przyjęto hipotezę, iż genotypy w tych grupach stanowią odpowiednio homozygoty typu kbh-sp1, homozygoty typu STH 9055 oraz heterozygoty pod względem allelicznych wariantów genu na chromosomie 6A (*locus Gli A2*). Na podstawie testu χ^2 stwierdzono, iż zgodność liczebności obserwowanych i teoretycznie oczekiwanych ze stosunkiem rozszczepień 1:2:1 jest wysoce prawdopodobna (P = 0,95-0,90). Dowodzi to, iż obie rozpatrywane kombinacje prążków stanowią bloki białkowe. Oznaczono je symbolami *Gli A2-1* (blok charakterystyczny dla linii kbh-sp 1) oraz *Gli A2-2* (blok charakterystyczny dla rodu STH 9055) (tab. 3).



Rys. 3. Wzorce białek gliadynowych obserwowane u mieszańców pokolenia F₂ kombinacji kbh-sp 1 × STH 9055: a. typ kbh-sp 1, b. heterozygota pod względem locus *Gli A2*, c. typ STH 9055. Frakcje białkowe warunkowane chromosomem 6A zaznaczono z prawej i lewej obrazu elektroforetycznego
Fig. 3. Gliadin patterns of hybrid genotypes observed in F₂ generation obtained from the cross combination kbh-sp 1 × STH 9055: a. type kbh-sp 1, b. heterozygote in locus *Gli D1*, c. type STH 9055. Gliadin fractions coded by the chromosome 6A are marked on the right and left side of the electrophoregram

Tabela 3

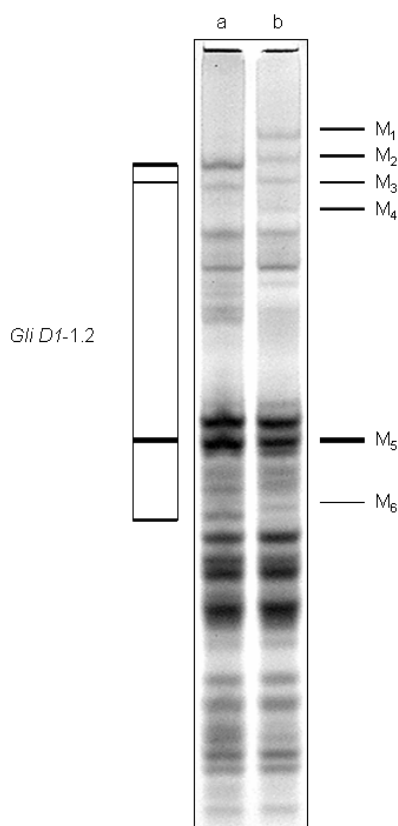
Test χ^2 dla gliadyn O₁, O₂, O₃, O₄ oraz S₁, S₂, S₃, S₄ w potomstwie F₂ kombinacji kbh-sp 1 × STH 9055
The χ^2 test for gliadins O₁, O₂, O₃, O₄ and S₁, S₂, S₃, S₄ in F₂ hybrid genotypes coming from the combination kbh-sp 1 × STH 9055

Grupy genotypów Groups of genotypes	Prążki gliadynowe Gliadin bands	Stosunek rozszczepień Segregation ratio	Liczebność oczekiwana Expected	Liczebność obserwowana Observed	χ^2	P
1	O ₁ +O ₂ +O ₃ +O ₄	1	36,75	35	0,183	0,95-0,9
2	(O ₁ +O ₂ +O ₃ +O ₄)+(S ₁ +S ₂ +S ₃ +S ₄)	2	73,5	76		
3	S ₁ +S ₂ +S ₃ +S ₄	1	36,75	36		

Identyfikacja gliadyn warunkowanych chromosomem 1D na podstawie analizy potomstwa kombinacji kbh-sp 1 × Mironowska 808

Blok *Gli D1-1.2* w linii kbh-sp1, wykorzystano jako wzorzec do identyfikacji specyficznej grupy prążków ω-gliadyn obserwowanych u odmiany Mironowska 808. Opisane w niniejszym akapicie doświadczenie stanowi przykład analizy gliadyn, w której oznaczony blok białkowy stanowi punkt odniesienia dla identyfikacji nowych bloków.

Jak ustalono wcześniej *Gli D1-1.2* składa się z czterech frakcji: dwóch prążków w strefie ω-gliadyn, jednego prążka centralnego oraz jednego prążka położonego nieco niżej w stosunku do prążka centralnego. W przypadku odmiany Mironowska 808 zwrócono szczególną uwagę na sześć prążków oznaczonych symbolami M₁, M₂, M₃, M₄, M₅ i M₆, spośród których cztery (M₁–M₄) były zlokalizowane w strefie ω-gliadyn, jeden należał do pary prążków centralnych (M₅), a jeden znajdował się poniżej prążka centralnego (M₆) (rys. 4).



Rys. 4. Wzorce białek gliadynowych obserwowane u mieszańców F₂ kombinacji kbh-sp 1 × Mironowska 808: a. typ kbh-sp 1, b. typ Mironowska 808. Frakcje białkowe warunkowane chromosomem 1D zaznaczono z prawej i lewej obrazu elektroforetycznego

Fig. 4. Gliadin patterns of hybrid genotypes observed in F₂ generation obtained from the cross combination kbh-sp 1 × Mironowska 808: a. type kbh-sp 1, b. type Mironowska 808. Gliadin fractions coded by the chromosome 1D are marked on the right and left side of the electrophoregram

- W omawianym przypadku rozpatrywano dwie klasy genotypów:
- Zawierających blok *Gli* *DI*-1.2 (homozygota typu kbh-sp1),
 - Zawierających sumę prążków wchodzących w skład bloku *Gli* *DI*-1.2 oraz prążków M_1 , M_2 , M_3 , M_4 , M_5 i M_6 (homozygoty typu Mironowska 808 oraz heterozygoty).

Zgodność liczebności obserwowanych z teoretycznie oczekiwanymi na podstawie stosunku rozszczepień 3:1 stwierdzono na podstawie χ^2 (tab. 4). Wynik testu dowodzi, iż sześć rozpatrywanych prążków odmiany Mironowska 808 stanowi blok białkowy kodowany genem na chromosomie *1D*, który jest allelicznym wariantem genu warunkującego blok *Gli* *DI*-1.2. Nowy blok, typowy dla odmiany Mironowska 808, oznaczono symbolem *Gli* *DI*-2.

Tabela 4

Test χ^2 dla gliadyn M_1 , M_2 , M_3 , M_4 , M_5 , M_6 oraz bloku *Gli* *DI*-1.2 w potomstwie F_2 kombinacji kbh-sp 1 $\times$ Mironowska 808

The χ^2 test for gliadins M_1 , M_2 , M_3 , M_4 , M_5 , M_6 and *Gli* *DI*-1.2 block in F_2 hybrid genotypes coming from the combination kbh-sp 1 $\times$ Mironowska 808

Grupy genotypów Groups of genotypes	Prążki gliadynowe Gliadin bands	Stosunek rozszczepień Segregation ratio	Liczebność oczekiwana Expected	Liczebność obserwowana Observed	χ^2	P
1	<i>Gli</i> <i>DI</i> -1.2	1	29	34	1,149	0,3-0,2
2	<i>Gli</i> <i>DI</i> -1.2 + ($M_1+M_2+M_3+M_4+M_5+M_6$)	3	87	82		

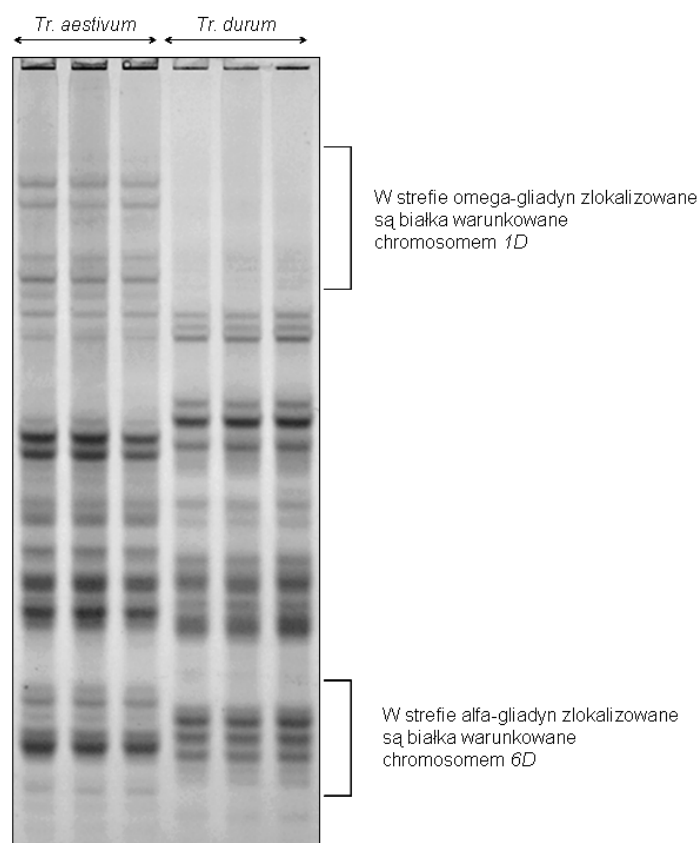
Porównując *Gli* *DI*-1.2 oraz *Gli* *DI*-2 należy zwrócić uwagę, iż tylko jeden prążek (prążek centralny) jest wspólny dla obu wymienionych bloków — zajmuje on identyczną pozycję na obrazie elektroforetycznym wszystkich analizowanych genotypów. Pozostałe prążki różnią się między sobą i jako frakcje specyficzne w znacznym stopniu ułatwiają identyfikację mieszańców rozpatrywanych form pszenicy oraz ich mieszańców.

Z kolei porównując blok *Gli* *DI*-1.1 rodu STH 9055 z blokiem *Gli* *DI*-2 należy zwrócić uwagę na obecność wspólnego prążka w strefie γ -gliadyn ($M_6 = S_{5g}$). Cecha ta odróżnia oba wymienione bloki od typowego dla analizowanej linii orkisz bloku *Gli* *DI*-1.2. Tak więc niewielkie przesunięcie względem siebie dwóch prążków może znacznie ułatwić identyfikację mieszańców orkisz.

Porównanie białek gliadynowych pszenicy twardej i zwyczajnej

We wczesnych pracach nad dziedziczeniem gliadyn badano linie aneuploidalne odmiany Chinese spring (głównie serie nulli-tetrasomików), których obrazy elektroforetyczne porównywano z formami euploidalnymi zawierającymi pełny zestaw chromosomów (Sozinov, 1985). Różnice ilustrujące obecność lub brak poszczególnych prążków (bądź grup prążków) obserwowane u form euploidalnych i aneuploidalnych wskazywały, które z 42 chromosomów pszenicy heksaploidalnej zawierają geny warunkujące syntezę białek gliadynowych.

W niniejszej pracy porównywano obrazy elektroforetyczne pszenicy twardej (tetraploidalnej) i pszenicy zwyczajnej (heksaploidalnej), co do pewnego stopnia stanowi analogię z badaniami zestawów linii aneuploidalnych Chinese Spring (rys. 5).



Rys. 5. Porównanie obrazów elektroforetycznych gliadyn (A PAGE) charakterystycznych dla pszenic heksaploidalnych (*Tr. aestivum*) i tetraploidalnych (*Tr. durum*). Klamrami zaznaczono strefy, w których zlokalizowane są białka warunkowane chromosomami 1D i 6D

Fig. 5. Comparison of gliadin electrophoregrams (A PAGE) typical for hexaploid (*Tr. aestivum*) and tetraploid (*Tr. durum*) wheat genotypes. The zones, where fractions coded by chromosomes 1D and 6D occur, are marked by the brackets

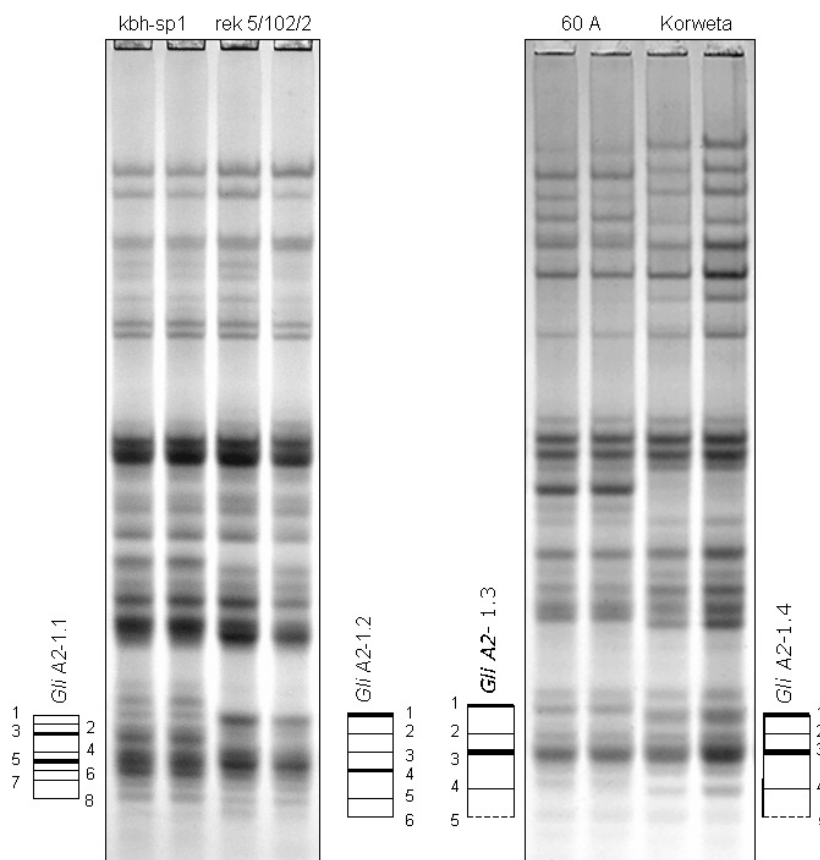
Pszenice twarde nie zawierają genomu *D*, a co za tym idzie dwóch chromosomów warunkujących gliadyny: 1D i 6D. Można oczekiwać, że analiza zróżnicowania obrazów elektroforetycznych form należących do obu gatunków pszenicy dostarczy istotnych informacji na temat lokalizacji genów warunkujących niektóre frakcje gliadyn na tych chromosomach.

Obraz elektroforetyczny obu gatunków ukazuje różnice, które można bezpośrednio powiązać z brakiem genomu *D*. Pusta przestrzeń w górnej strefie obrazu elektroforetycznego *Triticum durum* jednoznacznie świadczy o braku frakcji kodowanych chromosomem 1D. Taki wniosek wynika zarówno z analizy genetycznej opisanej w dwóch wcześniejszych akapitach, jak również z badań innych autorów. Natomiast charakterystyczny brak wolno migrującego prążka z grupy α -gliadyn stanowi ważną

informację. W tej strefie obrazu elektroforetycznego nakładają się prążki warunkowane chromosomami 6A i 6D, co komplikuje ich rozróżnienie. Obecność prążka u formy heksaploidalnej i jego brak u formy tetraploidalnej dowodzi, iż w rozpatrywanym przypadku, jest on warunkowany chromosomem 6D. Na tej podstawie wolno migrujący prążek z grupy α -gliadyn obserwowany na obrazach elektroforetycznych analizowanych w niniejszej pracy włączono do bloków z grupy chromosomu 6D.

Analiza kolekcji roboczej

Kolekcje odmian i rodów pszenicy stanowią populacje, w których można obserwować największe zróżnicowanie białek gliadynowych. W ubiegłych latach były one wielokrotnie analizowane w ZRZb IHAR w Krakowie, głównie z wykorzystaniem elektroforezy na żelu skrobiowym. Jednakże obrazy elektroforetyczne na żelu poliakryloamidowym zawierają inne kombinacje prążków i są trudniejsze do interpretacji.



Rys. 6. Cztery podrodziny bloków białek gliadynowych typu *Gli A2-1*
Fig. 6. Four subfamilies of gliadin protein blocks of the *Gli A2-1* type

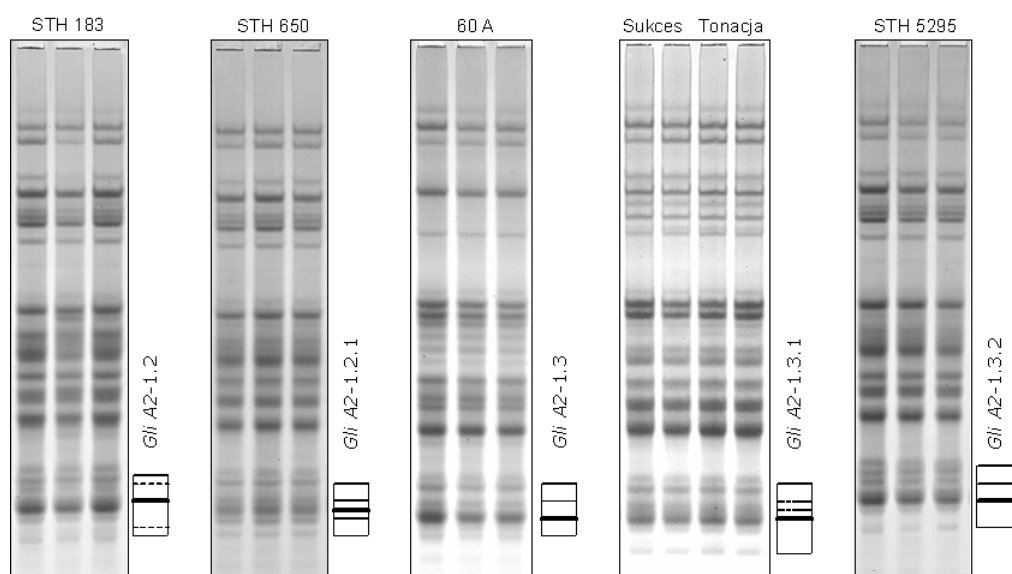
Dlatego do badań wybrano tylko dziewiętnaście odmian i rodów pszenicy ozimej pochodzących z kolekcji roboczej firmy Hodowla Roślin Strzelce sp. z o.o. Charakter ich

zróznicowania ułatwiał identyfikację bloków zlokalizowanych w strefie α , warunkowanych chromosomem 6A. Na podstawie wcześniej wykonanej analizy genetycznej zidentyfikowano dwa, znacznie różniące się między sobą, warianty białkowe: *Gli A2-1* oraz *Gli A2-2*. Obserwacja dziewiętnastu odmian i rodów wykazała, iż zawierają one kombinacje białek zbliżone do jednego bądź drugiego wzorca, co sugeruje występowanie dwóch rodzin bloków. Bloki należące do jednej rodziny wykazują szereg cech wspólnych natomiast różne rodziny różnią się między sobą w charakterystyczny sposób.

Analiza porównawcza odmian i rodów zawierających α -gliadyny zbliżone do *Gli A2-1* pozwoliła wyodrębnić cztery podrodziny. Wzorce elektroforetyczne typowe dla każdej z nich oznaczono symbolami: *Gli A2-1.1*, *Gli A2-1.2*, *Gli A2-1.3* oraz *Gli A2-1.4* (rys. 6). Z dużym prawdopodobieństwem można stwierdzić, iż są one czterema allelicznymi wariantami genu w *locus Gli A2*. Wszystkie one mają zbliżony schemat budowy — tworzy je od dwóch do trzech intensywnie wybarwionych prążków, które są otoczone licznymi, znacznie słabiej wybarwionymi, frakcjami białkowymi. Prążki intensywnie wybarwione powstały prawdopodobnie przez nałożenie kilku (być może nawet kilkunastu) frakcji o identycznej masie cząsteczkowej i ładunku elektrycznym. Obserwowany efekt wizualny plamy o nieostrych konturach utrudnia jednoznaczną identyfikację tych bloków. Znaczna ilość białka w tej strefie może być też wynikiem podwyższonej ekspresji w *locus Gli A2*. Należy zwrócić uwagę, iż blok *Gli A2-1.3* różni się od bloków *Gli A2-1.1* oraz *Gli A2-1.2* brakiem prążka oznaczonego (w ich przypadku) numerem 2. Z kolei układ prążków w *Gli A2-1.3* jest identyczny jak w *Gli A2-1.4*, a cechą różnicującą oba bloki jest nieznaczne przesunięcie prążka nr 1 w kierunku frakcji szybciej migrujących. Rozpatrywane bloki obserwowano również wśród czterech form pochodzących z kolekcji ZOJiMHZ IHAR w Krakowie. Były to: linie kbh-sp 1 i 60A, ród LAD 480 oraz odmiana Korweta. Stanowią one formy homogeniczne pod względem składu frakcji gliadynowych i mogą być wykorzystane jako wzorce porównawcze do identyfikacji genotypów analizowanych w trakcie innych badań. W obrębie każdej z podrodzin typu *Gli A2-1.2*, *Gli A2-1.3* oraz *Gli A2-1.4* stwierdzono obecność od dwóch do trzech wariantów (rys. 7.1 i 7.2).

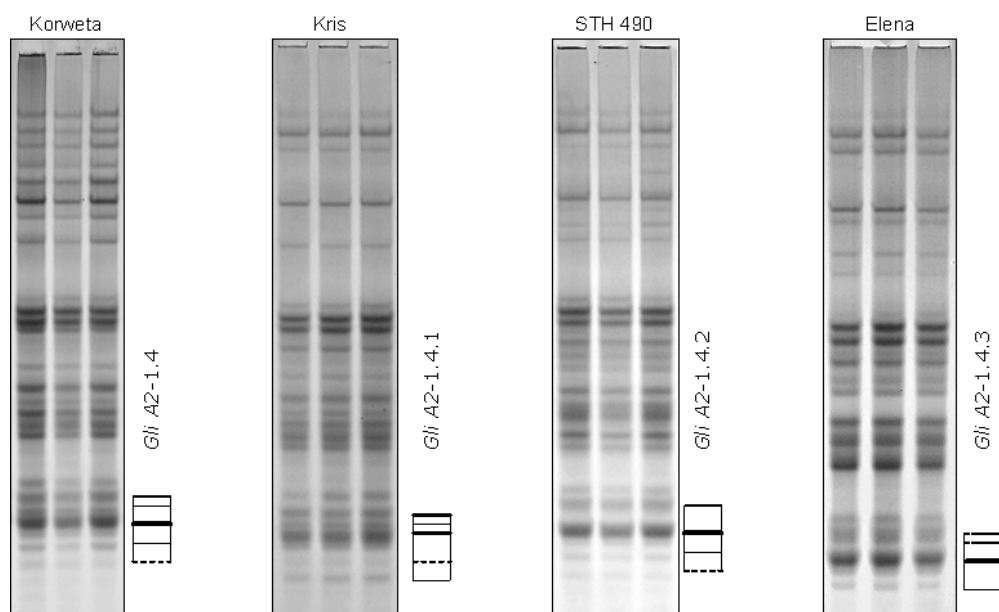
Wszystkie bloki białkowe zbliżone do *Gli A2-1* stanowią wzorzec elektroforetyczny tzw. A-gliadyny — grupy frakcji białkowych α -gliadyn kodowanych chromosomem 6A o specyficznych właściwościach fizykochemicznych (wykazują one skłonność do tworzenia struktur fibrylarnych w środowiskach o podwyższonej wartości pH) oraz o specyficznych właściwościach immunoreaktywnych (są to frakcje uznane za najbardziej toksyczne w przypadku osób chorych na celiakię) (Kasarda, 1980; De Ritis i in., 1988).

Odmiennej schemat budowy α -gliadyn stanowi blok *Gli A2-2*. Seria czterech wariantów białkowych w znacznym stopniu podobnych do *Gli A2-2* tworzy drugą rodzinę w obrębie chromosomu 6A (rys. 8). Ich frakcje są wyraźnie zarysowane i delikatniej wybarwione niż w przypadku rodziny *Gli A2-1*, co sugeruje obecność pojedynczych monomerów w obrębie przynajmniej niektórych spośród obserwowanych prążków.



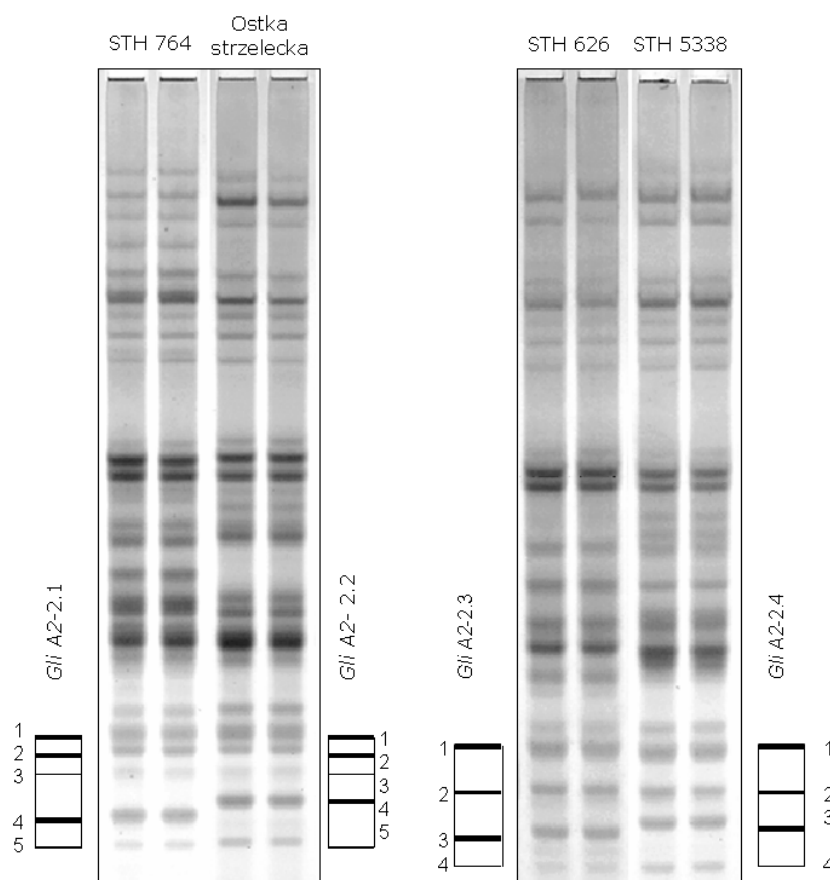
Rys. 7.1. Warianty białkowe obserwowane w obrębie podrodziny bloków gliadynowych typu *Gli A2-1.2* oraz *Gli A2-1.3*

Fig. 7.1. Protein variants occurred among subfamilies of gliadin blocks of the types *Gli A2-1.2* and *Gli A2-1.3*



Rys. 7.2. Warianty białkowe obserwowane w obrębie podrodziny bloków gliadynowych typu *Gli A2-1.4*

Fig. 7.2. Protein variants observed among subfamily of gliadin blocks of the type *Gli A2-1.4*



Rys. 8. Cztery podrodziny bloków białek gliadynowych typu *Gli A2-2*
Fig. 8. Four subfamilies of gliadin protein blocks of the type *Gli A2-2*

Nie nakładają się one na siebie, są znacznie oddalone i nie tworzą, tak charakterystycznych dla typu *Gli A2-1*, intensywnych plam. Dzięki temu ich obraz jest łatwiejszy do identyfikacji i do odróżnienia od wszystkich wariantów z rodziny *Gli A2-1*.

Cztery bloki grupy drugiej oznaczono symbolami: *Gli A2-2.1*, *Gli A2-2.2*, *Gli A2-2.3*, *Gli A2-2.4*. Zarówno w przypadku pierwszej (2.1 i 2.2), jak i drugiej pary (2.3 i 2.4) różnice w układzie prążków elektroforetycznych polegają na niewielkim, lecz dokładnie widocznym, przesunięciu frakcji oznaczonej numerem 3. Cztery formy pszenicy ozimej pochodzące z kolekcji ZOJiMHZ w Krakowie zawierające wymienione bloki stanowią linie czyste i mogą być wykorzystane jako wzorce elektroforetyczne do ich identyfikacji. Są to: ród STH 764 (wariant 2.1), odmiana Ostka strzelecka (wariant 2.2), rody: STH 626 (wariant 2.3) oraz STH 5338 (wariant 2.4).

Prążki wchodzące w skład bloków opisanych w niniejszym akapicie charakteryzowano na podstawie wskaźnika Rm, który umożliwił graficzne opracowanie ich schematu (tab. 5).

Tabela 5

Wartości Rm dla prążków, które wchodzą w skład bloków gliadynowych warunkowanych chromosomem 6A

The Rm values for gliadin bands belonging to blocks coded by the chromosome 6A

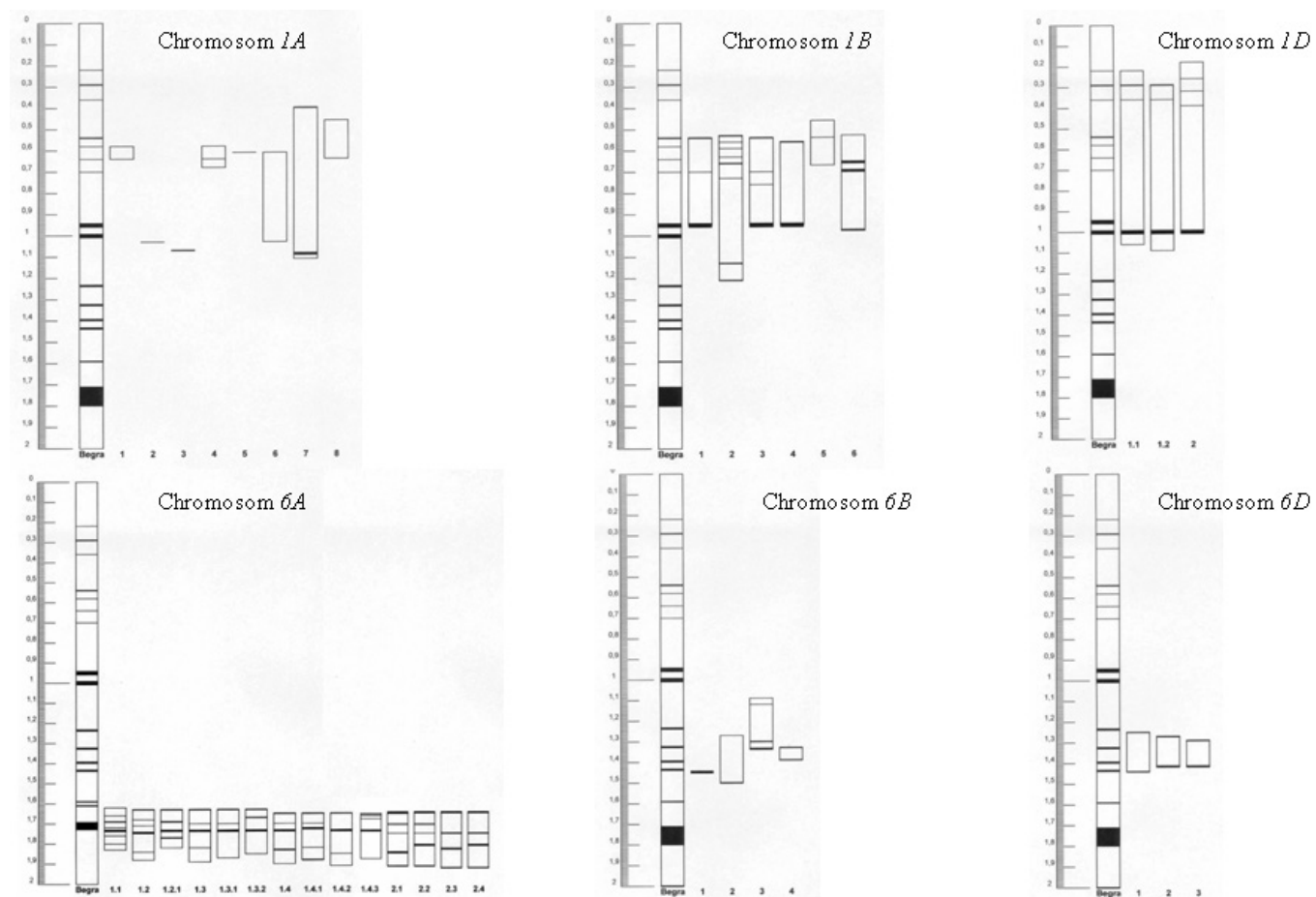
Blok gliadyn Gliadin block	Numer prążka Number of the band								Genotyp Genotype
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Gli A2-1.1	1.62	1.66	1.69	1.72	1.74	1.76	1.80	1.83	khh-sp 1
Gli A2-1.2	1.63	1.68	1.71	1.75	1.84	1.88			sth 183
Gli A2-1.2.1	1.63	1.69	1.73	1.77	1.82				sth 650
Gli A2-1.3	1.63	1.70	1.74	1.82	1.89				60 A
Gli A2-1.3.1	1.64	1.70	1.75	1.87					Sukces, Tonacja
Gli A2-1.3.2	1.63	1.67	1.74	1.85					sth 5295
Gli A2-1.4	1.65	1.70	1.74	1.83	1.90				Korweta
Gli A2-1.4.1	1.65	1.70	1.72	1.82	1.88				Kris
Gli A2-1.4.2	1.66	1.75	1.85	1.91					sth 490
Gli A2-1.4.3	1.65	1.74	1.89						Elena
Gli A2-2.1	1.64	1.70	1.75	1.86	1.93				sth 764
Gli A2-2.2	1.64	1.70	1.75	1.82	1.93				Ostka strzelecka
Gli A2-2.3	1.64	1.75	1.84	1.94					sth 626
Gli A2-2.4	1.64	1.75	1.82	1.94					sth 5338

Katalog bloków białek gliadynowych

Zidentyfikowane bloki gliadyn w postaci schematów graficznych wprowadzono do katalogu, który aktualnie obejmuje 38 wariantów białkowych. Osiem spośród nich jest warunkowanych chromosomem 1A, sześć — chromosomem 1B, trzy — chromosomem 1D, czternaście — chromosomem 6A, cztery — chromosomem 6B i wreszcie trzy — chromosomem 6D (rys. 9). Katalog zawiera szereg nowych bloków, nieuwzględnionych w jego pierwotnej wersji (Waga, 2000). Zastosowana w badaniach analiza genetyczna mieszańców F₂ jest najbardziej wiarygodną metodą identyfikacji nowych bloków. Natomiast porównanie obrazów elektroforetycznych genotypów blisko spokrewnionych zwiększa jej dokładność.

Katalog w obecnej postaci może ułatwiać charakterystykę polskich odmian i rodów pszenicy pod względem białek gliadynowych. Na podstawie katalogu obraz elektroforetyczny genotypu można zapisać przy użyciu sześciu symboli liczbowych odpowiadających numerom katalogowym bloków. Uzyskany kod tworzy formułę elektroforetyczną odmiany lub rodu.

Analiza dziewiętnastu form z kolekcji roboczej HR Strzelce sp. z o.o. stanowi przykład ilustrujący możliwość praktycznego wykorzystania tej formy zapisu w badaniach struktury populacji pod względem genów białek gliadynowych (tab. 6). W badanej grupie odmian i rodów stwierdzono największe zróżnicowanie dla bloków warunkowanych chromosomem 6A (14 wariantów białkowych). Pozostałe chromosomy były reprezentowane przez trzy (w przypadku chromosomu 6D) do sześciu bloków (w przypadku chromosomu 1A).



Rys. 9. Katalog bloków białek gliadynowych. Z lewej strony każdego schematu zaznaczono skalę wartości Rm oraz schemat gliadyn odmiany wzorcowej Begra

Fig. 9. Catalogue of gliadin protein blocks. Rm values and gliadin bands of the cultivar Begra are given on the left side of each diagram

Tabela 6

Formuły elektroforetyczne wybranych form pszenicy ozimej z kolekcji roboczej HR Strzelce Sp. z o.o.
Electrophoretic formulas of winter wheat's chosen from the collection of HR Strzelce Sp. z o.o.

Odmiana/ Ród Cultivar/ Strain	<i>Gli A1</i>	<i>Gli B1</i>	<i>Gli D1</i>	<i>Gli A2</i>	<i>Gli B2</i>	<i>Gli D2</i>
60 A	7	1	1.1	1.3	xx	2.1
Elena	3	3	1.1	1.4.3	xx	3.1
Jawa	2	1	1.1	1.3	3	1.1
Korweta	6	1	2	1.4	xx	1.1
Kris	3	1	1.1	1.4.1	xx	1.1
Oberkummler Rotkorn (orkisz)	4	6	1.2	1.1	3	1.1
Ostka Strzelecka	1	1	1.1	2.2	xx	xx
Rywalka	1	1	1.1	2.2	xx	1.1
Soraja	1	3	2	2.1	xx	1.1
Sukces	1	1	1.1	1.3.1	xx	1.2
Tonacja	1	1	1.1	1.3.1	xx	1.2
STH 146	3	2	1.1	2.1	3	1.1
STH 183	2	2	1.1	1.2	xx	1.1
STH 490	1	1	1.1	1.4.2	xx	1.1
STH 5295/1	2	2	1.1	1.3.2	xx	3.1
STH 5338	1	1	1.1	2.4	xx	1.1
STH 626	1	1	1.1	2.3	xx	1.1
STH 650	2	2	1.1	2.1	xx	1.1
STH 764	1	1	2	2.1	xx	1.1

xx — Niezidentyfikowane bloki gliadyn

xx — Unidentified gliadin blocks

W pierwszej grupie homeologicznej zaobserwowano ilościową dominację bloków *Gli A1-1*, *Gli B1-1* oraz *Gli D1-1* nad pozostałymi blokami warunkowanymi przez chromosomy 1A, 1B i 1D. Co prawda liczebność badanej populacji jest zbyt mała by formułować ogólne wnioski na temat rozpowszechnienia różnych bloków gliadyn w skali kraju. Niemniej jednak pozwala ona stwierdzić — obserwowane już we wcześniejszych badaniach — znaczące ograniczenie liczebności bloków *Gli B1-4* oraz *Gli D1-2* (wyniki nie publikowane). Pierwszy z nich został całkowicie wyeliminowany natomiast drugi pojawił się zaledwie w trzech formach pszenicy. Zjawisko to ma charakter niekorzystny, gdyż oba bloki były powiązane z wysoką jakością technologiczną (Sozinov i Poperella, 1980; Waga i Węgrzyn, 2000). Obserwowano je między innymi u takich odmian jak Bezostna 1 czy Mironowska 808. Jest to typowy przykład zawężania puli genowej na skutek selekcji i stanowi sygnał do intensyfikacji badań nad poszukiwaniem nowych źródeł zmienności genetycznej dla potrzeb polskiej hodowli. Podobne zjawisko erozji genetycznej, potwierdzone wynikami analizy częstotliwości bloków gliadynowych, obserwowano również w innych krajach Europy (Metakovsky i Branlard, 1998). Za jedną z jego przyczyn uznano zbyt częste wykorzystywanie tych samych bądź genetycznie zbliżonych komponentów rodzicielskich w programach krzyżowań. Elektroforeza gliadyn (jak również innych polimorficznych białek pszenicy) może odegrać ważną rolę w poszukiwaniu nowych genów, wprowadzania ich do materiałów hodowlanych, jak również zapobieganiu ich eliminacji.

Innym zjawiskiem, na które warto zwrócić uwagę, jest występowanie w grupie gliadyn warunkowanych chromosomem 6A rodzin i podrodzin zbliżonych do siebie bloków białkowych. Powstały one na drodze rekombinacji wewnątrzgenowej w *locus Gli A2*. Ich obecność tłumaczą wyniki analizy polimorfizmu DNA. W badaniach z wykorzystaniem metody RFLP stwierdzono obecność ponad 150 genów warunkujących syntezę α -gliadyn (Anderson i in., 1997). I choć połowę z nich stanowią tzw. pseudogeny (warianty niekodujące bądź null allele) to i tak liczba wariantów kodujących jest większa niż w przypadku pozostałych grup białek gliadynowych.

Znacznego zróżnicowania można oczekiwać także wśród bloków warunkowanych chromosomami 6B i 6D. Niewielka ich liczba w katalogu wynika ze złożonej budowy fizykochemicznej, o czym wspomniano we wcześniejszej pracy (Waga, 2005). Identyfikacja nakładających się frakcji gliadyn w tej strefie obrazu elektroforetycznego wymaga szczegółowych badań w ramach specjalnie przygotowanego programu krzyżowań oraz z wykorzystaniem uzupełniających metod izolowania i oczyszczania białek.

Opracowany katalog będzie sukcesywnie poszerzany zarówno o bloki typowe dla polskich odmian i rodów pszenicy, jak również bloki specyficzne, występujące u form prymitywnych i w populacjach lokalnych. Można oczekiwać, iż szczegółowa charakterystyka komponentów gliadyn przyczyni się do zwiększenia efektywności metod hodowlanych wspomaganych przez elektroforetyczne markery białkowe.

LITERATURA

- Anderson O. D., Litts J. C., Greene F. C. 1997. The α -gliadin gene family. I. Characterization of ten new wheat α -gliadin gene clones, evidence for limited sequence conservation of flanking DNA, and Southern analysis of the gene family. *Theor. Appl. Genet.* 95:50 — 58.
- Brites C., Carrillo J. M. 2000. Inheritance of gliadin and glutenin proteins in four durum wheat crosses. *Cereal Res. Commun.* 28/3:239 — 246.
- Bushuk W. 1998. Wheat breeding for end-product use. *Euphytica* 100: 137 — 145.
- De Ritis G., Auricchio G., Jones H. H., Lew E. J. L., Bernardin J. E., Kasarda D. D. 1988. *In vitro* (organ culture) studies of the toxicity of specific A-gliadin peptides in coeliac disease. *Gastroenterology* 94: 41 — 49.
- Javornik B. 1989. Wheat cultivar identification by gliadin electrophoresis. *Podravka* (7) 1: 49.
- Kasarda D. D. 1980. Structure and properties of α -gliadins. *Ann. Technol. Agric.* 29: 151 — 173.
- Metakovsky E. V. 1991. Gliadin allele identification in common wheat. II. Catalogue of gliadin alleles in common wheat. *J. Genet. Breed.* 45: 325 — 344.
- Metakovsky E. V., Novoselskaya A. Y. 1991. Gliadin allele identification in common wheat. I. Methodological aspects of the analysis of gliadin pattern by one-dimensional polyacrylamide-gel electrophoresis. *J. Genet. Breed.* 45: 317 — 324.
- Metakovsky E. V., Branlard G. 1998. Genetic diversity of French common wheat germplasm based on gliadin alleles. *Theor. Appl. Genet.* 96: 209 — 218.
- Pogna N. E., Metakovsky E. V., Redaelli R., Raineri F., Dachkevitch T. 1993. Recombination mapping of Gli-5, a new gliadin-coding *locus* on chromosomes 1A and 1B in common wheat. *Theor. Appl. Genet.* 87: 113 — 121.
- Sozinov A. A., Poperella F. A. 1980. Genetic classification of prolamins and its use for plant breeding. *Ann. Techn. Agric.* 28: 229 — 245.
- Sozinov A. A. 1985. Polimorfizm bielkov i jego znaczenie w genetyce i selekcji. *Nauka*: 99 — 101.
- Waga J. 2000. Syntetyczna metoda klasyfikacji białek gliadynowych. *Biul. IHAR* 215: 35 — 60.

- Waga J., Węgrzyn S. 2000. Powiązanie wybranych frakcji białek gliadynowych ze zmiennością cech użytkowych odmian i rodów pszenicy ozimej. Biul. IHAR 215: 61 — 76.
- Waga J. 2005. Dziedziczenie wybranych frakcji białek gliadynowych u mieszańców orkisz z pszenicą zwyczajną. Biul. IHAR 236: 25 — 40.
- Wrigley C. W., Robinson P. J., Williams W. T. 1982. Associations between individual gliadin proteins and quality, agronomic and morphological attributes of wheat cultivars. Aust. J. Agric. Res. 33: 409 — 418.

JÓZEF PILCH

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Zakład Oceny Jakości i Metod Hodowli Zbóż, Kraków

Efektywność introgresji genów *Glu-1* wysokocząsteczkowych glutenin w zwiększaniu wartości wypiekowej ziarna zbóż — przegląd literatury

Effectiveness of HMW — glutenin gene *Glu-1* introgressions in bread-making quality improvement of cereals — a review

Wysokocząsteczkowe gluteniny kodowane przez kompleksowe loci *Glu-1* są obiektem zainteresowania w hodowli odmian jakościowych pszenicy ze względu na (1) związek z jakością ziarna (2) i możliwością introgresji. Praca stanowi przegląd literatury dotyczącej zarówno możliwości introgresji w zbożach, jak i efektów uzyskanych dotychczas w zakresie zwiększania wartości technologicznej ziarna poprzez introgresję alleli *Glu-1* wysokocząsteczkowych glutenin. Wykazano, iż wśród roślin zbożowych, introgresje genów *Glu-1* uzyskano dotychczas w heksaploidalnej pszenicy *T. aestivum* L., diploidalnym życie (*S. cereale* L.), heksaploidalnym pszenżycie (x *Triticosecale* Witt.) i heksaploidalnym tritordeum. W introgresjach tych gatunki pszenicy (*AA*) diploidalnej *T. monococcum* L., *T. boeoticum* L. i (*AA BB*) tetraploidalnej jak *T. durum* Desf., *T. dicoccum* Schubl., *T. turgidum* L., *T. dicoccoides* Schweinf. oraz diploidalne gatunki kozińców (*D^S D^S*) *Ae. squarrosa* L., (*UU*) *Ae. umbellulata* Zhuk., (*MM*) *Ae. comosa* Sibth. et Sm., (*CC*) *Ae. markgrafii* L. były źródłami nowych homeologicznych genów *Glu-1* wysokocząsteczkowych glutenin i efektywnie wykorzystywanymi dla podwyższenia jakości ziarna u roślin zbożowych. Geny te wprowadzano do odmian za pomocą międzygatunkowych i międzyrodzajowych generatywnych krzyżowań zwiększających homologiczną koniugację chromosomów a także za pomocą manipulacji chromosomowych, z których translokacje okazały się najefektywniejszym sposobem wprowadzania obcej chromatyny. Introgresje genów *Glu-1* wpływały jedynie na podwyższenie wskaźników technologicznych w sposób indywidualny jednak ich ekspresja technologiczna często była modyfikowana przez supresyjne loci systemu regulacyjnego, głównie genomu pszenicy.

Słowa kluczowe: introgresje, loci *Glu-1*, wartość wypiekowa, wysokocząsteczkowe gluteniny

The high molecular weight glutenins encoded by the complex loci *Glu-1* are the object of interest in breeding of quality varieties in wheat due to their associations with bread-making quality and the possibilities of introgressions. This paper presents the review on both the possibilities of introgressions and the effects obtained so far in improvements of bread making quality by the introgressions of high molecular weight glutenins in cereals. The review showed, that in the cereals the gene *Glu-1* introgressions were realized in hexaploid wheat *T. aestivum* L., diploid rye (*S. cereale* L.), secondary hexaploid triticale (X *Triticosecale* Witt.) and hexaploid tritordeum. Some species of diploid wheat

(*AA*) *T. monococcum* L., *T. boeoticum* L., and tetraploid (*AA BB*) *T. durum* Desf., *T. dicoccum* Schubl., *T. turgidum* L., *T. dicoccoides* Schweinf. and diploid species of the genus *Aegilops* L., *Ae. squarrosa* L. (*D^S D^S*), *Ae. umbellulata* Zhuk. (*UU*), *Ae. comosa* Sibth. et Sm. (*MM*), *Ae. markgrafii* L. (*CC*) represented the sources of novel HMW-GS genes and were effectively used in bread making quality improvements in cereals. These genes were introduced effectively into wheat cultivars with the use of interspecific and intergeneric generative hybridization with promoted homoeologous chromosome pairing and by the chromosome manipulation that lead to translocations which proved to be the most effective approach. They improved the individual technological parameters but their expressions were modified by the suppression loci of the regulatory systems, mostly of the wheat genome.

Key words: bread making quality, HMW-glutenins, introgressions, loci *Glu-1*

WSTĘP

W hodowli odmian pszenicy *T. aestivum* L. o wysokiej jakości ziarna zwrócono uwagę na rolę wysokocząsteczkowej frakcji glutenin stanowiących białka zapasowe endospermu. Ich genetyczne uwarunkowanie obejmuje 20 alleli z trzech kompleksowych loci *Glu-1* położonych na długich ramionach chromosomów 1 grupy homeologicznej *1AL*, *1BL* i *1DL* (Payne i Lawrence, 1983). W locus *Glu-A1* występują 3 allele (*a-c*), w locus *Glu-B1* — 11 alleli (*a-k*) i w locus *Glu-D1* — 6 alleli (*a-f*). Tworzą one setki kombinacji rozmieszczonych w odmianach pszenicy zwyczajnej, które mają różny wpływ na wartość wypiekową tych odmian (Payne i in., 1981, 1983; Marchylo i in., 1992; Branlard i Dardevet, 1995; Nakamura, 2000 a, b, 2001; Wieser i Zimmermann, 2000; Branlard i in., 2001; Shevry i in., 2001; Gianibelli i in., 2002 a, b). Wynika on z dwóch niezależnych czynników, tj. z różnicy w liczbie allelicznych podjednostek 3, 4 lub 5 oraz z efektów jakościowych tych podjednostek. Przykładem może być para podjednostek 1Dx5 + 1Dy10, która związana jest z lepszą wartością wypiekową aniżeli pary 1Dx2 + 1Dy12, 1Dx3 + 1Dy12 i 1Dx4 + 1Dy12 (Payne i in., 1987). W odmianach włoskich podjednostki 1Dx5 + 1Dy10 wykazały istotny związek z elastycznością glutenu i właściwościami ciasta (Redaelli i in., 1997). Także w odmianach amerykańskich pszenicy para ta miała największy wpływ na właściwości miesienia ciasta (Dong i in., 1991). Z kolei większość odmian kanadyjskich o wysokiej jakości posiadała tę parę podjednostek (Bushuk, 1998). W grupie 11 odmian niemieckich o wysokiej jakości, 9 odmian wykazało obecność podjednostek 1Dx5 + 1Dy10 (wg Listy Odmianowej, 1999). Kombinacja tych podjednostek była skorelowana z wysokimi wskaźnikami technologicznymi ziarna w odmianach wyhodowanych w Niemczech (Wieser i Zimmermann, 2000), Wielkiej Brytanii (Payne i in., 1987), Norwegii (Uhlen, 1990), Syrii (MirAli i in., 1999) i USA (Dong i in., 1991).

Katalog genów MacIntosha (McIntosh i in., 2003) dotychczas zidentyfikowanych alleli u gatunków diploidalnych pszenicy (*AA*), tetraploidalnych (*AA BB*) i heksaploidalnych (*AA BB DD*) wykazuje, że w loci *Glu-1* występują 143 allele, tj. 22 allele w locus *Glu-A1*, 56 alleli w *Glu-B1* i 65 alleli w locus *Glu-D1*. Dowodzi to, iż w gatunkach spokrewnionych pszenicy obecnych jest 123 nowych alleli, które nie występują w odmianach pszenicy *T. aestivum* L. (McIntosh i in., 2003). Stanowią one bogate źródło nowej zmienności glutenin dla hodowli jakościowej pszenicy zwyczajnej.

Zatem, identyfikowanie tzw. „jakościowych podjednostek” zarówno w odmianach pszenicy zwyczajnej *T. aestivum* L., jak i wśród gatunków spokrewnionych rodziny *Poaceae* powinno prowadzić do utworzenia banku genów z korzystnymi podjednostkami wysokocząsteczkowych glutenin dla introgresji do *T. aestivum* L. w celu podwyższenia jakości technologicznej nowych odmian. W szczególności, że istnieje niewielka wiedza dotycząca wartości technologicznej podjednostek allelicznych loci *Glu-1* w gatunkach obcych. W jęczmieniu, D-hordeiny kodowane są przez locus *Hor 3* na chromosomie 5, który wykazuje homeologiczne strukturalne podobieństwo do podjednostek z pszenicy (Halford i in., 1992). W życie, locus *Glu-R1* wykazuje podobieństwo do *Glu-1* pod względem specyficzności podjednostek x, y wysokocząsteczkowych glutenin (De Bustos i in., 2001). Z kolei w gatunku *Elytrigia elongata* podjednostki wysokocząsteczkowych glutenin kodowane są przez chromosom *1E* (Dvorak i in., 1986); u *Dasypyrum villosum* L. przez chromosom *IV* (Blanco i in., 1991, De Pace i in., 2001). W gatunkach kozińców *Aegilops* L. istnieje duża homeologia loci wysokocząsteczkowych glutenin do loci *Glu-1* *T. aestivum* L. (Williams i in., 1993; Pfluger i in., 2001; Rodriguez-Quijano i in., 2001; Wan i in., 2002; Yan i in., 2003).

Zatem gatunki obce, głównie (2x, 4x, 6x) z rodzaju *Triticum* L. i kozińców *Aegilops* L. mogą stanowić wartościowe źródła wysokocząsteczkowych glutenin dla zwiększania wartości wypiekowej odmian pszenicy zwyczajnej poprzez introgresje alleli homeologicznych do *Glu-1* (Flavell i Payne, 1987; Branlard i in., 1989; D'Ovidio i in., 1992 a, b; Ahmad i in., 1997; Ceoloni i in., 1998; Alvarez i in., 2000; Lukaszewski i in., 2000; Mesfin i in., 2000; De Pace i in., 2001; Lafferty i Lelley, 2001; Shevry i in., 2001; Ballesteros i in., 2003 a, b; Pilch i in., 1999; Pilch, 2002, 2005 a, b, 2006 b).

Niniejsza praca stanowi przegląd literatury dotyczącej zarówno możliwości jak też efektów dotychczas uzyskanych w zakresie zwiększania wartości technologicznej ziarna u zbóż poprzez introgresje alleli *Glu-1* wysokocząsteczkowych glutenin. Introgresje takie uzyskano w heksaploidalnej pszenicy *T. aestivum* L., diploidalnym życie (*S. cereale* L.), heksaploidalnym pszenżycie (*X Triticosecale* Witt.) i heksaploidalnym tritordeum.

INTROGRESJE W HEKSAPLOIDALNEJ PSZENICY *T. AESTIVUM* L.

Introgresje międzyodmianowe

Z przeglądu literatury wynika, że introgresje międzyodmianowe korzystnych alleli *Glu-1* loci wysokocząsteczkowych glutenin lub eliminacje niekorzystnych alleli wykonywano w celu zwiększenia wartości wypiekowej u odmian pszenicy o wysokim plonowaniu, lecz słabej jakości ziarna. Możliwości przenoszenia alleli *Glu-1* za pomocą międzyodmianowej generatywnej hybrydyzacji udokumentowana była w wielu pracach zarówno krajowych jak i zagranicznych. Uzyskane jednak substytucje pojedynczych chromosomów wykazały genetyczną aktywność nie tylko alleli *Glu-1* wysokocząsteczkowych glutenin na chromosomach z tymi allelami, ale także wpływ innych chromosomów na wartości wypiekowe ziarna u odmian pszenicy. Mansur i wsp. (1990) dokonali substytucji chromosomów *1A*, *1B*, *1D*, *3A*, *3B*, *7A* i *7B* odmiany Cheyenne o wysokiej jakości ziarna do odmiany Chinese Spring o jakości bardzo słabej. Chromosomy te spowodowały

zwiększenie objętości wypieczonego bochenka chleba u odmiany Chinese Spring. Podobny efekt zwiększenia objętości bochenka uzyskali Krattiger i wsp. (1987) u odmiany Cappelle Desprez po introgresji chromosomów *1A*, *1D*, *4D*, *4A*, *5D*, *6B* i *6D* z odmiany Bezostaya 1. Zemetra i wsp. (1987) badając wzajemne substytucje chromosomów u odmian Cheyenne i Wichita również wykazali efekty jakościowe nie tylko chromosomów grupy 1, ale i innych. Przy tej okazji udowodnili zachodzące interakcje genów występujących na chromosomach 1 grupy homeologicznej z genami różnych chromosomów, które miały wpływ na wskaźniki jakościowe.

Rousset i wsp. (2001) skoncentrowali się wyłącznie na wprowadzeniu chromosomów 1 grupy homeologicznej, tzw. chromosomów gluteninowych *1A*, *1B* i *1D* z odmiany Cheyenne do Chinese Spring, a wraz z nimi loci *Glu-1*. Okazało się, że introgresje alleli z loci *Glu-1* miały różny wpływ u Chinese Spring na poszczególne wskaźniki technologiczne ziarna. Duży wpływ na zwiększenie wskaźnika SDS-sedymentacji i objętość bochenka miały allele *b* i *c* locusa *Glu-A1*. Locus *Glu-B1* nie odgrywał istotnego wpływu na te wskaźniki. Największy efekt na czas miesienia ciasta miał allel *d* w locus *Glu-D1*. Również uzyskane wyniki wykazały istotny wpływ alleli gliadynowych w loci *Gli-1* na wskaźniki technologiczne ziarna.

Poprzez krzyżowania zwrotne Tanaka i wsp. (2003) dokonali introgresji allela *Glu-D1 d* kodującego parę podjednostek 5+10, której przypisuje się największy wpływ na wartość wypiekową, z odmiany o wysokiej wartości wypiekowej do czterech odmian japońskich o niskiej jakości ziarna. W otrzymanych bliskoizogenicznych odmianach wartość wypiekowa uległa wyraźnemu podwyższeniu, w porównaniu do odmian wyjściowych. Jednak, wartość wypiekowa nie osiągnęła poziomu odmiany jakościowej, z której pochodził allel *Glu-D1 d*.

Z kolei Rogers i wsp. (2001) wyeliminowali podjednostki 7 (*Glu-B1a*), 12 (*Glu-D1a*) i 2 (*Glu-D1a*) w odmianie Sicco dla zbadania efektywności delekcji na wskaźniki technologiczne. Nieobecność 7 (*Glu-B1a*) spowodowała obniżenie wskaźnika sedymentacji SDS wraz z siłą glutenu, niewielki wzrost objętości bochenka i ulepszenie jego charakterystyki. Nieobecność podjednostki 12 (*Glu-D1a*) dała znaczną redukcję wskaźnika sedymentacji SDS bez zmian objętości bochenka i jego charakterystyki. Nieobecność zarówno obu podjednostek 2+12 (*Glu-D1a*) jak i jednej podjednostki 2 spowodowała obniżenie wskaźnika sedymentacji SDS, objętość bochenka i pogorszenie jego charakterystyki.

Przytoczone wyniki wykazały, że wartość wypiekowa u odmian pszenicy zwyczajnej uzależniona jest od wielu czynników, w tym (1) od zróżnicowania allelicznego loci *Glu-1*, lecz (2) nie od pojedynczych alleli tych loci oraz (3) od kompleksowej kontroli systemu genetycznego odpowiedzialnego za wartość wypiekową ziarna, w której loci *Glu-1* są jednym z komponentów tego systemu, (4) supresji systemu regulującego aktywność loci *Glu-1* w odmianie.

Allele wysokocząsteczkowych glutenin wprowadzone do obcego genetycznie środowiska (do innej odmiany) mogą w nim redukować swoją technologiczną efektywność. A zatem międzyodmianowe introgresje alleli z loci *Glu-1* nie mogą być wyłącznym

i jedynie skutecznym działaniem w zwiększaniu wartości wypiekowej pomiędzy odmianami.

Wanous i wsp. (2003) zidentyfikowali u Chinese Spring loci, które regulują ekspresję alleli wysokocząsteczkowych glutenin i określili ich położenie na chromosomach. System ten obejmuje aż 15 ramion chromosomów, które mają istotny wpływ na *Glu-B1-1*: 8 ramion o pozytywnym działaniu *1AL*, *2AS*, *2BL*, *2DS*, *5DS*, *6AL*, *6DL*, *7AL*; i 7 ramion o negatywnym: *1BS*, *1DS*, *1DL*, *4DL*, *6BS*, *6DS*, *7AS*. Z kolei, 19 ramion chromosomów ma wpływ na *Glu-B1-2*, z których 8 o pozytywnym działaniu *1AL*, *2AS*, *2BS*, *3AL*, *4BL*, *6DS*, *7BL*, *7DS* i 11 o negatywnym: *1AS*, *1BS*, *1DS*, *1DL*, *2AL*, *2BL*, *3DS*, *4BS*, *4DL*, *5BL*, *6BS*.

Dwadzieścia ramion chromosomów miało wpływ na *Glu-D1-1*, z których 11 ramion o pozytywnym działaniu *1AL*, *1BL*, *2BS*, *2DS*, *5BS*, *5DS*, *6AL*, *6DS*, *6DL*, *7AL*, *7BL* i 9 o negatywnym *1AS*, *1BS*, *1DS*, *2BL*, *4DL*, *5BL*, *5DL*, *6BL*, *7DS*. Dwadzieścia pięć ramion chromosomów miało wpływ na *Glu-D1-2*, z których 17 ramion o pozytywnym działaniu *1BL*, *2AS*, *2BS*, *2DS*, *2DL*, *3AS*, *3AL*, *3BS*, *5AS*, *5BS*, *5DL*, *6AL*, *6DL*, *7AL*, *7BS*, *7BL*, *7DL* i 8 o negatywnym: *1DS*, *4DL*, *5AL*, *5BL*, *6BS*, *6BL*, *6DS*, *7DS*.

Zeven i Waninge (1986) wskazywali wcześniej w krzyżowaniach odmian Manitou i Neepawa pszenicy zwyczajnej z *Ae. speltooides* Taush. na obecność genów inhibitorów hamujących nawet całkowicie ekspresję alleli *Glu-D1d*, *Glu-B1c* wysokocząsteczkowych glutenin.

Introgresje z gatunków obcych

Odmiany pszenicy zwyczajnej jako allopoliploidy o dużej liczbie chromosomów tolerują wszelkie zmiany chromosomowe, co umożliwia inżynierię chromosomową i włączanie obcej chromatyny z korzystnymi genami.

T. aestivum L. ma wiele spokrewnionych gatunków w obrębie rodziny *Poaceae* stanowiących bogactwo cech, które mogą być wykorzystane w ulepszeniach. Jednak w krzyżowaniach z nimi koniugowanie homeologicznych chromosomów jest pod dokładną kontrolą supresyjną dominujących genów *Ph* (*Ph1*, *Ph2*), które zabezpieczają diploidalną koniugację każdego genomu pszenicy. Uniemożliwia to wszelkie introgresje chromosomów z innych gatunków. Niehomologiczne chromosomy rzadko koniugują i rekombinują z chromosomami pszenicy w obecności genów systemu *Ph* (Pilch, 2005 c). Utrudnia to transfer pożądaných dla pszenicy genów z gatunków spokrewnionych. Jednak odpowiednie manipulowanie chromosomami daje możliwość ich wprowadzania z niehomologicznych genomów obcych gatunków (Pilch, 2006 a). Obca chromatyna może być transferowana poprzez (1) wytwarzanie amfiploidów pszenica-gatunek obcy, (2) tworzenie linii pszenicy z substytucjami chromosomów pszenicy z gatunkiem obcym, (3) tworzenie linii pszenicy z translokacjami chromosomów obcego gatunku (Pilch, 2005 a). Występująca w tych przypadkach niestabilność somatyczna i meiotyczna chromosomów obcych w genomie pszenicy z powodu braku koniugacji w obecności genów *Ph* ogranicza ich zastosowanie bezpośrednio w hodowli. Można spowodować ich koniugowanie poprzez wykorzystanie (1) mutacji *ph1* (Sears, 1977), (2) nullisomików *5B*-chromosomów, w których nie ma obu chromosomów *5B*, (3) monosomików *5B*, w których nie ma jednego chromosomu *5B* (Feldman, 1966) i (4) genu inhibitora *Ph¹* (Chen i in., 1994). Dla

hodowców bezpośrednie wykorzystanie tych możliwości w programach jest niezmiernie trudne, szczególnie w przypadkach występowania sprzężeń na obcych chromosomach. Można je zminimalizować indukując translokacje pomiędzy chromosomami pszenicy i homeologicznymi chromosomami obcymi.

Krzyżowanie pszenicy z gatunkami obcymi ułatwia (1) stosowanie kultur embrionów i (2) manipulowanie genetycznymi systemami u *T. aestivum* L., tj. systemem homeologicznej koniugacji — *Ph* i genami krzyżowalności — *Kr* (Pilch, 2005 a, b, c, 2006 a). Wprowadzenie obcej chromatyny połączone jest często z obniżeniem płodności kłosów, a tym samym i z dużym spadkiem plonu ziarna. Jednak poprzez genetyczne działania można przywrócić płodność kłosów do pierwotnego poziomu jak to miało miejsce w przypadku introgresji genu odporności na *Pseudocercospora herpotrichoides* Fron. z chromosomu 7D *Ae. ventricosa* Tausch., gdzie Carillo i wsp. (1990) zredukowali wielkość wprowadzonego pierwotnie chromosomu 7D do małego fragmentu. Autorzy ci zidentyfikowali u pszenicy sprzężenie pomiędzy loci *Glu-1* i plonem ziarna przewidując, że zerwanie tego sprzężenia poprzez eliminację fragmentu chromosomu może ulepszyć plon ziarna. Tak samo postąpili Rogers i wsp. (1997) w przypadku introgresji locusa *Glu-A1 r* z diploidalnego gatunku pszenicy *T. boeoticum* Boiss.

Z krzyżowań międzygatunkowych i międzyrodzajowych pszenicy zwyczajnej uzyskano szereg introgresji obcych genów. Najczęściej były to geny odporności na patogeny zbożowe (Rong i in., 2000; Ma i in., 2001; Aghaee-Sarbarzeh i in., 2002; Dhaliwal i in., 2002 b, Liu i in. 2002, Hsam i in. 2003, Leonova i in. 2004, Cai i in. 2005, Li i in. 2005, Marais i in., 2005; Mohler i in., 2005; Oliver i in., 2005; Schoenenberger i in., 2005; Jakobson i in., 2006; Pestsova i in., 2006). Niewiele introgresji dotyczyło cech kłosa i jakości ziarna (Pilch, 2005 a).

Obszerna literatura wykazała, że wśród gatunków spokrewnionych pszenicy *T. aestivum* L. głównym źródłem jakości ziarna okazały się gatunki tetraploidalnej pszenicy o składzie genomowym *AA BB*. Były to głównie *T. durum* Desf., *T. dicoccum* Schubl., *T. turgidum* L. i *T. dicoccoides* Schweinf. Dlatego też gatunki te najczęściej wykorzystano w introgresji alleli *Glu-1* wysokocząsteczkowych glutenin.

Wartość makaronowa ciasta i przydatność wypiekowa pszenic tetraploidalnych znane są od dawna. Właściwości te są związane z wysokocząsteczkowymi gluteninami kodowanymi przez geny *Glu-A1* i *Glu-B1*, które mają istotny wpływ również na wypiekowość odmian pszenicy zwyczajnej (Payne i in., 1981, 1987). Odmiany jakościowe *T. aestivum* L. mają zwykle od 3 do 5 podjednostek wysokocząsteczkowych glutenin, w tym dwie lub jedną podjednostkę locusa *Glu-B1* i jedną lub żadną locusa *Glu-A1*. Pomimo, że główną rolę w jakości ziarna u *T. aestivum* L. przypisuje się genomowi *D*, to jednak genomy *A* i *B* mają nie mniejszy istotny wpływ. Uzyskane wyniki dotyczące roli genów *Glu-A1* wykazały, że *Glu-A1b* kodujący podjednostkę 2* związany był z silnym glutenem bardziej niż allel *Glu-A1c* podjednostki null (Payne i in., 1981, 1987). Wyraźne zmniejszenie właściwości reologicznych ciasta obserwowano w genotypach z allelem *Glu-A1c* podjednostki null (Lawrence i in., 1988). Z kolei Johansson i Svensson (1995) stwierdzili, że obca podjednostka 2.1* obecna w szwedzkich odmianach związana była z lepszą wartością wypiekową aniżeli podjednostki 1 (*Glu-A1a*) i 2* (*Glu-A1b*) z *T. aestivum* L.

Można zatem oczekiwać, że introgresja obcych alleli wysokocząsteczkowych glutenin do odmian pszenicy zwyczajnej zwiększy jakość tych odmian.

W liniach introgresywnych pszenicy ozimej *T. aestivum* L. / *T. durum* Desf. v. Mirable, Khapli, Fuensemiduro uzyskano bardzo wysoką (poziom klas E i A) zawartość białka ogółem w ziarnie, wskaźnika sedymentacji Zeleny'ego i liczby opadania (Pilch, i in. 1999; Pilch, 2002). Analiza SDS-PAGE wykazała zmiany w częstotliwości poszczególnych podjednostek wysokocząsteczkowych glutenin, jak też kompozycji podjednostek i składu ich par kodowanych przez loci *Glu-1* (Pilch, 2006 b). Pod tym względem różniły się one od odmian jakościowych pszenicy zwyczajnej. W pięciu liniach nie zidentyfikowano podjednostek typowych dla alleli loci *Glu-A1*, *Glu-B1* *T. aestivum* L. Pomimo tego linie te miały bardzo wysokie wskaźniki technologiczne ziarna. Sugerowało to, że "modyfikacje alleli" były wynikiem introgresji z odmian tetraploidalnej pszenicy *durum* Mirable, Khapli i Fuensemiduro, które spowodowały korzystne efekty technologiczne. Takie modyfikowanie alleli loci *Glu-1* jest znane w literaturze. W dwóch odmianach *T. aestivum* L. Chinese Spring i Cheyenne, w odmianie Bidi należącej do *T. durum* Desf. oraz w gatunku *T. turgidum* ssp. *dicoccoides*, Anderson i wsp. (1998) zidentyfikowali mutację allelela, a (*Glu-B1*) kodującego podjednostkę 7. Polegała ona na duplikacji odcinka 54-bp lub insercji 185-bp w sekwencji promotora Bx "cereal box". Z kolei w odmianie Cheyenne, Forde i wsp. (1985) zidentyfikowali inny rodzaj mutacji polegający na delecji odcinka 85-bp w sekwencji allelela *b* (*Glu-A1*) kodującego podjednostkę 2*. W znanej z wysokiej jakości odmianie węgierskiej Bankuti-1201. Juhasz i wsp. (2001, 2003) zidentyfikowali mutację allelela *b* (*Glu-A1*) podjednostki 2* obejmującej substytucję seryny na cysteinę (TCT-TGT) w odległości 1181-bp. Również u ryżu *Oryza sativa* L., Qu i wsp. (2003) rozpoznali mutację allelela *glu 4* (*Glu-A1*) podjednostki *a-2*, która dała nowy allel *glu 4a* kodujący nowy łańcuch polipeptydu *p16.50 / a-1*.

Z kolei cztery uzyskane introgresywne linie *T. aestivum* L./*T. durum* Desf. o wysokich wskaźnikach technologicznych ziarna miały nową kombinację podjednostek locusa *Glu-D1* obejmującą 5+12, która powstała w efekcie rozbitcia alleliczności w locus *Glu-D1* *T. aestivum* L. prawdopodobnie pod wpływem chromosomów odmiany Mirable *T. durum* Desf. (Pilch, 2006 b). Taka para nie występuje w odmianach pszenicy zwyczajnej (Payne i in., 1981; Payne i Lawrence, 1983; Pilch, 2006 b).

Literatura wykazała również, że zwiększenie liczby podjednostek wysokocząsteczkowych glutenin w odmianach pszenicy zwyczajnej wpływa na charakterystykę ciasta (Payne i in., 1984; Rogers i in., 1997). Wykazano, że allel jednej podjednostki miał z reguły gorszy efekt na energię ciasta aniżeli allel dwóch podjednostek. Przykładem może być efekt allelela *Glu-B1 a* kodującego podjednostkę 7, który zawsze miał gorszy efekt od allelela *Glu-B1 b* dwóch podjednostek 7+8, czy allelela *Glu-B1 c* podjednostek 7+9 oraz allelela *Glu-B1 i* podjednostek 17+18 (Payne i in., 1984). Również efekt allelela *Glu-B1 a j* podjednostki 8 był gorszy od allelela *Glu-B1 c* podjednostek 7+9 (Rogers i in., 1991).

Występuje także różna efektywność alleli kodujących pojedyncze podjednostki zarówno w locus *Glu-A1*, jak i loci *Glu-B1*, *Glu-D1*. Rogers i wsp. (1991) wykazali, że efekty jakościowe allelela *Glu-D1 k* podjednostki 2 i *Glu-D1 p* podjednostki 36 były gorsze od allelela *Glu-D1 d* kodującego podjednostki 5+10. W przypadku, gdy allel nie kodował

żadnej podjednostki, był on gorszy od alleli kodujących pojedyncze podjednostki, tak jak w przypadku allelela *Glu-A1 c* i *Glu-A1 a* podjednostki 1 lub allelela *Glu-A1 b* podjednostki 2* (Payne i in., 1984).

Także allele w loci *Glu-B1* i *Glu-D1*, które nie kodują podjednostek miały gorsze efekty od alleli kodujących dwie podjednostki, jak *Glu-B1 a h* bez podjednostki i *Glu-B1* i kodującego 17+18 (Lawrence i in. 1988). Tak samo jest w przypadku allelela *Glu-D1 i* bez podjednostki i allelela *Glu-D1 d* z podjednostkami 5+10 (Payne i in., 1987; Lawrence i in., 1988).

Nie tylko jest ważna liczba podjednostek wysokocząsteczkowych glutenin w introgresjach jakościowych. Istnieje w literaturze wiele przykładów alleli z taką samą liczbą podjednostek, które jednak w różnym stopniu wpływają na właściwości jakościowe ziarna (Payne i in., 1984). Jak chociażby dobrze udokumentowana dominująca rola pary podjednostek 5+10 allelela *Glu-D1 d* nad parą 2+12 allelela *Glu-D1 a.* Badania z deficycjami lub duplikacjami odcinków chromosomowych, gdzie położone były loci kodujące białka zapasowe endospermu wykazały, że także określony segment chromosomu miał udział w zwiększaniu jakości lub też kierunku zmian tej jakości (Rogers i in., 1990).

W przypadku introgresji obcych chromosomów liczne wyniki wykazały, że ulepszenia mogą wynikać z wprowadzania alleli kodujących większą liczbę podjednostek, jak wprowadzenie do chromosomu 1A *T. aestivum* L. locusa *Glu-U1* z kozińca *Ae. umbellulata* Zhuk., które spowodowało wzrost wskaźnika sedymentacji-SDS w porównaniu do linii z allelelem *Glu-A1 c* podjednostki null lub też *Glu-A1 a* podjednostki 1.

Podobnie Ciaffi i wsp. (1990, 1995) wykazali u odmian pszenicy *durum*, gdzie introgresja allelela *Glu-A1* dwóch podjednostek z *T. dicoccoides* Schweinf. do gatunku *T. durum* Desf. mającego allelel *Glu-A1 c* bez podjednostki spowodowała zwiększenie jakości glutenu. Jak widać wprowadzony allelel dwóch podjednostek miał silniejsze działanie od allelela jednej podjednostki u odmian jakościowych pochodzących z krzyżowania *T. durum* Desf. × *T. aestivum* L. W tym względzie Margiotta i wsp. (1995) podali przykłady dwóch odmian szwedzkich pszenicy zwyczajnej uzyskanych z międzygatunkowego krzyżowania z gatunkami dzikimi pszenicy, w których dwie podjednostki typu -x, -y kodowane były przez locus *Glu-A1*, tj. 39+40, 41+42. Źródłem ich była pszenica diploidalna *T. monococcum* L., pomimo że gatunek ten nie ma zadawalającego wskaźnika SDS-sedymentacji (Saponaro i in. 1995).

Rogers i wsp. (1997) wprowadzili do odmiany Sicco *T. aestivum* L. o wysokiej jakości dwa allelele, tj. *Glu-A1 r* kodującego podjednostki 39+40 i allelel *Glu-A1 s* podjednostek 41+42 z innej diploidalnej pszenicy *T. boeoticum* Boiss. Introgresja tych alleli spowodowała niewielki wzrost w energii ciasta i siły glutenu, obniżenie lepkości ciasta i ulepszenie objętości bochenka i jego ocenę. Efekty te mogą wydawać się niewielkie lecz należy uwzględnić iż allelele *Glu-A1 s* i *Glu-A1 r* wprowadzono do genotypu Sicco o wysokiej jakości stąd zarejestrowanie większych efektów mogło być przysłonięte. Oprócz rodzaju podjednostek introgresja ta jednocześnie zwiększyła liczbę podjednostek

u odmiany Sicco z 5 u odmiany wyjściowej do 6 podjednostek u odmiany introgresywnej. Autorzy sugerowali wykorzystanie tych alleli w programach hodowli odmian jakościowych w połączeniu z selekcją alleli innych loci kontrolujących białka zapasowe endospermu, jak również wpływających na jakość ziarna.

W potomstwie syntetycznej heksaploidalnej pszenicy, w której odmiana Altar 84 *T. turgidum* L. była jednym z dwóch komponentów nastąpił wzrost właściwości ciasta spowodowany obecnością alleli tak gluteninowych jak i gliadynowych na chromosomach 1AS, 5AL, 7AS i 1BS *T. turgidum* L. (Nelson i in., 2006).

Również efektywność jakościowa wysokocząsteczkowych alleli locusa Glu-A1 została potwierdzona w introgresjach z diploidalnej pszenicy *T. urartu* L. i *T. boeoticum* Boiss., tetraploidalnej *T. dicoccoides* Schweinf. i *T. araraticum* L., oraz kozińca *Ae. speltoides* Taush. do odmian pszenicy *durum* *T. durum* Desf. i *T. aestivum* L. (Zeven i Waninge, 1986; Rogers i in., 1997; Dhaliwal i in., 2002 a). Wyniki te wykazały wzrost siły glutenu, sedymentacji - SDS i zawartości białka ogółem. Efekt introgresji alleli locusa Glu-A1 może być wzmocniony przez sprzężenie z genem PPO (polyphenol oxidase activity) tlenku polifenolu, który jest położony u *T. durum* Desf na długim ramieniu chromosomu 2A (Jimenez i Dubcovsky, 1999). Watanabei i wsp. (2006) zidentyfikował SSR- marker Xgwm31a 2A, który ułatwia selekcję genotypów pszenicy z niską aktywnością genu PPO. Stosując ten marker, wyselekcjonowali wśród odmian Jennah, Khetifa i Cham 1 linie niskoaktywne -PPO.

Efektywność introgresji alleli locusa Glu-B1 przedstawiono w wielu pracach tetraploidalnej pszenicy. Uzyskane wyniki wykazały, że stanowią one źródło ulepszenia glutenu w odmianach pszenicy zwyczajnej (Turchetta i in., 1995; Liu i Shepherd, 1996; Brites i Carrillo, 2001). Allel b locusa *Glu-B1* kodującego podjednostki 14+15 *T. durum* Desf. zwiększa bardziej wartości sedymentacji - SDS i właściwości miesienia ciasta aniżeli podjednostki 7+8 i 20 alleli b, e. Cztery allele Glu-A1 a, b, c, III i 8 alleli *Glu-B1* b, c, d, e, f, h, i, XII determinowały jakość 202 odmian pszenicy *durum* o wysokiej wartości sedymentacji - SDS pochodzących z Turcji i Włoch (Turchetta i in., 1995). Wśród alleli Glu-A1, allel a związany był z większą wartością sedymentacji — SDS w przeciwieństwie do allele c. Z kolei allele b i d locusa Glu-B1 miały większy wpływ na sedymentację aniżeli allel e. Korzystne efekty powodował allel XII kodujący podjednostki 7+15.

W innych 30 genotypach pszenicy *durum* pochodzących z Etiopii, zidentyfikowano dwa allele c i b locusa Glu-A1 i 6 alleli b, d, e, h, i, f locusa Glu-B1 (Dessalegn i in., 2003). Wśród nich najwyższe wartości sedymentacji — SDS i objętości bochenka miała kompozycja alleli wysokocząsteczkowych glutenin: N (Glu-A1 c) + 7+8 (Glu-A1 b). W locus Glu-A1, 98% miało allel c, w locus Glu-B1 allel b dominował nad allelami e i d. Oprócz nich wysoce istotna korelacja między specyficznymi y-gliadynami kodowanymi przez loci *Gli-1* i elastycznością glutenu u tetraploidalnych gatunków pszenicy z dobrymi wskaźnikami technologicznymi mogłaby być wprowadzona do odmian *T. aestivum* L. (D'Ovidio i in., 1992 b). Podjednostki h1Bx i h1By gatunku *Agropyron elongatum* (Host) Nivski, które mają mobilność podobną do podjednostek 1Bx13 i 1By16 wprowadzono do odmian pszenicy zwyczajnej. Uzyskano korzystny efekt introgresji w postaci lepszej wartości mąki u tych odmian (Feng i in., 2004).

W pracach jakościowych pszenicy *T. aestivum* L. źródłem genów wysokocząsteczkowych glutenin *Glu-D1* okazały się gatunki diploidalne kozińców, szczególnie te, które mają genom homeologiczny do genomu *D*-pszenicy, jak *Ae. squarrosa* L. ($D^S D^S$), *Ae. umbellulata* Zhuk. (*UU*), *Ae. comosa* Sibth. et Sm. (*MM*) i *Ae. markgrafii* L. (*CC*). Wśród nich najczęściej wykorzystywano w introgresjach *Ae. squarrosa* L., albowiem był on donorem genomu *D* dla pszenicy zwyczajnej *AA BB DD* w filogenezie tego gatunku (Dvorak i in., 1998).

Kozińce *Aegilops* L. są blisko spokrewnione z pszenicą *T. aestivum* L. albowiem wykazują wysoką homeologię chromosomów co ułatwia introgresję genów poprzez generatywną hybrydyzację. Tym sposobem wprowadzono już wiele genów do odmian pszenicy zwyczajnej. Najwięcej było genów odporności na choroby, jak mączniaka prawdziwego czy rdze. Z *Ae. squarrosa* L. wprowadzono 11 genów: *Pm2* (*5DS*), *Pm19* (*7D*), *Lr 21* (*1DL*), *Lr22a* (*2DS*), *Lr24* (*3DL*), *Lr32* (*3D*), *Lr39* (*2DS*), *Lr40* (*1D*), *Lr41* (*1D*), *Lr42* (*1D*), *Sr 33* (*1DL*); z *Ae. umbellulata* Zhuk — 1 gen *Lr9* (*6DL*); i z *Ae. comosa* Sibth. et Sm. — 1 gen *Yr* (*2D*), które funkcjonują od kilkudziesięciu lat i stanowią podstawę odporności pszenicy.

Gatunki *Ae. squarrosa* L. ($D^S D^S$), *Ae. umbellulata* Zhuk. (*UU*), *Ae. comosa* Sibth. et Sm. (*MM*) i *Ae. markgrafii* L. (*CC*) posiadają geny kodujące wysokocząsteczkowe gluteniny, które są strukturalnie homeologiczne do genów locusa *Glu-D1* pszenicy *T. aestivum* L. (Liu i in., 2003; Rodriguez i in., 2001). Wśród 65 alleli (*a-bn*) tego locusa *Glu-D1* zidentyfikowanych u pszenicy heksaploidalnej (*AA BB DD*) nie wszystkie z nich występują w wymienionych gatunkach *Aegilops* L. (McIntosh i in., 2003). Wykazują one duże zróżnicowanie alleli pod tym względem, ponadto posiadają nowe allele w loci *Glu-D^S1*, *Glu-U1*, *Glu-M1* *Glu-C1*, których nie ma w genomie *D* pszenicy *T. aestivum* L.

Locus *Glu-D^S1* (*Ae. squarrosa* L.) koduje 42 pary podjednostek wysokocząsteczkowych glutenin, z których 37 par nie występuje w genomie *D* pszenicy zwyczajnej (McIntosh i in., 2003; Yan i in., 2003, 2004; Yueming i in., 2003).

Locus *Glu-U1* (*Ae. umbellulata* Zhuk.) zawiera 11 podjednostek gluteninowych, z których 6 podjednostek nie występuje u *T. aestivum* L. (Rodriguez-Quijano i in., 2001). Znana z efektywności u pszenicy zwyczajnej para podjednostek 5+10 kodowana jest u tego kozińca przez inny allel, tj. *e* a nie przez *d*.

W locus *Glu-M1* (*Ae. comosa* Sibth. et Sm.) zidentyfikowano 11 podjednostek wysokocząsteczkowych glutenin kontrolowanych przez 11 alleli (*a-k*), z których 6 podjednostek nie występuje u *T. aestivum* L. (Rodriguez-Quijano i in., 2001).

Locus *Glu-C1* (*Ae. markgrafii* L.) posiada 6 podjednostek wysokocząsteczkowych glutenin, z których dwie podjednostki nie występują u *T. aestivum* L. (Rodriguez-Quijano i in., 2001).

Elektroforetyczny obraz genów *Glu-I* kozińców *Ae. squarrosa* L. ($D^S D^S$), *Ae. umbellulata* Zhuk. (*UU*), *Ae. comosa* Sibth. et Sm. (*MM*) i *Ae. markgrafii* L. (*CC*) wykazuje obecność podjednostek typu -x, -y, kompozycje podjednostek wysokocząsteczkowych glutenin a także obecność i nieobecność alleli w pszenicy zwyczajnej. Wszystkie x-podjednostki gatunku *Ae. umbellulata* Zhuk. mają bardzo wysoki ciężar cząsteczkowy (około 130 kDa), a jedynie dwa allele *Ae. comosa* Sibth. et Sm. mają x-podjednostki

o podobnej, jak u *T. aestivum* L. mobilności. Obecność podjednostek o bardzo wysokim ciężarze cząsteczkowym w odmianach pszenicy zwyczajnej jest bardzo rzadka, jedynie jedną taką podjednostkę (2.2) kodowaną przez locus *Glu-D1f* zidentyfikowano w niektórych odmianach japońskich (Nakamura i in. 1999). Inne x-podjednostki *Ae. comosa* Sibth. et Sm. i *Ae. markgrafii* L. miały mobilność podobną do podjednostki 1 kodowanej przez allel *Glu-A1a* pszenicy heksaploidalnej *T. aestivum* L. Oba gatunki miały dwie różne podjednostki, tj. podjednostka 3 u *Ae. comosa* Sibth. et Sm. i 2 u *Ae. markgrafii* L., ale o identycznej mobilności. Z kolei podjednostki typu y *Ae. umbellulata* Zhuk. miały wyższy ciężar cząsteczkowy aniżeli u gatunków *Ae. comosa* Sibth. et Sm. i *Ae. markgrafii* L.

Porównanie sekwencji aminokwasów podjednostek 1Ux i 1Uy gatunku *Ae. umbellulata* Zhuk z *T. aestivum* L. wykazało modyfikacje obejmujące substytucje, insercje i delecje pojedynczego lub kilku aminokwasów. Przedstawione warianty mogą powodować zmiany i wnosić specyficzność białek wysokocząsteczkowych glutenin *Glu-D1*.

Nowa zmienność genetyczna, którą wnoszą powyższe gatunki rodzaju *Aegilops* L. powoduje, że stały się one pożądanym źródłem zwiększania wartości wypiekowej w odmianach pszenicy poprzez wprowadzanie nowych podjednostek lub zwiększanie ich liczby w krzyżowaniu generatywnym. Wan i wsp. (2005) rekomendowali do introgresji dwie podjednostki 1Dx2.1 i 1Dx2 z kociońca *Ae. squarrosa* L. ze względu na duże podobieństwo w sekwencji aminokwasów do podjednostki 1Dx2 pszenicy zwyczajnej. Podjednostka 1Dx2 z *Ae. squarrosa* L. różni się od podjednostki 2.2 *T. aestivum* L. brakiem dwóch zduplikowanych, interstycjalnych regionów (132 i 186 aminokwasów) w ich repetytywnym łańcuchu. Hsam i wsp. (2001) i Nelson i wsp. (2006) zbadali przydatność *Ae. squarrosa* L. dla wartości wypiekowej wykorzystując syntetyczne, heksaploidalne (*AA BB DD*) linie pszenicy otrzymane z krzyżowania *T. turgidum* L. (*AA BB*) z trzema biotypami *Ae. squarrosa* L. Objętość bochenka z mikrowypieku i wskaźniki reologiczne jak: gluten indeks, sedymentacja –SDS, rezystencja i wygląd ciasta, jak również pozostałe charakterystyki wyraźnie wskazywały na wpływ genów gluteninowych genomu D^S *Ae. squarrosa* L. (Hsam i in., 2001).

Bezpośrednie krzyżowanie pszenicy *T. aestivum* L. z D-genomowymi gatunkami *Aegilops* L. zwiększało twardość ziarna poprzez introgresję genu twardości *Ha* obejmującego dwa silnie sprzężone allele puroindoliny *PinA* i *PinB* położone na chromosomie 5DS (Martin i in., 2001). Allel *PinB* chociaż nie dający takiej twardości ziarna jak allel *PinA*, jednak wyraźnie zwiększał wydajność mąki. Zasadniczym efektem twardości ziarna na wartość wypiekową jest lepsze rozbitcie ziaren skrobi w czasie wymiału. Takie rozbitcie zwiększa zarówno absorpcję wody jak i hydrolizę skrobi do cukrów fermentacyjnych, zwiększając objętość bochenka chleba (Pomeranz i Williams, 1990). Analiza QTL cech jakościowych u pszenicy zwyczajnej wykazała, że locus *Ha* zwiększał wymiałowosć i wodochłonność mąki, rozbitcie skrobi, wskaźniki wypieku i poprawiał alweogram (Perretant i in., 2000). W potomstwie syntetycznej heksaploidalnej pszenicy WPI 219 (*T. turgidum* L. v. Altar 84 × *Ae. tauschii* Coss.) z odmianą Opata *T. aestivum* L., Nelson i wsp. (2006) również wykazali powiązanie locusa *Ha* z twardością ziarna, jego strukturą

budowy, wydajnością mąki, destrukcją skrobi, zdolnością utrzymania wody alkalicznej i innymi cechami mechanicznymi związanymi z przemiałem ziarna. Locus ten zwiększał energię ciasta i właściwości jego miesienia. W syntetycznej pszenicy, twardość ziarna była pozytywnie skorelowana z zawartością białka ogółem, jakością glutenu, wskaźnikiem sedymentacji Zeleny'ego i SDS, Pelshenke test i wartościami utrzymania kwasu mlekowego. Wskaźnik L rozpiętości alweogramu był ujemnie skorelowany z twardością ziarna.

Jak wynika z powyższych prac, zwiększając w odmianach pszenicy zwyczajnej twardość ziarna, tym samym uzyskuje się lepszą wymiałowość, wydajność mąki i lepsze odsiewanie mąki w czasie przemiału (Pomeranz i Williams, 1990). Również w krzyżowaniach z *Ae. squarrosa* L. poprzez introgresje alleli gliadyn w locus *Gli-D2* i blisko locusa *Gli-D2* na chromosomie *6DS* zwiększono zawartość białka ogółem w ziarnie do 20%, kleistość, ulepszono wierzchołek i prawą stronę miksogramu (Nelson i in., 2006). W odmianach meksykańskich pszenicy największy efekt na białka zapasowe ziarna i mąki wystąpił w efekcie introgresji alleli z chromosomu *2DS* kozieńca *Ae. squarrosa* L. (Nelson i in., 2006).

Zwiększenie wartości powyższych cech w efekcie introgresji genów z gatunku *Ae. squarrosa* L. wskazywało, że pozostałe gatunki kozieńców przedstawiają genetyczne możliwości ulepszenia jakości ziarna. Nelson i wsp. (2006) uzyskali z nimi szereg rekombinacyjnych linii pszenicy ozimej.

Efektywność alleli *Glu-D 1* na wskaźniki jakościowe ziarna zbadano także w przeciwnych introgresjach skierowanych z pszenicy zwyczajnej *T. aestivum* L. do spokrewnionych gatunków. Vitellozzi i wsp. (1997) otrzymali linie pszenicy durum *T. durum* Desf. z introgresją długiego ramienia chromosomu *1DL* (translokacja *1AL-1DL*) z udokumentowaną obecnością allela *Glu-D1 d* pochodzącego z pszenicy *T. aestivum* L. W liniach tych nie nastąpiła redukcja płodności kłosów, zwiększyła się jakość ciasta. Z kolei, Sangtong i wsp. (2002) wprowadzili allel *Glu-1Dx5* do kukurydzy ulepszając jakość białka w ziarnie.

INTROGRESJE W DIPLOIDALNYM ŻYCIE *S. CEREALE* L.

Międzygatunkowe i międzyrodzajowe introgresje obcej chromatyny do diploidów są bardziej utrudnione aniżeli do poliploidów albowiem diploidy nie tolerują obecności obcego DNA. Jednak wprowadzanie chromatyny z pszenicy *T. aestivum* L. do żyta *S. cereale* L. staje się możliwe i łatwiejsze aniżeli z oddalonych taksonomicznie gatunków do pszenicy, gdyż nie wymaga stosowania genetycznego systemu homologicznej / homeologicznej koniugacji chromosomów warunkowanego grupą genów *Ph/ph* pszenicy.

Wartość wypiekowa odmian żyta *S. cereale* L. jest ciągle niska w porównaniu do pszenicy zwyczajnej w związku z czym podejmowano wiele działań hodowlanych w celu jej podwyższenia. W ostatnich latach zwrócono uwagę na możliwość introgresji chromosomów genomu *D* pszenicy *T. aestivum* L., jak też innych spokrewnionych gatunków. Łukaszewski i wsp. (2000) wprowadzili z pszenicy *T. aestivum* L. locus *Glu-D1* kodujący parę podjednostek 5+10 (allel *d*) do trzech odmian żyta Dańkowskie Złote,

Motto i Amilo. Wykorzystano w tym celu translokowany chromosom *IRL / IDL*, w którym locus *Glu-D1* zastąpił w chromosomie żyta locus *Sec-3* kodujący sekaliny. Uzyskano tę translokację w pszenżycie heksaploidalnym Rhino (Łukaszewski i Curtis, 1992). Jednak sam locus *Glu-D1* wysokocząsteczkowych glutenin okazał się niewystarczający, aby uzyskać ziarno o właściwościach wypiekowych podobnych do pszenicy. Jednak w porównaniu do kontroli, nastąpiło podwyższenie o 75% wartości SDS-sedymtacji, zwiększenie objętości bochenka wypieczonego metodą dla mieszanin pszenno-żytnich. Natomiast objętość bochenka wypieczonego metodą żytnią nie była zmieniona.

Z kolei Sekiguchi i wsp. (1993) wprowadzili locus *Glu-1D* z diploidalnego kozieńca *Ae. squarrosa* L., którego genom *D^S* jest homeologiczny do genomu *D* pszenicy *T. aestivum* L. Wykorzystano w tym celu syntetycznego amfidiploida *DD RR* wytworzonego z krzyżowania *Ae. squarrosa* L. z żytem *S. cereale* L. cv. Prolific (Kawakubo i Taira, 1992). Efektem było zwiększenie wartości wypiekowej ziarna w porównaniu do żyta. Objętość bochenka była mniejsza od bochenka pszenicy zwyczajnej o 49%, lecz większa o 29% od bochenka żyta.

INTROGRESJE W HEKSAPLOIDALNYM PSZENŻYCIE (X *TRITICOSECALE* WITT.)

Pszenżyto (X *Triticosecale* Witt.) jako nowe zboże przeznaczone na konsumpcję dla człowieka wymaga ciągle zwiększenia jakości ziarna. W szczególności, że europejskie odmiany ozime nie mają genomu *D* pszenicy i utrzymują kompletny genom żyta w swoim składzie chromosomowym (Pilch, 1987). Zatem wykazują one obecność jedynie 6 loci wysokocząsteczkowych i niskocząsteczkowych glutenin rozmieszczonych na chromosomach genomów pszenicy *A* i *B*, tj. *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-R1*, *Glu-A3*, *Glu-B2*, *Glu-B3*. Loci te determinują możliwości wypiekowe ziarna u tych odmian (Amiour i in., 2002; De Bustos i Jouve, 2003). Wśród nich najczęściej występowały w odmianach allele *b*, *c*, *a* locusa *Glu-A1* i allele *r*, *s* locusa *Glu-B1* (Amiour i in., 2002).

Liczenie wykonywane przez hodowców krzyżowania pszenżyta z pszenicą miały na celu introgresje chromosomów genomu *D* w miejsce chromosomów R-żyta, aby wprowadzić pozostałe loci wysoko- i niskocząsteczkowych glutenin. Efektem tych prac w programie meksykańskim hodowli pszenżyta (CIMMYT Triticale Programme — Centro de Mejoramiento de Maiz y Trigo) było wytworzenie setek odmian jarego pszenżyta z substytucjami chromosomów D/R (Pilch, 1981 a, b). Wykazywały one (odmiany substytucyjne R/D, niekompletne) lepsze wypełnienie ziarna aniżeli odmiany tzw. kompletne (pełny genom R-żyta), wyższy wskaźnik sedymtacji Zeleny'ego i objętość bochenka, jak u pszenicy zwyczajnej. Jednak odmiany te były gorsze w zimowych warunkach klimatyczno-glebowych Europy od odmian kompletnych (Pilch, 1981 a, b).

Łukaszewski i wsp. (1987), Łukaszewski i Curtis (1992, 1994), Kazman i Lelley (1994), Hohmann i Kazman (1998), Lafferty i Lelley (2001), Budak i wsp. (2004) zastosowali inny sposób podwyższenia jakości ziarna pszenżyta kompletnego, tj. przez introgresję chromosomu *ID* lub jego długiego ramienia *IDL* obejmującego locus *Glu-D1* pszenicy *T. aestivum* L. Wykorzystali translokacje chromosomów typu pszenica-pszenica

1DL/1AS, pszenica-żyto 1DL/1RS i substytucje chromosomów typu pszenica-pszenica 1D-1A, 1D-1B, oraz pszenica-żyto 1D-1R. We wszystkich otrzymanych liniach zidentyfikowano parę podjednostek 5 + 10 kodowanych allelem *Glu D1 d*.

W efekcie tych prac, uzyskano u odmiany Presto istotnie wysoki wskaźnik sedymentacji Zeleny'ego i poprawioną wartość wypiekową ziarna. Różnice jakościowe pomiędzy efektem allele *Glu D1 a* kodującego parę podjednostek 2+12 i allele *Glu D1 d* kodującego 5 + 10 nie uwidoczniły się tak jak u odmian pszenicy *T. aestivum* L.

Uzyskane wyniki jakościowe z pszenżytem substytucyjnym R/D i z introgresją alleli *Glu-D1* wskazywały, że w rezultacie introgresji loci wysokocząsteczkowych glutenin genomu D pszenicy można uzyskać korzystne efekty jedynie pod względem niektórych cech wskaźników technologicznych ziarna, natomiast nie będzie można uzyskać znaczącej poprawy wartości wypiekowej u odmian heksaploidalnego pszenżyta, szczególnie u ozimych form.

INTROGRESJE W HEKSAPLOIDALNYM *TRITORDEUM*

Tritordeum jest amfiploidem międzygatunkowym ($H^{ch}H^{ch}$ AA BB) otrzymanym z krzyżowania dzikiego gatunku jęczmienia *H. chilense* Roem. et Schult. (HH) z tetraploidalną pszenicą *T. durum* Desf. (AA BB). Cechy rolnicze takie jak plon biomasy, liczba kłosków w kłosie, wielkość ziarna, zawartość białka ogółem, plon ziarna i pokrój morfologiczny podobny do pszenicy chlebowej wskazują na przyszłościowy duży potencjał produkcyjny i nadzieje nowego heksaploidalnego zboża (Martin i Cubero, 1981; Martin i in., 1999). Akceptacja tego amfiploida jako zboża z przeznaczeniem na konsumpcję dla człowieka zależeć będzie jednak nie tylko od plonowania i dobrych wartości cech rolniczych, ale od jakości ziarna. Obecnie uprawiane linie mają wartość wypiekową podobną do pszenicy chlebowej a niektóre wskaźniki technologiczne na poziomie pszenicy *durum*. Brak genomu D pszenicy *T. aestivum* L. daje duże możliwości podwyższania wartości wypiekowej ziarna poprzez introgresje niektórych jego chromosomów bądź fragmentów w miejsce chromosomów jęczmienia *H*.

Ballesteros i wsp. (2003 a, b) wprowadzili allel *Glu-D1 d* kodujący parę podjednostek 5 + 10 wysokocząsteczkowych glutenin z pszenicy *T. aestivum* L. poprzez substytucję chromosomów 1H (*H. chilense* Roem. et Schult.) i 1D (*T. aestivum* L.), oraz translokację 1HS (*H. chilense* Roem. et Schult.) / 1DL (*T. aestivum* L.). Efektem jakościowym było tylko zwiększenie objętości bochenka i poprawienie właściwości glutenu, które przypisano allelowi *Glu-D1 d*.

WNIOSKI

1. Z przeglądu literatury wynika, że niektóre gatunki pszenicy diploidalnej (AA) *T. monococcum* L., *T. boeoticum* L. i tetraploidalnej (AA BB) *T. durum* Desf., *T. dicoccum* Schubl., *T. turgidum* L., *T. dicoccoides* Schweinf. oraz diploidalne gatunki kozińców ($D^S D^S$) *Ae. squarrosa* L., (UU^U) *Ae. umbellulata* Zhuk., (MM^M) *Ae. comosa* Sibth. et Sm., (CC) *Ae. markgrafii* L. są efektywnie wykorzystywanymi źródłami homeologicznych

- loci *Glu-1* wysokocząsteczkowych glutenin dla podwyższenia jakości ziarna u roślin zbożowych.
2. Dotychczas przeprowadzone introgresje obcych genów wysokocząsteczkowych glutenin *Glu-1* pochodzących z gatunków oddalonych taksonomicznie do pszenicy, żyta i pszenżyta wpływały jedynie na podwyższenie pojedynczych wskaźników technologicznych ziarna, nie zaś kompleksowo zwiększając wypiekowość chleba.
 3. W introgresjach loci *Glu-1* należy uwzględnić działania supresyjne systemu regulacyjnego, głównie genomu pszenicy, które mogą osłabiać ich ekspresję technologiczną.
 4. W pszenżycie heksaploidalnym, za pomocą introgresji loci *Glu-1* wysokocząsteczkowych glutenin genomu D-pszenicy można uzyskać jedynie podwyższenie niektórych wskaźników technologicznych ziarna zaś uzyskanie wypieku chleba na poziomie pszenicy zwyczajnej wydaje się być nieosiągalne. W odmianach pszenicy *T. aestivum* L. wysokie efekty jakościowe niektórych podjednostek wysokocząsteczkowych glutenin determinowanych przez loci *Glu-1*, jak np. 5+10, 2+12 i inne były zmodyfikowane w pszenżycie heksaploidalnym. Prawdopodobnie wynikało to z obecności i współdziałania z homeologicznymi loci genomu żyta.
 5. Z uzyskanych w zbożach introgresjach wysokocząsteczkowych glutenin *Glu-1* pochodzących z obcych gatunków wynika, że loci te mogą być efektywnie wprowadzane do odmian za pomocą międzygatunkowych i międzyrodzajowych generatywnych krzyżowań zwiększających homologiczną koniugację chromosomów lub za pomocą manipulacji chromosomowych, z których translokacje okazały się najefektywniejszym sposobem wprowadzania obcej chromatyny.

LITERATURA

- Aghaee-Sarbarzeh M., Ferrahi M., Singh S., Singh H., Friebe B., Gill B. S., Dhaliwal H. S. 2002. PH-induced transfer of leaf and stripe rust-resistance genes from *Aegilops triuncialis* and *Ae. geniculata* to bread wheat. *Euphytica* 127: 377 — 382.
- 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* 85: 7 — 13.
- Alvarez M. L., Guelman S., Halford N. G., Lustig S., Reggiardo M. I., Ryabushkina N., Shewry P., Stin J., Vallejos R. H. 2000. Silencing of HMW glutenins in transgenic wheat expressing extra HMW subunits. *Theor. Appl. Genet.* 100: 82 — 88.
- Amiour N., Bouguennec A., Marcoz C., Sourdille P., Bourgoïn M., Khelifi D., Branlard G. 2002. Diversity of seven glutenin and secalin loci within triticales cultivars grown in Europe. *Euphytica* 123: 295 — 305.
- Anderson O. D., Abraham-Pierce F. A., Tam A. 1998. Conservation in wheat high-molecular-weight glutenin gene promotor sequences: comparisons among loci and among alleles of the *Glu-B1-1* locus. *Theor. Appl. Genet.* 96: 568 — 576.
- Ballesteros J., Alvarez J. B., Gimenez M. J., Ramirez M. C., Cabrera A., Martin A. 2003 a. Introgression of *1D5 + 1Dy10* into *Tritordeum*. *Theor. Appl. Genet.* 106: 644 — 648.
- Ballesteros J., Ramirez M. C., Martinez C., Barro F., Martin A. 2003 b. Bread-making quality in hexaploid tritordeum with substitutions involving chromosome *1D*. *Plant Breed.* 122: 89 — 97.
- Blanco A., Resta P., Simeone R., Parmar S., Shewry P. R., Sabelli P. W., Lafiandra D. 1991. Chromosomal location of seed storage protein genes in the genome of *Dasyphyrum villosum* L. *Candargy. Theor. Appl. Genet.* 82: 358 — 362.

- Branlard G., Autran J.C., Monneveux P. 1989. High molecular weight glutenin subunits in durum wheat (*Triticum durum*). Theor. Appl. Genet. 78: 353 — 358.
- Branlard G., Dardevet M. 1995. 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 — 355.
- Branlard G., Dardevet M., Saccomano R., Lagoutte F., Gourdon J. 2001. Genetic diversity of wheat storage proteins and bread wheat quality. Euphytica 119: 59 — 67.
- Brites C., Carrillo J. M. 2001. Influence of high molecular weight (HMW) and low molecular weight (LMW) glutenin subunits controlled by *Glu-1* and *Glu-3* loci on durum wheat quality. Cereal Chem. 78, 1: 59 — 63.
- Budak H., Baenziger P. S., Beecher B. S., Graybosch R. A., Campbell B. T., Shipman M. J., Erayman M., Eskridge K. M. 2004. The effect of introgressions of wheat D-genome chromosomes into „Presto” triticale. Euphytica 137, 2: 261 — 270.
- Bushuk W. 1998. Wheat breeding for end-product use. Euphytica 100: 137 — 145.
- Cai X., Chen P.D., Xu S. S., Oliver R. E., Chen X. 2005. Utilization of alien genes to enhance *Fusarium* head blight resistance in wheat-A review. Euphytica 142, 3: 309 — 318.
- Carrillo J. M., Rousset M., Qualset C. O., Karsarda 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.
- Ceoloni C., Basili F., Biagetti M., Bitti A., Ciaffi M., Delre V., Pagnotta M.A., Vitellozzi F., Zhang X.Y. 1998. Progress report of wheat chromosome engineering with special reference to isolation and characterization of durum wheat transfer lines of potential breeding value. Proc.of the 10th EWAC Meeting, Viterbo (Italy) (Ed. C. Ceoloni, Worland A. J.): 99 — 103.
- Chen P. D., Tsujimoto H., Gill B. S. 1994. Transfer of Ph I genes promoting homoeologous pairing from *Triticum speltoides* to common wheat. Theor. Appl. Genet. 88: 97 — 101.
- Ciaffi M., Tomassini C., Porceddu E., Benedettelli S. 1990. Utilization of *Triticum turgidum* spp. *dicoccoides* for the improvement of the grain quality in durum wheat. In: W.Bushuk and R. Tkachuk (Eds.). Proc. 4th Int. Workshop Gluten Proteins(AACC, St.Paul, Minnesota): 672 — 687.
- Ciaffi M., Lafiandra M., Turchetta T., Ravaglia S., Bariana H., Gupta R., MacRitchie F. 1995. Breadmaking potential of durum wheat lines expressing both X- and Y-type subunits at the *Glu-A1* locus. Cereal Chem. 72: 465 — 469.
- De Bustos A., Jouve N. 2003. Characterisation and analysis of new HMW-glutenin alleles encoded by the *Glu-R1* locus of *Secale cereale*. Theor. Appl. Genetics 107, 1: 74 — 83.
- De Bustos A., Rubio P., Jouve N. 2001. Characterisation of two gene subunits on the 1R chromosome of rye as orthologous of each of the *Glu-1* genes of hexaploid wheat. Theor. Appl. Genet. 103: 733 — 742.
- De Pace C., Snidaro D., Ciaffi M., Vittori D., Ciofo A., Cenci A., Tanzarella O.A., Qualset C.O., Scarascia Mugnozza G.T. 2001. Introgression of *Dasyphyrum villosum* chromatin into common wheat improves grain protein quality. Euphytica 117: 67 — 75.
- Dessalegn T., Van Deventer C. S., Labuschagne M. T., Maartens H. 2003. B-LMW glutenin and y-gliadin composition of Ethiopian durum wheat genotypes and their association with some quality trait. Cereal. Res. Commun.. 31, 3-4: 453 — 457.
- Dhaliwal H. S., Garg M., Singh H., Chhuneja P., Kaur H. 2002 a. Transfer of HMW-glutenin subunits from wild wheat's into *Triticum durum* and improvement of quality. Cereal Res. Commun. 30, 1-2: 173 — 180.
- Dhaliwal H. S., Harjit S., William M. 2002 b. Transfer of rust resistance from *Aegilops ovata* into bread wheat (*Triticum aestivum* L.) and molecular characterization of resistant derivatives. Euphytica 126: 153 — 159.
- 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 a. RFLP and PCR analyses at *Gli-1*, *Gli-2*, *Glu-1* and *Glu-3* loci in cultivated and wild wheats. Hereditas 116: 79 — 85.
- D'Ovidio R., Tanzarella O .A., Porceddu E. 1992 b. Molecular analysis of gliadin and glutenin genes in *T. durum* cv. Lira. A model system to analyse the molecular bases of quality differences in durum wheat cultivars. J. Cer. Sci. 16: 165 — 172.

- Dvorak J., Kasarda D. D., Dietler M. D., Lew E. J. L., Anderson O. D., Litts J. C., Shewry P. R. 1986. Chromosomal location of seed storage protein genes in the genome of *Elytrigia elongata*. *Can. J. Genet. Cytol.* 28: 818 — 830.
- Dvorak J., Luo M. C., Yang Z. L., Zhang H. B. 1998. The structure of the *Aegilops tauschii* genepool and the evolution of hexaploid wheat. *Theor. Appl. Genet.* 97: 657 — 670.
- Feldman M. 1966. The effect of chromosomes 5B, 5D and 5A on chromosomal pairing in *Triticum aestivum*. *Proc. Nat. Acad. Sci. US* 55: 1447 — 1453.
- Feng D., Xia G., Zhao S., Chen F. 2004. Two quality-associated HMW glutenin subunits in a somatic hybrid line between *Triticum aestivum* and *Agropyron elongatum*. *Theor. Appl. Genet.* 110, 1: 136 — 144.
- Flavell R., Payne P. 1987. Introducing molecular biology into wheat breeding for better breadmaking quality. *Biotechnology in Agriculture*: 14 — 15.
- Forde J., Malpica J. M., Halford N. G., Shevry P. R., Anderson O. D., Green F. C. 1985. The nucleotide sequence of a HMW glutenin subunit gene located on chromosome 1A of wheat (*Triticum aestivum* L.) *Nucleic Acids Res.* 13: 6817 — 6832.
- Gianibelli M. C., Echaide M., Larroque O. R., Carrillo J. M., Dubcovsky J. 2002 a. Biochemical and molecular characterisation of Glu-1 loci in Argentinean wheat cultivars. *Euphytica* 128: 61 — 73.
- Gianibelli M. C., Lagudah E. S., Wrigley C. W. 2002 b. Biochemical and genetic characterization of a monomeric storage protein (T1) with an unusually high molecular weight in *Triticum tauschii*. *Theor. Appl. Genet.* 104: 497 — 504.
- Halford N. G., Tatham A. S., Sui E., Daroda L., Dreyer T., Shewry P. R. 1992. Identification of a novel beta-tum-rich repeat motif in the D hordeins of barley. *Biochim. Biophys. Acta* 1122: 118 — 122.
- Hohmann U., Kazman M. E. 1998. Molecular, cytogenetical and biochemical characterisation of synthetic hexaploid triticale involving chromosome 1D. In: *Current topics in plant cytogenetics related to plant improvement*. (Ed. T. Lelley, V-Universitäts Verlag Vienna, Austria): 364 — 370.
- Hsam S. L. K., Kieffer R., Zeller F. J. 2001. Significance of *Aegilops tauschii* glutenin genes on breadmaking properties of wheat. *Cereal Chem.* 78(5): 521 — 525.
- Hsam S. L. K., Lapochkina I. F., Zeller F. J. 2003. Chromosomal location of genes for resistance to powdery mildew in common wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell.) 8. Gene Pm32 in a wheat-*Aegilops speltoides* translocation line. *Euphytica*, 133, 3: 367 — 370.
- Jakobson I., Peusha H., Timofejeva L., Jarve K. 2006. Adult plant and seedling resistance to powdery mildew in a *Triticum aestivum* × *Triticum militinae* hybrid line. *Theor. Appl. Genet.* 112, 4: 760 — 769.
- Jimenez M., Dubcovsky J. 1999. Chromosome location of genes affecting polyphenol oxidase activity in common and durum wheat seeds. *Plant Breeding* 118: 395 — 398.
- Johansson E., Svensson G. 1995. Contribution of the high molecular weight subunit 21* to breadmaking quality of Swedish wheat's. *Cereal Chem.* 72: 287 — 290.
- Juhasz A., Larroque O. R., Tamas L., Hsam S. L. K., Zeller F. J., Bekes F., Bedo Z. 2003. Bankuti 1201- an old Hungarian wheat variety with special storage protein composition. *Theor. Appl. Genet.* 107: 697 — 704.
- Juhasz A., Tamas L., Karsai I., Vida G., Lang L., Bedo Z. 2001. Identification, cloning and characterisation of a HMW-glutenin gene from an old Hungarian wheat variety, Bankuti 1201. *Euphytica* 119 (1-2): 75 — 79.
- Kawakubo J., Taira T. 1992. Intergeneric hybrids between *Aegilops squarrosa* and *Secale cereale* and their meiotic chromosome behaviour. *Plant Breed.* 109: 108 — 115.
- Kazman E., Lelley T. 1994. Rapid incorporation of D-genome chromosomes into A and/or B genomes of hexaploid triticale. *Plant Breed.* 113: 89 — 98.
- Krattiger A. F., Payne P. I., Law C. N. 1987. The relative contribution of proteins and their components to breadmaking quality of varieties determined using chromosome substitution lines. In: Laszity R., Belas F. (eds). *Proc. 3rd Int. Workshop gluten proteins*. Budapest (Hungary): 254 — 265.
- Lafferty J., Lelley T. 2001. Introduction of high molecular weight glutenin subunits 5+10 for the improvement of the bread-making quality of hexaploid triticale. *Plant Breed.* 120 (1): 33 — 37.
- Lawrence G. J., Mac Ritchie F., Wrigley C. W. 1988. Dough and baking quality of wheat lines deficient in glutenin subunits controlled by the *Glu-A1*, *Glu-B1* and *Glu-D1* loci. *J. Cereal Sci* 7: 109 — 112.

- Leonova I., Borner A., Budashkina E., Kalinina N., Unger O., Roder M., Salina F. 2004. Identification of microsatellite markers for a leaf rust resistance gene introgressed into common wheat from *Triticum timopheevii*. *Plant Breeding* 123, 1: 93 — 103.
- Li H. J., Arterburn M., Jones S. S., Murray T. D. 2005. Resistance to eyespot of wheat caused by *Tapesia yallundae* derived from *Thinopyrum intermedium* homoeologous group 4 chromosome. *Theor. Appl. Genet.* 111, 5: 932 — 940.
- Liu C. Y., Shepherd K. W. 1996. Variation of B subunits of glutenin in durum, wild and less-widely cultivated tetraploid wheats. *Plant Breed.* 115: 172 — 178.
- Liu Z., Sun Q., Ni Z., Nevo E., Yang T. 2002. Molecular characterization of a novel powdery mildew resistance gene *Pm 30* in wheat originating from wild emmer. *Euphytica* 123: 21 — 29.
- Liu Z., Yan Z., Wan Y., Liu K., Zheng Y., Wang D. 2003. Analysis of HMW glutenin subunits and their coding sequences in two diploid *Aegilops* species. *Theor. Appl. Genet.* 106:1368 — 1378.
- Lukaszewski A. J., Apolinariska B., Gustafson J. P. 1987. Introduction of the D-genome chromosomes from a bread wheat into hexaploid triticales with complete rye genome. *Genome* 29: 425 — 430.
- Lukaszewski A. J., Brzezinski W., Klockiewicz-Kaminska E. 2000. Transfer of the *Glu-D1* locus encoding high molecular weight glutenin subunits 5+10 from breadwheat to diploid rye. *Euphytica* 115: 49 — 57.
- Lukaszewski A. J., Curtis C. A. 1992. Transfer of the *Glu-D1* gene from chromosome 1D of breadwheat to chromosome 1R in hexaploid triticales. *Plant Breed.* 109: 203 — 210.
- Lukaszewski A. J., Curtis C. A. 1994. Transfer of the *Glu-D1* gene from chromosome 1D to chromosome 1A in hexaploid triticales. *Plant Breeding* 112: 117 — 182.
- Ma J., Dong Y., Wang L., Wang X., Jia J. 2001. Molecular mapping and detection of the yellow rust resistance gene *Yr26* in wheat transferred from *Triticum turgidum* L. using microsatellite markers. *Euphytica* 120: 219 — 226.
- Mansur L. M., Qualset C. O., Kasarde 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.
- Marais G. F., McCallum B., Snyman J. E., Pretorius Z. A., Marais A. S. 2005. Leaf rust and stripe rust resistance genes *Lr54* and *Yr37* transferred to wheat from *Aegilops kotschy*. *Plant Breeding* 124: 538 — 541.
- Marchylo B. A., Lukow O. M., Kruger J. E. 1992. Quantitative variation in high molecular weight glutenin subunit 7 in some Canadian wheats. *J. Cereal Sci.* 15: 29 — 37.
- Margiotta B., Urbano M., Colaprico G., Johansson E., Buonocore F., D’Ovidio R. D., Lafiandra D. 1995. Bread wheat lines with both x- and y-type subunits at the *Glu-A1* locus. *Proc. of the Workshop Wheat Kernel Proteins. Molecular and functional aspects*, S. Marino al Cimino, 1994: 135 — 138.
- Martin A., Alvarez J. B., Martin L. M., Barro F., Ballesteros J. 1999. The development of *tritordeum*: a novel cereal for food processing. *J. Cereal Sci.* 30: 85 — 95.
- Martin A., Cubero J. I. 1981. The use of *Hordeum chilense* in cereal breeding. *Cereal Res. Commun.* 9: 317 — 323.
- Martin J. M., Frohberg R. C., Morris C. F., Talbert L. E., Giroux M. J. 2001. Milling and bread baking traits associated with puroindoline sequence type in hard red spring wheat. *Crop Sci.* 41: 228 — 234.
- McIntosh R. A., Yamazaki Y., Devos K. M., Dubcovsky J., Rogers W. J., Appels R. 2003. Catalogue of gene symbols for wheat (MacGene 2003, CD-ROM). In: Pogna N.E., Romano M., Pogna E.A., Galterio G. (eds) *Proceedings of the 10th International Wheat Genetics Symposium, vol.4 SIMI, Rome, Italy.*
- Mesfin A., Frohberg R. C., Khan K., Olson T. C. 2000. Increased grain protein content and its association with agronomic and end-use quality in two hard red spring wheat populations derived from *Triticum turgidum* L. var. *dicoccoides*. *Euphytica* 116: 237 — 242.
- Mir-Ali 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.
- Mohler V., Zeller F. J., Wenzel G., Hsam S.L. 2005. Chromosomal location of genes for resistance to powdery mildew in common wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell.) 9. Gene *MIZe1* from the *Triticum dicoccoides*-derived wheat line Zecoi-1. *Euphytica*, 142, 1-2: 161 — 167.
- Nakamura H. 2000 a. Allelic variation at high-molecular-weight glutenin subunit loci, *Glu-A1*, *Glu-B1* and *Glu-D1*, in Japanese and Chinese hexaploid wheats. *Euphytica* 112: 187 — 193.

- Nakamura H. 2000 b. The relationship between high-weight-molecular glutenin subunit composition and the quality of Japanese hexaploid wheat lines. *J. Agric. Food Chem.* 48: 2648 — 2652.
- Nakamura H. 2001. Genetic diversity of high-molecular-weight glutenin subunit compositions in landraces of hexaploid wheat from Japan. *Euphytica* 120: 227 — 234.
- Nakamura H., Inazu A., Hirano H. 1999. Allelic variation in high-molecular-weight glutenin subunit loci of *Glu-1* in Japanese common wheats. *Euphytica* 106: 131 — 138.
- Nelson J.C., Andrescu C., Breseghello F., Finney P. L., Gualberto D. G., Bergman C. J., Pena R. J., Perretant M. R., Leroy P., Qualset C., Sorrells M. E. 2006. Quantitative trait locus analysis of wheat quality traits. *Euphytica* 149: 145 — 159.
- Oliver R. E., Cai X., Xu S. S., Chen X., Stack R. W. 2005. Wheat-alien species derivatives: a novel source of resistance to fusarium head blight in wheat. *Crop Sci.* 45: 1353 — 1360.
- Payne P. I., Holt L. M., Jackson E. A., Law C. N. 1984. Wheat storage proteins: their genetics and their potential for manipulation by plant breeding. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.* 304: 359 — 371.
- Payne P. I., Holt L. M., Law C. N. 1981. Structural and genetical studies on the high-molecular-weight subunits of wheat glutenin. Part I. Allelic variation in subunits among varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 60: 229 — 236.
- Payne P. I., Lawrence G. J. 1983. Catalogue of alleles for the complex gene loci *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-D1* which code for high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. *Cereal Res. Commun.* 11: 29 — 36.
- Payne P. I., 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.
- Perretant M. R., Cadalen T., Charmet G., Sourdil P., Nicolas P., Boeuf C., Tixier M. H., Branlard G., Bernard S., Bernard M. 2000. QTL analysis of bread-making quality in wheat using a doubled haploid population. *Theor. Appl. Genet.* 100: 1167 — 1175.
- Pestsova E. G., Borner A., Roder M. S. 2006. Development and QTL assessment of *Triticum aestivum*-*Aegilops tauschii* introgression lines. *Theor. Appl. Genet.* 112, 4: 634 — 647.
- Pflüger L. A., D'Ovidio R. D., Margiotta B., Pena R. 2001. Characterisation of high- and low-molecular weight glutenin subunits associated to the D-genome of *Aegilops tauschii* in a collection of synthetic hexaploid wheats. *Theor. Appl. Genet.* 103: 1293 — 1301.
- Pilch J. 1981 a. Rye chromosome constitution and the amount of telomeric heterochromatin of the widely and narrowly adapted CIMMYT hexaploid triticales. *Z. Pflanzenzüchtg.* 87: 58 — 68.
- Pilch J. 1981 b. Analysis of the rye chromosome constitution and the amount of telomeric heterochromatin in the widely and narrowly adapted hexaploid triticales. *Theor. Appl. Genet.* 69: 145 — 149.
- Pilch J. 1987. Substytucje i delecje heterochromatynowe chromosomów żyta (*Secale cereale* L.) oraz ich związek z niektórymi cechami użytkowymi pszenżyta heksaploidalnego. *Hod. Roślin Aklim.* 30, z. 3/4: 1 — 52.
- Pilch J. 2002. Wartość technologiczna introgresyjnych form pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.). *Biul. IHAR* 223/224: 95 — 109.
- Pilch J. 2005 a. Możliwości wykorzystania krzyżowania introgresywnego w hodowli pszenicy ozimej *Triticum aestivum* L. Cz. II. Efektywność w ulepszaniu cech kłosa i jakości ziarna. *Biul. IHAR* 235: 43 — 55.
- Pilch J. 2005 b. Genetyczne możliwości ulepszania jakości ziarna pszenicy ozimej *Triticum aestivum* L. w efekcie hybrydyzacji introgresywnej z *Triticum durum* Desf. *Biul. IHAR* 236: 5 — 15.
- Pilch J. 2005 c. Możliwości wykorzystania krzyżowania introgresywnego w hodowli pszenicy ozimej *Triticum aestivum* L. Cz. I. Zastosowanie systemów genetycznych pszenicy *T. aestivum* L. dla otrzymania mieszańców pomostowych F₁. *Biul. IHAR* 235: 31 — 41.
- Pilch J. 2006 a. Effect of homoeologous pairing *Ph 1*-locus of *Triticum aestivum* L. on its F₁ — bridge hybrids with the species (2x, 4x, 6x) *Triticum* L., (2x, 4x) *Aegilops* L., and (2x, 4x) *Lolium* L. genera. *Plant Breed. Seed Sci.* 54: 53 — 63.
- Pilch J. 2006 b. Allelic variation at HMW — glutenin loci *Glu-1* related to high bread-making quality in hexaploid introgressives *Triticum aestivum* L./ *Triticum durum* Desf. *Plant Breed. Seed Sci.* 54: 39 — 52.

- Pilch J., Głowacz E., Cygankiewicz A. 1999. Wartość wypiekowa ziarna mieszańców pszenicy pochodzących z krzyżowań międzygatunkowych i międzyrodzajowych. Biul. IHAR 210: 71 — 83.
- Pomeranz Y., Williams P. C. 1990. Wheat hardness: its genetic, structural and biochemical background, measurements and significance. In: Y. Pomeranz (Ed.). Advances in Cereal Science and Technology (AACC, St. Paul, USA) 10: 471 — 544.
- Qu Q. L., Wei X. L., Satoh H., Kumamaru T. 2003. Biochemical and molecular characterization of a rice glutelin allele for the *Glu A-1* gene. Theor. Appl. Genet. 107: 20 — 25.
- 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. Cer. Chem. 74: 102 — 107.
- Rodriguez-Quijano M., Nieto-Taladriz M. T., Carrillo J. M. 2001. Polymorphism of high molecular weight glutenin subunits in three species of *Aegilops*. Genetic Resources and Crop Evolution 48: 599 — 607.
- 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. Thauouar at *Glu-A1* encoding two high-molecular-weight subunits of glutenin. Euphytica 93: 19 — 29.
- Rogers W. J., Payne P. I., Seekings J. A., Sayers E. J. 1991. Effect of bread-making quality of x-type and y-type high molecular weight subunits of glutenin. J. Cereal Sci. 14: 209 — 221.
- Rogers W.J., Rickatson J. M., Sayers E. J., Low C. N. 1990. Dosage effects of chromosomes of homoeologous groups 1 and 6 upon bread-making quality in hexaploid wheat. Theor. Appl. Genet. 80: 281 — 287.
- Rogers W. J., Sayers E. J., Ru K. L. 2001. Deficiency of individual high molecular weight glutenin subunits affords flexibility in breeding strategies for bread-making quality in wheat *Triticum aestivum* L. Euphytica 117: 99 — 109.
- Rong J. K., Millet B., Manisterski J., Feldman M. 2000. A new powdery mildew resistance gene: Introgression from wild emmer into common wheat and RFLP-based mapping. Euphytica 115: 121 — 126.
- Rousset M., Brabant P., Kota R. S., Dubcovsky J., Dvorak J. 2001. Use of recombinant substitution lines for gene mapping and QTL analysis of bread making quality in wheat. Euphytica 119: 81 — 87.
- Sangtong V., Moran D., Chikwamba R., Wang K., Woodman-Clikeman W., Long M., Lee M., Scott M. 2002. Expression and inheritance of the wheat *Glu-1Dx5* gene in transgenic maize. Theor. Appl. Genet. 105, 6-7: 937 — 945.
- Saponaro C., Pogna N. E., Castagna R., Pasquini M., Cacciatori P., Redaelli R. 1995. Allelic variation at the *Gli-A1^m*, *Gli-A2^m* and *Glu-A1^m* loci and breadmaking quality in diploid wheat *Triticum monococcum*. Genet. Res. Camb. 66: 127 — 137.
- Schoenenberger N., Felber F., Savova-Bianchi D., Guadagnuolo R. 2005. Introgression of wheat DANN markers from A, B and D genomes in early generation progeny of *Aegilops cylindrica* Host × *Triticum aestivum* L. hybrids. Theor. Appl. Genet. 111, 7: 1338 — 1346.
- Sears E. R. 1977. An induced mutant with homoeologous pairing in common wheat. Can. J. Genet. Cytol. 19: 585 — 593.
- Sekiguchi S., Ono J., Taira T. 1993. Detection of HMW glutenin genes by DNA hybridization and bread baking quality of amphidiploid synthesized between *Aegilops squarrosa* and *Secale cereale*. Wheat Inf. Serv. 76: 77 — 79.
- Shewry P.R., Tatham A.S., Fido R., Jones H., Barcelo P., Lazzeri P.A. 2001. Improving the end use properties of wheat by manipulating the grain protein composition. Euphytica 119: 45 — 48.
- Tanaka H., Nakata N., Osawa M., Tomita M., Tsujimoto H., Yasumuro Y. 2003. Positive effect of the high-molecular-weight glutenin allele, *Glu-D1d*, on the bread-making quality of common wheat. Plant Breed. 122, 3: 279 — 286.
- Turchetta T., Ciaffi M., Porceddu E., Lafiandra D. 1995. Relationship between electrophoretic pattern of storage proteins and gluten strength in durum wheat landraces from Turkey. Plant Breed. 114: 406 — 412.
- 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.
- Vitellozzi F., Ciaffi M., Dominici L., Ceoloni C. 1997. Isolation of a chromosomally engineered durum wheat line carrying the common wheat *Glu-D1 d* allele. Agronomie 17: 413 — 419.

- Wan Y., Wang D., Shewry P. R., Halford N. G. 2002. Isolation and characterization of five novel high-molecular-weight subunit genes from *Triticum timopheevi* and *Aegilops cylindrica*. *Theor. Appl. Genet.* 104: 828 — 839.
- Wan G., Yan Z., Liu K., Zheng Y., D'Ovidio R., Shewry P.R., Halford N.G., Wang D. 2005. Comparative analysis of the D genome-encoded high-molecular weight subunits of glutenin. *Theor. Appl. Genet.* 111, 6: 1183 — 1190.
- Wanous M., Munkvold J., Kruse J., Brachman E., Klawiter M., Fuehrer K. 2003. Identification of chromosome arms influencing expression of the HMW glutenins in wheat. *Theor. Appl. Genet.* 106, 2: 213 — 220.
- Watanabe N., Maum Akond A. S. M. G., Nachit M. M. 2006. Genetic mapping of the gene affecting polyphenol oxidase activity in tetraploid durum wheat. *J. Appl. Genet.* 47 (3): 201 — 205.
- 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.
- Williams M. D. H., Pena R. J., Mujeeb-Kazi A. 1993. Seed protein and isozyme variations in *Triticum tauschii* (*Aegilops squarrosa*). *Theor. Appl. Genet.* 87: 257 — 263.
- Yan Y., Hsam S. L. K., Yu J., Jiang Y., Zeller F. J. 2003. Allelic variation of the HMW glutenin subunits in *Aegilops tauschii* accessions detected by sodium dodecyl sulphate (SDS-PAGE), acid polyacrylamide gel (A-PAGE) and capillary electrophoresis. *Euphytica* 130: 377 — 385.
- Yan Y., Zheng J., Xiao Y., Yu J., Hu Y., Cai M., Li Y., Hsam S. L. K., Zeller F. J. 2004. Identification and molecular characterization of a novel y-type *Glu-D' 1* glutenin gene of *Aegilops tauschii*. *Theor. Appl. Genet.* 108: 1349 — 1358.
- Yueming Y., Hsam S. L. K., Jiang Y., Zeller F. J. 2003. Allelic variation of the HMW glutenin subunits in *Aegilops tauschii* accessions detected by sodium dodecyl sulphate (SDS-PAGE), acid polyacrylamide gel (A-PAGE) and capillary electrophoresis. *Euphytica* 130: 377 — 385.
- Zemetra R. S., Morris R., Mattern P. J., Seip L. 1987. Gene locations for flour quality in winter wheat using reciprocal chromosome substitutions. *Crop Sci.* 27: 677 — 681.
- Zeven A. C., Waning J. 1986. The degree of similarity of backcross lines of *Triticumaestivum* cultivars Manitou and Neepawa with *Aegilops speltoides* accessions as donors. *Euphytica* 35: 677 — 685.

SEBASTIAN GARCZYŃSKI**KATARZYNA SOKOŁOWSKA-GARCZYŃSKA**

Hodowla Roślin Strzelce Sp. z o.o. Grupa IHAR

Oddział Małyszyn w Gorzowie Wielkopolskim

Tolerancja pszenicy twardej na niedobory azotu i fosforu w podłożu w fazie siewki i rośliny dojrzałej

The tolerance of durum wheat to nitrogen and phosphorus deficits in substratum in the seedling and maturity phases

W dwóch doświadczeniach czynnikowych badano wpływ genotypu i poziomu nawożenia na zmienność w efektywności wykorzystania wody, azotu i fosforu, całkowitej długości i głębokości penetracji podłoża przez system korzeniowy oraz tolerancji na obniżone nawożenie NPK. Badania przeprowadzono w fazie rozwoju wegetatywnego i generatywnego wśród dzikich, prymitywnych i uprawnych pszenic tetraploidalnych. Pomiary, dokonane w stadium 4 liścia oraz pełnej dojrzałości, wykazały genotypową specyficzność w odpowiedzi na niedobór składników pokarmowych. Ograniczona dostępność NPK spowodowała w fazie 4 liścia obniżenie indeksów efektywności wykorzystania azotu i fosforu. Natomiast w stadium pełnej dojrzałości skutkowało spadkiem indeksu efektywności wykorzystania fosforu w tworzeniu plonu ziarna oraz podwyższeniem indeksu efektywności wykorzystania fosforu w tworzeniu masy wegetatywnej. Uzyskane wyniki wskazują na pozytywną korelację pomiędzy całkowitą długością systemu korzeniowego i indeksem efektywności wykorzystania azotu w warunkach ograniczonego nawożenia w stadium młodocianym. Nie zaobserwowano żadnych zależności pomiędzy indeksem efektywności wykorzystania azotu i fosforu a tolerancją na stres. Wyniki sugerują kompleksowy wzór odpowiedzi pszenic na warunki ograniczonego nawożenia.

Słowa kluczowe: azot, efektywność wykorzystania, fosfor, pszenica tetraploidalna, tolerancja na stres, woda

Two factorial experiments were performed to evaluate genotype and nutrition effects on the variation in the water, nitrogen and phosphorus use efficiencies, total size and penetration depth of the root system and tolerance to reduced NPK nutrition. The investigation was performed at the vegetative and reproductive growth stages among wild, primitive and cultivated tetraploid wheats. Measurements performed at the 4-leaf and full maturity growth stages revealed genotypically specific responses to the nutrient shortages. The limited nutrient supply caused considerable reductions in indices of nitrogen and phosphorus use efficiencies at the 4-leaf growth stage. However, at maturity, there was a decrease of the index of phosphorus use efficiency for grain yield and increase of the index of phosphorus use efficiency for vegetative mass formation. The obtained results suggest a positive correlation between total size of the root system and index of nitrogen use efficiency under reduced nutrition at the juvenile

growth stage. However, no close associations were noticed between indices of nitrogen and phosphorus use efficiencies and stress tolerance. The results indicated complex pattern of wheat's response to limitation of nutrients.

Key words: nitrogen, phosphorus, stress tolerance, tetraploid wheat, use efficiency, water

WSTĘP

Pszenica twarda (*Triticum durum* Desf.) jest często uprawiana w rejonach o ograniczonej dostępności wody i składników pokarmowych. Podstawowe cele programów hodowlanych dotyczących tego gatunku to poprawa jakości i wartości technologicznej ziarna oraz wzrost odporności na choroby. Wielu ekspertów sądzi, że kolejnym kryterium hodowlanym powinna być selekcja w kierunku poprawy efektywności wykorzystania zasobów gleby oraz lepszej adaptacji roślin do specyficznych warunków środowiska (Fabriani i Lintas, 1988). W obrębie pszenic tetraploidalnych poznano dużą liczbę odmian botanicznych i uprawnych, różniących się zarówno cechami morfologicznymi, jak i gospodarczymi. Brakuje jednak informacji dotyczących źródeł odporności na niekorzystne warunki glebowo-klimatyczne.

Celem podjętych badań było określenie:

- efektywności wykorzystania azotu, fosforu i wody przez formy naturalne (*T. dicoccoides*), prymitywne (*T. dicoccum*) i uprawne (*T. durum*) pszenic tetraploidalnych w warunkach niedoboru składników pokarmowych NPK w fazie siewki i rośliny dojrzałej;
- zakresu zmienności badanych form pszenicy tetraploidalnej pod względem tolerancji na niedobory azotu i fosforu w/w fazach rozwoju;
- korelacji między efektywnością wykorzystania składników pokarmowych i wody przez rośliny oraz wielkością ich systemu korzeniowego.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badań stanowiły różniące się pochodzeniem odmiany i linie jarej pszenicy twardej *T. durum* wraz z ich dzikim przodkiem *T. dicoccoides* oraz jego prymitywną formą hodowaną *T. dicoccum* (tab. 1) Zostały one udostępnione autorom przez IHAR Radzików, AR Lublin oraz IGR PAN w Poznaniu, gdzie wykonano również wszystkie prace doświadczalne.

Doświadczenie 1

Wybrane formy pszenicy tetraploidalnej badano w dwuczynnikowym doświadczeniu wazonowym [wazony 9 dm³, ziemia piaszczysto-gliniasta: torf (1:1), pH = 6,8] w układzie kompletnie zrandomizowanym (10 genotypów, 3 powtórzenia, 2 poziomy nawożenia NPK). Doświadczenie przeprowadzono w szklarni fitotronowej w warunkach częściowo kontrolowanych (fotoperiod: 12–18,5 h, temperatura: 9–30/4–17°C dzień/noc, wilgotność podłoża: 70% ppw utrzymywana na stałym poziomie w trakcie całego okresu wegetacji poprzez codzienne ważenie wazonów na wadze laboratoryjnej, monitorowanie ilości wytranspirowanej wody i uzupełnienie ubytku wagi wodą dejonizowaną). Odpowiednią ilość energii fotosyntetycznie czynnej PAR uzyskano przez zastosowanie 400 W lamp

sodowych i rtęciowych, zapewniających $400\text{--}800 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$. W celu wyeliminowania niekontrolowanego ubytku wody w formie parowania powierzchniowego powierzchnię podłoża przykryto 2 cm warstwą perlitu. Zastosowano dwa poziomy nawożenia roślin w formie roztworów wodnych łatwo rozpuszczalnych soli: wysoki (215 N: 125 P: 210 K $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ podłoża); obniżony (150 N: 100 P: 140 K $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ podłoża). Pozostałe niezbędne pierwiastki dodano do roztworów do uzyskania wartości optymalnych.

Doświadczenie 2

W celu zbadania systemu korzeniowego roślin założono dwuczynnikowe doświadczenie wazonowe [wazony 50 cm wysokości, pojemność $1,9 \text{ dm}^3$, piasek: wermikulit (2:1)] w układzie kompletnie zrandomizowanym (7 genotypów, 3 powtórzenia, 2 poziomy nawożenia NPK). Doświadczenie przeprowadzono w szklarni fitotronowej (rośliny zebrano po 27 dniach; w fazie 4 liścia) w warunkach ściśle kontrolowanych (fotoperiod: 12–13 godzin, temperatura: $11\text{--}14/9\text{--}11^\circ\text{C}$ dzień/noc). Zastosowano dwa poziomy nawożenia mineralnego stosując zmodyfikowaną pożywkę Long-Ashton. Kombinację kontrolną podlewano pożywką zapewniającą optymalny rozwój roślin ($10,0 \text{ mM N}$ w postaci NO_3^- , $1,33 \text{ mM P}$, $2,0 \text{ mM K}$, $4,0 \text{ mM Ca}$, $1,5 \text{ mM Mg}$, $1,5 \text{ mM S}$, $1,33 \text{ mM Na}$, $0,1 \text{ mM Fe}$ w postaci Fe-EDTA oraz mikroelementy). W kombinacji stresowej ograniczono stężenia podstawowych składników pokarmowych do $1/6 \text{ N}$, $1/10 \text{ P}$, $1/6 \text{ K}$ w stosunku do kontroli. Pomiaru całkowitej długości systemu korzeniowego (cdk) i głębokości penetracji profilu podłoża przez korzenie (gp) dokonano za pomocą aparatury Delta-T Image Analysis System (Delta-T Devices Ltd., Cambridge, UK).

Pomiar ilości wytranspirowanej wody (WT, dm^3) oraz suchej masy części wegetatywnych (WEG, g) i generatywnych (GEN, g) roślin pozwolił na ocenę efektywności wykorzystania wody (WUE , $\text{mg}\cdot\text{mol}^{-1}$) w tworzeniu masy wegetatywnej ($\text{WUE}_{\text{weg}} = \text{WEG}^{-1}\cdot\text{WT}$) i plonu ziarna ($\text{WUE}_{\text{gen}} = \text{GEN}^{-1}\cdot\text{WT}$). Efektywność wykorzystania azotu i fosforu szacowano za pomocą indeksów efektywności wykorzystania (NUE , $\text{g}^2\cdot\text{g}^{-1}\text{N}$; PUE , $\text{g}^2\cdot\text{g}^{-1}\text{P}$) na podstawie metody Siddiqi i Glassa (1981). Indeksy efektywności wykorzystania zostały zastosowane w celu zwrócenia szczególnej uwagi na genotypy efektywne i jednocześnie wysoko plonujące. Obliczenia przeprowadzono zarówno w stosunku do plonu ziarna ($\text{NUE}_{\text{gen}} = \text{GEN}^2\cdot\text{N}^{-1}$, $\text{PUE}_{\text{gen}} = \text{GEN}^2\cdot\text{P}^{-1}$), jak i dla masy wegetatywnej roślin ($\text{NUE}_{\text{weg}} = \text{WEG}^2\cdot\text{N}^{-1}$, $\text{PUE}_{\text{weg}} = \text{WEG}^2\cdot\text{P}^{-1}$). Na podstawie suchej masy generatywnej i wegetatywnej roślin poddanych stresowi i roślin kontrolnych wyliczono indeksy poziomu tolerancji na stres ograniczonego nawożenia (T). Obliczenia przeprowadzono dla masy wegetatywnej (T_{weg}) i plonu ziarna (T_{gen}). Indeksy tolerancji zostały oszacowane dla każdego genotypu zmodyfikowaną metodą Fischera i Maurera (1978) według wzoru:

$$T = \left(\frac{Li/Hi}{D} \right)$$

gdzie Li i Hi są plonami suchej masy generatywnej lub wegetatywnej w warunkach stresu (Li) i w warunkach kontrolnych (Hi), natomiast

$$D = \left(\frac{\bar{x}L}{\bar{x}H} \right)$$

jest miarą intensywności stresu zastosowanego w doświadczeniu, który oszacowano na podstawie średnich ogólnych dla wszystkich genotypów. Wyniki doświadczenia opracowano za pomocą pakietu statystycznego MSTAT-C (Michigan State University).

Tabela 1

Typ i pochodzenie badanych genotypów
Type and origin of the examined genotypes

Genotyp Genotype	Skrót nazwy Short name*	Typ Type	Pochodzenie Origin	Kolekcja; Collection
<i>T. dicoccoides</i>	ddes	dziki; wild	Hiszpania; Spain	IGR PAN, Poznań
<i>T. dicoccum</i>	dcum	prymitywny; primitive	Hiszpania; Spain	IGR PAN, Poznań
Flodur	flod	odmiana uprawna; cultivar	Francja; France	IHAR, Radzików
Almocreve	alm	odmiana uprawna; cultivar	Portugalia; Portugal	IHAR, Radzików
LGR 17/773/90/1	LGR	linia hodowlana; breeding line	Polska; Poland	AR, Lublin
Jakob	jak	odmiana uprawna; cultivar	Niemcy; Germany	IHAR, Radzików
Langdon	ldn	odmiana uprawna; cultivar	USA	IGR PAN, Poznań
Kyle	kyle	odmiana uprawna; cultivar	Kanada; Canada	IHAR, Radzików
Elektra	elek	odmiana uprawna; cultivar	Grecja; Greece	IHAR, Radzików
Enduro	end	odmiana uprawna; cultivar	Niemcy; Germany	IHAR, Radzików

* - Skrótów nazw stosowane na rys. 1, rys. 2, rys. 3, rys. 4, rys. 5; Used also in the figures 1–5

WYNIKI I DYSKUSJA

Efektywność wykorzystania wody i makroelementów NPK oraz adaptacja do niekorzystnych warunków środowiska, jako cechy związane z szeregiem morfologiczno-fizjologicznych właściwości, posiadają złożone podłoże genetyczne. Wysoka efektywność wykorzystania wody i soli mineralnych w tworzeniu plonu, znaczne rozmiary systemu korzeniowego oraz jego fizjologiczna sprawność, traktowane są jako wyznaczniki zadowalającego potencjału plonowania roślin w mniej korzystnych warunkach siedliskowych (Górny i Garczyński, 2002). Istnieje wiele doniesień na temat genotypowego zróżnicowania efektywności wykorzystania azotu, fosforu i potasu przez pszenicę, jęczmień, kukurydzę i pszenżyto (Memon i in., 1985; Pan i in., 1985; Ciepły i Oracka, 1996; Gouis i in., 2000). Zaobserwowano również znaczne odmianowe różnice w wielkościach systemów korzeniowych.

W badaniach autorów genotypy pszenicy reprezentowały szeroką zmienność genetyczną w zakresie wszystkich analizowanych cech zarówno w stadium młodocianym (tab. 2), jak i w późniejszym okresie rozwoju (tab. 3). Jedynie dla całkowitej długości systemu korzeniowego zróżnicowanie to podlegało istotnym efektom interakcji genotyp-poziom nawożenia. Dla pozostałych cech reakcja badanych genotypów pszenicy na obniżone nawożenie nie okazała się specyficzna. Wpływ obniżonego nawożenia spowodował większe zmiany analizowanych cech roślin w stadium młodocianym niż, w fazie rośliny dojrzałej. Zastosowane warunki stresowe spowodowały w fazie 4 liścia spadek masy wegetatywnej o 41%, indeksu efektywności wykorzystania azotu o 31% i fosforu o 11%

oraz wzrost całkowitej długości systemu korzeniowego o 54% i głębokości penetracji profilu podłoża o 8%. Zwiększenie wielkości systemu korzeniowego w warunkach obniżonego nawożenia jako efekt zmian w dystrybucji asymilatów pomiędzy częścią nadziemną i korzeniami roślin pod wpływem stresu znajduje potwierdzenie w doniesieniach wielu autorów (Robinson, 1994; Rzepka-Plevneš i in., 1997). Odmiany reagujące plastycznie w warunkach niedoboru określonego składnika pokarmowego poprzez stworzenie odpowiednio silnie rozbudowanego systemu korzeniowego wydają się być najbardziej pożądane w gospodarce o obniżonych nakładach na środki produkcji. Podobnie w warunkach suszy wskazuje się na duże znaczenie selekcji w kierunku wytworzenia odpowiednio rozbudowanego i fizjologicznie sprawnego systemu korzeniowego.

W stadium pełnej dojrzałości roślin w warunkach zastosowanego stresu zaobserwowano ograniczenie masy wegetatywnej o 16% i plonu o 17% oraz spadek indeksu efektywności wykorzystania fosforu w tworzeniu plonu ziarna o 13% i wzrost indeksu efektywności wykorzystania fosforu w tworzeniu masy wegetatywnej o 44%. Zastosowane warunki stresowe nie wpłynęły istotnie na efektywność wykorzystania wody i indeks efektywności wykorzystania azotu, zarówno w stosunku do masy wegetatywnej, jak i plonu ziarna.

Tabela 2

Średni wpływ genotypu i poziomu nawożenia na zmienność suchej masy wegetatywnej (WEG), indeksów efektywności wykorzystania azotu (NUE) i fosforu (PUE), całkowitej długości (cdk) i głębokości penetracji (gp) podłoża przez system korzeniowy oraz indeksu tolerancji obniżonego nawożenia (T) w fazie 4 liścia

Mean genotypic and nutrition effects on the variation in vegetative dry matter (WEG), indices of nitrogen (NUE) and phosphorus (PUE) use efficiencies, total size (cdk) and penetration depth (gp) of the root system and index of tolerance to nutrient shortage (T) at the 4-leaf stage

Źródło zmienności Variation source	WEG (g)	NUE (kg ² ·kg ⁻¹ N)	PUE (kg ² ·kg ⁻¹ P)	cdk (cm)	gp (cm)	T
<i>T. dicoccoides</i>	0,381	8,49	56,9	2075	51,8	0,92
Flodur	0,410	9,35	45,5	2460	54,2	0,93
Almocreve	0,319	7,72	41,8	2398	50,7	1,00
LGR 17/773/90/1	0,405	9,08	56,5	2841	51,0	1,01
Jakob	0,406	8,86	45,1	2459	52,7	1,07
Langdon	0,448	10,44	61,0	3053	52,5	0,99
Kyle	0,403	8,91	49,0	2674	53,2	1,09
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,019	1,20	6,8	347	1,9	—
Nawożenie — Fertilization						
Wysokie NPK — High NPK	0,497	10,62	53,7	2024	50,2	—
Niskie NPK — Low NPK	0,295	7,34	47,9	3107	54,3	—
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,036	0,64	3,7	185	1,0	—

Odmiany charakteryzujące się najmniejszym spadkiem plonu w zastosowanych warunkach stresowych jednocześnie najniżej plonowały w analizowanej grupie roślin. Niemiecka odmiana pszenicy twardej Jakob okazała się najbardziej tolerancyjna na obniżone nawożenie, zarówno w stadium młodocianym, jak i w pełnej dojrzałości. Równocześnie uzyskano dla niej najniższy plon ziarna oraz była odmianą mało efektywnie wykorzystującą azot i fosfor, zwłaszcza w stadium pełnej dojrzałości (tab. 2, 3).

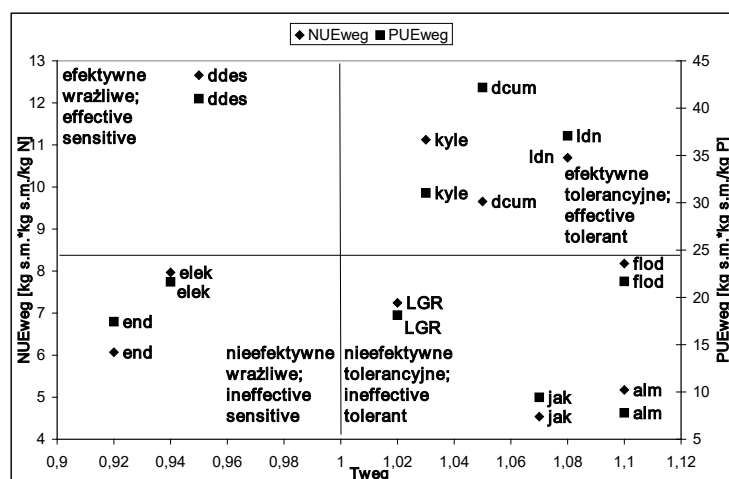
Tabela 3

Średni wpływ genotypu i poziomu nawożenia na zmienność suchej masy vegetatywnej (WEG), plonu ziarna (GEN), efektywności wykorzystania wody (WUE), indeksów efektywności wykorzystania azotu (NUEweg; NUEgen) i fosforu (PUEweg; PUEgen) w tworzeniu masy vegetatywnej i plonu ziarna oraz indeksy tolerancji obniżonego nawożenia dla masy vegetatywnej (Tweg) i plonu ziarna (Tgen)
 Mean genotypic and nutrition effects on the variation in vegetative dry mater (WEG) and grain yield (GEN), water use efficiency (WUE), indices of nitrogen (NUEweg; NUEgen) and phosphorus (PUEweg; PUEgen) use efficiencies in the vegetative and grain mass formation and vegetative (Tweg) and generative (Tgen) indices of tolerance to nutrient shortage

Źródło zmienności Variation source	WEG g	GEN g	WUEweg mg·mol ⁻¹	WUEgen mg·mol ⁻¹	NUEweg kg ² ·kg ⁻¹ N	NUEgen kg ² ·kg ⁻¹ N	PUEweg kg ² ·kg ⁻¹ P	PUEgen kg ² ·kg ⁻¹ P	Tweg	Tgen
<i>T. dicoccoides</i>	68,4	37,0	38,5	20,7	12,66	1,607	41,0	6,71	0,95	0,84
<i>T. dicoccum</i>	56,4	35,1	36,1	22,2	9,66	1,547	42,2	6,31	1,05	0,98
Flodur	47,0	39,8	31,4	26,4	8,18	1,857	21,7	7,52	1,10	0,96
Almocreve	35,3	25,9	26,7	19,6	5,17	1,005	7,8	4,83	1,10	1,15
LGR 17/773/90/1	44,1	35,3	31,2	24,6	7,24	1,343	18,1	6,83	1,02	0,82
Jakob	39,5	25,2	32,2	20,8	4,54	0,948	9,4	4,61	1,07	1,20
Langdon	56,7	42,9	37,4	28,3	10,70	1,975	37,1	8,85	1,08	1,03
Kyle	54,3	44,5	35,8	29,4	11,13	2,073	31,0	8,68	1,03	0,99
Elektra	51,0	26,8	38,1	20,1	7,97	0,888	21,6	5,23	0,94	1,18
Enduro	43,5	28,2	29,4	19,1	6,07	1,080	17,4	5,52	0,92	1,07
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	4,1	5,5	1,7	2,7	1,33	0,279	6,9	1,40	—	—
Nawożenie — Fertilization										
Wysokie NPK High NPK	54,0	37,3	33,7	23,2	8,58	1,438	20,3	6,96	—	—
Niskie NPK Low NPK	45,3	30,8	33,7	23,0	8,08	1,427	29,2	6,05	—	—
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	1,8	2,5	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	3,1	0,63	—	—

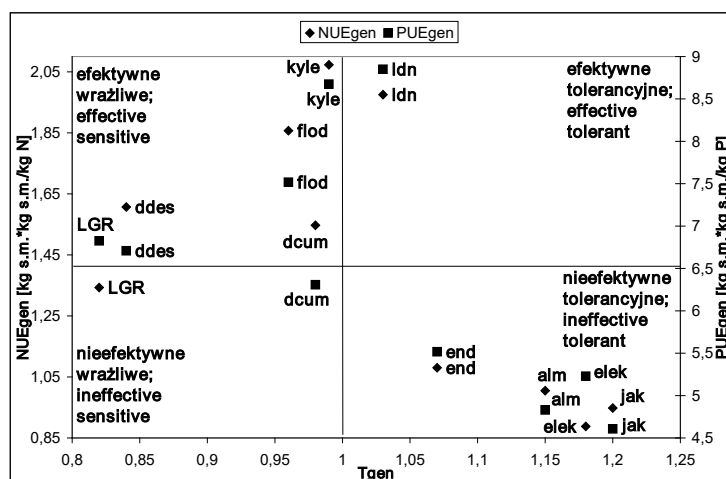
r.n. — Różnice nieistotne, Differences not significant

Sugeruje to przynajmniej częściowo niezależny sposób dziedziczenia się efektywności i tolerancji i związaną z tym możliwość poszukiwania rekombinantów łączących w sobie obie pożądane cechy. Odpowiedź roślin na ograniczone nawożenie może się różnić w poszczególnych fazach rozwoju. Dziki gatunek *T. dicoccoides* oraz kanadyjska odmiana Kyle w stadium pełnej dojrzałości najefektywniej wykorzystywały azot w tworzeniu masy vegetatywnej. Natomiast na etapie siewki odmiany te charakteryzowały się jedynie umiarkowaną efektywnością. Amerykańska odmiana Langdon jako jedyna była genotypem zarówno tolerancyjnym jak i efektywnie wykorzystującym azot i fosfor w tworzeniu plonu ziarna (rys. 2). Ponadto odmiana ta w stadium 4 liścia posiadała najlepiej rozwinięty system korzeniowy oraz charakteryzowała się najwyższą efektywnością wykorzystania azotu i fosforu (tab. 2). Obie odmiany z Ameryki Północnej oraz *T. dicoccum* okazały się w stadium pełnej dojrzałości tolerancyjne oraz efektywnie wykorzystujące azot i fosfor w tworzeniu masy vegetatywnej roślin (rys. 1). Wysoka efektywność i tolerancja odmian Langdon i Kyle powiązane były z najwyższym plonem spośród analizowanej grupy roślin (tab. 3).



Rys. 1. Zależność pomiędzy tolerancją na obniżone nawożenie (T_{gen}) a indeksami efektywności wykorzystania azotu (NUE_{gen}) i fosforu (PUE_{gen}) w tworzeniu plonu ziarna

Fig. 1. Relationships between tolerance to low nutrition (T_{gen}) and indices of nitrogen (NUE_{gen}) and phosphorus (PUE_{gen}) use efficiencies for the grain mass formation

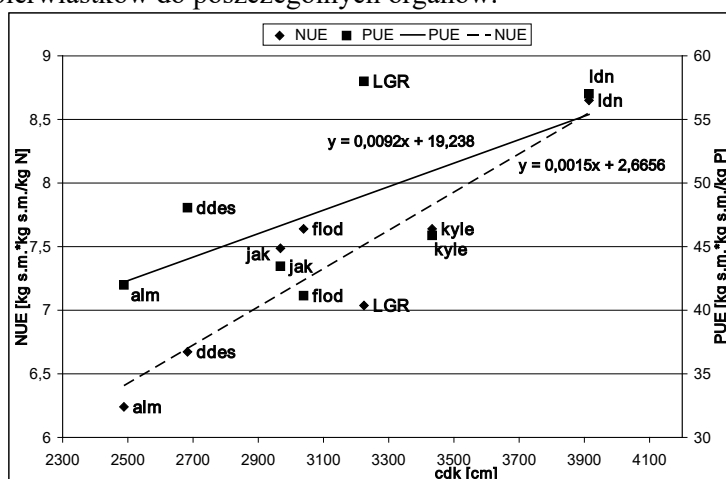


Rys. 2. Zależność pomiędzy tolerancją na obniżone nawożenie (T_{gen}) a indeksami efektywności wykorzystania azotu (NUE_{gen}) i fosforu (PUE_{gen}) w tworzeniu masy wegetatywnej

Fig. 2. Relationships between tolerance to low nutrition (T_{gen}) and indices of nitrogen (NUE_{gen}) and phosphorus (PUE_{gen}) use efficiencies for the vegetative mass formation

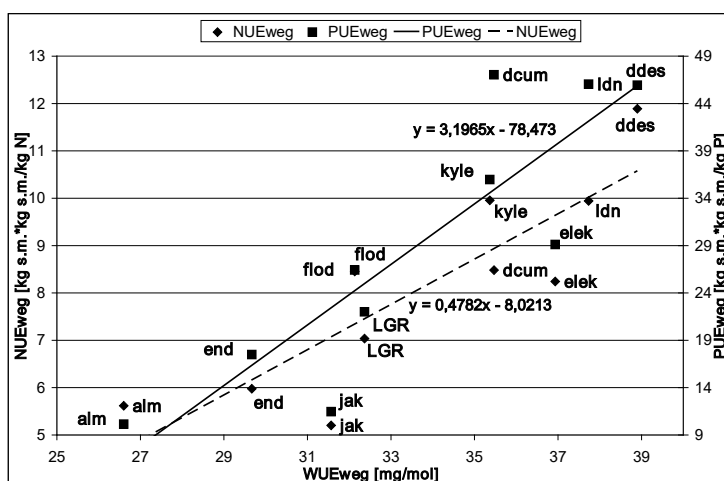
Zróznicowanie genotypowe w efektywności wykorzystania azotu i fosforu jest spowodowane między innymi różnicami w wielkości systemu korzeniowego (Polle, Konzak, 1990, Sattelmacher i in., 1994). W doświadczeniu autorów stwierdzono istotną pozytywną współzależność ($P = 0,01$) pomiędzy całkowitą długością systemu korzeniowego młodych roślin a indeksem efektywności wykorzystania azotu w warunkach obniżonego nawożenia (rys. 3). Korelacja ta istnieje tylko w zastosowanych warunkach

stresowych, co wskazuje na modyfikujący wpływ środowiska na zaobserwowane zależności. Jednakże poza genetycznymi różnicami w morfologii systemu korzeniowego efektywność wykorzystania składników pokarmowych przez rośliny jest również warunkowana szybkością wzrostu, efektywnością pobierania i transportu składników oraz dystrybucją pierwiastków do poszczególnych organów.



Rys. 3. Zależność pomiędzy całkowitą długością systemu korzeniowego (cdk) a indeksami efektywności wykorzystania azotu (NUE) i fosforu (PUE) w warunkach obniżonego nawożenia w stadium 4 liścia

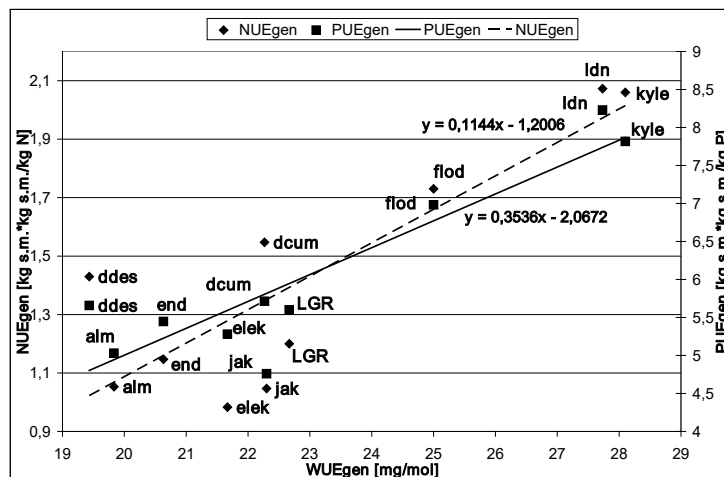
Fig. 3. Relationship between total root length (cdk) and indices of nitrogen (NUE) and phosphorus (PUE) use efficiencies in the conditions of nutrient shortage at the 4-leaf stage



Rys. 4. Zależność pomiędzy efektywnością wykorzystania wody (WUEweg) a indeksami efektywności wykorzystania azotu (NUEweg) i fosforu (PUEweg) w tworzeniu masy vegetatywnej w warunkach obniżonego nawożenia

Fig. 4. Relationship between water use efficiency (WUEweg) and indices of nitrogen (NUEweg) and phosphorus (PUEweg) use efficiencies for the vegetative mass formation under reduced nutrition

Wyniki badań wskazują na ścisły pozytywny związek ($P = 0,01$) pomiędzy efektywnością wykorzystania wody a indeksem efektywności wykorzystania azotu i fosforu (rys. 4, 5). W zastosowanych warunkach stresowych zależność ta staje się jeszcze bardziej istotna. W obu doświadczeniach, podobnie jak w literaturze dotyczącej prac nad owsem i jęczmieniem (Górny i Szołkowska, 1996; Górny, 2001), nie zaobserwowano istotnych zależności pomiędzy tolerancją na obniżone zaopatrzenie w składniki pokarmowe, a efektywnością wykorzystania azotu, fosforu i wody.



Rys. 5. Zależność pomiędzy efektywnością wykorzystania wody (WUEgen) a indeksami efektywności wykorzystania azotu (NUEgen) i fosforu (PUEgen) w tworzeniu plonu ziarna w warunkach obniżonego nawożenia

Fig. 5. Relationship between water use efficiency (WUEgen) and indices of nitrogen (NUEgen) and phosphorus (PUEgen) use efficiencies for the grain mass formation under reduced nutrition

WNIOSKI

1. Szeroka genotypowa zmienność w obrębie pszenic tetraploidalnych w efektywności wykorzystania składników pokarmowych i wody oraz tolerancji na stres, wskazuje na możliwą selekcję w kierunku wyhodowania genotypów lepiej zaadaptowanych do warunków obniżonego nawożenia.
2. Nie znaleziono żadnych zależności pomiędzy tolerancją na stres niedoboru składników pokarmowych i cechami warunkującymi efektywne wykorzystanie azotu, fosforu i wody. W związku z tym można wnioskować, że nie istnieje żadna pojedyncza cecha lub mechanizm, który by przesądzał o kompleksowej adaptacji pszenicy twardej do warunków ograniczonego nawożenia. Programy selekcyjno-hodowlane nakierowane na znalezienie form o obniżonych wymaganiach glebowych powinny obejmować kompleks cech morfologiczno-fizjologicznych zarówno części nadziemnej, jak i systemu korzeniowego.

3. Odmiany Langdon i Kyle, charakteryzujące się wysoką efektywnością wykorzystania składników pokarmowych, zwłaszcza w warunkach stresowych i ponadprzeciętną tolerancją na warunki obniżonego nawożenia, mogą stanowić materiał do krzyżowań z nowoczesnymi, dobrze plonującymi odmianami.
4. Wysoce istotna pozytywna korelacja pomiędzy efektywnością wykorzystania wody a indeksami efektywności wykorzystania azotu i fosforu (zwłaszcza w warunkach obniżonego nawożenia) wskazuje na możliwą jednoczesną selekcję na efektywne wykorzystanie tych podstawowych zasobów gleby

LITERATURA

- Cieplý J., Oracka T. 1996. Nitrogen utilisation efficiency in winter triticale. *Plant Breed. Seed Sci.* 40, 1/2: 117 — 130.
- Fabriani G., Lintas G. (ed). 1988. Durum wheat: chemistry and technology. Am. Ass. of Cereal Chemists. Inc. St. Paul, Minnesota, USA.
- Fischer A., Maurer R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. *Austr. J. Agric. Res.* 29: 897 — 912.
- Gouis Le J., Béghin D., Heumez E., Pluchard P. 2000. Genetic differences for nitrogen uptake and nitrogen utilization efficiencies in winter wheat. *Eur. J. Agron.* 12: 163 — 173.
- Górny A. G. 2001. Variation in utilization efficiency and tolerance to reduced water and nitrogen supply among wild and cultivated barleys. *Euphytica* 117: 59 — 66.
- Górny A., Garczyński S. 2002. Water use efficiency and response to nutrient shortage in mature plants of *Aegilops* and *Triticum* species. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 481: 303 — 313.
- Górny A., Szołkowska A. 1996. Effects of selection for more vigorous seminal roots in two cross populations of oat (*Avena sativa* L.). *J. Appl. Genet.* 37, 4: 331 — 344.
- Memon A. R., Siddiqi M. Y., Glass A. D. M. 1985. Efficiency of K⁺ utilization by barley varieties: activation of pyruvate kinase. *Jour. Exper. Botany* 36, 162: 79 — 90.
- Pan W. L., Jackson W. A., Moll R. H. 1985. Nitrate uptake and partitioning by corn (*Zea mays* L.) root systems and associated morphological differences among genotypes and stages of root development. *J. Exper. Botany* 36, 170: 1341 — 1351.
- Polle E. A., Konzak C. F. 1990. Genetic and breeding of cereals for acid soils and nutrient efficiency. In: *Crops as Enhancers of Nutrient Use*. Baligar V. C., Duncan R. R. (red.). Academic, San Diego, USA.
- Robinson D. 1994. The response of plants to non-uniform supplies of nutrients. *New Phytologist* 127: 635 — 674.
- Rzepka-Plevneš D., Marciniak H., Śmiech M. 1997. Ocena tolerancji linii wsobnych żyta (*S. cereale* L.) na niedobory pokarmowe testem *in vitro*. *Biul. IHAR* 203: 137 — 146.
- Sattelmacher B., Horst WJ, Becker HC. 1994. Factors that contribute to genetic variation for nutrient efficiency of crop plants. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 157: 215 — 224.
- Siddiqi M., Glass A. 1981. Utilization index: A modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. *J. Plant Nutr.* 4: 289 — 302.

KRZYSZTOF KLIMONT

Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Wpływ herbicydów na wartość siewną i skład chemiczny ziarna pszenicy ozimej i jarej, jęczmienia jarego, pszenżyta jarego

The effect of some herbicides on seed quality and grain chemical composition of winter and spring wheat, spring barley and spring triticale

Badano wpływ trzech herbicydów: Aminopieliku D, Chwastoxu D, Granstaru 75 DF na wartość siewną i skład chemiczny ziarna pszenicy ozimej odmiany Elena, pszenicy jarej odmiany Torka, jęczmienia jarego odmiany Rataj i pszenżyta jarego odmiany Wanad. Określono również zawartość pozostałości substancji biologicznie czynnych użytych preparatów w ziarnie. Objektami kontrolnymi były poletka nieopryskiwane i niepielone. Otrzymane wyniki wskazują, że tylko Chwastox D zastosowany w pszenicy ozimej istotnie wpływał na obniżenie zdolności kiełkowania ziarna tego gatunku, natomiast żaden z herbicydów nie wpływał istotnie na energię kiełkowania ziarna badanych zbóż. Aminopielik D i Chwastox D istotnie stymulowały wzrost zawartości białka i glutenu w ziarnie pszenicy ozimej, Aminopielik D białka w ziarnie pszenicy jarej, a Granstar 75 DF jęczmienia. Zawartość białka i skrobi w ziarnie jęczmienia była zmienna w latach i zależała od przebiegu pogody w okresie badawczym. Ziarniaki wszystkich gatunków zbóż odchwaszczanych chemicznie nie zawierały żadnych pozostałości substancji biologicznie czynnych (dikamba), lub oznaczone pozostałości nie przekraczały dopuszczalnych wielkości tolerancyjnych.

Słowa kluczowe: gatunki, herbicydy, odmiany, pozostałości substancji biologicznie czynnych, skład chemiczny nasion, wartość siewna nasion

The effect of three herbicides on seed sowing value and chemical composition of grain was studied in winter and spring wheat, spring barley and spring triticale. The following herbicides (and their doses per ha) were used: Aminopielik D — 3 l/ha, Chwastox D — 3 l/ha (for barley and triticale, 5l for spring and winter wheat) and Granstar 75 DF (30 g). The residues of herbicides active substances in seed were analyzed either. Untreated plants served as controls. All the herbicides reduced germination percentage of the final count in all cereals, but there were no differences in the first percentage of germination. Aminopielik D and Chwastox D significantly increased content of protein and gluten in the winter wheat seed, the same did Aminopielik D with protein in the spring wheat seed and Granstar and Granstar 75 DF in barley seed. The protein and starch contents were variable in years as dependent on weather conditions of the vegetation seasons. Seed of all cereals contained no residues of active substances of the used chemicals (dicamba), or an herbicide residue in the seeds was fairly below the accepted limits.

Key words: cultivars, herbicides, seed chemical composition, sowing value, species, residues of herbicides

WSTĘP

Stosowanie herbicydów w ochronie roślin wiąże się z ich wpływem na właściwości fizjologiczne nasion wraz ze zmianą ich żywotności (Grzesiuk, 1973; Ashton i Crafts, 1973; Klimont i Dul, 1998; Klimont i Osińska, 2004), co może powodować obniżenie ich wartości siewnej. Zmniejszenie energii kiełkowania ziarna pszenżyta ozimego odnotowano po wiosennym oprysku tego zboża Arelonem (Romek i Dzienia, 1993). Inni autorzy Kozaczenco i Kosińska (1992) nie stwierdzili ujemnego wpływu herbicydów zastosowanych w zbożach na zdolność kiełkowania zebranych z opryskanych roślin nasion. Z kolei Czkanikow i Sokołow (1973) donoszą o możliwości pozytywnego oddziaływania herbicydów typu regulatorów wzrostu na wartość biologiczną ziarna. Także Klimont (1996) stwierdził, że herbicydy zastosowane do odchwaszczania soi mogą wpływać na poprawę wartości siewnej nasion, natomiast w przypadku dawek zdwojonych tych środków obserwuje się obniżenie wartości tej cechy. Herbicydy według wyników badań Domańskiej i Kłosińskiej-Rycerskiej (1973) oddziałują na procesy tworzenia białka, a tempo jego syntezy może być regulowane zależnie od wysokości wniesionej dawki. Romek i wsp. (1993) w swych badaniach wykazali, że retardanty zastosowane w pszenżycie ozimym obniżają plon białka ogółem i prawie wszystkich aminokwasów w ziarnie, natomiast wysokie nawożenie mineralne wpływa na zwiększenie jego zawartości. Również Płoszyński i wsp. (1991), wykazali, że zarówno preparaty tradycyjne (Aminopielik D i Chwastox D), jak również nowej generacji Glean 75 DF pozytywnie wpływając na plon, jednocześnie obniżają zawartość białka w ziarnie pszenżyta jarego. Badania Piecha i Maciorowskiego (1996) wykazały korzystne oddziaływanie pięciu herbicydów zastosowanych do odchwaszczania pszenżyta ozimego na zawartość białka w ziarnie, a Pawłowska (1996) odnotowała różnice w reakcji odmian pszenżyta jarego Migo i Gabo na środki chwastobójcze pod względem zawartości białka w ziarnie. Wyniki badań Klimonta i Osińskiej (2004) z zastosowaniem trzech herbicydów w zbożach wykazują, że ziarniaki pszenicy ozimej, jęczmienia jarego i pszenżyta jarego po ich użyciu wykazują tendencję do obniżania energii kiełkowania ziarna, nie zmieniając przy tym zdolności kiełkowania, stymulują zawartość białka i glutenu w ziarnie pszenicy ozimej, białka i lizyny w ziarnie pszenżyta nie wpływając na zawartość białka, skrobi i włókna w ziarniakach jęczmienia.

Pozostałości substancji biologicznie czynnych w nasionach i glebie są jednym z wielu ubocznych skutków stosowania herbicydów. Zawartość pozostałości pestycydów w płodach rolnych przedstawia Dąbrowski (1992), a z przedstawionych danych wynika, że w latach 1986–1990 w badaniach IOR odnotowano tylko 123 przypadki wykrycia przekroczeń maksymalnie dopuszczalnych stężeń pozostałości pestycydów w badanych próbkach, co oznacza zaledwie 0,2% w stosunku do liczby przeprowadzonych analiz. W państwach uprzemysłowionych odsetek ten wynosił w tamtych latach od 2% do 4%, czyli kilkakrotnie więcej niż w Polsce. Badania wielu autorów wykazały, że herbicydy

mogą zostawiać niewielkie, ale zauważalne pozostałości substancji biologicznie czynnych w ziarnie zbóż kłosowych i kukurydzy (Sadowski i in., 1987), grochu (Sumińska i in., 1990) i soi (Klimont, 2000), ale zawsze poniżej dopuszczalnych wartości tolerancyjnych. Z kolei, nie wykryto pozostałości preparatu Quartz (diflufenican) w ziarnie pszenicy jarej, Gasagardu 50 (prometryna), Bładexu 50 WP (cyanazyna), Basagranu (bentazon) w nasionach bobiku (Kostowska i in., 1991). Nie znaleziono również pozostałości Aminopieliku D (2,4D+ dikamba) i Chwastoxu D (MCPA+ dikamba) w ziarniakach pszenicy ozimej, jęczmienia jarego i pszenżyta jarego (Klimont i Osińska, 2004). Zarówno obecność jak i poziom pozostałości w roślinie zależy między innymi od rodzaju użytej substancji biologicznie czynnej, jej właściwości fizyko-chemicznych, warunków pogodowych w okresie stosowania środka, terminu stosowania oraz warunków glebowych (Briggs, 1984; Kampe, 1979). O istniejących różnicach odmianowych w reakcjach na określony herbicyd w pszenicy donoszą Gabińska (1986) oraz Martin i wsp. (1989), a w przypadku soi Klimont (1998).

Celem prowadzonych badań było określenie wpływu wybranych herbicydów na wartość siewną i skład chemiczny ziarna pszenicy ozimej i jarej, jęczmienia jarego, pszenżyta jarego oraz określenie w nim poziomu pozostałości substancji biologicznie czynnych.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań pochodził z doświadczeń prowadzonych w latach 1997–1998 na Polu Doświadczalnym IHAR w Obrazowie koło Sandomierza, w którym określono wpływ herbicydów na plon ziarna i strukturę plonu zbóż. Badaniom laboratoryjnym poddano ziarno pszenicy ozimej odmiany Elena, pszenicy jarej odmiany Torka, jęczmienia jarego odmiany Rataj i pszenżyta jarego odmiany Wanad zebrane z poletek, do odchwaszczania, których stosowano herbicydy: Aminopielik D 3 l/ha (wszystkie gatunki zbóż), Chwastox D 3,0 l/ha jęczmień, pszenżyto i 5 l/ha pszenica ozima i jara, oraz Granstar 75 DF w dawce 30 g/ha stosowany we wszystkich zbożach. Obiektami kontrolnymi były poletka nieopryskiwane żadnymi herbicydami i niepielone.

Corocznie badania były prowadzone w oparciu o 4 oddzielne doświadczenia (pszenica ozima, pszenica jara, jęczmień jary, pszenżyto jare). Każde z wymienionych doświadczeń założono metodą bloków losowanych w 4 powtórzeniach. Powierzchnia poletka do zbioru wynosiła 5 m². W warunkach laboratoryjnych oceniano energię i zdolność kiełkowania ziarniaków, odpowiednio po 4 i 8 dniach obydwu form pszenicy i pszenżyta, a jęczmienia po 4 i 7 dniach oraz procent ziarniaków nienormalnie kiełkujących i martwych (wg Polskiej Normy PN-R-65950/94). W ziarniakach pszenic określono zawartość białka i glutenu; jęczmienia białka, skrobi i włókna; pszenżyta białka i lizyny, przy zastosowaniu urządzenia INFRATEC 1255 (Food and Feed Analyzer) Tecator — Szwecja i przeliczono na procentową zawartość w absolutnie suchej masie ziarna. Pozostałości substancji biologicznie czynnych oznaczono w Zakładzie Ekologii i Zwalczania Chwastów IUNG — PIB we Wrocławiu, metodą chromatografii gazowej i ciekowej, a otrzymane wyniki

porównywano z wprowadzonymi w kraju najwyższymi dopuszczalnymi pozostałościami substancji biologicznie czynnej w płodach rolnych (Dziennik Ustaw, 1993).

Obliczeń statystycznych dokonano metodą analizy wariancji, a różnice między średnimi oceniano testem Tukeya przy $NIR \alpha = 0,05$.

Tabela 1

Suma opadów miesięcznych oraz średnia miesięczna temperatura powietrza w okresie wegetacji zbóż
Monthly rainfall and monthly mean air temperature during vegetation of cereals

Miesiąc Month	Lata — Years			
	1996–1997		1997–1998	
	suma opadów (mm) sum of rainfall (mm)	temperatura (°C) temperature (°C)	suma opadów (mm) sum of rainfall (mm)	temperatura (°C) temperature (°C)
Wrzesień September	46,0	10,1	77,7	13,0
Październik October	45,2	9,0	54,9	5,9
Listopad November	34,6	6,0	33,1	3,0
Grudzień December	20,4	-5,3	36,8	1,0
Styczeń January	5,6	-5,6	28,6	0,4
Luty February	25,8	0,8	17,9	3,2
Marzec March	17,1	2,6	28,8	2,5
Kwiecień April	33,2	5,0	91,7	10,6
Maj May	76,6	14,4	57,7	14,4
Czerwiec June	63,6	17,0	116,1	17,9
Lipiec July	148,6	17,7	95,5	18,1
Sierpień August	40,0	18,5	86,8	16,9

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Wartość siewna ziarna

Wszystkie zastosowane herbicydy w łanie badanych gatunków zbóż wykazały tendencje w kierunku obniżenia energii kiełkowania ziarna w porównaniu z wariantem kontrolnym (tab. 2).

Tylko po oprysku pszenicy ozimej Chwastoxem D stwierdzono statystycznie istotny spadek zdolności kiełkowania ziarna o 3,2% w porównaniu z wariantem kontrolnym, natomiast pozostałe herbicydy zastosowane w łanie badanych gatunków zbóż działały podobnie i wykazały tylko tendencję do obniżenia wartości tej cechy (tab. 2).

Zastosowane herbicydy nie różnicowały istotnie procentowego udziału ziarniaków kiełkujących nienormalnie i martwych (tab. 2).

Tabela 2

Wpływ herbicydów na wartość siewną ziarna pszenicy ozimej i jarej, jęczmienia jarego i pszenżyta jarego (średnio 1997–1998)
The effect of herbicides on seed quality of winter and spring wheat, spring barley and spring triticale (mean for 1997–1998)

Gatunki Species	Herbicydy Herbicides	Dawki Doses (l/ha.) (g/ha)	Cechy — Features			
			energia kiełkowaniaem emergence first count (%)	zdolność kiełkowania emergencie final count (%)	ziarniaki nienormalnie kiełkujące abnormally germinating seeds (%)	ziarniaki martwe dead seeds (%)
Pszenica	kontrola — control	0	90,4	95,0	2,1	2,9
ozima (odm. Elena)	Aminopielik D	3,0 l	90,4	93,5	2,9	3,6
	Chwastox D	5,0 l	89,4	91,8	3,4	4,8
Winter wheat	Granstar 75 DF	30 g	88,9	92,1	2,4	5,5
(cv. Elena)	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		r.n.; n.s.	3,1	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.
Pszenica jara	kontrola — control	0	93,9	95,0	2,3	3,7
(odm. Torka)	Aminopielik D	3,0 l	93,1	94,2	2,4	3,4
	Chwastox D	5,0 l	93,8	95,0	2,5	2,5
Spring wheat	Granstar 75 DF	30 g	93,1	94,1	2,8	3,1
(cv. Torka)	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.
Jęczmień jary	kontrola — control	0	92,1	92,2	3,9	3,9
(odm. Rataj)	Aminopielik D	3,0 l	89,5	89,9	6,1	4,0
	Chwastox D	3,0 l	90,1	90,2	4,8	5,0
Spring barley	Granstar 75 DF	30 g	90,6	90,6	5,1	4,3
(cv. Rataj)	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.
Pszenżyto jare	kontrola — control	0	94,1	94,4	2,9	2,7
(odm. Wanad)	Aminopielik D	3,0 l	93,1	92,1	3,6	4,3
	Chwastox D	3,0 l	93,8	94,0	2,2	3,8
Spring triticale	Granstar 75 DF	30 g	92,1	92,4	3,8	3,8
(cv. Wanad)	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.

r.n. — Różnice nie istotne; n.s. Non — significant differences

Skład chemiczny ziarniaków

Dwa herbicydy Aminopielik D i Chwastox D zastosowane w łanie pszenicy ozimej wpływały istotnie na wzrost zawartości białka i glutenu w ziarniakach w porównaniu wariantem kontrolnym (tab. 3). Wzrost zawartości białka zarówno w przypadku zastosowania Aminopieliku D jak i Chwastoxu D nie przekraczał jednak jednego procenta. Z kolei przyrost zawartości glutenu w ziarnie zebranym z opryskiwanych obiektów w stosunku do kontroli wynosił po użyciu Aminopieliku D — 2,46%, Chwastoxu D — 3,15%. Oprysk pszenicy ozimej Granstarem 75 DF skutkował istotnym obniżeniem zawartości białka i glutenu w ziarnie w porównaniu do ziarniaków zebranych z roślin opryskanych Aminopielikiem D i Chwastoxem D, nie różnicował natomiast zawartości tych składników w porównaniu z wariantem kontrolnym.

W ziarnie pszenicy jarej Aminopielik D istotnie wpływał na procentowy przyrost zawartości białka powodując wzrost o 0,74%, nie zmieniając przy tym istotnie zawartości glutenu. Warunki pogodowe w 1998 roku sprzyjały gromadzeniu białka i glutenu w ziarniakach pszenicy ozimej i jarej (tab. 4). Badania wykazały, że ziarniaki jarej formy

pszenicy jarej odm. Torka w obu latach badań niezależnie od herbicydów zawierały więcej białka i glutenu niż formy ozimej odm. Elena.

Tabela 3

Wpływ herbicydów na skład chemiczny ziarna pszenicy ozimej i jarej, jęczmienia jarego i pszenżyta jarego (średnio 1997–1998)
The effect of herbicides on chemical composition of winter and spring wheat, spring barley and spring triticale (mean for 1997–1998)

Gatunki Species	Herbicydy Herbicides	Dawki Doses (l/ha) (g/ha)	Cechy — Features				
			białko protein %	gluten gluten %	lizyna lysine g/kg	skrobia starch (%)	włókno fibre (%)
Pszenica ozima (odm. Elena) Winter wheat (cv. Elena)	Kontrola — Control	0	13,65	31,40	—	—	—
	Aminopielik D	3,0 l	14,37	33,86	—	—	—
	Chwastox D	5,0 l	14,26	34,55	—	—	—
	Granstar 75 DF	30 g	13,40	30,30	—	—	—
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		0,60	2,39			
Pszenica jara (odm. Torka) Spring wheat (cv. Torka)	Kontrola — Control	0	14,77	37,56	—	—	—
	Aminopielik D	3,0 l	15,51	38,79	—	—	—
	Chwastox D	5,0 l	14,40	36,72	—	—	—
	Granstar 75 DF	30 g	14,89	38,34	—	—	—
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		0,63	r.n.; n.s.		—	
Jęczmień jary (odm. Rataj) Spring barley (cv. Rataj)	Kontrola — Control	0	13,00	—	—	59,04	5,67
	Aminopielik D	3,0 l	13,01	—	—	58,85	5,64
	Chwastox D	3,0 l	13,02	—	—	58,49	5,85
	Granstar 75 DF	30 g	13,65	—	—	58,09	5,84
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		0,62	—	—	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.
Pszenżyto jare (odm. Wanad) Spring triticale (cv. Wanad)	Kontrola — Control	0	12,16	—	4,63	—	—
	Aminopielik D	3,0 l	12,14	—	4,71	—	—
	Chwastox D	3,0 l	12,11	—	4,61	—	—
	Granstar 75 DF	30 g	11,69	—	4,48	—	—
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		r.n.; n.s.		r.n.; n.s.		

r.n. — różnice nie istotne; n.s. — non significant differences

Zawartość białka, skrobi i włókna w ziarniakach jęczmienia nie ulegała istotnym zmianom pod wpływem zastosowanych herbicydów zarówno w odniesieniu do kontroli, jak we wzajemnych relacjach między sobą, z wyjątkiem Granstaru 75 DF, który istotnie wpływał na wzrost zawartości białka w odniesieniu do kontroli (tab. 3).

Oceniano również wpływ przebiegu warunków pogodowych w okresie wegetacji zbóż na skład chemiczny nasion (tab. 1 i 4). Ziarniaki jęczmienia zawierały więcej o 1,13% białka w bogatym w opady i ciepłym 1998 roku niż w chłodniejszym 1997 roku, który jednocześnie sprzyjał gromadzeniu skrobi — wzrost o 1,69%, (tab. 4).

Zawartość włókna w ziarniakach jęczmienia również zależała od przebiegu pogody w czasie wegetacji i była istotnie wyższa w 1998 roku niż w 1997 roku (tab. 4).

Wszystkie herbicydy zastosowane do odchwaszczania pszenżyta nie wpływały istotnie na zawartość białka i lizyny w ziarniakach zebranych z opryskiwanych roślin (tab. 3). Zawartość białka w ziarniakach pszenżyta w dużym stopniu zależała od przebiegu pogody w latach prowadzenia doświadczenia (tab. 1 i 4). W ciepłym i obfitym w opady (czerwiec, początek lipca) 1998 roku ziarniaki gromadziły więcej białka i lizyny.

Tabela 4

Zawartość oznaczonych składników ziarna pszenicy ozimej i jarej jęczmienia jarego i pszenżyta jarego w zależności od roku zbioru (%)

Chemical composition of winter and spring wheat, spring barley and spring triticale seeds (%) depending on year of harvest (%)

Lata Years	Pszenica ozima (odm. Elena) Winter wheat (cv. Elena)		Pszenica jara (odm. Torka) Spring wheat (cv. Torka)		Jęczmień jary (odm. Rataj) Spring barley (cv. Rataj)			Pszenżyto jare (odm. Wanad) Spring triticale (cv. Wanad)	
	białko protein (%)	gluten gluten (%)	białko protein (%)	gluten gluten (%)	białko protein (%)	skrobia starch (%)	włókno fibre (%)	białko protein (%)	lizyna lysine (%)
1997	13,49	30,90	14,51	36,07	12,61	59,46	5,58	11,69	4,53
1998	14,50	34,16	15,05	39,49	13,74	57,77	5,92	12,36	4,70
NIR _{0,05}	0,69	2,58	0,52	2,79	0,55	0,85	0,31	0,61	0,15
LSD _{0,05}									

Zawartość pozostałości substancji biologicznie czynnych w ziarnie

Ziarniaki wszystkich badanych gatunków zbóż odchwaszczanych chemicznie z zastosowaniem Aminopieliku D (2,4D + dikamba), Chwastoxu D (MCPA + dikamba) nie zawierały wcale, bądź zawierały pozostałości substancji biologicznie czynnych w ilościach nieprzekraczających najwyższych dopuszczalnych pozostałości w ziarnie przy oznaczalności w.w. związków (tab. 5); (Dz. U. 1993; Nr 104):

oznaczalność	najwyższa dopuszczalna pozostałość w ziarnie zbóż
—2,4 D — 0,0002 mg·kg ⁻¹	—0,2 mg·kg ⁻¹
—MCPA — 0,002 mg·kg ⁻¹	—0,1 mg·kg ⁻¹
—dikamba — 0,0002 mg·kg ⁻¹	—0,05 mg·kg ⁻¹

Pozostałości sulfmetonmetylu (Granstar 75 DF) nie oznaczono, gdyż dostępne metody w kraju są mało czułe i nikt dotychczas nie wykonał oznaczeń pozostałości sulfonocmoczników.

Pozostałości dikamby, która jest substancją biologicznie czynną Aminopieliku D i Chwastoxu D nie wykryto w ziarniakach żadnego gatunku zbóż i w żadnym roku badań.

Pozostałości 2,4 D wynosiły przeciętnie 0,0010 mg·kg⁻¹ w ziarniakach pszenicy ozimej, 0,0020 mg·kg⁻¹ pszenicy jarej i jęczmienia oraz 0,0040 mg·kg⁻¹ pszenżyta. Substancja ta pozostawiła minimalne resztki w ziarniakach badanych gatunków zbóż, tylko w drugim roku badań (1998), z wyjątkiem pszenicy jarej, u której w ziarnie stwierdzono pozostałości w obydwu latach. Znaleziono minimalne pozostałości 2,4 D w ziarnie są średnio 200-krotnie niższe w pszenicy ozimej, 100-krotnie w pszenicy jarej i jęczmieniu, 50-krotnie w pszenżycie niż najwyższe dopuszczalne pozostałości.

MCPA stosowany do oprysku zbóż wykryto w ziarniakach wszystkich chronionych gatunków, ale w różnych ilościach. Najwięcej pozostałości tej substancji zawierały ziarniaki jęczmienia, (0,0200 mg·kg⁻¹), ale była to wartość 5 razy mniejsza niż dopuszcza tolerancja. Mniej w porównaniu do jęczmienia pozostałości zawierały ziarniaki pszenżyta i pszenicy ozimej (odpowiednio 0,0090 mg·kg⁻¹ i 0,0080 mg·kg⁻¹), tj. 11,1 i 12,5-krotnie mniej niż dopuszczalne wielkości tolerancyjne, najmniej ziarniaki pszenicy jarej (0,0020 mg·kg⁻¹), tj. 50 razy mniej niż dopuszcza norma. Z wyjątkiem pszenicy jarej, w której

nasionach nie wykryto MCPA w 1998 roku, pozostałości tej substancji stwierdzono w ziarnie każdego z badanych gatunków zbóż w każdym roku prowadzenia eksperymentu.

Osadzanie pozostałości substancji biologicznie czynnych zastosowanych herbicydów w ziarniakach zależało głównie od rodzaju użytego środka i gatunku bądź formy zboża (ozima lub jara).

Tabela 5

Zawartość pozostałości substancji biologicznie czynnych w ziarnie pszenicy ozimej i jarej, jęczmienia jarego i pszenżyta jarego w latach zbioru i średnio 1997–1998 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
The content of herbicide residues in seeds of winter and spring wheat, spring barley and spring triticale depending of the year of harvest and the means of the period 1997–1998 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Herbicyd Herbicide	Substancja biologicznie czynna Active agent of herbicide	Pszenica ozima (odm. Elena) Winter wheat (cv. Elena)			Pszenica jara (odm. Torka) Spring wheat (cv. Torka)			Jęczmień jary (odm. Rataj) Spring barley (cv. Rataj)			Pszenżyto jare (odm. Wanad) Spring triticale (cv. Wanad)			$\bar{x}$
		lata years		$\bar{x}$	lata years		$\bar{x}$	lata years		$\bar{x}$	lata years		$\bar{x}$	
		1997	1998		1997	1998		1997	1998		1997	1998		
Kontrola Control	2,4D	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.
	MCPA	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.
	dikamba	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.
Aminopielik D	2,4D	n.w.	0,0020.	0,0010	0,0020	0,0020	0,0020	n.w.	0,0040	0,0020	n.w.	0,0080.	0,0040	0,00225
	dikamba	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.
Chwastox D	MCPA	0,0060	0,0100	0,0080	0,0040	n.w.	0,0020	0,0220	0,0180	0,0200	0,0060	0,0120	0,0090	0,00975
	dikamba	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.	n.w.

n.w. — Nie wykryto pozostałości substancji biologicznie czynnej; Not contain residues of active substances

DYSKUSJA

Uzyskane wyniki wskazują, że niezależnie od lat badań wszystkie użyte do odchwaszczania herbicydy wykazały tendencje do obniżenia energii i zdolności kiełkowania każdego z badanych gatunków zbóż, tylko Chwastox D zastosowany w pszenicy ozimej istotnie zmniejszał zdolność kiełkowania ziarniaków tego gatunku. Liczne dane literaturowe dotyczące oceny wartości siewnej zbóż wskazują na ujemne oddziaływanie herbicydów na obydwie wymienione cechy oceny wartości siewnej zbóż (Grzesiuk, 1973; Asthon i Crafts, 1973; Klimont i Dul, 1998; Klimont i Osińska, 2004). Użyte w doświadczeniu herbicydy nie wpływały na procentowy udział siewek kiełkujących nienormalnie i nasion martwych w poddanym analizom ziarnie, co potwierdzają badania prowadzone na jęczmieniu przez Klimont i Dul (1998) oraz Klimont i Osińską (2004) na pszenicy ozimej, jęczmieniu jarym i pszenżycie jarym. Herbicydy Aminopielik D i Chwastox D istotnie stymulowały wzrost zawartości białka i glutenu w ziarniakach pszenicy ozimej, w przypadku pszenicy jarej zawartość glutenu nie uległa zmianie po użyciu stosowanych herbicydów, natomiast stwierdzono wzrost zawartości białka w ziarniakach po użyciu Aminopieliku D. Zawartość skrobi i włókna w ziarnie jęczmienia nie uległa istotnym zmianom pod działaniem stosowanych herbicydów. Po zastosowaniu Granstaru 75 DF nastąpił w porównaniu do obiektu kontrolnego i sto-

sowanych Aminopieliku D oraz Chwastoxu D istotny wzrost zawartości białka. Rozpatrując zawartość białka i skrobi w ziarnie jęczmienia zauważono, że te które zawierały więcej białka zawierały jednocześnie mniej skrobi, wystąpiła zatem odwrotna zależność między zawartością białka i skrobi w ziarniakach. Również zawartość białka i lizyny w ziarnie pszenżyta nie zmieniała się istotnie pod wpływem każdego z zastosowanych do odchwaszczania preparatów. Odmienne wyniki badań otrzymali w pszenżycie ozimym Piech i Maciorowski (1996) oraz Klimont i Osińska (2004) w pszenżycie jarym, wykazując korzystne oddziaływanie herbicydów na zawartość białka. Pawłowska (1996) odnotowała z kolei różnice odmianowe u pszenżyta jarego w reakcji na użyte herbicydy pod względem zawartości białka w ziarnie. Natomiast Płoszyński i in. (1991) udowodnił, że herbicydy Aminopielik D i Chwastox D korzystnie wpływając na plon ziarna odchwaszczanych nimi zbóż, jednocześnie obniżają poziom białka. Warunki pogodowe występujące w latach prowadzenia doświadczenia różnicowały istotnie procentowy udział wszystkich składników zawartych w ziarnie każdego z gatunków zbóż będących przedmiotem eksperymentu. Zmiany jakości ziarna w pszenicy ozimej na skutek różnic pogodowych w latach zaobserwowali Podolska i Stankowski (2001); w pszenicy ozimej, jęczmieniu jarym i pszenżycie jarym Klimont i Osińska (2004), a różnice w zawartości białka i tłuszczu w nasionach soi Klimont (1998). Otrzymane rezultaty wskazały, że ziarniaki poszczególnych gatunków nie zawierały wcale bądź zawierały substancje biologicznie czynne użytych preparatów w ilościach nieprzekraczających najwyższej dopuszczalnej pozostałości. Badania wykazały, że dikamba, która jest substancją biologicznie czynną zarówno Aminopieliku D, jak i Chwastoxu D nie osadziła się w ziarnie żadnego z badanych gatunków zbóż w obydwu latach badań. Pozostałości 2,4D w ziarniakach badanych gatunków zbóż były minimalne i 50 razy (pszenżyto), 100 razy (pszenica jara i jęczmień), 200 razy (pszenica ozima) niższe niż wartość graniczna określona dla Polski (Dziennik Ustaw, 1993), tj. $0,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, nie przekraczając jednocześnie o wiele surowszych norm obowiązujących w Niemczech, tj. $0,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Bundesgesetzblatt 1989; Rückstande..., 1969) i Belgii $0,05 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Moniteur Belge, 1969). Chwastox D, którego s.b.cz. jest MCPA zostawiał wykrywalne resztki pozostałości w ziarnie zbóż w większych ilościach niż 2,4D z wyjątkiem pszenicy jarej, gdzie ilości oznaczonych pozostałości obydwu substancji biologicznie czynnych, tj. 2,4D i MCPA były identyczne. Podobnie jak w przypadku 2,4D ilość pozostałości s.b.cz. MCPA nie przekraczała dopuszczalnej wielkości tolerancyjnej, obowiązującej w Polsce tj. $0,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Dziennik Ustaw, 1993), jak również w Niemczech — $0,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Bundesgesetzblatt 1989; Rückstande..., 1969), czy Belgii $0,05 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Moniteur Belge, 1969). Prowadzone badania wykazały, że ilości osadzanych pozostałości s.b.cz w ziarniakach zależały głównie od rodzaju użytego preparatu i gatunku zboża. Stwierdzono, że wszystkie gatunki zbóż, z wyjątkiem pszenicy jarej, zdecydowanie więcej osadzają pozostałości MCPA niż 2,4D w ziarnie tj. jęczmień jary 10 razy więcej, pszenica ozima 8 razy, pszenżyto 2,2 razy, a ziarniaki pszenicy jarej gromadzą równe ilości pozostałości s.b.cz obydwu preparatów. Zauważono również, że forma jara pszenicy gromadzi w ziarniakach więcej pozostałości obydwu substancji biologicznie czynnych niż forma ozima tego zboża. Na osadzanie pozostałości w ziarnie zbóż wpływały również warunki atmosferyczne w okresie

wegetacji. Przebieg pogody w 1998 roku sprzyjał gromadzeniu większej ilości pozostałości w ziarnie formy ozimej pszenicy niż w roku 1997, natomiast forma jara pszenicy oraz jęczmień jary i pszenżyto jare więcej pozostałości 2,4D osadziły w 1998 roku, a MCPA w roku 1997. Według wielu badaczy poziom pozostałości herbicydów w roślinach zależy od s.b.cz. jej właściwości chemicznych, warunków pogodowych w okresie stosowania środka, terminu jego stosowania i warunków glebowych (Briggs, 1984; Kampe, 1979). O istniejących różnicach odmianowych w reakcji na określony herbicyd w pszenicy donosi Gabińska (1986) oraz Martin i wsp. (1989), a w soi Klimont (2000). Wyniki doświadczeń Klimonta i Osińskiej (2004) z zastosowaniem herbicydów do odchwaszczania łąnu pszenicy ozimej, jęczmienia jarego i pszenżyta jarego pokazały, że ziarniaki badanych gatunków zbóż nie zawierały żadnych pozostałości substancji biologicznie czynnych w żadnym roku badań.

WNIOSKI

1. Spośród zastosowanych herbicydów jedynie Chwastox D obniżał istotnie zdolność kiełkowania ziarniaków pszenicy ozimej odm. Elena. Pozostałe herbicydy nie miały wpływu na tę cechę
2. Aminopielik D i Chwastox D istotnie stymulowały wzrost zawartości białka i glutenu w ziarnie pszenicy ozimej odm. Elena, Aminopielik D białka w ziarnie pszenicy jarej odm. Torka, Granstar 75 DF jęczmienia odm. Rataj, natomiast żaden z herbicydów nie wpływał na zmianę procentowej zawartości skrobi i włókna w ziarnie jęczmienia odm. Rataj oraz białka i lizyny w ziarnie pszenżyta odm. Wanad.
3. Skład chemiczny ziarniaków badanych gatunków zbóż zależał od przebiegu pogody w latach badań.
4. Ziarno badanych gatunków zbóż nie zawierało żadnych pozostałości substancji biologicznie czynnych (zastosowanych herbicydów), lub oznaczone pozostałości nie przekraczały dopuszczalnej wielkości tolerancyjnej. Wśród tych ostatnich wystąpiły różnice w ilości osadzonej substancji biologicznie czynnej w zależności od rodzaju użytego preparatu, gatunku zboża oraz przebiegu pogody w latach badań.

LITERATURA

- Ashton F., Crafts A. 1973. Mode of action of herbicides. A. Wiley InterScience Publication, New York.
- Briggs G. 1984. Factors affecting uptake of soil — applied chemicals by plants and other organisms. Soil and Crop Protection Chemicals Monograph No. 27, Proc. of Symp. Wye College, Kent, 11th and 12th July 35 — 48.
- Bundesgesetzblatt. 1989. Teil I Nr 49. Ausgegeben zum Bonn, 27 October.
- Czkanikow D., Sokołow M. 1973. Gierbicidnoje diejstwije 2, 4 D i drugih galoidfienoksikislot. Izd. „Nauka”, Moskva.
- Dąbrowski J. 1992. Obraz skażeń pozostałościami pestycydów upraw rolnych w Polsce w latach 1986–1990. Mat. XXXII Sesji Nauk. IOR Cz. I Referaty, Poznań: 186 — 209.
- Domańska H., Kłosińska-Rycerska B. 1973. Kilka uwag dotyczących mechanizmu działania herbicydów w powiązaniu z ich wpływem na przebieg fotosyntezy i przemiany białkowe. Post. Nauk Roln., Nr 3; 36 — 44.
- Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej. 1993. Nr 104, Warszawa.

- Gabińska K. 1986. Tolerancja odmian pszenicy ozimej na herbicydy. Mat. XXVI Sesji Nauk. IOR Cz. II Postery Poznań: 47 — 53.
- Grzesiuk S., 1973. Uboczny wpływ pestycydów na wartość biologiczną nasion. Post. Nauk Roln., 3 (140): 45 — 60.
- Kampe W. 1979. Zur Frage der Herbizidrückstände in Böden und im Erntegut von Getreide. Gesunde Pflanzen., 4: 96 — 101.
- Klimont K. 1996. Wpływ herbicydów na wartość siewną nasion soi. Biul. IHAR 198: 127 — 132.
- Klimont K. 1998. Wpływ herbicydów na zawartość białka i tłuszczu w nasionach soi. Biul. IHAR 208: 141 — 148.
- Klimont K., Dul S. 1998. Ocena chwastobójczego działania preparatu Lintur 70 WG oraz jego wpływ na plon i wartość siewną ziarna jęczmienia jarego. Biul. IHAR 207: 93 — 98.
- Klimont K. 2000. The effect of herbicides on their active ingredient residues in soybean seeds. Plant Breeding and Seed Science, Vol. 44. No. 1: 39 — 43.
- Klimont K., Osińska A. 2004. Wpływ herbicydów na wartość siewną i zawartość niektórych składników w ziarnie pszenicy ozimej, jęczmienia jarego i pszenżyta jarego. Biul. IHAR 233: 49 — 58.
- Kostowska B., Sadowski J., Głabiszewski J., Kiepuł J. 1991. Wyniki badań lizometrycznych nad przemieszczaniem i wpływem na plon niektórych herbicydów stosowanych w kukurydzy, pszenicy jarej i bobiku. Cz. II. Pozostałości w warunkach przesiąkowych, w glebie i roślinie. Mat. XXXI Sesji Nauk. IOR. Cz. II Postery: 147 — 151.
- Kozaczenko H., Kasińska M., 1992. Badania nad biologiczną aktywnością kilku nowych herbicydów stosowanych w bobiku. Acta Acad. Agricult Tech. Olt., Agricultura 54: 253 — 260.
- Martin D. A., Miller S. D., Alley H. P. 1989. Winter wheat (*Triticum aestivum*) response to herbicides applied at three growth stages, Weed Technology 3 (1): 90 — 94.
- Moniteur Belge. 1969. Anne N.33.15 Fevrier.
- Pawłowska I. 1996. Reakcja odmian pszenżyta jarego na wybrane herbicydy. Symp. Nauk. Hodowla, uprawa i wykorzystanie pszenżyta. Międzyzdroje: 75.
- Piech M., Maciorowski R. 1996. Reakcja odmian pszenżyta ozimego na herbicydy. Symp. Nauk. "Hodowla, uprawa i wykorzystanie pszenżyta". Międzyzdroje: 78.
- Płoszyński M., Pawłowska J., Dietrich-Szostak D. 1991. Wpływ herbicydów na plon i zawartość białka w ziarnie pszenżyta jarego uprawianego na różnych kompleksach glebowych. Mat. Sesji Nauk. IOR cz. II: 120 — 123.
- Podolska G., Stankowski S. 2001. Plonowanie i jakość pszenicy ozimej w zależności od gęstości siewu i dawki nawożenia azotem. Biul. IHAR 218/219: 127 — 136.
- Polska Norma 1994. Materiał siewny. Metody badania nasion. (PN-R-65950/94) Wyd. PKN. Warszawa.
- Romek B., Dzienia S. 1993. Efektywność herbicydów stosowanych w pszenżycie ozimym. Mat. Sympozjum Nauk. Biologia i uprawa pszenżyta. Międzyzdroje: 58.
- Romek B., Dzienia S., Szeżko D. 1993. Wpływ retardantów wzrostu i nawożenia mineralnego na plon i jakość białka w ziarnie pszenżyta ozimego. Mat. Sympozjum Nauk. Biologia i uprawa pszenżyta. Międzyzdroje: 59.
- Rückstände von Pflanzen und Vierratsschutzmitteln in Lebensmitteln. 1969.
- Sadowski J., Rola J., Król Z. 1987. Starane i jego pozostałości w zbożach, kukurydzy, trawach. Mat. XXVII Sesji Nauk. IOR. Cz. II. Postery. Poznań: 207 — 209.
- Sumiśławska J., Kostowska B., Sadowski J., Badowski N. 1990. Rozkład i pozostałości graminydów stosowanych w uprawie grochu. Mat. XXX Sesji Nauk. IOR Cz. 2 Postery II: 179 — 183.

KRZYSZTOF KLIMONT

Krajowe Centrum Zasobów Genowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Wpływ herbicydów na plon ziarna i strukturę plonu zbóż

The influence of some herbicides on grain yield and yield components of some cereals

Badano wpływ herbicydów: Aminopielik D — 3 l/ha, Chwastox D — 3 l/ha (jęczmień, pszenżyto) i 5 l (pszenica ozima i jara) Granstar 75 DF — 30 g/ha na plon i jego strukturę roślin zbożowych: pszenicy ozimej odmiany Elena, pszenicy jarej odmiany Torka, jęczmienia jarego odmiany Rataj i pszenżyta jarego odmiany Wanad. W doświadczeniu zastosowano wariant kontrolny nieopryskiwany i nieodchwaszczany. Eksperyment przeprowadzono metodą bloków losowanych w czterech powtórzeniach, na czarnoziemie zdegradowanym wytworzonym z lessu, kompleks pszenno-żytni bardzo dobry. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że wszystkie zastosowane herbicydy ograniczały zachwaszczenie w łanie badanych gatunków zbóż, umożliwiając przez to zwiększenie liczby źdźbeł kłosonośnych i pośrednio przyczyniały się do wzrostu plonów w odniesieniu do wariantu kontrolnego. Najkorzystniej na plon ziarna pszenicy ozimej i jarej oraz pszenżyta działał Granstar 75 DF zwiększając plon odpowiednio do 5,27, 4,64 i 5,26 t/ha, następnie Aminopielik D w pszenicy ozimej — 5,02 t/ha i pszenżycie — 5,01 t/ha oraz Chwastox D w pszenicy jarej 4,53 t/ha przy plonie kontrolnym wynoszącym odpowiednio 4,65, 3,97 i 4,66 t/ha. W przypadku jęczmienia Chwastox D najkorzystniej oddziałował na plon ziarna — 4,74 t/ha a słabiej i podobnie Granstar 75 DF i Aminopielik D — 4,36 i 4,34 t/ha, przy plonie kontrolnym 4,01 t/ha. Zastosowane herbicydy na ogół działały korzystnie na kształtowanie się elementów struktury plonu.

Słowa kluczowe: herbicydy, plon, struktura plonu, gatunki zbóż

The influence of three herbicides: Aminopielik D (3 l/ha), Chwastox D (3 l/ha in barley and triticale; 5 l/ha winter and spring wheat) and Granstar 75 DF (30 g/ha) on yield and some morphological traits of four cereals: winter wheat cv. Elena, spring wheat cv. Torka, spring barley cv. Rataj, spring triticale cv. Wanad was studied in field trials in the years 1997–1998. The experiments were conducted on degraded chernozem classified as a very good wheat soil type, using the complete randomized blocks design with four replicates. All the applied herbicides limited weed growth in all the studied cereals, which resulted in higher number of earing stems and higher yields in relation to the control objects. The highest advantages were noted when Granstar 75 DF was applied on winter wheat, spring wheat and triticale: the yields increased to 5.27, 4.64 and 5.26 t/ha respectively. Application of Aminopielik D in winter wheat gave an increase of 5.02 t/ha, in triticale 5.01 t/ha and Chwastox D in spring wheat produced a surplus of 4.53 t/ha. The respective yields of controls amounted 4.65, 3.97 and 4.66 t/ha. In the case of barley, the highest yield was achieved when Chwastox D was used. All the herbicides reduced height of earing stems in all the cereals, except for Granstar 75 DF in spring wheat and

Chwastox D in barley and influenced positively ear length (except for Aminopielik D in spring barley), number of kernels per ear and thousand kernels weight.

Key words: grain, herbicides, spring barley, spring wheat, spring triticale, winter wheat

WSTĘP

Zboża należą do roślin o największym znaczeniu w produkcji żywności i pasz w Polsce. Nowoczesne technologie stosowane w ich uprawie preferują odmiany intensywne wymagające dla uzyskania wysokiego plonu odpowiedniego wysokiego nawożenia a także prowadzenia chemicznej ochrony przed chorobami szkodnikami i chwastami. Badania Pawłowskiej (1989), Roli i Nowickiej (1989), Stankowskiego i wsp. (2001) oraz Klimont i Osińskiej (2004) wskazują na różnice we wrażliwości gatunków i odmian zbóż na stosowane do ich ochrony herbicydy. Grzesiuk (1973) oraz Lupu i wsp. (1993) twierdzą, że herbicydy mogą wywierać niepożądany uboczny wpływ na rośliny uprawne zmieniając ich właściwości fizjologiczne i biologiczne a działanie uboczne tych preparatów zależy od budowy chemicznej i wysokości dawki substancji biologicznie czynnej, gatunku i fazy rozwoju rośliny, a Czerniakowski i Czerniakowski (1993) dodaje, że aktywność herbicydów w dużej mierze zależy od wilgotności gleby, co wiąże się ściśle z rozpuszczalnością herbicydów w wodzie glebowej i pobieraniem ich przez rośliny. Krążel (1992) wykazał, że stosowanie herbicydu Tolkan50 w pszenżycie ozimym wpływa na wzrost plonu ziarna, wysokość roślin, co wiąże się z pozytywnym oddziaływaniem na czynniki plonotwórcze — długość kłosów i ich liczbę na 1 m², a także na dorodność ziarna. Szczególnie wśród odmian pszenżyta ze względu na różny skład genetyczny mogą występować różnice fizjologiczne i biochemiczne decydujące o ich mniejszej lub większej wrażliwości na herbicydy (Murkowski i in., 1995). Adamczewski i wsp. (1991) oraz Klimont i Osińska (2004) donoszą o pozytywnym oddziaływaniu preparatów z grupy MCPA, 2,4D i Granstaru 75 DF na pszenżyto jare, tj. na plon, liczbę źdźbeł kłosonośnych na 1 m², liczbę ziarna w kłosie i ich MTZ. Podobnie na herbicydy reagują rośliny pszenicy ozimej; trzynastcie herbicydów użytych do odchwaszczania sześciu odmian pszenicy nie powodowało istotnego wpływu na plon ziarna i ich MTZ, powodując tylko czasem przemijające uszkodzenia blaszki liściowej, obniżenie turgoru i zahamowanie tempa wzrostu roślin (Nowicka i Rola, 1993). Badania prowadzone przez Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa wykazały, że mieszanka preparatu Granstar 75 DF plus Complete240EC wpływa na przyrost plonu pszenicy ozimej i pszenżyta od kilku do kilkunastu procent, a jęczmienia o kilka procent (Rola i in., 1993). Również Klimont i Dul (1998) wykazali, że użycie Linturu 70 WG i Chwastoxu D poprzez usunięcie chwastów z ładu poprawia plon ziarna i cechy plonotwórcze jęczmienia. Wyniki innych badań prowadzonych przez Klimonta i Osińską (2004) pokazały, że preparaty Aminopielik D, Chwastox D i Granstar 75 DF zastosowane w pszenicy ozimej, jęczmieniu jarym i pszenżycie jarym redukowały zachwaszczenie, co skutkowało zwiększeniem liczby źdźbeł kłosonośnych i wzrostem plonów.

Celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu trzech herbicydów na plon i strukturę plonu pszenicy ozimej i jarej, jęczmienia jarego i pszenżyta jarego.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w latach 1997–1998 na polu doświadczalnym IHAR w Obrazowie koło Sandomierza.

W celu określenia reakcji zbóż na herbicydy przeprowadzono cztery oddzielne eksperymenty z pszenicą ozimą (odm. Elena), pszenicą jară (odm. Torka), jęczmieniem jarym (odm. Rataj) i pszenżytem jarym (odm. Wanad). Doświadczenie założono metodą bloków losowanych w 4 powtórzeniach. Powierzchnia poletka do zbioru wynosiła 5 m². W doświadczeniu zastosowano herbicydy: Aminopielik D użyty na wszystkie cztery zboża w dawce 3 l/ha, Chwastox D 3,0l/ha — jęczmień, pszenżyto i 5,0 l/ha pszenica ozima i jara, Granstar 75 DF — 30 g/ha — wszystkie gatunki zbóż. Herbicydy Aminopielik D i Chwastox D zastosowano w doświadczeniu ze względu na ich wysoką skuteczność w stosunku do chwastów najczęściej występujących w zbożach (Adamczewski i in., 1995), oraz niskie koszty ich stosowania (Rola, 1991), a Granstar 75DF jako nowoczesny środek w formie granulek o bardzo szerokim spektrum działania na chwasty dwuliścienne (Pruszyński, 1995).

Obiekt kontrolny stanowiły poletka bez ochrony przeciwko chwastom. Badane zboża wysiewano na czarnoziemie zdegradowanym wytworzonym z lessu, kompleks pszenny bardzo dobry, pH 5,9, zawartość próchnicy w warstwie ornej 2,80%. Zboża każdego roku uprawiano na stanowisku po grochu. Po zbiorze przedplonu wykonywano orkę i bronowano, wysiewano nawozy fosforowo-potasowe w ilościach: 80 kg/ha P₂O₅ i 120 kg/ha K₂O stosując przed siewem agregat uprawowy. Pszenicę ozimą wysiewano ręcznie w obsadzie 520 kiełkujących nasion na 1 m² w terminach: 01.10.1996 i 29.09.1997. Po miesiącu od daty siewu liczono obsadę roślin na 1 m², drugie liczenie wykonywano wiosną po ruszeniu wegetacji, wtedy też stosowano pierwszą dawkę azotu w ilości 50 kg/ha. Wiosną po doprowadzeniu pola i wniesieniu 30 kg/ha N obsiewano poletka pszenicy jarej w ilości 500 kiełkujących nasion na 1m², jęczmienia — 380 kiełkujących nasion na 1 m² i pszenżyta — 480 kiełkujących nasion na 1 m². Siewu zbóż jarych dokonywano w terminach: 10.04. 1997 i 09.04.1998r. Nasiona wszystkich zbóż przed siewem zaprawiano zaprawą Funaben T (200 g/100 kg). Obsadę roślin zbóż jarych na 1 m² liczono po miesiącu od terminu siewu. Pozostałą dawkę azotu tj. 55 kg/ha zastosowano na zboża jare pogłównie w pełni krzewienia. Oprysku pszenicy ozimej Granstarem 75 DF dokonano 13.05.1997 i 11.05.1998, zaś Aminopielikiem D i Chwastoxem D 26.05.1997 i 25.05.1998 w fazie początku strzelania w źdźbło, a kilka dni po tym zabiegu wnoszono drugą dawkę azotu w ilości 60 kg/ha. Natomiast, oprysku pszenicy jarej, jęczmienia jarego i pszenżyta jarego dokonano Granstarem 75 DF — 20.05.1997 i 25.05.1998 na początku krzewienia i Aminopielikiem D i Chwastoxem D 26.05.1997 i 31.05.1998r. w pełni krzewienia. Przed zbiorem dokonywano pomiarów wysokości 10 źdźbeł kłosonośnych i określono ich liczbę na 1 m² z każdego obiektu, ze wszystkich czterech gatunków zbóż. Następnie źdźbła pobrano celem dokonania pomiarów biometrycznych: długości kłosa, liczby ziarniaków w kłosie oraz masy 1000 ziarniaków. Zbioru zbóż dokonywano przy użyciu kombajnu poletkowego „Hege” 125 B. Plon z poletka ważono z dokładnością do 10 g i obliczano przy 12% wilgotności ziarna.

Obliczeń statystycznych dokonano metodą analizy wariancji poprzez syntezę wyników z lat badań, a różnice między średnimi oceniano testem Tukeya przy $NIR\alpha = 0,05$

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Warunki pogody w okresie wegetacji zbóż oraz stosowania herbicydów

Przebieg wegetacji badanych gatunków zbóż w poszczególnych latach w znacznym stopniu zależał od warunków atmosferycznych. Jesienią każdego roku podczas siewów pszenicy ozimej ilość opadów okazała się wystarczająca, co pomimo niezbyt wysokich temperatur sprzyjało dobrem i wyrównanym wschodom ziarna (tab. 1 i 2).

Tabela 1

Suma opadów miesięcznych oraz średnia miesięczna temperatura powietrza w okresie wegetacji zbóż
Monthly rainfall and monthly mean air temperature during vegetation of cereals

Miesiąc Month	Lata — Years					
	1996–1997		1997–1998		1989–1998	
	suma opadów sum of rainfall (mm)	temperatura temperature (°C)	suma opadów sum of rainfall (mm)	temperatura temperature (°C)	suma opadów sum of rainfall (mm)	temperatura temperature (°C)
Wrzesień September	46,0	10,1	77,7	13,0	69,4	12,9
Październik October	45,2	9,0	54,9	5,9	44,4	8,1
Listopad November	34,6	6,0	33,1	3,0	34,5	2,2
Grudzień December	20,4	-5,3	36,8	1,0	23,6	1,8
Styczeń January	5,6	-5,6	28,6	0,4	17,2	-1,6
Luty February	25,8	0,8	17,9	3,2	19,2	0,1
Marzec March	17,1	2,6	28,8	2,5	25,3	2,9
Kwiecień April	33,2	5,0	91,7	10,6	43,9	8,2
Maj May	76,6	14,4	57,7	14,4	44,9	13,7
Czerwiec June	63,6	17,0	116,1	17,9	71,8	16,7
Lipiec July	148,6	17,7	95,5	18,1	63,6	16,6
Sierpień August	40,0	18,5	86,8	16,9	70,5	18,2

Liczenie wschodów pod koniec października wykazało, że obsada w 1996 wynosiła 479,5 szt./m² roślin, a w 1997 roku była nieco wyższa — 493,3 szt./m² (tab. 2), przy wysiewie każdego roku 520 kiełkujących nasion na 1 m². Brak przymrozków w październiku i listopadzie sprzyjał wegetacji roślin jesienią 1996, temperatura w październiku i listopadzie była wyższa niż średnia za wielolecie.

Tabela 2

**Obsada roślin pszenicy ozimej, jarej, jęczmienia jarego i pszenżyta jarego (szt./1 m²)
w latach 1997–1998**

**Number of plants per square meter for winter and spring wheat, spring barley and spring triticale
in the years 1997–1998**

Cechy Features	Lata Years	Gatunek (odmiana) Species (cultivar)			
		pszenica ozima (Elena) winter wheat	pszenica jara (Torka) spring wheat	jęczmień jary (Rataj) spring barley	pszenżyto jare (Wanad) spring triticale
Obsada roślin Number of plants	1996	jesień — autumn	479,5	—	—
	1997	wiosna — spring	402,5	324,0	335,8
		jesień — autumn	493,3	—	—
	1998	wiosna — spring	427,2	456,0	354,1
		jesień — autumn	414,8	390,0	335,6
Średnia — Mean		wiosna — spring	414,8	390,0	335,6
		jesień — autumn	486,4	—	—
NIR _{α 0,05} — LSD _{α 0,05}		wiosna — spring	22,4	20,8	17,9
		jesień — autumn	23,1	—	—

W grudniu temperatury obniżyły się poniżej zera, co skutkowało zahamowaniem wegetacji. Pod koniec grudnia temperatura spadła do (17,0–20,0°C poniżej zera), również przez cały styczeń 1997 roku panowały ujemne temperatury z tym, że najzimniejsza była pierwsza dekada gdzie temperatury nie spadały jednak poniżej -15°C. W lutym odnotowano kilkustopniowe spadki temperatury poniżej zera, ale tylko w pierwszych dwóch dekadach. Obecność stałej, chociaż niezbyt grubej okrywy śnieżnej przez całą zimę oraz brak na przedwiośniu gwałtownych dobowych wahań temperatury pozwoliło na dobre przezimowanie pszenicy, obsada roślin liczona wiosną wynosiła 402,5 szt./m² (spadek o ok. 16% w stosunku do liczenia jesiennego), chociaż temperatura w miesiącach zimowych była niższa, a opady mniej obfite od średniej za wielolecie (tab. 1). Zima 1997–1998 roku z niewielkim spadkiem temperatury poniżej zera (oprócz dwóch dni mroźnych w połowie grudnia, gdzie temperatura obniżyła się do -16°C), oraz istnieniu odpowiedniej grubości okrywy śnieżnej sprzyjała lepszemu przezimowaniu roślin w porównaniu do zimy 1996–1997, a temperatury były wyższe i opady obfitsze niż średnio w wieloleciu. Obsada na wiosnę wynosiła 427,2 szt./m², a spadek w stosunku do liczenia jesiennego wynosił 13,4%. W okresie stosowania Granstaru75DF w pszenicy ozimej, w pierwszym roku badań temperatura powietrza wynosiła od 15 do 18°C przy prawie zupełnym braku opadów. W drugim roku badań tj. 1998 temperatura kształtowała się na poziomie 12–18°C przy opadach rzędu 16mm w okresie pierwszych pięciu dni po zabiegu. W czasie zabiegów odchwaszczania pszenicy ozimej Chwastoxem D i Aminpielikiem D w pierwszym roku badań temperatura kształtowała się na poziomie 10–12°C, a w ciągu pięciu dni po zabiegu spadło aż 33,2 mm deszczu, a w drugim roku badań podczas ich stosowania temperatura była wyższa niż w roku poprzednim i wynosiła od 12 do 15°C, po oprysku wystąpiła tygodniowa susza.

W 1997 roku wschody pszenicy jarej i pszenżyta jarego były słabe i wynosiły odpowiednio 324,0 i 335,8 szt./m², a jęczmienia jarego ok. 317,2 szt./m². W następnym 1998 roku warunki pogodowe w okresie siewu zbóż jarych pozwoliły na bardzo dobre

wschody, mianowicie obsada pszenicy jarej wynosiła 456,0 szt./m², jęczmienia jarego 354,1 szt./m² a pszenżyta jarego 442,1 szt./m². W okresie stosowania herbicydu Granstar 75 DF w pszenicy jarej, jęczmieniu i pszenżycie wiosną 1997 roku temperatura powietrza była zróżnicowana i wahała się od 15 do 21°C, a opady wynosiły prawie 30 mm w pierwszych 5 dniach po oprysku, przy czym prawie 20 mm deszczu spadło na drugi dzień po zabiegu. W 1998 roku temperatura kształtowała się na poziomie 11–16°C, a przez kilka dni po oprysku panowała susza. W czasie oprysku pszenicy jarej, jęczmienia jarego i pszenżyta jarego Aminpielikiem D i Chwastoxem D w 1997 roku temperatura powietrza wynosiła tylko 10–12°C, a opady ponad 33 mm w ciągu pierwszych 5 dni po zabiegu, a w 1998 roku temperatura powietrza była zdecydowanie wyższa niż w roku poprzednim i kształtowała się na poziomie 12–18°C przy braku opadów przez 6 dni po oprysku. Zarówno sumy opadów, jak też średnie temperatury w okresie stosowania herbicydów, były wyższe w obydwu latach prowadzonych badań w porównaniu ze średnimi wieloletnimi. Obfite opady w maju 1997 roku, przekropany czerwiec i ulewę w lipcu (148,6 mm opadu) niezbyt korzystnie wpłynęły na plon ziarna wszystkich badanych gatunków zbóż. Wysokie opady w czerwcu i lipcu 1998 roku przy wysokich temperaturach w tym okresie sprzyjały nalewaniu ziarna i uzyskaniu wysokich plonów wszystkich badanych gatunków zbóż, zdecydowanie wyższych niż w pierwszym roku badań, szczególnie dotyczyło to obydwu form pszenic. Wydaje się, że różnice w obsadzie roślin po wschodach badanych gatunków zbóż w kolejnych latach prowadzenia eksperymentu wynikają z odmiennych warunków pogodowych determinujących tę cechę.

Plon nasion

Biorąc pod uwagę średnie wyniki uzyskane za dwa lata badań, wszystkie herbicydy zastosowane do odchwaszczania pszenicy ozimej poprzez usunięcie chwastów z ładu istotnie sprzyjały wzrostowi plonu ziarna w odniesieniu do wariantu kontrolnego (tab. 3).

Tabela 3

Wpływ herbicydów na plon ziarna, elementy struktury plonu i suchą masę chwastów pszenicy ozimej odm. Elena (1997–1998)
The effect of herbicides on grain yield, yield components and dry matter of weeds in winter wheat cv. Elena (1997–1998)

Herbicyd Herbicide	Dawka Dose	Cechy — Traits						
		plon ziarna grain yield (t/ha)	obsada źdźbeł kłosonośnych number of earring stems (szt./m ²)	wysokość roślin height of plants (cm)	długość kłosa length of ear (cm)	liczba ziarniaków w kłosie number of kernels per head	masa 1000 ziarniaków weight of 1000 kernels (g)	powietrznie sucha masa chwastów weeds air dry matter (g/m ²)
Kontrola Control	0	4,65	442,3	80,4	7,3	33,7	44,7	43,8
Aminopielik D	3,0 l	5,02	465,2	78,4	7,8	35,5	46,8	37,8
Chwastox D	5,0 l	4,99	467,3	80,0	8,2	36,8	45,6	37,2
Granstar 75 DF	30 g	5,27	484,2	78,8	7,9	35,7	45,1	32,0
NIR _{0,05}		0,32	22,4	r.n.: n.s*	0,3	1,9	1,8	4,8
LSD _{0,05}								

* r.n. — Różnice nieistotne; n.s. — Non-significant differences

Korzystniejsze warunki pogodowe sprzyjające uzyskaniu najwyższych plonów pszenicy wystąpiły w 1998 roku (5,41 t/ha), zdecydowanie gorsze i co za tym idzie niższe plony uzyskano w 1997 roku. (4,55 t/ha), (tab. 7).

Również każdy z zastosowanych w pszenicy jarej herbicydów umożliwiał lepsze wykorzystanie potencjału plonotwórczego poprzez ograniczenie występowania chwastów i przez to gwarantował uzyskanie istotnie wyższych plonów ziarna (tab. 4). Podobnie jak w pszenicy ozimej najefektywniej na przyrost plonu pszenicy jarej wpływał Granstar 75 DF, ale na drugim miejscu pod względem efektywności znalazł się Chwastox D, a na trzecim Aminopielik D, inaczej niż przypadku ozimej formy pszenicy, gdzie na drugim miejscu był Aminopielik D, a na trzecim Chwastox D. Plony ziarna pszenicy jarej były zdecydowanie wyższe w drugim roku badań (tab. 7).

Tabela 4

Wpływ herbicydów na plon ziarna, elementy struktury plonu i suchą masę chwastów pszenicy jarej odm. Torka (1997–1998)
The effect of herbicides on grain yield, yield components and dry matter of weeds in spring wheat cv. Torka (1997–1998)

Herbicyd Herbicide	Dawka Dose	Cechy — Traits						
		plon ziarna grain yield (t/ha)	obsada źdźbeł kłosonośnych number of earring stems (szt./m ²)	wysokość roślin height of plants (cm)	długość kłosa length of ear (cm)	liczba ziarniaków w kłosie number of kernels per head	masa 1000 ziarniaków weight of 1000 kernels (g)	powietrznie sucha masa chwastów weeds air dry matter (g/m ²)
Kontrola Control	0	3,97	423,2	84,7	8,6	32,6	41,8	77,8
Aminopielik D	3,0 l	4,33	448,8	79,2	8,5	32,7	42,9	33,8
Chwastox D	5,0 l	4,53	456,3	83,2	8,7	33,9	42,3	27,2
Granstar 75 DF	30 g	4,64	468,1	85,6	8,6	32,8	42,7	25,6
NIR α = 0,05		0,35	22,4	5,1	r.n: n.s*	r.n: n.s*	r.n: n.s*	5,7
LSD α = 0,05								

* r.n. — Różnice nieistotne; n.s. — Non significant differences

Podobnie jak w przypadku obydwu form pszenicy odnotowano również, że wszystkie herbicydy niszcząc chwasty w łanie jęczmienia istotnie wpływały na przyrost plonów ziarna. W odróżnieniu od pszenic, gdzie najefektywniej na przyrost plonu wpływał Granstar 75 DF w przypadku jęczmienia oprysk Chwastoxem D najbardziej sprzyjał uzyskaniu wysokich plonów tej rośliny, średnio o 18,2% w porównaniu z kontrolą. Słabiej plonotwórczo i podobnie oddziaływały Granstar 75 DF i Aminopielik D stymulując przyrost plonu odpowiednio o 8,7 i 8,2%. Zmienne warunki agrometeorologiczne w latach badań wpływały istotnie na działanie zastosowanych herbicydów i na plonowanie jęczmienia. Wyraźnie wyższe plony wydał on w 1998 roku, średnio 5,09 t/ha, niż w roku 1997 gdzie plony wynosiły tylko 3,65 t/ha, czyli były niższe o 28,3% (tab. 7).

Niezależnie od lat badań Aminopielik D i Granstar 75 DF zastosowane w doświadczeniu do odchwaszczania poletek pszenżyta istotnie, chociaż w różnym stopniu wpływały na przyrost plonu ziarna w porównaniu z wariantem kontrolnym (plon 4,66 t/ha), (tab. 6). Po zastosowaniu Granstaru 75 DF podobnie jak w przypadku pszenicy ozimej i jarej

uzyskano najwyższy plon ziarna — 5,26 t/ha, tj. 13,1% przyrostu plonu, użycie Aminopieliku D skutkowało plonem 5,01 t/ha, co gwarantowało uzyskanie wyższego plonu o 7,7% w porównaniu z wariantem kontrolnym. Natomiast oprysk Chwastoxem D nie wpływał istotnie na przyrost plonu. Korzystniejsze warunki agrometeorologiczne dla plonowania pszenżyta wystąpiły w 1998 roku, gdzie plon ziarna wynosił 5,21 t/ha niż w roku 1997 gdzie plon wynosił 4,70 t/ha. (tab. 7). Powietrznie sucha masa (p.s.m.) chwastów ulegała zmianom pod wpływem zastosowanych herbicydów w łanie wszystkich badanych gatunków zbóż i była istotnie niższa w porównaniu do obiektów kontrolnych (tab. 3, 4, 5 i 6).

W pszenicy ozimej i jarej Granstar 75 DF najskuteczniej ograniczał zachwaszczenie, mniej skutecznie czynił to Chwastox D, a najslabiej Aminopielik D (tab. 3 i 4). W jęczmieniu najlepiej działał Chwastox D, gorzej Aminopielik D, a nieco gorzej od niego Granstar 75 DF (tab. 5).

Tabela 5

Wpływ herbicydów na plon ziarna, elementy struktury plonu i suchą masę chwastów jęczmienia jarego odm. Rataj (1997–1998)

The effect of herbicides on grain yield, yield components and dry matter of weeds in spring barley cv. Rataj (1997–1998)

Herbicyd Herbicide	Dawka Dose	Cechy — Traits						
		plon ziarna grain yield (t/ha)	obsada żdzbeł kłosonosnych number of earring stems (szt./m ²)	wysokość roślin height of plants (cm)	długość kłosa length of ear (cm)	liczba ziarniaków w kłosie number of kernels per head	masa 1000 ziarniaków weight of 1000 kernels (g)	powietrznie sucha masa chwastów weeds air dry matter (g/m ²)
Kontrola Control	0	4,01	383,4	67,9	7,8	21,2	50,1	96,0
Aminopielik D	3,0 l	4,34	425,3	65,4	8,5	22,3	50,9	38,2
Chwastox D	3,0 l	4,74	449,2	69,0	8,0	22,9	50,3	33,5
Granstar 75 DF	30 g	4,36	422,8	65,9	8,4	22,1	52,5	38,4
NIR _{0,05}	0	0,32	22,4	r.n.: n.s*	0,4	r.n.: n.s*	2,1	4,1
LSD _{0,05}								

* r.n. — Różnice nieistotne, n.s. — Non significant differences

W pszenżycie podobnie jak w pszenicach najefektywniej obniżał p.s.m. chwastów Granstar 75 DF, mniej Aminopielik D, a najmniej Chwastox D (tab. 6). Omawiany wskaźnik istotnie determinowały warunki pogodowe w latach badań. Największą p.s.m. wytworzyły chwasty we wszystkich czterech badanych gatunkach zbóż w pierwszym roku badań tj. 1997, istotnie większą niż w 1998 roku, co ściśle wiąże się z wysokością uzyskiwanych plonów w latach badań (tab. 7).

Ograniczenie zachwaszczenia w łanie badanych gatunków zbóż przez zastosowanie herbicydów umożliwiło zwiększenie liczby żdzbeł kłosonośnych na opryskiwanych obiektach i pośrednio wpłynęło na zwiększenie wysokości uzyskanych plonów. W przypadku pszenicy ozimej i jarej największą liczbę żdzbeł kłosonośnych odnotowano po użyciu Granstaru 75 DF, odpowiednio 484,2 i 468,1 szt./m², niższą po zastosowaniu

Chwastoxu D 467,3 i 456,3 szt./m², a najniższą po zastosowaniu Aminopieliku D 465,2 i 448,8 szt./m², wariant kontrolny odpowiednio 442,3 i 423,2 szt./m² (tab. 3 i 4).

Tabela 6

Wpływ herbicydów na plon ziarna, elementy struktury plonu i suchą masę chwastów pszenżyta jarego odm. Wanad (1997–1998)
The effect of herbicides on grain yield, yield components and dry matter of weeds in spring triticale cv. Wanad (1997–1998)

Herbicyd Herbicide	Dawka Dose	Cechy — Traits						
		plon ziarna grain yield (t/ha)	obsada źdźbeł kłosonośnych number of earring stems (szt./m ²)	wysokość roślin height of plants (cm)	długość kłosa length of ear (cm)	liczba ziarniaków w kłosie number of kernels per head	masa 1000 ziarniaków weight of 1000 kernels (g)	powietrznie sucha masa chwastów weeds air dry matter (g/m ²)
Kontrola Control	0	4,66	407,8	107,6	7,4	38,8	44,3	104,0
Aminopielik D	3,0 l	5,01	435,1	103,8	8,1	44,3	44,9	82,2
Chwastox D	5,0 l	4,90	426,2	104,5	8,1	44,5	44,6	85,5
Granstar 75 DF	30 g	5,26	457,3	107,4	8,4	45,0	44,3	42,5
NIR _{0,05}		0,33	22,4	3,7	0,4	3,2	r.n.: n.s*	9,6
LSD _{0,05}								

* r.n. — Różnice nieistotne, n.s. — Non-significant differences

W łanie jęczmienia zastosowanie Chwastoxu D skutkowało najwyższą liczbą źdźbeł kłosonośnych — 449,2 szt./m², na drugim miejscu pod względem pozytywnego oddziaływania na wartość tej cechy był Aminopielik D 425,3 szt./m², a na ostatnim Granstar 75 DF — 422,8 szt./m², wariant kontrolny 383,4 szt./m² (tab. 5).

Natomiast na obiektach pszenżyta podobnie jak w przypadku pszenicy największą liczbę źdźbeł kłosonośnych zaobserwowano po zastosowaniu Granstaru 75 DF — 457,3 szt./m², mniejszą po użyciu Aminopieliku D — 435,1 szt./m², a najmniejszą po zastosowaniu Chwastoxu D — 426,2 szt./m², wariant kontrolny 407,8 szt./m² (tab. 6).

Wysokość roślin

Odnutowano zróżnicowanie wysokości roślin badanych gatunków zbóż w zależności od zastosowanych herbicydów (tab. 3, 4, 5 i 6). Wszystkie herbicydy zastosowane do odchwaszczania pszenicy ozimej wykazały tylko tendencję w kierunku obniżenia wysokości roślin w stosunku do kontroli, a jedynie Aminopielik D istotnie oddziaływał na obniżenie wysokości roślin pszenicy jarej i pszenżyta jarego (tab. 4 i 6). Natomiast żaden z zastosowanych herbicydów nie różnicował istotnie wysokości roślin jęczmienia (tab. 5). Zmienne warunki pogodowe w ciągu dwóch lat prowadzenia eksperymentu w zasadzie nie wpływały na zróżnicowanie wysokości roślin pszenicy ozimej, natomiast istotnie wpływały na wysokość roślin pszenicy jarej, jęczmienia jarego i pszenżyta jarego.

Przebieg warunków pogodowych w latach sprawił, że rośliny pszenicy jarej i jęczmienia były wyższe w 1998 roku niż w 1997 roku (tab. 7). W przypadku pszenżyta było odwrotnie, rośliny tego gatunku były wyższe w roku 1997 niż w roku 1998 (tab. 7).

Długość kłosów

Wszystkie herbicydy niezależnie od lat badań powodowały wydłużenie kłosów pszenicy ozimej, jęczmienia i pszenżyta, przy czym w przypadku oddziaływania Chwastoxu D w jęczmieniu nie były to różnice udowodnione statystycznie. Z kolei długość kłosów pszenicy jarej nie uległa istotnym zmianom wskutek zastosowania herbicydów do niszczenia chwastów w łanie (tab. 3, 4, 5 i 6).

Długość kłosów badanych gatunków zbóż była zróżnicowana w latach, na co miały wpływ zmienne warunki pogody. Niezależnie od zastosowanych herbicydów, kłosy zbóż różniły się długością w kolejnych latach badań (tab. 7). W przypadku pszenicy ozimej i jarej oraz jęczmienia różnice te były statystycznie udowodnione, natomiast rośliny pszenżyta jarego wytworzyły kłosy identycznej długości w obydwu latach badań.

Tabela 7

Wpływ herbicydów na plon ziarna, elementy struktury plonu i suchą masę chwastów pszenicy ozimej i jarej, jęczmienia jarego i pszenżyta jarego w zależności od roku zbioru (1997–1998)
The effect of herbicides on grain yield, yield components and dry matter of weeds in winter and spring wheat, spring barley, and spring triticale depending on year of harvest (1997–1998)

Gatunki Species	Lata Years	Cechy — Traits						
		plon ziarna grain yield (t/ha)	obsada żdźbeł kłosonośnych number of earring stems (szt./m ²)	wysokość roślin height of plants (cm)	długość kłosa length of ear (cm)	liczba ziarniaków w kłosie number of kernels per head	masa 1000 ziarniaków weight of 1000 kernels (g)	powietrznie sucha masa chwastów weeds air dry matter (g/m ²)
Pszenica ozima Winter wheat Elena	1997	4,55	453,3	78,1	8,4	42,4	39,8	48,9
	1998	5,41	492,8	80,9	7,4	38,4	51,3	36,8
NIR _{0,05} LSD _{0,05}		0,48	23,8	r.n: n.s*	0,3	3,0	2,2	5,6
Pszenica jara Spring wheat Torka	1997	3,95	372,2	77,4	8,3	31,2	41,4	53,5
	1998	4,79	518,5	88,9	8,6	34,3	43,4	41,1
NIR _{0,05} LSD _{0,05}		0,37	24,5	5,2	0,3	2,0	2,0	4,6
Jęczmień jary Spring barley Rataj	1997	3,65	383,7	60,4	7,8	20,2	52,6	78,9
	1998	5,09	425,4	73,7	8,5	23,0	49,3	51,9
NIR _{0,05} LSD _{0,05}		0,35	21,7	5,0	0,4	2,1	2,2	6,5
Pszenżyto jare Spring triticale Wanad	1997	4,70	373,3	108,2	7,8	42,0	46,9	89,3
	1998	5,21	435,2	103,4	7,8	42,8	42,1	78,1
NIR _{0,05} LSD _{0,05}		0,40	23,5	4,6	0,4	3,2	2,1	8,9

* r.n. — Różnice nieistotne, n.s. — Non-significant differences

Liczba ziarniaków w kłosie

Przeciętnie za dwa lata istotnie więcej ziarna w porównaniu do obiektu kontrolnego wydały kłosy pszenicy ozimej traktowane Granstarem 75DF i Chwastoxem D, Aminopielik D nie wpływał istotnie na wartość tej cechy (tab. 3). W przypadku pszenżyta jarego

oprysk herbicydami przyczynił się do istotnego wzrostu liczby ziaren z kłosa w stosunku do obiektu kontrolnego (tab. 6).

Z kolei rośliny pszenicy jarej i jęczmienia nie reagowały zmianą liczebności ziarniaków w kłosie na aplikowane herbicydy (tab. 4 i 5). Kłosa roślin pszenicy jarej i jęczmienia zawierały więcej ziarniaków w 1998 roku niż w 1997 roku, a przypadku pszenicy ozimej było odwrotnie, kłosa roślin tego gatunku zawierały więcej ziarniaków w 1997 roku niż w 1998 roku. W przypadku pszenżyta nie odnotowano istotnej zmiany liczby ziarniaków w kłosie w obydwu latach badań (tab. 7).

Masa 1000 ziarniaków

Niezależnie od lat badań wszystkie herbicydy powodowały usunięcie chwastów z łanu badanych gatunków zbóż, co sprzyjało wykształceniu przez rośliny dorodniejszych ziarniaków w porównaniu do uzyskanych z wariantów kontrolnych (tab. 3, 4, 5 i 6). Po użyciu Aminopieliku D w pszenicy ozimej i Granstaru 75 DF w jęczmieniu odnotowano istotny wzrost MTZ badanych gatunków w stosunku do ziarniaków kontrolnych. Masa 1000 ziarniaków (MTZ) badanych gatunków zbóż była zróżnicowana w latach (tab. 7). Niezależnie od herbicydów istotnie wyższą MTZ posiadały ziarniaki pszenicy ozimej i jarej w drugim roku badań — 1998 niż w pierwszym — 1997 roku prowadzenia doświadczenia. Ziarniaki jęczmienia i pszenżyta zbierane w 1997 roku były dorodniejsze, niż zebrane w 1998 roku, a odnotowane różnice okazały się statystycznie istotne.

DYSKUSJA

Wszystkie zastosowane w przeprowadzonym doświadczeniu herbicydy niszczyły zachwaszczenie w łanie każdego z badanych gatunków zbóż, co wpływało na zwiększenie liczby źdźbeł kłosonośnych w odniesieniu do obiektów kontrolnych i powodowało istotny wzrost plonu. Niezależnie od zastosowanych herbicydów plony wszystkich czterech zbóż były zmienne w latach w zależności od warunków agrometeorologicznych, a głównie od przebiegu temperatury i wielkości oraz rozkładu opadów w okresie wegetacji (Lupu i in., 1993; Mazurek i Grabiński, 1996; Podolska, 1997; Klimont i Osińska, 2004). Obserwowano różnice w reakcji poszczególnych zbóż na zastosowane do ich odchwaszczania herbicydy, na co zwracają uwagę (Rola i Nowicka, 1989; Pawłowska, 1989; Stankowski i in., 2001; Klimont i Osińska, 2004), a oddziaływanie tych preparatów zależy od budowy chemicznej związku, jego dawki i warunków siedliskowych. Zastosowanie każdego z herbicydów i zniszczenie chwastów w łanie wszystkich badanych zbóż sprzyjało wykorzystaniu potencjału plonotwórczego roślin i skutkowało uzyskaniem wyższych plonów. Należy podkreślić, że pszenica ozima i jara oraz pszenżyto najwyżej plonowały po zastosowaniu Granstaru 75 DF (s.b.cz. sulfmetmeton metylu), a jęczmień po użyciu Chwastoxu D (s.b.cz. MCPA plus dikamba). Adamczewski i wsp. (1991) donosi o stymulującym działaniu tych preparatów na plon, liczbę ziarniaków w kłosie i MTZ pszenżyta jarego, a Rola i wsp. (1993) o podobnym oddziaływaniu Granstaru 75 DF w mieszance z Complete 240 EC na pszenicę pszenżyto i jęczmień. Wyniki prowadzonych badań wskazują, że preparat Granstar 75 DF najbardziej warto polecić do odchwaszczania zbóż, ale należy przy tym podkreślić, że będące od wielu lat w użyciu tradycyjne herbicydy

Aminopielik D i Chwastox D nadal dobrze spełniają swoją rolę ze względu na skuteczność odchwaszczania oraz niskie koszty ich stosowania. Każdy z zastosowanych preparatów do odchwaszczania wpływa na skrócenie źdźbła wszystkich badanych zbóż, z wyjątkiem Chwastoxu D w pszenicy ozimej i Granstaru 75 DF w pszenżycie, co należy uznać za pozytywny efekt przeciwdziałający wyleganiu. Zastosowanie wszystkich trzech preparatów w pszenicy ozimej i pszenżycie oraz Aminopieliku D i Granstaru DF w jęczmieniu skutkowało tym, że rośliny wydały dłuższe kłosa i osadziły więcej ziarniaków w kłosie. Jednocześnie ziarniaki zebrane z kombinacji herbicydowych były dorodniejsze o wyższej MTZ niż te zebrane z wariantów kontrolnych. Zwiększenie plonu zbóż po zastosowaniu herbicydów oprócz wpływu na wzrost liczby źdźbeł kłosonośnych nastąpiło głównie na skutek wydłużenia kłosów, szczególnie w przypadku pszenicy ozimej, pszenżyta i jęczmienia opryskanego Aminopielikiem D i Granstarem 75 DF, gdzie różnice były istotne w odniesieniu do kontroli. Natomiast w przypadku pszenicy jarej obserwowano tylko tendencję w kierunku wydłużenia kłosów po użyciu Chwastoxu D. Kłosa wszystkich gatunków zbóż zawierały większą liczbę ziarniaków, które były dorodniejsze niż zebrane z obiektów kontrolnych, przez co ich MTZ była wyższa. Podobne wyniki uzyskali Klimont i Dul (1998) stosując Lintur 70 WG i Chwastox D w jęczmieniu, Adamczewski i wsp. (1991) w pszenżycie jarym oraz Klimont i Osińska (2004) w pszenicy ozimej, jęczmieniu jarym i w pszenżycie jarym po oprysku łąn preparatami grupy MCPA, 2,4 D i Granstarem 75 DF.

WNIOSKI

1. Zastosowanie herbicydów w zbożach spowodowało ograniczenie zachwaszczenia, co skutkowało wzrostem plonu ziarna z jednostki powierzchni.
2. Najkorzystniej na plon ziarna pszenicy ozimej odm. Elena i jarej odm. Torka oraz pszenżyta jarego odm. Wanad działał Granstar 75 DF zwiększając plon odpowiednio do 5,27, 4,64 i 5,26 t/ha, następnie Aminopielik D w pszenicy ozimej — 5,02 t/ha i pszenżycie — 5,01 t/ha, oraz Chwastom D w pszenicy jarej — 4,53 t/ha (plon kontrolny dla pszenicy ozimej — 4,65 t/ha, pszenicy jarej — 3,97 t/ha i pszenżyta — 4,66 t/ha). W przypadku jęczmienia jarego odm. Rataj Chwastox D najkorzystniej oddziaływał na plon ziarna — 4,74 t/ha, a słabiej i podobnie Granstar75DF i AminopielikD — 4,36 i 4,34 t/ha przy plonie kontrolnym 4,01 t/ha.
3. Najskuteczniej zwalczał chwasty Granstar 75 DF w łanie pszenicy ozimej odm. Elena, jarej odm. Torka, pszenżycie jarym odm. Wanad oraz Chwastox D w jęczmieniu jarym odm. Rataj. Natomiast najmniej skutecznie ograniczały chwasty Aminopielik D w obydwu pszenicach, Granstar 75 DF w jęczmieniu i Chwastox D w pszenżycie.
4. Zastosowane herbicydy na ogół działały korzystnie na kształtowanie się elementów struktury plonu.

LITERATURA

Adamczewski R., Praczyk T., Szwed R. 1991. Dobór herbicydów do zwalczania chwastów w uprawie pszenżyta jarego. Mat. XXXI Sesji Nauk. IOR cz. I. Referaty, Poznań: 131 — 136.

- Adamczewski R., Augiewicz U., Urban M. 1995. Reakcja odmian jęczmienia na herbicydy. Mat. XXXV Sesji Nauk., IOR cz. II Postery, Poznań: 221 — 223.
- Czerniakowski Z., Czerniakowski W. 1993. Herbicydy. AR Kraków.
- Grzebiuk S. 1973. Uboczny wpływ pestycydów na wartość biologiczną nasion. Post. Nauk Roln., 3/140: 45 — 60.
- Klimont K., Dul S. 1998. Ocena chwastobójczego działania preparatu Lintur 70 WG oraz jego wpływ na plon i wartość siewną ziarna jęczmienia jarego. Biul. IHAR 207: 93 — 98.
- Klimont K., Osińska. 2004. Wpływ herbicydów na plon ziarna i cechy morfologiczne zbóż. Biul. IHAR 233: 59 — 71.
- Krażel K. 1992. Wpływ sposobu pielęgnowania na zachwaszczenie i plony pszenżyta ozimego Mat. XXII Sesji Nauk. IOR cz. I. Referaty, Poznań: 93 — 98.
- Lista Opisowa Odmian – Rośliny Rolnicze, 2002. COBORU. Słupia Wielka.
- Lupu C., Oaucea F., Sandulescu N. 1993. Biochemical and morphophysiological changes induced by butyl ate in the maize plant. Weed Abstract, 42/ 11: 569.
- Mazurek I., Grabiński I. 1996. Plonowanie odmian pszenżyta ozimego w warunkach ograniczonego nawożenia i zużycia pestycydów. Symp. Nauk. „Hodowla, uprawa i wykorzystanie pszenżyta”. Międzyzdroje: 65.
- Murkowski A., Maciorowski R., Piech M. 1995. Reakcja odmian pszenżyta ozimego na herbicydy mocznikowe oceniane przy zastosowaniu metod luminiscencyjnych. Biul. IHAR 195/196: 177 — 182.
- Nowicka B., Rola J. 1993. reakcja odmian pszenicy ozimej Almari, Kamila, Nike, Oda, Parada, Rada na herbicydy. Mat. XXXIII Sesji Nauk. IOR Cz. II. Postery, Poznań: 176 — 179.
- Noworolnik R. 1998. Wpływ właściwości odmian i czynników siedliskowych na reakcję jęczmienia jarego na gęstość siewu i nawożenie azotem. Biul. IHAR 207: 63 — 68.
- Pawłowska I. 1989. Reakcja odmian zbóż na preparat chwastobójczy Glean 75 DF. Mat. XXIX Sesji Nauk. IOR Cz. II. Postery, Poznań: 217 — 221.
- Podlaska G. 1997. Reakcja nowych odmian i rodów pszenicy ozimej na wybrane czynniki agrotechniczne. Cz. II. „Wpływ terminu siewu na plon i strukturę plonu nowych odmian i rodów pszenicy ozimej. Biul. IHAR 204: 163 — 167.
- Pruszyński S. (red.). 1995. Zalecenia ochrony roślin na rok 1995/1996. IOR Poznań.
- Rola J., Nowicka B. 1989. Reaction of winter wheat varieties to herbicides. British Crop Protection Conf. Weeds: 389 — 392.
- Rola J. 1991. Ekologiczno-ekonomiczne podstawy chemicznej walki z chwastami na polach uprawnych. Mat. XXXI Sesji Nauk., IOR cz. I, Referaty, Poznań: 110 — 124.
- Rola J., Domoradzki K., Sobczak T. 1993. Przydatność herbicydu Compete 240EC do odchwaszczania zbóż. Mat. XXX Sesji Nauk., IOR Cz. I Referaty, Poznań: 114 — 121.
- Stankowski S., Podolska G., Stypuła G. 2001. Wpływ wybranych sposobów ochrony roślin na plon i jakość ziarna pszenicy ozimej. Biul. IHAR 218/219: 155 — 159.

BARBARA WIEWIÓRA

Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Wpływ zaprawiania na wartość siewną ziarna jęczmienia jarego

The effect of seed treatment on sowing value of spring barley

Badano wartość siewną ziarna pięciu odmian jęczmienia jarego: dwóch browarnych: oplewione Rasbet i Scarlett oraz trzech pastewnych: oplewione Rataj, Rodion i nieoplewiona Rastik. Analizy laboratoryjne dotyczyły zdrowotności, zdolności kiełkowania i wigoru ziarniaków ze zbioru w latach 1999–2001. Badano ziarno zaprawiane przy użyciu dwóch zapraw: Raxil (s.a. tebukonazol) i Vitavax (s.a. karboksyna i tiuram), zaś kontrolę stanowiły ziarniaki niezaprawiane. Analiza mikologiczna wykazała liczne zasiedlenie ziarna jęczmienia przez grzyby i bakterie. Spośród wyosobnionych grzybów najczęściej występowały: *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana*, *Penicillium* spp., *Mucor* spp. i *Fusarium* spp. Stwierdzono, że więcej mikroorganizmów zasiedlało ziarniaki niezaprawiane oraz zaprawiane zaprawą Raxil w porównaniu do zaprawianych zaprawą Vitavax. Ponadto zaprawianie spowodowało spadek porażenia ziarna przez groźnego patogena jęczmienia *B. sorokiniana*. W przypadku grzybów z rodzaju *Fusarium* po zastosowanym zaprawianiu spadek porażenia obserwowano tylko dla ziarna zebranego w roku 2000 i 2001. Badania laboratoryjne wykazały istotny wpływ zaprawiania na zdolność kiełkowania oraz wigor. Najwyższymi wartościami zdolności kiełkowania i wigoru charakteryzowały się ziarniaki zaprawione zaprawą Vitavax, o działaniu systemiczno-kontakowym.

Słowa kluczowe: grzyby, jęczmień, wartość siewna, zaprawy, zdrowotność

The aim of this study was to determine the effect of seed treatment on sowing value of spring barley. Barley seeds of two brewing type cultivars (Rasbet and Scarlett) and three fodders type ones (Rataj, Rodion and Rastik), harvested in 1999–2001, were examined. The seeds were treated with the fungicides tebuconazole (Raxil) or carboxin + thiuram (Vitavax). Seed health, germination capacity and vigour were evaluated in the laboratory tests. Barley seeds were contaminated by numerous species of fungi. Among them the saprotrophic fungi: *Alternaria alternata*, *Penicillium* spp., *Mucor* spp. and the pathogens: *Bipolaris sorokiniana* and *Fusarium* spp. were most often observed. The study has shown that seed treatment reduced the occurrence of microorganisms, especially *Bipolaris sorokiniana*. Germination capacity and vigour depended on seed treatment and cultivars. The highest germination and vigour were observed when Vitavax was used to seed treatment.

Key words: barley, fungi, seed health, sowing value, treatment

WSTĘP

Jednym z ważniejszych zabiegów wpływających na wartość siewną nasion jest stosowane we właściwym czasie zaprawianie. Stosując przedsiewne zaprawianie przeciw patogenom przenoszonym z materiałem siewnym lub porażającym zboża we wczesnych fazach rozwojowych można ograniczyć lub uniknąć opryskiwania roślin fungicydami w czasie wegetacji. Chemiczne lub termiczne traktowanie nasion w porównaniu do zabiegów ochrony roślin stosowanych na plantacjach, jest mniej pracochłonne, tańsze, a często bardziej skuteczne (Lipa i Korbas, 2002).

Patogeny przenoszone przez nasiona stanowią niebezpieczeństwo dla siewek i roślin, ponieważ są wprowadzane z nasionami do gleby, gdzie w sprzyjających warunkach rozwijają się i atakują roślinę, a także stanowią źródło infekcji dla innych roślin. Szkodliwość zależy m.in. od stopnia zachowanej żywotności patogena oraz wzajemnego oddziaływania mikroflory nasion i gleby. Niezbędne jest zatem zaprawianie ziarna przeciw patogenom przenoszonym przez ziarno lub porażającym zboża we wczesnych fazach rozwojowych. Dzięki temu można zmniejszyć liczbę lub uniknąć opryskiwania roślin w czasie wegetacji. Zaprawy należy dobierać tak, aby chroniły rośliny przed kilkoma gatunkami patogenów i szkodników (Lipa, 1999).

Celem podjętych badań była ocena skuteczności dwóch zapraw nasiennych w poprawie zdrowotności, zdolności kiełkowania i wigoru ziarna jęczmienia jarego.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło ziarno pięciu odmian jęczmienia jarego: dwóch browarnych — Rasbet i Scarlett i trzech pastewnych — Rataj i Rodion oraz Rastik (o ziarnie nieoplewionym). Badania fitopatologiczne oraz ocenę zdolności kiełkowania i wigoru wykonano na ziarniakach ze zbioru w latach 1999–2001, które zaprawiono zaprawami: Raxil 02 WS (s.a. tebukonazol) i Vitavax 200 WS (s.a. karboksyna i tiuram). Kontrolę stanowiło ziarno niezaprawiane.

Analizę zdrowotności przeprowadzono na 200 ziarniakach każdej odmiany w trzech kombinacjach: kontrola — ziarniaki niezaprawiane, ziarno zaprawiane zaprawą Raxil oraz ziarno zaprawiane zaprawą Vitavax. Nasiona niezaprawiane odkażano powierzchniowo w 1% NaClO przez 10 minut, a następnie trzykrotnie płukano w sterylnej wodzie. Ziarniaki kontrolne i zaprawiane wykładano po 10 sztuk na płytki Petriego z pożywką agarowo-ziemniaczaną (PDA), więc analizowano po 20 płytek dla każdej odmiany i kombinacji zaprawiania. Inkubację przeprowadzano w termostacie o stałej temperaturze 20°C i oświetleniu NUV 360 nm 12 h/12 h ciemności. Wyrosłe kolonie grzybów oznaczano do gatunku po 15–20 dniach od przeszczepienia kultur na płytki plastikowe z podłożem agarowo-ziemniaczanym i inkubacji w podanych wyżej warunkach, stymulujących zarodnikowanie. Wyosobnione grzyby identyfikowano posługując się opisami grzybów zawartymi w opracowaniach: Barnett (1960), Chidambaram i wsp. (1972), Ellis (1971), Kwaśna i wsp. (1991), Malone i Muskett (1997).

Ocenę zdolności kiełkowania wykonano zgodnie z zaleceniami ISTA (2004). Wigor nasion określano za pomocą testu Perry'ego oznaczając długość korzenia pierwotnego i plumuli oraz suchą masę siewek (ISTA, 1995).

Obliczenia statystyczne obejmowały istotności różnic analizowanych cech pomiędzy badanymi obiektami, wyliczone na podstawie analizy wariancji oraz stopień współzależności cech, określony przy pomocy współczynników korelacji. Obliczenia statystyczne (współczynniki korelacji, analizy wariancji i regresji) wykonano przy zastosowaniu programu komputerowego STATGRAFICS 4.1 PLUS i STATISTICA 5.5.

WYNIKI

Analiza mikologiczna wykazała, że ziarno jęczmienia jarego było licznie zasiedlane przez grzyby i bakterie. Na ziarniakach zidentyfikowano około 30 gatunków grzybów należących do 20 rodzajów. Stwierdzono, że mikroorganizmy najliczniej występowały na ziarniakach w 2001 roku (średnio od 164,3 do 239,4 kolonii na 100 ziarniaków), a najmniejszą ich liczbę oznaczono na ziarniakach z roku 2000 (średnio od 118,5 do 151,0 kolonii na 100 ziarniaków). Stwierdzono różnice pomiędzy odmianami w liczbie kolonii mikroorganizmów przypadających na 100 ziarniaków. Najwięcej mikroorganizmów obserwowano na ziarnie odmiany Rasbet w 2001 roku od 186,0 przy zaprawianiu zaprawą Vitavax do 276,5 na ziarnie niezaprawianym. Najmniejsze zasiedlenie przez mikroflorę stwierdzono na ziarniakach odmiany Scarlett w 2000 roku: od 95,5 do 141,5 w zależności od zastosowanego zaprawiania. Wystąpiły także różnice pomiędzy liczbą mikroorganizmów zasiedlających ziarno niezaprawiane (kontrola) i zaprawiane. We wszystkich latach badań liczniej zasiedlane były zarówno ziarniaki niezaprawiane, jak i zaprawiane zaprawą Raxil w porównaniu do zaprawianych zaprawą Vitavax — średnio od 147,9 do 239,4 kolonii na 100 ziarniaków dla kontroli i od 151,0 do 217,1 dla nasion zaprawianych zaprawą Raxil oraz od 118,5 do 164,3 na zaprawianych zaprawą Vitavax w zależności od roku zbioru (tab. 1, 2 i 3). Wśród obserwowanych grzybów najczęściej występowały: *Alternaria alternata* (Fr.) Keiss., *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem., *Fusarium* spp., *Penicillium* spp. i *Mucor* spp. Najpowszechniej na badanym ziarnie wystąpił grzyb *A. alternata*: od 3,5 do 93,0% w zależności od odmiany, zaprawiania i roku zbioru. Grzyby z rodzaju *Penicillium* były także często izolowane, nawet do 85,5%. Ponadto badane ziarno jęczmienia w dużym stopniu porażone było przez *B. sorokiniana* i grzyby z rodzaju *Fusarium* (tab. 1, 2 i 3). Grzyb *B. sorokiniana* częściej był izolowany z ziarna odmian browarnych niż pastewnych. Najmniejszym porażeniem charakteryzowała się odmiana Rastik: w zależności od roku zbioru od 0 do 38,0% dla ziarniaków niezaprawianych, od 0 do 38,5% dla ziarna zaprawianego zaprawą Raxil i od 0 do 6,5% przy zaprawianiu zaprawą Vitavax. Przedsięwzięte zaprawianie zaprawą Vitavax spowodowało zmniejszenie porażenia u odmian browarnych od około 65 do 90%, a u pastewnych od około 62 do 100% w zależności od roku zbioru.

Dosyć licznie wystąpiły patogeny z rodzaju *Fusarium* — średnio od 5,7 do 69,6 kolonii na 100 ziarniaków dla kontroli, od 4,5 do 55,4 na ziarnie zaprawianym zaprawą Raxil i od 3,3 do 47,0 na ziarnie z zaprawą Vitavax oraz bakterie: średnio od 0 do 76,5% w zależności od odmiany, zaprawiania i roku zbioru (tab. 1, 2 i 3).

Tabela 1

Występowanie mikroorganizmów (średnia liczba kolonii/100 ziarniaków) na ziarnie jęczmienia jarego ze zbioru w 1999 roku
Occurrence of microorganisms (average number of colonies/100 seeds) on spring barley seed harvested in 1999

Gatunek Species	Odmiana — Cultivar															Średnio Mean		
	Rataj			Rodion			Rastik			Rasbet			Scarlett			K	R	V
	K	R	V	K	R	V	K	R	V	K	R	V	K	R	V			
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissler	22,2	16,5	14,8	26,5	29,5	51,5	25,0	50,5	35,5	19,2	24,5	52,5	14,5	31,0	45,5	21,5	30,4	40,0
<i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary) Arn.	1,8	—	—	1,5	1,0	3,0	0,5	2,0	—	1,2	—	0,5	—	0,5	3,0	1,0	0,7	1,3
<i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoem.	53,2	54,5	4,5	78,5	69,5	29,5	38,0	38,5	6,5	98,0	88,0	27,5	92,5	86,5	27,5	72,0	67,4	19,1
<i>Cladosporium</i> spp.	0,2	1,2	1,0	—	0,5	—	18,5	11,0	1,0	4,5	0,5	0,5	—	14,5	0,5	4,6	5,5	0,6
<i>Epicoccum nigrum</i> Link.	0,2	—	—	2,0	3,0	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	4,0	1,5	1,5	0,5	—	0,9	1,6	0,6
<i>F. avenaceum</i> (Fr.) Sacc.	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1
<i>F. culmorum</i> (W.G. Smith) Sacc.	0,5	0,5	—	—	—	—	—	1,0	5,5	0,8	—	1,0	—	7,5	6,0	0,3	1,8	2,5
<i>F. equiseti</i> (Corda) Sacc.	3,0	3,0	1,5	0,5	2,5	0,5	—	4,5	4,5	2,0	0,5	2,0	2,5	5,5	8,5	1,6	3,2	3,4
<i>F. graminearum</i> Schwabe	2,8	0,2	2,8	—	—	—	—	1,5	0,5	2,5	—	1,5	—	2,0	1,0	1,1	0,7	1,2
<i>F. moniliforme</i> Sheldon (W&R,B,J)	—	—	—	—	—	—	—	0,5	—	—	—	—	0,5	—	—	0,1	0,1	—
<i>F. oxysporum</i> Schlecht. emend. Snyder et Hans.	1,0	0,8	1,8	—	—	0,5	0,5	2,5	1,0	0,8	—	2,0	0,5	0,5	2,0	0,6	0,8	1,5
<i>F. poae</i> (Peck) Wollenw.	1,0	0,2	0,8	—	—	1,5	4,5	2,0	5,5	0,8	—	0,5	0,5	2,0	3,0	1,4	0,8	2,3
<i>F. semitectum</i> Berk. et Rav.	—	—	0,5	—	—	—	—	0,5	1,5	0,8	—	—	—	—	0,5	0,2	0,1	0,5
<i>F. solani</i> (Mart.) Sacc.(G,B,J)	—	0,5	0,5	—	—	—	—	—	—	0,2	—	—	—	—	0,5	0,1	0,1	0,2
<i>F. sporotrichioides</i> Sherb.	—	0,2	—	—	—	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	0,3
<i>F. tricinctum</i> (Corda) Sacc.	0,8	—	0,2	—	—	—	0,5	1,5	—	0,2	0,5	—	—	1,0	1,5	0,3	0,6	0,3
Razem <i>Fusarium</i> spp.	9,1	5,4	8,1	0,5	2,5	4,0	5,5	14,0	19,0	8,1	1,0	7,0	4,0	18,5	23,0	5,7	8,3	12,3
<i>Mucor</i> spp.	2,5	4,2	1,8	12,0	6,0	3,0	7,0	5,5	2,5	4,8	4,0	2,0	—	5,0	1,0	5,3	4,9	2,1
<i>Papularia arundinis</i> (Corda) Fr.	—	0,2	—	—	—	—	—	2,0	1,5	—	—	—	—	0,5	0,5	—	0,5	0,4
<i>Penicillium</i> spp.	35,0	48,0	63,0	24,0	28,5	28,0	24,5	35,0	52,5	4,2	18,0	45,0	—	5,5	32,0	17,5	27,0	44,0
<i>Rhizoctonia solani</i> Kühn.	1,2	0,2	0,5	—	—	—	—	1,0	—	0,5	—	—	2,0	—	—	0,7	0,2	0,1
<i>Stemphylium</i> spp.	—	—	—	2,5	1,0	2,5	—	2,5	0,5	0,5	—	4,0	—	1,5	4,0	0,6	1,0	2,2
Inne — Other	11,4	7,5	3,1	2,5	5,5	3,0	40,0	34,0	9,0	14,9	13,5	2,0	6,0	7,5	7,0	15,0	13,6	4,8
Bakterie — Bacteria	39,0	2,8	43,5	14,5	12,0	18,5	28,5	8,0	9,0	14,8	3,0	10,5	1,0	8,0	13,5	19,6	6,8	19,0
Ogółem Total	175,8	140,5	140,3	164,5	159,0	144,0	188,0	204,5	137,5	171,2	156,5	153,0	121,5	179,5	157,5	170,1	176,2	158,8

K — Kontrola; Control

R — Raxil

V — Vitavax

Tabela 2

Występowanie mikroorganizmów (średnia liczba kolonii/100 ziarniaków) na ziarnie jęczmienia jarego ze zbioru w 2000 roku
Occurrence of microorganisms (average number of colonies/100 seeds) on spring barley seed harvested in 2000

Gatunek Species	Odmiana — Cultivar															Średnio Mean		
	Rataj			Rodion			Rastik			Rasbet			Scarlett			K	R	V
	K	R	V	K	RI	V	K	R	V	K	R	V	KI	R	V			
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissler	60,5	58,5	36,0	49,0	38,0	33,0	86,0	16,0	6,0	93,0	92,5	72,5	31,0	22,0	9,5	63,9	45,4	31,4
<i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary) Arn.	—	4,5	—	—	19,5	5,5	—	1,0	—	1,5	0,5	5,0	2,0	4,5	1,0	0,7	6,0	2,3
<i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoem.	3,5	3,0	0,5	34,0	21,5	4,0	—	—	—	2,0	2,0	0,5	43,5	7,0	4,5	16,6	6,7	1,9
<i>Cladosporium</i> spp.	0,5	0,5	—	—	6,5	0,5	—	2,5	—	—	8,0	0,5	0,5	3,5	1,0	0,2	4,2	0,4
<i>Epicoccum nigrum</i> Link.	—	2,0	—	—	0,5	0,5	3,5	1,0	—	—	4,0	—	4,5	1,0	1,5	1,6	1,7	0,4
<i>F. avenaceum</i> (Fr.) Sacc.	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,0	1,0	1,5	—	—	—	—	—
<i>F. culmorum</i> (W.G. Smith) Sacc.	1,0	—	—	0,5	—	0,5	2,0	1,0	—	0,5	—	1,0	1,5	—	—	0,4	0,2	0,2
<i>F. equiseti</i> (Corda) Sacc.	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5	0,5	—	1,1	0,2	0,3
<i>F. graminearum</i> Schwabe	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5	—	—	—	0,2	0,1	—
<i>F. moniliforme</i> Sheldon (W&R,B,J)	—	—	—	—	—	0,5	—	—	—	—	—	—	0,5	—	—	—	—	0,1
<i>F. oxysporum</i> Schlecht. emend. Snyder et Hans.	1,5	—	—	—	0,5	—	—	—	—	1,0	1,0	1,0	—	0,5	—	0,5	0,4	0,2
<i>F. poae</i> (Peck) Wollenw.	8,0	2,0	0,5	4,5	2,5	3,5	1,0	—	1,5	5,5	7,0	1,0	1,0	—	0,5	4,0	2,3	1,4
<i>F. semitectum</i> Berk. et Rav.	1,0	—	—	—	0,5	0,5	0,5	—	—	—	—	—	1,5	—	—	0,6	0,1	0,1
<i>F. solani</i> (Mart.) Sacc.(G,B,J)	—	0,5	0,5	0,5	0,5	—	—	—	—	1,5	0,5	1,5	—	0,5	—	0,4	0,4	0,4
<i>F. sporotrichioides</i> Sherb.	1,0	0,5	0,5	—	—	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2	0,1	0,3
<i>F. tricinctum</i> (Corda) Sacc.	0,5	1,5	1,5	—	—	—	—	—	—	0,5	1,5	—	—	0,5	—	0,2	0,7	0,3
Razem <i>Fusarium</i> spp.	14,0	4,5	3,0	5,5	4,0	5,5	3,5	1,0	1,5	9,0	11,0	6,0	6,0	2,0	0,5	7,6	4,5	3,3
<i>Mucor</i> spp.	4,5	10,5	10,0	3,0	12,0	10,0	1,0	12,5	8,0	—	7,0	10,5	4,5	11,0	6,0	2,6	10,6	8,9
<i>Papularia arundinis</i> (Corda) Fr.	3,5	2,5	—	—	0,5	—	10,5	—	—	—	4,0	—	1,0	1,0	—	3,0	1,6	—
<i>Penicillium</i> spp.	4,0	47,5	52,0	5,0	26,5	25,0	14,5	85,5	87,0	1,5	11,5	21,5	7,0	45,5	39,5	6,4	43,3	45,0
<i>Rhizoctonia solani</i> Kühn.	—	—	—	—	—	—	—	1,0	—	—	—	—	—	—	1,0	—	0,2	0,2
<i>Stemphylium</i> spp.	6,0	5,0	2,5	3,5	0,5	3,0	9,5	—	—	11,0	7,5	3,5	5,0	2,5	0,5	7,0	3,1	1,9
Inne — Other	20,5	2,5	7,5	2,5	2,0	5,5	8,5	0,5	11,0	1,5	14,5	7,0	16,5	3,5	13,5	9,9	4,6	8,9
Bakterie — Bacteria	3,0	17,0	12,5	62,0	21,5	25,5	6,5	18,0	—	50,5	16,0	14,5	20,0	23,0	17,0	28,4	19,1	13,9
Ogółem Total	120,0	158,0	124,0	164,5	153,0	118,0	143,5	139,0	113,5	170,0	178,5	141,5	141,5	126,5	95,5	147,9	151,0	118,5

K — Kontrola; Control

R — Raxil

V — Vitavax

Tabela 3

Występowanie mikroorganizmów (średnia liczba kolonii/100 ziarniaków) na ziarnie jęczmienia jarego ze zbioru w 2001 roku
Occurrence of microorganisms (average number of colonies/100 seeds) on spring barley seed harvested in 2001

Gatunek Species	Odmiana — Cultivar															Średnio Mean		
	Rataj			Rodion			Rastik			Rasbet			Scarlett					
	K1	R	V	K	R	V	K	R	V	K	R	V	K	R	V	K	R	V
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissler	32,5	48,0	31,0	76,0	87,5	25,5	68,5	17,0	3,5	40,0	59,5	37,0	29,5	43,0	27,0	49,3	51,0	24,8
<i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary) Arn.	—	0,5	0,5	0,5	1,0	—	1,0	—	—	—	—	—	2,5	0,5	—	0,8	0,4	0,1
<i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoem.	46,0	33,0	3,0	11,5	8,5	—	19,5	1,5	—	32,5	25,0	3,5	53,5	21,0	6,5	32,6	17,8	2,6
<i>Cladosporium</i> spp.	0,5	1,0	—	—	4,5	—	1,5	0,5	—	—	0,5	—	0,5	3,5	—	0,5	2,0	—
<i>Epicoccum nigrum</i> Link.	0,5	2,0	0,5	0,5	5,0	0,5	9,0	8,5	—	0,5	4,5	0,5	2,0	7,5	3,0	2,5	5,5	0,9
<i>F. avenaceum</i> (Fr.) Sacc.	—	0,5	—	—	0,5	—	—	—	—	—	0,5	1,0	—	—	—	—	0,3	0,2
<i>F. culmorum</i> (W.G. Smith) Sacc.	16,0	20,0	10,5	3,5	1,0	—	7,5	4,5	0,5	20,0	27,0	19,0	12,5	15,0	16,0	11,9	13,5	9,2
<i>F. equiseti</i> (Corda) Sacc.	15,0	15,5	14,5	7,0	10,5	1,5	5,5	2,5	4,5	20,0	24,0	22,5	10,0	7,0	12,5	11,5	11,9	11,1
<i>F. graminearum</i> Schwabe	37,0	26,5	37,5	0,5	0,5	0,5	11,5	—	5,5	38,0	14,5	12,5	14,0	16,5	18,5	20,2	11,6	14,9
<i>F. moniliforme</i> Sheldon (W&R,B,J)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5	—	—	0,1	—	—
<i>F. oxysporum</i> Schlecht. emend. Snyder et Hans.	4,0	1,5	2,0	3,5	—	0,5	3,5	—	—	3,5	2,5	7,0	4,0	5,5	2,5	3,7	1,9	2,4
<i>F. poae</i> (Peck) Wollenw.	10,5	9,0	9,5	13	14,0	5,0	14,5	1,0	—	12,0	10,0	13,0	7,0	3,5	2,5	11,4	7,5	6,0
<i>F. semitectum</i> Berk. et Rav.	—	1,5	0,5	0,5	3,5	0,5	1,0	—	—	0,5	0,5	1,5	2,0	1,0	—	0,8	1,3	0,5
<i>F. solani</i> (Mart.) Sacc.(G,B,J)	7,0	4,0	3,0	1,5	1,0	1,0	1,5	—	0,5	2,0	9,0	2,5	3,0	—	1,5	3,0	2,8	1,7
<i>F. sporotrichioides</i> Sherb.	—	—	0,5	1,0	—	—	0,5	—	—	—	—	1,5	0,5	—	—	0,2	—	0,4
<i>F. tricinctum</i> (Corda) Sacc.	6,0	4,5	—	6,0	6,0	—	11,0	—	—	8,5	9,0	2,5	2,5	3,5	0,5	6,8	4,6	0,6
Razem <i>Fusarium</i> spp.	95,5	83,0	78,0	36,5	37,0	9,0	56,5	8,0	11,0	104,5	97,0	83,0	56,0	52,0	54,0	69,6	55,4	47,0
<i>Mucor</i> spp.	1,5	5,5	4,0	2,0	2,0	—	8,5	20,0	10,0	—	7,0	0,5	2,0	12,0	12,5	2,8	9,3	5,4
<i>Papularia arundinis</i> (Corda) Fr.	—	—	—	3,0	5,5	—	1,0	0,5	—	—	1,0	0,5	0,5	1,5	—	0,9	1,7	0,1
<i>Penicillium</i> spp.	4,0	2,5	4,0	30,0	37,0	30,5	26,0	62,0	83,0	0,5	1,5	3,5	12,0	22,5	28,5	14,5	25,1	29,9
<i>Rhizoctonia solani</i> Kühn.	—	0,5	0,5	—	—	—	0,5	—	0,5	31,5	10,5	0,5	0,5	0,5	1,0	6,5	2,3	0,5
<i>Stemphylium</i> spp.	—	0,5	—	1,5	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5	0,5	0,3	0,3	0,1
Inne — Other	29,0	11,5	3,0	15,5	19,5	1,5	5,5	10,5	2,0	23,5	32,5	11,5	8,0	15,5	4,5	16,3	17,9	4,5
Bakterie — Bacteria	38,0	28,0	57,0	40,5	22,0	76,5	50,0	30,0	18,5	43,5	31,5	45,5	42,0	30,5	44,5	42,8	28,4	48,4
Ogółem Total	247,5	216,0	181,5	217,5	230,0	143,5	247,5	158,5	128,5	276,5	270,5	186,0	209,0	212,0	182,0	239,4	217,1	164,3

K — Kontrola; Control

R — Raxil

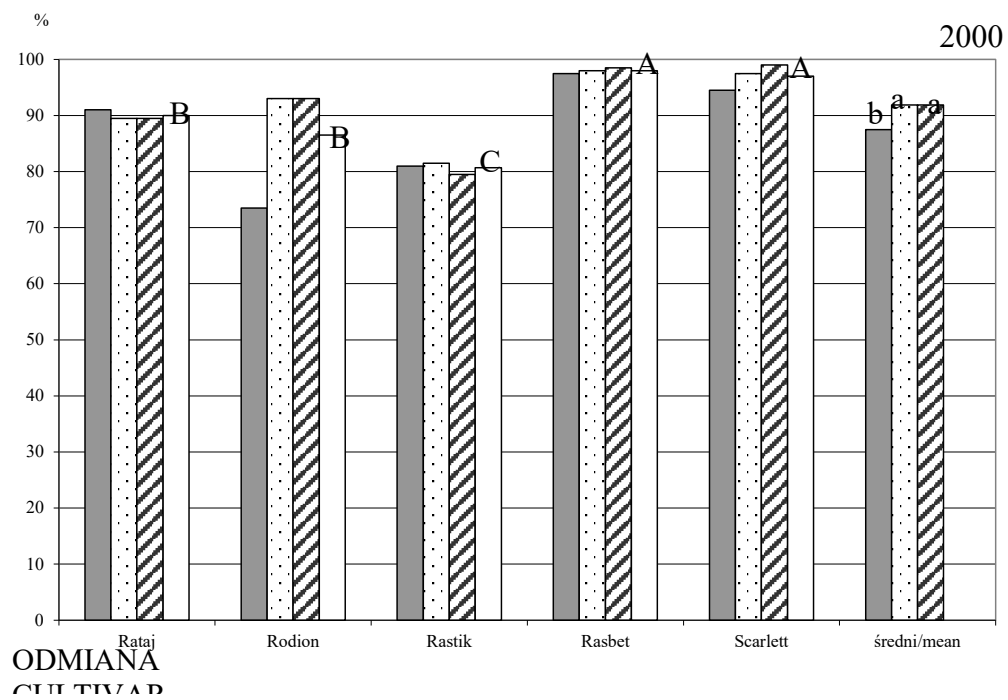
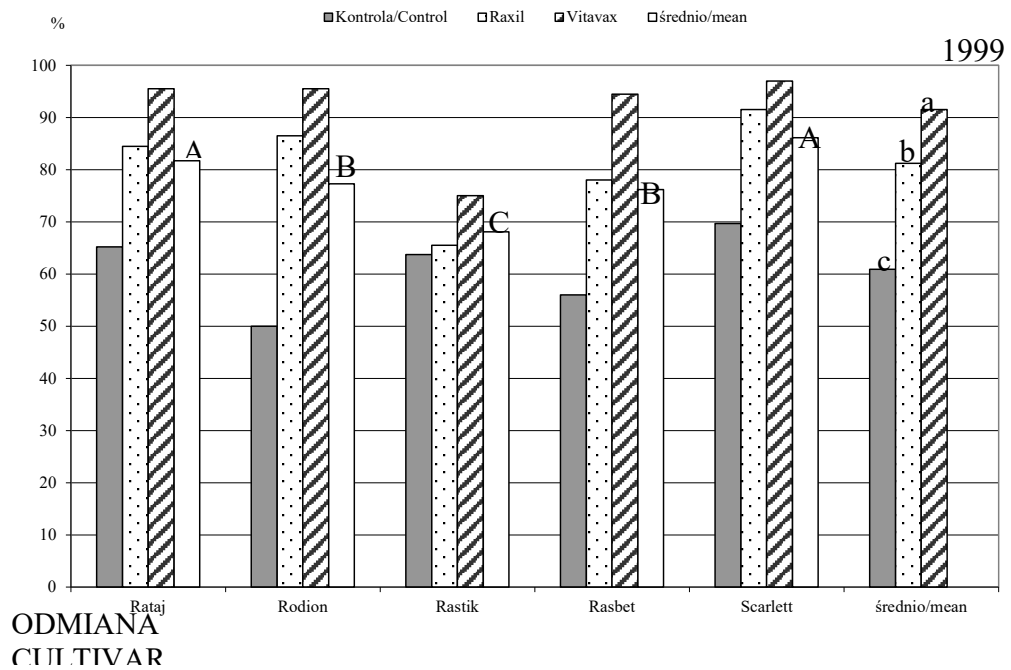
V — Vitavax

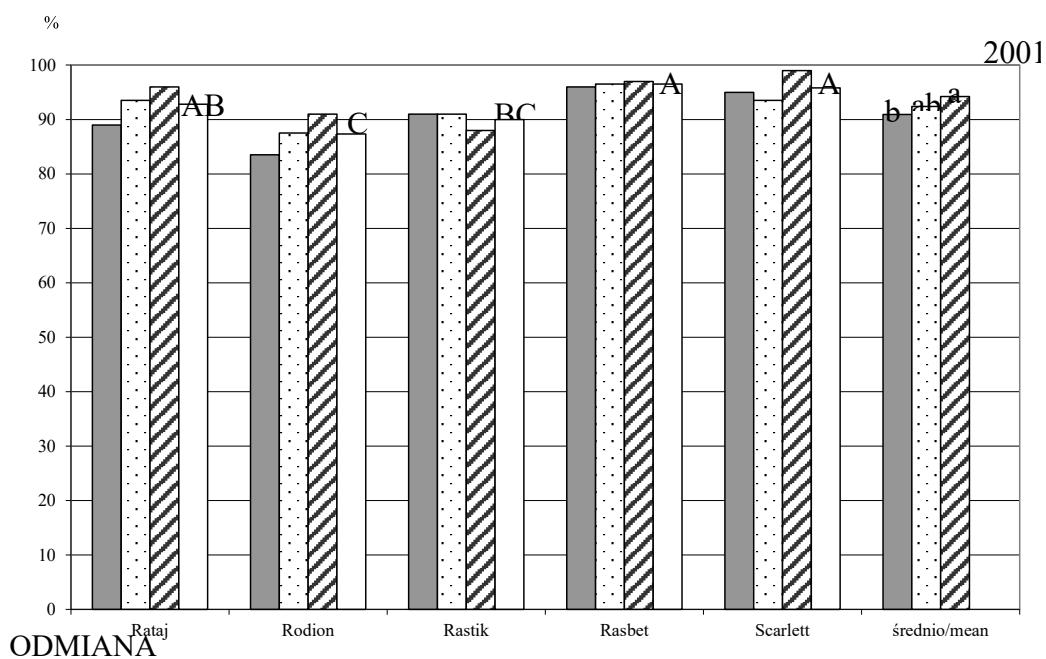
Spośród 11 oznaczonych gatunków najczęściej wyizolowano *F. graminearum* Schwabe, *F. equiseti* (Corda) Sacc., *F. culmorum* (W. G. Smith) Sacc. i *F. poae* (Peck) Wollenweber. Spadek porażenia przez te patogeny ziarna zaprawianego obserwowano tylko w roku 2000 i 2001. Różnice w porażeniu wahały się średnio od 3,1 do 14,2 kolonii na 100 ziarniaków dla zaprawy Raxil i od 4,3 do 22,6 dla zaprawy Vitavax w porównaniu do ziarna niezaprawionego. W 1999 roku najwięcej grzybów z rodzaju *Fusarium* wyizolowano z ziarniaków zaprawianych zaprawą Vitavax (średnio 12,3 kolonie na 100 ziarniaków), a najmniej z ziarna niezaprawionego (średnio 5,7 kolonii na 100 ziarniaków).

Badania laboratoryjne wykazały istotne różnice zdolności kiełkowania pomiędzy odmianami oraz zastosowanym zaprawianiem. Najwyższe wartości tej cechy otrzymano w roku 2001 — średnio od 90,9 do 94,2%, niższe w 2000 — średnio od 87,5 do 91,9%, a najniższe w 1999 roku — średnio od 60,9 do 91,5% w zależności od zastosowanej zaprawy. Stwierdzono, że ziarniaki niezaprawiane w każdym roku badania kiełkowały słabiej (średnio od 60,9 w 1999 do 90,9% w 2001) w porównaniu z ziarniakami zaprawianymi (średnio od 81,2 w 1999 do 92,4% w 2001 dla zaprawy Raxil i od 91,5 w 1999 do 94,2% w 2001 dla zaprawy Vitavax). Zaprawianie ziarna spowodowało wzrost zdolności kiełkowania od około 2 do 30% po zaprawianiu zaprawą Raxil i od 4 do 50% po zastosowaniu zaprawy Vitavax w zależności od roku zbioru. Większą efektywność zaprawiania obserwowano w roku 1999, kiedy ziarniaki niezaprawiane kiełkowały najslabiej: od 50% u odmiany Rodion do 69,7% u odmiany Scarlett (rys. 1). Wartości te oznaczają, że badany materiał nie spełniał wymagań zdolności kiełkowania stawianych dla materiału elitarnego (nie mniej niż 85%) (Dziennik Ustaw RP nr 59, 2004). Obserwowano różnice pomiędzy zdolnością kiełkowania odmian browarnych i pastewnych. Materiał siewny odmian browarnych niezaprawiany i zaprawiany, zwykle charakteryzował się lepszym kiełkowaniem niż odmian pastewnych. Spośród odmian pastewnych najwyższą zdolnością kiełkowania we wszystkich latach badań charakteryzowała się odmiana Rataj — średnio od 65,2 do 96,0% w zależności od roku badań i rodzaju zaprawy.

Istotny wpływ na kiełkowanie miało porażenie ziarna przez grzyb *B. sorokiniana*. Analizy korelacji i regresji wykazały, że zdolność kiełkowania nasion malała wraz ze wzrostem porażenia ziarniaków (rys. 2). Jednocześnie podczas analiz zdolności kiełkowania w próbach niezaprawianych, zwłaszcza pochodzących z roku 1999, stwierdzono największą liczbę ziarniaków gnijących i pleśniejących, co było bezpośrednim powodem obniżenia zdolności kiełkowania (tab. 7). Należy zauważyć jednak, że duża liczebność kolonii *Fusarium* spp. oraz pozostałych mikroorganizmów na ziarniakach z 2001 roku nie spowodowała obniżenia kiełkowania tego ziarna.

Wigor nasion określono mierząc szybkość rozwoju plumuli i korzenia pierwotnego oraz suchą masę całych siewek. Stwierdzono, że w tym samym czasie (7 dni) najdłuższy pierwszy liść miały siewki wyrosłe z ziarna zaprawianego przy użyciu zaprawy Vitavax średnio 104,2 mm (tab. 4).





ODMIANA

Grupy jednorodne w obrębie odmian: od A do C i zaprawiania: od a do c wg wielokrotnego testu Tuckeya, $p = 0,05$
 Homogenous groups within the cultivars: from A to C and treatments: from a to c according to multiple Tuckey's test, $p = 0.05$

Rys. 1. Zdolność kiełkowania jęczmienia jarego w zależności od odmiany i zaprawy nasiennej

Fig. 1. Germination capacity of spring barley in dependence on cultivar and seed treatment

Tabela 4

Długość plumuli siewek jęczmienia jarego w zależności od rodzaju zastosowanego zaprawiania, Radzików 1999–2001

Plumule lenght of spring barley seedlings in dependence on treatments, Radzików 1999–2001

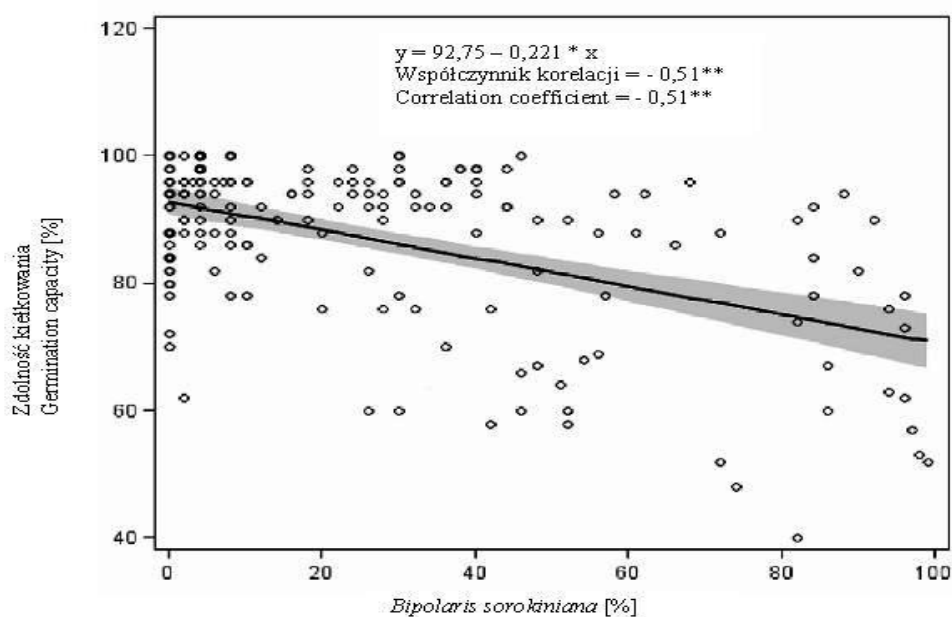
Odmiana Cultivar	1999				2000				2001				Średnio dla odmian Mean for cultivars
	K	R	V	średnio mean	K	R	V	średnio mean	K	R	V	średnio mean	
Rataj	75,9	79,3	91,1	82,1	46,8	52,8	63,6	54,4	87,3	96,3	109,4	97,6	78,0
Rodion	92,7	91,0	109,1	97,6	75,2	73,6	80,8	76,5	116,1	118,6	132,0	122,2	98,8
Rastik	101,8	95,4	110,1	102,4	87,7	76,3	91,5	85,2	106,1	119,5	138,2	121,3	103,0
Rasbet	102,5	92,2	108,3	101,0	62,2	67,8	76,9	69,0	94,9	94,6	116,0	101,8	90,6
Scarlett	106,5	95,5	108,8	103,6	90,4	89,3	101,8	93,9	107,4	102,6	124,7	111,6	103,0
Średnio Mean	95,9	90,7	105,5	97,4	72,5	72,0	82,9	75,8	102,3	106,3	124,1	110,9	—
Średnio dla zaprawiania — Mean for treatments													
Kontrola — Control			90,2										
Raxil			89,7										
Vitavax			104,2										

$NIR_{0,05}^T$ dla lat = 3,56; $LSD_{0,05}^T$ for years = 3.56

$NIR_{0,05}^T$ dla odmian = 5,36; $LSD_{0,05}^T$ for cultivars = 5.36

$NIR_{0,05}^T$ dla zapraw = 3,56; $LSD_{0,05}^T$ for treatments = 3.56

K — Kontrola; Control R — Raxil V — Vitavax



■ Granice ufności dla prostej regresji — Confidence area for the regression line

Rys. 2. Zależność zdolności kiełkowania od porażenia ziarniaków przez *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem.
Fig. 2. The relationship between the germination capacity and seed infection by *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem.

Tabela 5

**Długość korzenia pierwotnego siewek jęczmienia jarego w zależności od rodzaju zastosowanego
zaprawiania, Radzików 1999–2001**

Primary root length of spring barley seedlings in dependence on treatments, Radzików 1999–2001

Odmiana Cultivar	1999				2000				2001				Średnio dla odmian Mean for cultivars
	K	R	V	średnio mean	K	R	V	średnio mean	K	R	V	średnio mean	
Rataj	148,6	184,0	192,2	174,9	144,9	155,6	141,3	147,2	159,7	175,3	181,5	172,1	164,7
Rodion	136,4	173,0	186,6	165,4	127,4	155,6	149,3	144,1	173,7	178,7	178,3	176,9	162,1
Rastik	131,5	165,1	162,0	152,9	148,2	146,7	147,0	147,3	159,5	177,8	179,1	172,1	157,4
Rasbet	150,8	160,4	191,8	167,7	143,3	177,5	158,1	159,6	158,9	176,4	182,3	172,5	166,6
Scarlett	173,3	191,1	206,6	190,3	157,6	174,6	177,4	169,9	170,5	180,8	187,2	179,5	179,9
Średnio Mean	148,1	174,7	187,8	170,2	144,3	162,0	154,6	153,6	164,4	177,8	181,7	174,6	—
Średnio dla zaprawiania — Mean for treatments													
Kontrola — Control			152,3										
Raxil			171,5										
Vitavax			174,7										

NIR_{0,05} dla lat = 4,53; LSD_{0,05} for years = 4.53

NIR_{0,05} dla odmian = 6,84; LSD_{0,05} for cultivars = 6.84

NIR_{0,05} dla zapraw = 4,53; LSD_{0,05} for treatments = 4.53

K — Kontrola; Control R — Raxil V — Vitavax

Siewki kontrolne oraz wyrosłe z ziarna zaprawianego przy użyciu zaprawy Raxil miały krótszą plumulę o około 14 mm, w porównaniu do siewek wyrosłych z ziarna zaprawionego zaprawą Vitavax. Podobnie przedstawiały się wyniki dotyczące długości korzenia i suchej masy siewek. Siewki wyrosłe z ziarna zaprawianego zaprawą Vitavax miały najdłuższy korzeń średnio 174,7 mm (tab. 5) i najwyższe wartości suchej masy siewek średnio 0,324 g, w porównaniu z siewkami wyrosłymi z ziarna niezaprawionego (odpowiednio średnio 152,3 mm i 0,252g) oraz zaprawionego zaprawą Raxil (odpowiednio średnio 171,5 mm i 0,293g) (tab. 6).

Tabela 6

Sucha masa siewek jęczmienia jarego w zależności od rodzaju zastosowanego zaprawiania, Radzików 1999–2001

Dry weight of spring barley seedlings in dependence on treatments, Radzików 1999–2001

Odmiana Cultivar	1999				2000				2001				Średnio dla odmian Mean for cultivars
	K	R	V	średnio mean	K	R	V	średnio mean	K	R	V	średnio mean	
Rataj	0,201	0,240	0,317	0,253	0,292	0,256	0,259	0,269	0,231	0,315	0,325	0,290	0,271
Rodion	0,049	0,272	0,368	0,230	0,302	0,295	0,283	0,293	0,316	0,339	0,313	0,323	0,282
Rastik	0,127	0,222	0,243	0,197	0,370	0,293	0,333	0,332	0,350	0,397	0,409	0,385	0,305
Rasbet	0,080	0,227	0,362	0,223	0,326	0,350	0,327	0,334	0,248	0,314	0,315	0,292	0,283
Scarlett	0,155	0,271	0,369	0,265	0,321	0,331	0,345	0,332	0,421	0,272	0,293	0,329	0,309
Średnio Mean	0,122	0,246	0,332	0,233	0,322	0,305	0,309	0,312	0,313	0,327	0,331	0,324	—
Średnio dla zaprawiania — Mean for treatments													
Kontrola — Control				0,252									
Raxil				0,293									
Vitavax				0,324									

$NIR_{0,05}^T$ dla lat = 0,026; $LSD_{0,05}^T$ for year = 0,026

$NIR_{0,05}^T$ dla odmian = 0,016; $LSD_{0,05}^T$ for cultivars = 0,016

$NIR_{0,05}^T$ dla zapraw = 0,026; $LSD_{0,05}^T$ for treatments = 0,026

K — Kontrola; Control R — Raxil V — Vitavax

Tabela 7

Liczba ziarniaków martwych (gnijących i pleśniejących) w zależności od odmiany i zastosowanych zapraw nasiennych

Number of dead seed (putrescent and molded) in dependence on cultivar and treatments

Odmiana Cultivar	1999				2000				2001			
	K	R	V	średnio mean	K	R	V	średnio mean	K	R	V	średnio mean
Rataj	13,0	7,0	1,5	7,2	0,5	1,0	1,0	0,8	4,0	2,5	2,5	3,0
Rodion	20,0	5,0	1,0	8,7	3,0	1,0	1,5	1,8	11,0	5,0	1,5	5,8
Rastik	12,5	14,5	9,0	12,0	10,5	4,0	6,5	7,0	3,5	3,0	5,5	4,0
Rasbet	14,5	8,5	2,0	8,3	0,5	1,0	0,5	0,7	1,0	1,5	1,5	1,3
Scarlett	9,5	3,5	1,0	4,7	0,5	0,5	1,0	0,7	1,0	1,5	0,5	1,0
Średnio Mean	13,9	7,7	2,9	—	3,0	1,5	2,1	—	4,1	2,7	2,3	—

K — Kontrola; Control R — Raxil V — Vitavax

DYSKUSJA

Przeprowadzone analizy mikologiczne jęczmienia jarego wykazały liczne zasiedlenie ziarniaków przez grzyby i bakterie. Na ziarniakach zidentyfikowano około 30 gatunków grzybów należących do 20 rodzajów. Wśród izolowanych grzybów najczęściej występowały: *A. alternata*, *B. sorokiniana*, *Fusarium* spp., *Penicillium* spp. i *Mucor* spp. Podobne wyniki uzyskała Narkiewicz-Jodko (1979) analizując materiał siewny zbóż, Błaszowski i Piech (2002) dla jęczmienia i owsa oraz Baturó-Czajkowska (2000) w badaniach nad mikroflorą jęczmienia jarego. W badanych próbach ziarna najczęściej wyosabnianym grzybem był *A. alternata*, co potwierdza rezultaty uzyskane przez Knudsen i wsp. (1995). Często izolowane były także grzyby z rodzaju *Penicillium*, chociaż należą do tzw. "grzybów przechowalniczych" (Narkiewicz-Jodko, 1979). Badane ziarno jęczmienia w dużym stopniu było porażone przez *B. sorokiniana* (Sacc.) Shoem. i grzyby z rodzaju *Fusarium*. Łacicowa w swoich badaniach (1990) stwierdziła, że ze względu na uznaną szkodliwość i częste uzyskiwanie z materiału roślinnego, największe znaczenie wydają się mieć *F. avenaceum*, *F. culmorum* i *F. graminearum*. Jednocześnie istnienie w Polsce zróżnicowanych warunków klimatycznych, stwarza niejednakowe zagrożenie zbóż przez choroby fuzaryjne w poszczególnych okręgach rolniczych (Łacicowa i Orlikowski, 1973).

B. sorokiniana i grzyby z rodzaju *Fusarium* uważane są za główną przyczynę chorób podsuszkowych w Polsce (Truszkowska i in., 1983). Według Eng-Chong-Pua i wsp. (1985) redukcja plonu ziarna może dochodzić nawet do 30%, w konsekwencji porażenia korzeni, dolnych międzywęźli, liści, kłosów, a w nich ziarna.

Badania laboratoryjne wykazały różnice odmianowe dotyczące zdolności kiełkowania i wigoru jęczmienia jarego. Najniższą zdolność kiełkowania obserwowano u odmiany nieoplewionej, co potwierdza wyniki uzyskane przez Verma i wsp. (1998), że wyższą zdolnością kiełkowania i lepszym wigorem charakteryzują się genotypy oplewione niż nieoplewione.

Badania Łacicowej i Pięty (1990 i 1998) nad efektywnością różnych zapraw wykazały, że niektóre z nich były w dużym stopniu aktywne grzybobójczo, a inne nie zadziałały fungicydalnie. Różna efektywność zapraw nasiennych powoduje ciągłą potrzebę badania zapraw nowo wprowadzanych do obrotu. W niniejszej pracy analizom poddano dwie zaprawy i stwierdzono, że zaprawianie ziarna w istotny sposób wpłynęło na liczbę mikroorganizmów zasiedlających ziarno, w tym na spadek porażenia przez *B. sorokiniana*. Jednocześnie wpłynęło korzystnie na wzrost zdolności kiełkowania, jak również wzrost wigoru siewek. Potwierdzają to badania Kolasińskiej (1992), która obserwowała wyższą zdolność kiełkowania zaprawianych i inkrustowanych nasion jęczmienia niż kontrolnych.

Bez chemicznej ochrony nie jest możliwe uzyskiwanie wysokich plonów zbóż, jednak konieczna jest racjonalizacja stosowania herbicydów, fungicydów i insektycydów nie tylko ze względu na ochronę środowiska, ale także celem obniżenia kosztów. Ponadto ważne jest stosowanie innych metod ochrony, jak np. metody biologiczne, które mogą wspomóc te działania.

WNIOSKI

1. Analiza fitopatologiczna wykazała, że ziarno jęczmienia było licznie zasiedlone przez grzyby i bakterie. Spośród wyosobnionych grzybów najczęściej występowały: *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium* spp., *Penicillium* spp. i *Mucor* spp.
2. Zaprawianie ziarna zaprawą Vitavax ograniczyło liczbę mikroorganizmów występujących na ziarniakach, a zwłaszcza głównego patogena jęczmienia *Bipolaris sorokiniana*, jednocześnie wpłynęło na wzrost zdolności kiełkowania oraz wigoru. Zaprawa Raxil wpłynęła pozytywnie jedynie na zdolność kiełkowania oraz spadek porażenia ziarna przez *B. sorokiniana*.
3. Lepszą efektywność w poprawie wartości siewnej ziarna stwierdzono dla zaprawy Vitavax o działaniu kontaktowo–systemicznym w porównaniu do zaprawy Raxil działającej systemicznie.

LITERATURA

- Barnett H. L. 1960. Illustrated genera of imperfect fungi. Burgess Pub. Company. Minneapolis: 1 — 225.
- Baturo-Czajkowska A. 2000. Composition on spring barley seeds in ecological and conventional farm. International Seed Health Conference PTFiT, Seed Health as Quality Criterion; Radzików 9–11 October 2000: 33.
- Błaszczkowski J., Piech M. 2002. Comparison of seed-borne fungal communities of naked and husked oats and barley. *Phytopathologia Polonica* 24: 73 — 76.
- Chidambaram S.B., Matur S.B., Neergaard P. 1972. Handbook on seed health testing. The International Seed Testing Association As-NLH. Norway: 1 — 207.
- Dziennik Ustaw RP. 2004. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 8 marca 2004 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących wytwarzania oraz jakości materiału siewnego. Nr 59 poz. 565: 3347 — 3403.
- Ellis M. B. 1971. „*Dematiaceous Hyphomycetes*“. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey, England.
- Eng-Chong-Pua R. R., Pelletier H. R., Klinck H. R. 1985. Seedling blight, spot blotch and common root rot in Quebec and their effect on grain yield in barley. *Can. J. Pl. Path.* 7: 395 — 401.
- International Seed Testing Association. 1995. Handbook of Vigour Test Methods. ISTA edited by J. G. Hampton and D. M. TeKrony. 3rd Edition, Zurich, Switzerland.
- International Rules for Seed Testing. Edition 2004. Published by The International Seed Testing Association (ISTA), P. O. BOX 308, 8303 Bassersdorf, CH-Switzerland.
- Knudsen I. B. M., Hockenhull J., Jensen D. F. 1995. Biocontrol of seedling disease of barley and wheat caused by *Fusarium culmorum* and *Bipolaris sorokiniana*: Effects of selected fungal antagonists on growth and yield components. *Plant Pathol.* 44: 467 — 477.
- Kolasińska K. 1992. Germination and vigour of encrusted cereal seeds. *Biul. IHAR* 184: 11 — 16.
- Kwaśna H., Chełkowski J., Zajkowski P. 1991. Flora Polska T. XXII. Grzyby niedoskonałe. Strzępczakowe. Gruźelkowate. Sierpik (*Fusarium*) PAN Warszawa-Kraków: 1 — 158.
- Lipa J. J. 1999. Nowoczesna ochrona zbóż. Pamiętnik Puławski — Materiały Konferencji, Z. 114: 241 — 259.
- Lipa J. J., Korbas M. 2002. Nowoczesna ochrona zbóż przed chorobami i szkodnikami. *Więś Jutra* 5(46): 40 — 44.
- Łacicowa B. 1990. Mikoflora ziarna jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.) wzrastającego w warunkach zagrożenia chorobowego przez *Drechslera sorokiniana* (Sacc.) Subram. et Jain. (= *Helminthosporium sativum* P.K. et B.). *Rocz. Nauk Rol.* s. E, 20, 1/2: 17 — 23.

- Łacicowa B., Orlikowski L. 1973. Próba oceny zagrożenia chorobowego zbóż przez grzyby z rodzaju *Fusarium* w niektórych województwach Polski – na podstawie analizy ziarna. Biul. IHAR 3–4: 29 — 38.
- Łacicowa B., Pięta D. 1990. Skuteczność grzybobójcza niektórych zapraw nasiennych w zwalczaniu *Fusarium* spp. szkodliwych dla jęczmienia jarego. Roczn. Nauk Roln. s. E, 20, 1/2: 25 — 30.
- Łacicowa B., Pięta D. 1998. Skuteczność niektórych zapraw chemicznych w zapobieganiu chorobom podsuszkowym jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.). Annales UMCS, Sec. EEE, Horticultura, 6: 185 — 198.
- Malone J. P., Muskett A. E. 1997. Seed-borne fungi. Description of 77 fungus species. 3rd Edition. Sheppard J. W. (ed.). ISTA, Zurich: 1 — 191.
- Narkiewicz-Jodko M. 1979. Wpływ wilgotności na zdolność kiełkowania i mikoflorę ziarna zbóż przechowywanego bez wymiany powietrza oraz w atmosferze dwutlenku węgla. Biul. IHAR 135: 133 — 141.
- Truszkowska W., Dorenda M., Janiak M., Kutrzeba M., Milewska M. 1983. Badania zagrożenia jęczmienia (*Hordeum sativum* L.) zgorzelą podstawy źdźbła w zależności od uprawy. Roczn. Nauk Rol. s. E 13 (1 — 2): 85 — 99.
- Verma S. S., Verma U., Dahiya O.S., Saini S. L. 1998. Studies on seed quality parameters in hulled and huskless barley. Annals of Agr. Bio Research 3, 1: 27 — 33.

ANETA STAWIANA-KOSIOREK**JANUSZ GOŁASZEWSKI****DARIUSZ ZAŁUSKI**

Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Efekty konkurencyjności roślin pszenżyta ozimego w doświadczeniach polowych

Competition effects of winter triticales plants in field trials

Badania przeprowadzone na podstawie dwóch doświadczeń polowych z pszenżytem ozimym (*Triticale*) potwierdziły występowanie efektów konkurencyjności wśród roślin pszenżyta, w tym efektów oddziaływania brzegowego ścieżki i oddziaływań wewnątrz i między poletkami. Analizowano dwie cechy: masę ziaren i liczbę źdźbeł na 1mb. Plon zebrany z obrzeża poletka (1m) był istotnie wyższy od plonu ze środkowej części poletka. Planując doświadczenie polowe należy liczyć się z możliwością wystąpienia efektów konkurencyjności. Z tego powodu uzasadnione wydaje się zastosowanie odpowiednich metod statystycznych eliminujących efekt konkurencyjności roślin, zwiększając przez to wiarygodność wnioskowania.

Słowa kluczowe: doświadczenie polowe, konkurencyjność roślin, pszenżyto ozime

Two field trials with winter triticales confirmed the occurrence of competition effects among the plants, including border effects near the paths as well as competition within and between the experimental plots. Grain mass and plot density were measured per length unit of row. The significant yield increases were stated for the head part of a plot (up to 1 m) and for the border rows (up to 40 cm). The possibility of occurrence of such competition should be taken into consideration at planning of experiments and at choosing suitable statistical methods, which can eliminate the effects of interference.

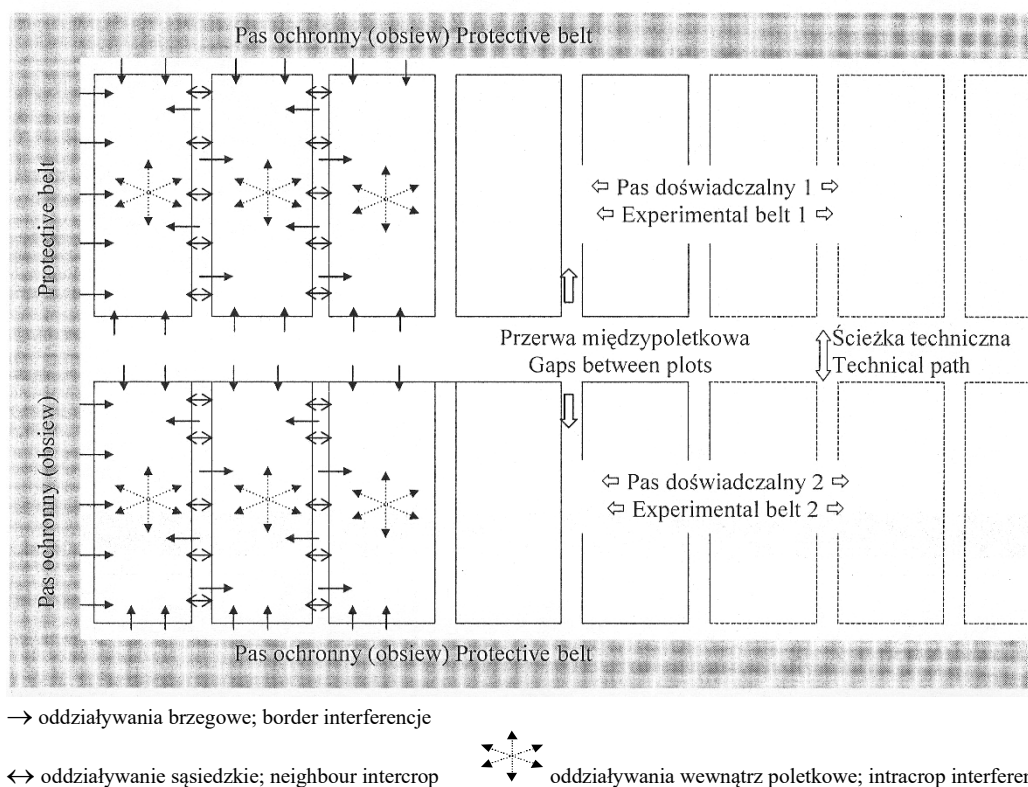
Key words: field trial, plant competition, winter triticales

WSTĘP

Bytowanie wśród przedstawicieli własnego i innych gatunków jest zawsze źródłem wzajemnych oddziaływań. Są to zazwyczaj oddziaływania antagonistyczne (Drzymulska i Pirożnikow, 1999). Według Begona i Mortimera (1989) konkurencja jest sumą procesów, w wyniku których wzrost jednej rośliny jest ograniczony przez obecność innej. Antagonistyczne oddziaływanie roślin odnotowali już Lawet i Gilbert (za Barbackim, 1935), pionierzy doświadczalnictwa, którzy w roku 1843 przeprowadzili pierwsze doświadczenie polowe w Stacji Doświadczałnej w Rothamsted. Konkurencyjność roślin

w doświadczalnictwie polowym wynika z właściwości dziedzicznych, różnic morfotypowych roślin, warunków glebowych oraz rozmieszczenia doświadczeń w przestrzeni i czasie (Gołaszewski, 1996).

W doświadczalnictwie polowym efekty konkurencyjności mogą ujawniać się w wyniku oddziaływania brzegowego (oddziaływanie nieobsianych ścieżek) i oddziaływania sąsiedzkiego (międzypoletkowe-oddziaływanie poletek sąsiadujących oraz wewnątrzpoletkowe) (rys. 1). Doświadczenia hodowlane z uwagi na swoją specyfikę (mała liczba nasion, mikropoletka, ograniczona liczba powtórzeń) są wyjątkowo predysponowane do ujawniania się efektów konkurencyjności w postaci różnej agresywności lub też zróżnicowanego dostosowania się roślin do określonych warunków środowiska (Hayes i Arny, 1917; Jensen i Federer, 1964; Kempton i in., 1986; David i in., 1996; Clarke i in., 1998; Stawiana-Kosiorek i in., 2003 a, b).



Rys. 1. Fragment hipotetycznego doświadczenia w polu z zaznaczeniem potencjalnych oddziaływań
Fig. 1. The part of hypothetical experimental field with potential interference

Wyzwaniem dla doświadczalników jest zapobieganie konkurencyjności roślin i eliminowanie jej efektów za pomocą metod technicznych i statystycznych.

Celem przedstawionych badań była ocena efektów konkurencyjności wewnątrz i międzypoletkowej oraz efektów brzegowych na wybrane cechy morfologiczne pszenżyta

ozimego.

MATERIAŁ I METODY

Podstawą badań były dane archiwalne Katedry Hodowli Roślin i Nasiennictwa z dwu metodycznych doświadczeń polowych z pszenżytem ozimym, które prowadzono w latach 1984/85 i 1985/86 w Stacji Doświadczalnej Akademii Rolniczo-Technicznej w Tomaszowie k. Olsztyna (w dalszej części pracy doświadczenia określono umownie jako D₁ (1984/85) i D₂ (1985/86)). Doświadczenia założono metodą losowanych bloków w pięciu (D₁) i w sześciu powtórzeniach (D₂), na glebie brunatnej właściwej wytworzonej z gliny lekkiej pylastej, kompleksu pszennego dobrego i żytniego bardzo dobrego, klasy bonitacyjnej 4a. Przedplonem w doświadczeniach był groch siewny. Materiałem badawczym były cztery odmiany pszenżyta ozimego: Dagro, Grado, Lasko i Salvo. Powierzchnia poletka wynosiła 18 m² (1,8 m × 10 m); wysiano 10 rzędów roślin w rozstawie 18 cm. Uprawę gleby wykonano zgodnie z zaleceniami agrotechnicznymi dla uprawy pszenżyta ozimego.

Materiał do analiz statystycznych stanowiły wyniki pomiarów biometrycznych. Analizowano liczbę źdźbeł wykształconych na 1 mb i masę ziarna z 1 mb. Do pomiarów zebrano wszystkie źdźbła z każdego metra bieżącego wg rysunku 2.

Rzędy Rows	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
10										
9										
8										
7										
6										
5										
4										
3										
2										
1										

Rys. 2. Sposób pobierania prób z poletka
Fig. 2. The scheme of sampling

WYNIKI I DYSKUSJA

Oddziaływania od brzegu poletka

W analizie statystycznej wyników obydwu doświadczeń zastosowano regresję wielomianową w celu zbadania ilościowego związku pomiędzy zmiennymi niezależnymi (odległości rzędów od skraju poletka: rząd numer 1–10), a zmienną zależną; a) liczbą

żdzbeł produkcyjnych z rzędu, b) masą ziarna z rzędu.

Oceniano liczbę żdzbeł produkcyjnych i plon nasion z 1 mb, łącznie 100 jednostek na poletku dla każdej cechy. Można więc przyjąć, że każde poletko było pojedynczym doświadczeniem bezczynnikiem, w skład którego wchodziło 100 jednostek podstawowych o wielkości 0,18 m² (0,18 m × 1 m). W celu określenia statystycznie istotnych różnic w plonowaniu poszczególnych rzędów na poletku (rzędy od 1 do 10) zastosowano analizę wariancji dla danych z doświadczeń (D₁ i D₂) w układzie split-plot, przyjmując, że miała tu miejsce randomizacja poziomów czynnika II (czynnik II-rzędy na poletku w obrębie odmiany) w ramach czynnika I (czynnik I-odmiany) w związku z tym wyniki analizy należy interpretować z pewną ostrożnością. Zastosowano tu kontrasty porównujące wartości badanych cech (liczba żdzbeł, masa ziarna) z jednego rzędu poletka z pozostałymi rzędami (tab. 1).

Tabela 1

Analiza wariancji danych z doświadczeń D₁ i D₂
Analysis of variance of the two experiment (D₁ and D₂)

Źródło zmienności Variability source	Stopnie swobody D ₁ Degrees of freedom D ₁	D ₁		Stopnie swobody D ₂ Degrees of freedom D ₂	D ₂	
		Liczba żdzbeł (średni kwadrat) Figure of Horn stalks (mean square)	Masa nasion (średni kwadrat) Seed mass (mean square)		Liczba żdzbeł (średni kwadrat) Figure of corn stalks (mean square)	Masa nasion (średni kwadrat) Seed mass (mean square)
Bloki — Blocks	4	1159,8	957,3	5	3160,9	22042,3
Odmiany — Cultivars	3	5220,2	8453,5*	3	15864,3**	889,8
Błąd I — Residual I	12	1731,0	1447,5	15	992,5	3085,4
Rzędy — Rows	9	850,2**	828,6**	9	1778,1**	5659,9**
w tym: Kontrasty K _i : Contrasts K _i :						
K ₁ : rząd 1 a rzędy 2, 3, 4, 5 (row)	1	549,7	116,7	1	6985,4**	24865,2**
K ₂ : rząd 2 a rzędy 3, 4, 5	1	2024,1**	80,1	1	11,1	641,4
K ₃ : rząd 3 a rzędy 4, 5	1	2406,0**	235,1	1	120,5	605,3
K ₄ : rząd 4 a rząd 5	1	82,6	409,6**	1	83,4	577,4
Reszta — Remainder	5	517,9**	1323,1**	5	1760,6**	4849,9**
Odmiany × Rzędy Cultivars × Rows	27	438,1**	317,2**	27	88,2	283,2
w tym: Odmiany × Kontrasty K _i : Cultivars × Contrasts K _i :						
Odmiany × K ₁	3	608,2**	427,5**	3	49,7	464,0
Odmiany × K ₂	3	748,8**	304,8	3	70,2	213,1
Odmiany × K ₃	3	420,5*	379,7	3	12,0	73,9
Odmiany × K ₄	3	535,7*	269,1	3	51,3	122,7
Reszta — Remainder	15	325,9**	294,8*	15	122,1	335,0
Błąd II — Residual II	1944	156,5	162,9	2340	103,5	320,8

*, ** Istotność różnic przy $\alpha = 0,05$ i $\alpha = 0,01$

Significance of differences at $\alpha = 0.05$ and $\alpha = 0.01$, respectively

Różnice między średnimi masy ziarna z 1 mb dla poszczególnych odmian istotne były tylko w D₁, natomiast różnice między średnią liczbą żdzbeł na 1 mb istotne były tylko w D₂ (tab. 1, tab. 2).

Uzyskanie tak zróżnicowanych wyników doświadczeń D_1 , D_2 dla obydwu badanych cech: liczby źdźbeł i masy nasion, należy tłumaczyć warunkami atmosferycznymi, które w istotny sposób wpłynęły na wzrost, rozwój, plonowanie roślin oraz na występowanie efektów konkurencyjności. Zdaniem Poniedziałek i wsp. (1989) rozwój roślin na poletku jest związany z warunkami wegetacji, a zmienność warunków pogodowych w poszczególnych latach badań w dużym stopniu różnicuje plonowanie roślin i decyduje o interakcji genotypowo-środowiskowej.

Wyższy plon dla wszystkich badanych odmian odnotowano w drugim roku badań (D_2), w którym średnia masa ziarna z 1 mb była wyższa około 50% niż w pierwszym roku prowadzenia doświadczenia (D_1) (tab. 2). Wzrost średniej liczby źdźbeł w D_2 w porównaniu z D_1 zaobserwowano w przypadku dwóch odmian Lasko i Grado. Najwięcej źdźbeł produkcyjnych wytworzyła odmiana Lasko (D_2 -50,82, D_1 -48,24), najmniej zaś odmiana Salvo (D_2 -39,01) i Grado (D_1 -40,87).

Istotną różnicę (NIR testowanie indywidualne wg wzoru Fishera) dla liczby źdźbeł w D_2 odnotowano dla odmiany Lasko w porównaniu z pozostałymi odmianami oraz dla odmiany Grado z odmianą Salvo. Plon ziarna był wyższy i bardzo wyrównany w drugim roku badań D_2 . Istotne różnice dla masy ziarna zaobserwowano w D_1 między odmianą Salvo (37,23) a odmianami Dagro (28,26) i Grado (29,46) oraz odmianą Lasko (33,76) i odmianą Dagro (28,26) (tab. 2).

Tabela 2

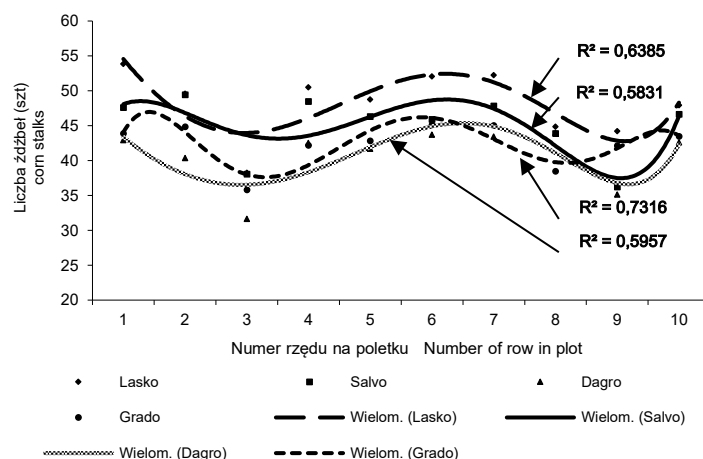
Średnia liczba źdźbeł na 1 mb i masa ziarna z 1 mb dla badanych odmian pszenżyta ozimego
Average number of stalks and grain mass per 1 m of row for the investigated cultivars of winter triticale

Doświadczenie Trial	Średnia liczba źdźbeł* Average no. of stalks*				Średnia masa ziarna** Average grain mass**			
	Lasko	Grado	Dagro	Salvo	Lasko	Grado	Dagro	Salvo
D_1	48,24	40,87	42,40	45,05	33,76 (54,%)	29,46 (46,2%)	28,26 (43,76%)	37,23 (58,09%)
różnice nieistotne; non significant differences					NIR _{0,05} = 4,97; LSD _{0,05} = 4.97			
D_2	50,82	44,11	41,17	39,01	61,80 (100%)	63,76 (100%)	64,58 (100%)	64,09 (100%)
NIR _{0,05} = 3,89; LSD _{0,05} = 3.89					różnice nieistotne; non-significant differences			

* Średnia liczba źdźbeł z 1 mb (10 rzędów); Average no. of stalks per 1 linear meter (10 rows)

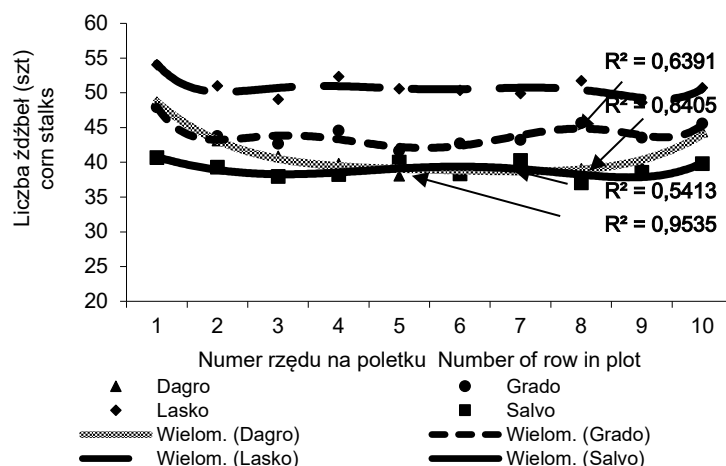
**Średnia masa ziarna z 1 mb (10 rzędów); Average grain mass per 1 linear meter (10 rows)

Wyniki doświadczeń z pszenżytem ozimym (D_1 i D_2) dowodzą występowaniu efektów oddziaływania brzegowego. Na rysunkach 3, 4, 5 i 6 przedstawiono krzywe zależności (czwartego, piątego i szóstego stopnia) pomiędzy średnią liczbą źdźbeł (rys. 3 i 4) oraz średnią masą ziarna (rys. 5 i 6) z 1 mb w rzędzie, a odległością rzędu od skraju poletka. Miarą dopasowania krzywych regresji była wartość współczynnika determinacji (R^2). Dla obliczenia regresji zastosowano średnie z dziesięciu rzędów na poletku.



Rys. 3. Zależność regresyjna między średnią liczbą źdźbeł z 1 mb w rzędzie a odległością rzędu od skraju poletka (D_1)

Fig. 3. Regression dependence between average stalks per 1 linear meter of row and row distance from the plot edge (D_1)

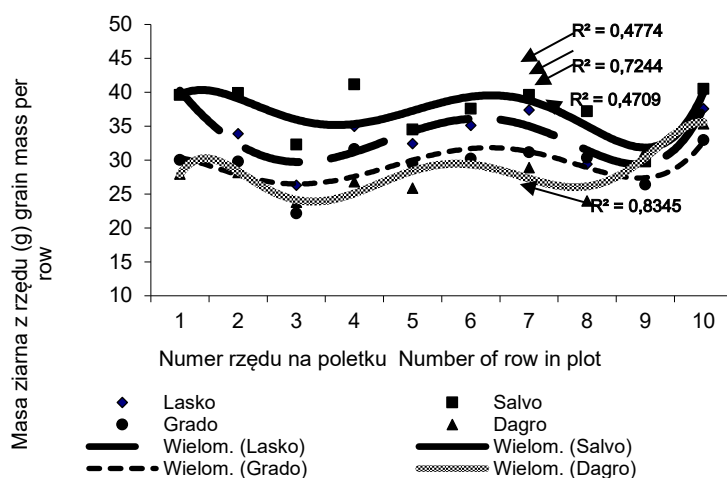


Rys. 4. Zależność regresyjna między średnią liczbą źdźbeł z 1 mb w rzędzie a odległością rzędu od skraju poletka (D_2)

Fig. 4. Regression dependence between average number of stalks per 1 linear meter of row and the row distance from the plot edge (D_2)

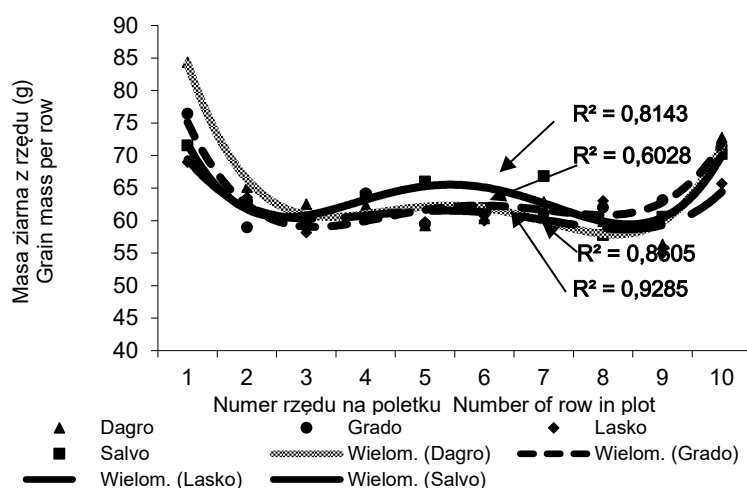
Wartości badanych cech, tj. plonu nasion i liczby źdźbeł były najwyższe na skrajnych rzędach poletka, (określenie rząd pierwszy od skraju poletka oznacza rząd 1 i 10, rząd drugi od skraju poletka oznacza rząd 2 i 9, dalej odpowiednio trzeci oznacza 3 i 8, czwarty oznacza 4 i 7, rzędy środkowe to 5 i 6) po czym ich wielkości malały na rzędach drugim i trzecim (od skraju poletka) do ponownego wzrostu w środkowej części poletka (1984/85) (rys. 3 i 5). W doświadczeniu prowadzonym w roku 1985/86 plon na obrzeżach poletka był zdecydowanie najwyższy, po czym dość gwałtownie malał (rząd drugi i trzeci) do jego

stabilizacji na środkowych rzędach poletka (rys. 4 i 6).



Rys. 5. Zależność regresyjna między średnią masą ziaren z 1 mb w rzędzie a odległością rzędu od skraju poletka (D_1)

Fig. 5. Regression dependence between average grain mass per 1 linear meter of row and row distance from the plot edge (D_1)



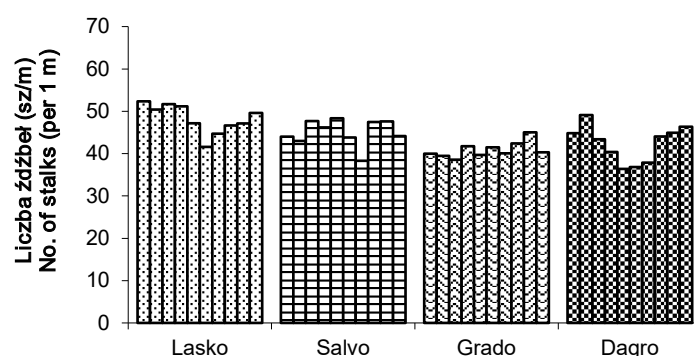
Rys. 6. Zależność regresyjna między średnią masą ziarna z 1 mb w rzędzie a odległością rzędu od skraju poletka (D_2)

Fig. 6. Regression dependence between average grain mass per 1 linear meter of row and row distance from the plot edge (D_2)

Analiza wariancji danych z doświadczeń D_1 i D_2 wykazała wysoce istotne zróżnicowanie liczby źdźbeł i masy nasion w obrębie rzędów na poletku: D_1 850,2**; 828,6**, D_2 1778,1**; 5659,9** (tab. 1). Zastosowane w doświadczeniu odmiany istotnie zróżni-

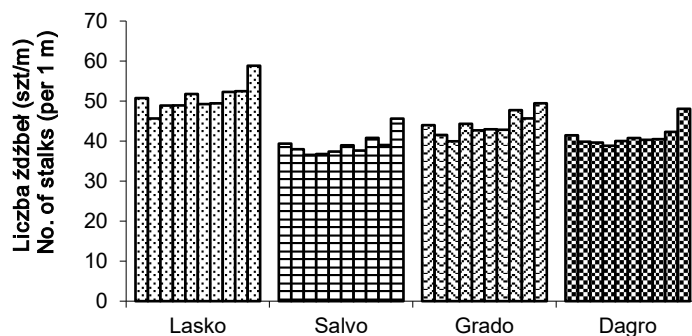
cowwały masę nasion w D₁; 8453,5* i wysoce istotnie liczbę źdźbeł w D₂; 15864,3**.

Analizowane kontrasty (tab. 1) potwierdziły zróżnicowanie plonowania roślin w zależności od odległości rzędu od skraju poletka. Kontrast K₁ (rzęd 1 a rzędy 2, 3, 4, 5) był wysoce istotny dla obydwu badanych cech w D₂ (6985,4**; 24865,2**), plon z rzędu pierwszego był zdecydowanie różny od plonu z rzędów pozostałych. Kolejne kontrasty K₂, K₃, K₄, w doświadczeniu D₂ były nieistotne. W doświadczeniu D₁ wysoce istotny był kontrast K₂ i K₃ dla liczby źdźbeł, rząd drugi wysoce istotnie różnił się co do liczby źdźbeł w porównaniu z rzędem trzecim, czwartym i piątym (2024,1**), rząd trzeci statystycznie różnił się od rzędu czwartego i piątego (2406,0**), co potwierdza wcześniejsze doniesienia Arnego (1922) dowodzące, że w doświadczeniach z pszenicą efekty oddziaływania brzegowego są zdecydowanie silniejsze na rzędach skrajnych i sięgają do trzeciego rzędu poletka. Kontrast K₄ w D₁ był istotny dla masy nasion (409,6**), pozostałe kontrasty dla masy nasion w D₁ były nieistotne.



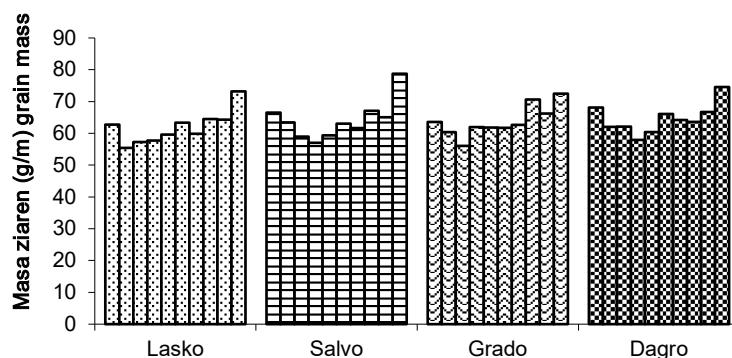
Rys. 7. Wpływ oddziaływania ścieżki od czoła poletka (wzdłuż rzędu) na liczbę źdźbeł (D₁)

Fig. 7. Effect of path on head of plot, no. of stalks along a row (D₁)

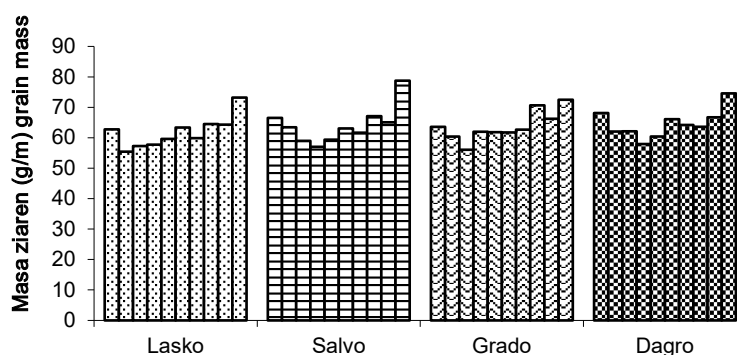


Rys. 8. Wpływ oddziaływania ścieżki od czoła poletka (wzdłuż rzędu) na liczbę źdźbeł (D₂).

Fig. 8. Effect of path on head of plot, no. of stalks along a row (D₂)



Rys. 9. Wpływ oddziaływania ścieżki od czoła poletka (wzdłuż rzędu) na masę ziarna (D₁)
 Fig. 9. Effect of path on head of plot, grain mass per 1 m of row (D₁)



Rys. 10. Wpływ oddziaływania ścieżki od czoła poletka (wzdłuż rzędu) na masę ziarna (D₂)
 Fig. 10. Effect of path on head of plot, grain mass per 1 m of row (D₂)

W obydwu doświadczeniach zastosowano te same odmiany: Lasko, Grado, Dagro, Salvo. Zastanawiającym wydaje się być wynik interakcji odmiana $\times$ rząd, który w doświadczeniu D₁ był istotny dla obydwu badanych cech (438,1**, 317,2**), zaś w D₂ interakcja ta nie była istotna (tab. 1).

Interakcje odmiany $\times$ kontrasty istotne były tylko w przypadku D₁. Najsilniejsze oddziaływania zaobserwowano dla liczby źdźbeł; odmiany $\times$ K₁; 608,2**, odmiany $\times$ K₂ 748,8**. Odmiany różniły się pod względem wykształconej liczby źdźbeł w rzędzie pierwszym w porównaniu z pozostałymi rzędami i rzędzie drugim w porównaniu z trzecim, czwartym i piątym. Statystycznie istotne były interakcje odmiany $\times$ K₃ i odmiany $\times$ K₄ (420,5*, 535,7*). Dla masy nasion wysoce istotna była interakcja odmiany $\times$ K₁ (427,5**). Odmiany istotnie różnie plonowały tylko w rzędzie pierwszym w porównaniu z pozostałymi rzędami poletka. Kolejne rzędy na poletku nie różnicowały masy nasion w obrębie odmiany.

Uzyskane efekty oddziaływania brzegowego są zgodne z wynikami badań Gomez i Gomez (1984), Niemczyk (1993), Niemczyk i Radeckiego (1993), Gołaszewskiego (1996), Pacewicz (2001), Stawiana-Kosiorek i wsp. (2003 a i b), którzy uważają, że największy efekt konkurencyjności roślin w doświadczeniach ze zbożami związany jest ze skrajnymi rzędami poletka.

Oddziaływania od czoła poletka

Efekty oddziaływań od czoła poletka (dla skrajnych obserwacji w rzędzie (rys. 2)) zanotowano dla obydwu doświadczeń (D_1 i D_2), zarówno dla masy ziaren jak i dla liczby źdźbeł (rys. 7, 8, 9 i 10). Oddziaływania te dotyczyły pierwszej obserwacji w rzędzie (1 mb). Rośliny najlepiej plonowały w pasie 1 metra od skraju poletka, po czym ich plon spadał do jego wyrównania w środkowej części poletka (rys. 7, 8 i 10).

W doświadczeniu D_1 efekt oddziaływania czołowego odnotowano jedynie dla liczby źdźbeł (rys. 7) zaś na masę nasion oddziaływanie to nie miało wpływu (rys. 9). Efekt oddziaływania czołowego wystąpił tylko z jednej strony poletka (rys. 7 i 9). Tłumaczyć to może położenie doświadczenia względem stron świata (północ-południe). Jak podaje Pacewicz (2001) układ doświadczenia w polu względem stron świata może mieć istotny wpływ na występowanie efektów oddziaływań brzegowych i oddziaływań od czoła poletka.

Efekty oddziaływań czołowych w D_2 zaobserwowano dla obydwu badanych cech; liczby źdźbeł i masy ziarna. Każda z odmian wytworzyła najwięcej źdźbeł produkcyjnych i największą masę ziarna na brzegu poletka, tj. w pasie szerokości 1 m od skraju poletka (rys. 8 i 10).

WNIOSKI

1. Konkurencyjność roślin pszenżyta ozimego w doświadczeniu polowym zależy od genotypu rośliny i warunków siedliskowych.
2. Rośliny pszenżyta na obrzeżach poletka plonują wyżej niż w centralnej jego części. Oddziaływanie brzegowe poletka sięga około 40 cm, zaś oddziaływanie od czoła poletka sięga około 1 m, po czym następuje stabilizacja plonu do poziomu jego naturalnej zmienności w środkowej części poletka.
3. W doświadczeniach polowych z pszenżytem ozimym należy brać pod uwagę możliwość wystąpienia efektów konkurencyjności roślin, która może zniekształcać ostateczne oceny efektów obiektowych.
4. Na etapie planowania doświadczenia z pszenżytem ozimym, należy rozważyć występowanie potencjalnych efektów konkurencyjności i uwzględnić metody techniczne i statystyczne ograniczające lub eliminujące skutki niekorzystnego wpływu efektów konkurencyjności roślin na wiarygodność wyników doświadczenia i ocenę efektów obiektowych.

LITERATURA

- Arny A. C. 1922. Border effects and ways of avoiding it. *Agron. J.* 14: 266 — 278.
 Barbacki S. 1935. Ogólna metodyka doświadczeń polowych w zarysie. Biblioteka Puławska 12: 1 — 119.

- Begon M., Mortimer M. 1989. Ekologia populacji. Warszawa, PWRiL.
- Clarke F. R., Baker R. J., DePauw R. M. 1998. Interplot interference distorts yield estimates in spring wheat. *Crop Sci.* 38: 62 — 66.
- David O., Kempton R. A., Nevison I. 1996. Designs for control interplot competition in variety trials. *J. Agric. Sci., Camb.* 127: 285 — 288.
- Drzymulska D., Pirożnikow E. 1999. Konkurencja w świecie roślin. *Biologia w Szkole* 2/3.
- Gołaszewski J. 1996. Optymalizacja metodyki eksperymentu polowego z roślinami strączkowymi w aspekcie zmienności przestrzennej pola doświadczalnego (*Pisum sativum* L.). *Acta Acad. Agricult. Tech. Olszt., Supl. C. Agricultura* 62: 1 — 92.
- Gomez K. A., Gomez A. A. 1984. Statistical procedures for agricultural research. John Wiley and Sons Inc., New York.
- Hayes H. K., Arny A. C. 1917. Experiments in field technique in rod row tests. *J. Agr. Res.* 11: 399 — 419.
- Jensen N. F., Federer W. T. 1964. Adjacent row competition in wheat. *Crop Sci.* 4: 641 — 645.
- Kempton R. A., Gregory R. S., Hughes W. G., Stoehr P. J. 1986. The effect of interplot competition on yield assessment in triticales trials. *Euphytica* 5: 257 — 265.
- Niemczyk H. 1993. Zdolność zbóż do wyrównywania plonu z nie obsianej powierzchni ścieżek przejazdowych. Cz. I. Pszenica ozima i jara. *Rocz. Nauk Rol., seria A*, 109 (4): 9 — 19.
- Niemczyk H., Radecki A. 1993. Zdolność zbóż do wyrównania plonu z nie obsianej powierzchni ścieżek przejazdowych. Cz. II. Jęczmień ozimy i jary. *Rocz. Nauk Rol. seria A*, 109 (4): 21 — 30.
- Pacewicz K. 2001. Efekt brzeżny w doświadczeniach z pszenicą jara i jęczmieniem jarym. Praca doktorska. Biblioteka Główna AR Szczecin.
- Poniedziałek M., Zacharias A., Kunicki E., Suchodolska R. 1989. Effect of cabbage, french bean and snap bean intercropping on the level and quality of yield. *Folia Hort.* 1/2: 37 — 51.
- Stawiana-Kosiorek A., Gołaszewski J., Załuski D. 2003 a. Konkurencyjność roślin w doświadczeniach hodowlanych z grochem siewnym (*Pisum sativum* L.). Część I. Oddziaływania brzegowe. *Biul. IHAR* 226/227: 425 — 439.
- Stawiana-Kosiorek A., Gołaszewski J., Załuski D. (2003 b). Konkurencyjność roślin w doświadczeniach hodowlanych z grochem siewnym (*Pisum sativum* L.). Część II. Oddziaływania sąsiedzkie. *Biul. IHAR* 226/227: 441 — 455.

RENATA WOŁOCH**MIROSLAW PYSZ****RENATA BIEŻANOWSKA-KOPEĆ**

Katedra Żywienia Człowieka, Wydział Technologii Żywności, Akademia Rolnicza w Krakowie

Potencjał antyoksydacyjny owsa badany trzema różnymi metodami

Antioxidant potential assessed with three different methods

Celem przeprowadzonych badań była ocena właściwości funkcjonalnych (antyoksydacyjnych) ziarna owsa, form nieoplewionych (Akt) i oplewionych (Kasztan), w całym ziarnie, jego frakcjach młynarskich (bielmie i otrębach) oraz ziarnie skielkowanym, poprzez określenie potencjału redukcyjnego ($\text{Fe}^{+3} \rightarrow \text{Fe}^{+2}$), zdolności eliminowania wolnego rodnika DPPH[•] oraz całkowitego potencjału antyoksydacyjnego w układzie β -karoten/kwas linolowy. Ponadto oznaczono zawartość polifenoli stosując odczynnik Folina-Ciocalteu. Całe ziarno owsa, form nieoplewionych i oplewionych (nieobłuszczonych), wykazywało silną aktywność antyoksydacyjną w warunkach *in vitro*. Najsilniejszą aktywność przeciwutleniającą wykazywały otręby uzyskane z owsa obu form oraz kielkowane całe ziarno analizowanych odmian, bogate w polifenole. Oznaczony potencjał redukcyjny (Akt $r = 0,915$ i Kasztan $r = 0,980$; $P < 0,05$), zdolność wygaszania wolnego rodnika DPPH[•] (Akt $r = 0,960$ i Kasztan $r = 0,993$; $P < 0,05$) i całkowity potencjał antyoksydacyjny w układzie β -karoten/kwas linolowy (Akt $r = 0,960$ i Kasztan $r = 0,650$; $P < 0,05$) był ściśle skorelowany z zawartością polifenoli w badanym materiale.

Słowa kluczowe: aktywność antyoksydacyjna, DPPH[•], owies, polifenole

The purpose of the study was to evaluate the functional (antioxidant) properties two oat forms: Akt (naked) and Kasztan (covered). The wholemeal oat and the milling fractions as well as germinated grain were analyzed with three methods by determination of: 1) the reduction potential ($\text{Fe}^{+3} \rightarrow \text{Fe}^{+2}$), 2) the ability to eliminate the DPPH[•] free radical and 3) the overall antioxidant potential for the β -carotene/linoleic acid system. Additionally, the polyphenols content was measured using the Folin-Ciocalteu reagent. The whole grain of oats, both naked and covered forms, exhibited strong antioxidant activity under *in vitro* conditions. The strongest antioxidant activity was observed in the bran from both forms of oats and also in the germinated whole grain. Strong correlations were stated between polyphenols content and the reduction potential (Akt $r = 0.915$ and Kasztan $r = 0.980$; $P < 0.05$), the ability to eliminate the free radical DPPH[•] (Akt $r = 0.960$ and Kasztan $r = 0.993$; $P < 0.05$) and the overall antioxidant potential for β -carotene/linoleic acid (Akt $r = 0.960$ and Kasztan $r = 0.650$; $P < 0.05$).

Key words: antioxidative activity, DPPH[•], oats, polyphenols, reduction potential

WSTĘP

Związki antyoksydacyjne występujące w ziarnach zbóż stanowią dużą grupę antyoksydantów chroniących komórki przed szkodliwym działaniem wolnych rodników. Związki aktywne biologicznie możemy podzielić na hydrofilowe (polifenole) chroniące środowisko wodne komórek, hydrofobowe (tokoferole, karotenoidy), chroniące błony komórkowe i lipoproteiny (Cook i Samman, 1996; Mates i in., 1999). Występujące w ziarnach zbóż niskocząsteczkowe związki polifenoli oraz tokoferole i sterole wykazują silną aktywność antyoksydacyjną (Collins i in., 1991; Emmons i in., 1999; Peterson i in., 2001). Wolne kwasy fenolowe w ziarnach zbóż występują w niewielkich ilościach, najczęściej są one związane i występują w postaci lignin i tanin. Związki fenolowe występują także w połączeniu z cukrami, kwasami tłuszczowymi i białkami. Jednak w środowisku kwaśnym może zachodzić hydroliza wiązań estrowych i glikozydowych powodując zwiększenie ilości wolnych polifenoli (Slavin i in., 1999; Zieliński i Troszyńska, 2000; Zieliński i Kozłowska, 2000). Dodatkowo w owsie stwierdzono obecność polifenoli nazywanych awentramidami, rozpuszczalnych równocześnie w wodzie, jak i w tłuszczach, termostabilnych, hamujących nieenzymatyczne zmiany oksydacyjne oraz utlenianie lipidów. Awenantramidy są równomiernie rozmieszczone w ziarnie owsa, dlatego w procesie obłuszczenia nie występują ich straty (Dimberg i in., 1993). Właściwości antyoksydacyjne polifenoli roślinnych są związane z obecnością grup hydroksylowych i metoksyloowych i polegają na eliminowaniu reaktywnych form tlenu oraz chelatowaniu jonów metali (Rice-Evans i in., 1995). Związki te chronią tym samym organizm człowieka przed stresem oksydacyjnym i zapobiegają rozwojowi przewlekłych chorób niezakaźnych (Hollman, 2001).

Celem badań była ocena zawartości polifenoli oraz aktywności antyoksydacyjnej *in vitro* w całym ziarnie owsa (form nieoplewionych i oplewionych), jego frakcjach młynarskich (bielmie i otrębach) oraz w całym ziarnie poddanym procesowi kiełkowania, na podstawie potencjału redukcyjnego ($\text{Fe}^{+3} \rightarrow \text{Fe}^{+2}$), zdolności eliminowania wolnego rodnika DPPH[•] (*α,α*-difenylo-β-pikrylohydrazyl) oraz całkowitego potencjału antyoksydacyjnego w układzie β-karoten/kwas linolowy.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym było ziarno owsa odmiany Akt (nieoplewiony; ZDHAR w Strzelcach) oraz Kasztan (oplewiony; ZHR w Polanowicach). Plewkę z odmian oplewionych usuwano w łuszczarce laboratoryjnej, a następnie ziarno rozdzielano w młynku laboratoryjnym (TYP QG 109, sito — 0,4 mm) na dwie frakcje: bielmo i otręby. Po przemiale ziarna udział bielma i otrąb wynosił odpowiednio: Akt — 30 i 70% oraz Kasztan — 23 i 77%. Badaniom poddano również kiełkowane całe ziarno owsa form nieoplewionych (po 3 dniach) i oplewionych (po 4 dniach). Próbkę przeznaczoną do analiz rozdrobniono w młynku laboratoryjnym i przesiano przez sito o średnicy oczek 0,4 mm.

Sumę polifenoli oznaczono metodą Naczk i wsp. (1998) stosując odczynnik Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich). W pierwszym etapie polifenole z materiału ekstrahowano

przy użyciu 80% metanolu, a po odwirowaniu 70% acetonem. Absorbancję supernatantu odczytywano przy długości fali 725 nm. Stężenie polifenoli wyrażano w równoważnikach ($\pm$) katechiny (mg/g s.m.).

Aktywność antyoksydacyjną analizowanych ekstraktów oceniono na podstawie:

- całkowitego potencjału redukcyjnego ($\text{Fe}^{+3} \rightarrow \text{Fe}^{+2}$, metoda FRAP), określanego na podstawie zdolności ekstraktów do redukowania jonów żelazowych do jonów żelazawych (Yen i Chen, 1995). Uzyskane ekstrakty mieszano z buforem fosforanowym i żelazocyjankiem potasu, a następnie po inkubacji mieszaniny dodawano kwasu trichlorooctowego i odczytywano absorbancję próbki przy długości fali 700 nm. Wzrastająca absorbancja oznaczała zwiększającą się siłę redukcyjną mieszaniny. Wyniki metody FRAP są wyrażane w wielkości absorbancji próbki.
- zdolności wygaszania wolnych rodników z wykorzystaniem stabilnego sztucznego wolnego rodnika DPPH $\cdot$ (*α, α -difenylo- β -pikrylohydrazyl*) (Pekarienen i in., 1999). Przeciwnodnikowe właściwości związków fenolowych, wyrażone w % RSA (Free Radical Scavenging Activity), oceniano poprzez pomiar spadku absorbancji alkoholowego roztworu DPPH $\cdot$ w czasie, który był wynikiem wygaszania tegoż rodnika przez związki fenolowe obecne w ekstraktach.
- całkowitego potencjału antyoksydacyjnego w sprzężonym układzie β -karotenu z kwasem linolowym (Emmons i Peterson, 1999). β -karoten (95%, Sigma-Aldrich) rozpuszczono w chloroformie i uzyskany roztwór mieszano z kwasem linolowym (95%, Sigma-Aldrich) i Tween 40 (polioksyetylen sorbitomonopalmitynowy) jako emulgatorem. Uzyskaną emulsję β -karoten/kwas linolowy dodawano do ekstraktów metanolowo-acetonowych i inkubowano w temp. 50°C. Stopień utleniania β -karotenu oznaczano na podstawie pomiaru absorbancji przy długości fali 470 nm, wobec emulsji przygotowanej bez dodatku β -karotenu. Aktywność antyoksydacyjną (AA) wyrażano jako procent hamowania utleniania β -karotenu w odniesieniu do próby kontrolnej.

Zawartość polifenoli i aktywność antyoksydacyjną w ziarnie owsa wykonano w trzech powtórzeniach. Uzyskane wyniki poddano jednoczynnikowej analizie wariancji (ANOVA). Ocena istotności różnic pomiędzy średnimi została przeprowadzona przy użyciu wielokrotnego testu rozstępu Duncana dla poziomów istotności $P < 0,05$. Zależność pomiędzy zawartością polifenoli a aktywnością antyoksydacyjną wyrażono w postaci współczynnika korelacji. Dla wszystkich wyników podano także wartość odchylenia standardowego.

WYNIKI

Całkowitą zawartość polifenoli określono jako łączny poziom wolnych i zestryfikowanych kwasów fenolowych oraz nierozpuszczalnych, związanych polifenoli (Naczek i in., 1998). Zawartość związków fenolowych w analizowanych ekstraktach frakcji ziarna owsa, form nieoplewionych i oplewionych, przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Wpływ przemiału i kielkowania ziarna owsa na całkowitą zawartość polifenoli i aktywność antyoksydacyjną

Polyphenol content and antioxidant activity in grinded and germinated oats grain

Odmiany Cultivars	Forma Forms	Frakcje Fractions	Zawartość polifenoli (mg katechiny/g s.m.) Polyphenol content (mg catechin/g d.m.)	Absorbancja* Absorbance	% RSA**	AA*** (%)
Akt	Nieoplewiony Naked	Całe ziarno Whole grain	2,32 ± 0,02 ^{de}	0,216 ± 0,005 ^{bc}	32,14 ± 0,77 ^c	33,54 ± 1,63 ^b
		Mąka Flour	1,91 ± 0,05 ^{ab}	0,195 ± 0,004 ^a	22,47 ± 0,10 ^a	13,05 ± 0,59 ^a
		Otręby Bran	2,46 ± 0,07 ^f	0,226 ± 0,002 ^{cd}	34,76 ± 0,52 ^{de}	36,72 ± 2,43 ^b
		Kielkowane ziarno Germinated grain	2,44 ± 0,08 ^f	0,245 ± 0,004 ^{efg}	39,01 ± 1,10 ^{fg}	45,17 ± 1,97 ^c
Kasztan	Oplewiony Covered	Całe ziarno Whole grain	2,00 ± 0,02 ^{bc}	0,234 ± 0,003 ^{def}	34,00 ± 0,05 ^{cd}	39,12 ± 2,46 ^b
		Obłuszczone ziarno Dehulled grain	1,83 ± 0,05 ^a	0,225 ± 0,006 ^{de}	23,17 ± 0,73 ^a	37,57 ± 0,45 ^b
		Mąka Flour	1,91 ± 0,01 ^{ab}	0,223 ± 0,006 ^{de}	26,48 ± 0,36 ^b	12,49 ± 1,28 ^a
		Otręby Bran	2,40 ± 0,01 ^e	0,257 ± 0,010 ^g	36,62 ± 0,40 ^{ef}	41,50 ± 0,96 ^b
		Kielkowane ziarno Germinated grain	2,38 ± 0,01 ^e	0,263 ± 0,003 ^{fg}	37,85 ± 0,42 ^f	56,88 ± 0,81 ^d

±SEM Błąd odchylenia standardowego; The standard error

a, b, c... - Wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy P<0,05; Values in columns with different letters are significantly different, P<0,05

* Absorbancja - metoda FRAP; Absorbance, FRAP method

** % RSA - Zdolność wygaszania wolnych rodników DPPH•; Free radical DPPH• scavenging activity

% RSA = (Ab_s 516 nm [start] - Ab_s 516 nm [6 min]) / Ab_s 516 nm [start] * 100

*** AA - Aktywność antyoksydacyjna w układzie β-karoten/kwas linolowy; Antioxidant activity for the β-carotene/linoleic acid system

Poziom polifenoli w ekstraktach całego ziarna owsa form nieoplewionych i oplewionych wynosił odpowiednio 2,32 i 2,0 mg katechiny/g s.m. Obłuszczenie ziarna owsa odmiany Kasztan obniżyło zawartość tych związków do poziomu 1,83 mg katechiny/g sm. Ekstrakty uzyskane z bielma ziarna owsa, formy nieoplewionej i oplewionej, charakteryzowały się taką samą zawartością polifenoli (1,91 mg katechiny/g s.m.). Najbogatszym źródłem polifenoli, w obrębie analizowanych frakcji były otręby (Akt — 2,46 i Kasztan — 2,40 mg katechiny/g s.m.). W odniesieniu do całego ziarna owsa obu form, kielkowanie istotnie (P<0,05) wpłynęło na wzrost poziomu polifenoli (Akt 5,2%, Kasztan 19%).

Potencjał redukcyjny ekstraktów ziarna owsa, określony na podstawie zdolności ekstraktów do redukowania jonów żelazowych do żelazawych, przedstawiono w tabeli 1. W całym ziarnie owsa potencjał redukcyjny form nieoplewionych i oplewionych w mieszaninie reakcyjnej wynosił: Akt — 0,216, Kasztan — 0,234. Obłuszczenie ziarna owsa odmiany Kasztan nie wpłynęło istotnie (P>0,05) na obniżenie zdolności otrzymanego ekstraktu do redukowania jonów żelaza. Zdolność redukowania żelaza od Fe⁺³ do Fe⁺², stwierdzona w ekstrakcie uzyskanym z bielma obłuszczonego ziarna owsa Kasztan była

istotnie ($P < 0,05$) wyższa w stosunku do efektu uzyskanego z bielma nagoziarnistego owsa, odmiany Akt. Ekstrakty otrąb charakteryzowały się wyższym potencjałem redukcyjnym (Akt — 0,226, Kasztan — 0,257), w porównaniu z analizowanymi ekstraktami bielma. Ekstrakty kielkowanego ziarna owsa, odmiany Akt i Kasztan, wykazywały wyższy potencjał redukcyjny, odpowiednio o 13,4 i 12,4%, w odniesieniu do ziarna niekielkowanego.

Zdolność ekstraktów uzyskanych z ziarna owsa do wygaszania wolnych rodników DPPH[•] przedstawiono w tabeli 1. Metanolowo-acetonowe ekstrakty całego ziarna owsa charakteryzowały się zdolnością eliminowania wolnego rodnika odpowiednio: Akt — 32,14, Kasztan — 34,00% RSA. Najniższą zdolność eliminowania rodnika DPPH[•] wykazywały ekstrakty otrzymane z bielma owsa odmiany Akt (22,47% RSA) oraz obłuszczonego ziarna odmiany Kasztan (23,17% RSA). Ekstrakty otrąb owsianych silniej eliminowały reaktywne formy DPPH[•] z roztworu, w porównaniu z ekstraktami otrzymanymi z bielma: Akt o 54,7%, Kasztan o 38,3%. Ziarno owsa poddane procesowi kielkowania, wykazywało wysoką zdolność wygaszania wolnego rodnika (Akt — 39,01, Kasztan — 37,85% RSA).

Całkowity potencjał antyoksydacyjny ekstraktów uzyskanych z całego ziarna owsa, form nieoplewionych i oplewionych (tab. 1) wynosił odpowiednio: Akt — 33,54%, Kasztan — 39,12%. Proces obłuszczenia ziarna owsa odmiany Kasztan, obniżył aktywność antyoksydacyjną uzyskanej frakcji o 4,0%. Metanolowo-acetonowe ekstrakty otrzymane z bielma owsa wykazywały istotnie ($P < 0,05$) niższą zdolność hamowania zmian oksydacyjnych zachodzących w emulsji β -karoten/kwas linolowy (Akt — 13,05% i Kasztan — 12,49%) w porównaniu z całym ziarnem. Wysoki potencjał antyoksydacyjny wykazywały ekstrakty otrzymane z otrąb owsianych: Akt — 36,72%, Kasztan — 41,50%. Najsilniejszy całkowity potencjał antyoksydacyjny w układzie β -karoten/kwas linolowy wykazywały ekstrakty kielkowanego ziarna owsa ($P < 0,05$). W obrębie analizowanych odmian, ekstrakty uzyskane z kielkowanego nieoplewionego ziarna, charakteryzowały się istotnie ($P < 0,05$) niższym potencjałem antyoksydacyjnym (Akt — 45,17%) w porównaniu do kielkowanego ziarna formy oplewionej (Kasztan — 56,88%).

DYSKUSJA

Określenie potencjału redukcyjnego ($\text{Fe}^{+3} \rightarrow \text{Fe}^{+2}$) analizowanych ekstraktów, pozwala ocenić potencjalną zdolność polifenoli obecnych w ekstraktach do przekazywania protonów. W obu gatunkach całe ziarno owsa form oplewionych, o niższej zawartości polifenoli, charakteryzowało się wyższym potencjałem redukcyjnym. Straty polifenoli (-8,5%) stwierdzone w czasie obłuszczenia ziarna odmiany Kasztan, nie wpłynęły istotnie ($P > 0,05$) na ograniczenie potencjału redukcyjnego ekstraktów otrzymanych z tych frakcji. Bielmo uzyskane z owsa odmiany Akt i Kasztan (o zawartości polifenoli 1,91 mg katechiny/g s.m.) wykazywało różny potencjał redukcyjny, co wynika prawdopodobnie z różnego składu polifenoli w obu odmianach. W owsie stwierdzono obecność awenantramidów A, B i C, wykazujących właściwości antyoksydacyjne. Awenantramidy są równomiernie rozmieszczone w ziarnie owsa, dlatego w procesie obłuszczenia nie występują ich straty

(Dimberg i in., 1993; Emmons i in., 1999; Okazaki i in., 2004; Peterson i in., 2001). Otręby owsiane otrzymane z oczyszczonego ziarna odmiany Kasztan, przy niższym poziomie polifenoli, w porównaniu z odmianą Akt, wykazywały silniejszy potencjał redukcyjny. Podobna zależność występuje w przypadku ekstraktów otrzymanych z kiełkowanego ziarna owsa formy oplewionej i nieoplewionej. Zmiany zachodzące podczas kiełkowania mogły mieć istotny wpływ na zmianę ilości i składu związków fenolowych wykazujących potencjalne właściwości antyoksydacyjne (Maillard i Berset, 1995; Samotyja i in., 2002). Stwierdzone różnice w zawartości polifenoli i ich potencjalnych właściwościach redukcyjnych, mogły wynikać z indywidualnego składu polifenoli, wykazujących zróżnicowaną aktywność (Burki i in., 1989; Dimberg i in., 1993; Goupy i in., 1999; Pekarinen i in., 1999). Poszczególne kwasy fenolowe charakteryzują się różną aktywnością antyoksydacyjną (Emmons i in., 1999). Potencjalne właściwości antyoksydacyjne wykazują również inne związki występujące w ziarnach zbóż, których poziom nie został oznaczony w tych frakcjach (Gąsiorowski, 1995; Hecker i in., 1998; Slavin i in., 1999; Zieliński i Troszyńska, 2000; Zieliński i Kozłowska, 2000). Pomiedzy zawartością polifenoli a potencjałem redukcyjnym określonym metodą FRAP stwierdzono bardzo wysoką zależność (tab. 1) zarówno dla owsa odmiany Akt ($r = 0,915$), jak również odmiany Kasztan ($r = 0,980$).

Silny potencjał redukcyjny ekstraktów owsa, został zweryfikowany w metodzie określającej zdolność wygaszania wolnych rodników DPPH[•]. Niższy poziom polifenoli obłuszczonego ziarna, w porównaniu z całym ziarnem owsa, wpłynął na ograniczenie zdolności wygaszania wolnego rodnika DPPH[•] o 32%. Peterson i wsp. (2001) wykazali, że w miarę obłuszczenia ziarna owsa następuje spadek zawartości polifenoli oraz spadek zdolności eliminowania wolnego rodnika DPPH[•]. Istotny wpływ na określenie aktywności antyoksydacyjnej badanego materiału ma również sposób ekstrakcji badanego materiału (Zieliński i Troszyńska, 2000). Niższą zdolność wygaszania rodnika DPPH[•], odpowiednio o 30 i 22%, wykazywało bielmo ziarna owsa odmiany Akt i Kasztan. Spośród analizowanych frakcji ziarna owsa, najsilniejszą aktywność przeciworodnikową wykazywały otręby, natomiast w porównaniu z materiałem wyjściowym, nasiona kiełkujące. Może to wynikać ze zmiany w składzie puli związków kwasów fenolowych podczas kiełkowania oraz z obecności innych biologicznie czynnych składników wykazujących właściwości antyoksydacyjne (Emmons i in., 1999; Samotyja i in., 2002; Zieliński i Kozłowska, 2000). Emmons i wsp. (1999) podaje, że zdolność kwasów fenolowych, do eliminowania wolnego rodnika DPPH[•], jest uzależniona od miejsca i ilości grup hydroksylowych (-OH) i metoksyłowych (-OCH₃). Stwierdzono istotną ($P < 0,05$) korelację pomiędzy zawartością polifenoli i zdolnością eliminowania wolnego rodnika DPPH[•] (tab. 1) dla obydwu odmian (Akt $r = 0,960$, Kasztan $r = 0,993$). Podobnie Emmons i wsp. (1999) wykazali, że zdolność eliminowania wolnych rodników była ściśle skorelowana z zawartością polifenoli ($p < 0,0001$, $r^2 = 0,677$). W badaniach Emmons i wsp. (1999) podobnie wykazano ścisłą zależność pomiędzy poziomem polifenoli a aktywnością antyoksydacyjną. Peterson i wsp. (2001) wykazali, że w miarę obłuszczenia ziarna owsa, następuje spadek zawartości polifenoli ($r = 0,670$) oraz spadek zdolności eliminowania wolnego rodnika — DPPH[•] ($r = 0,720$, $P < 0,0001$).

Wysoki potencjał redukcyjny w układzie β -karoten/kwas linolowy i zdolność wygaszania wolnego rodnika DPPH^{*} stwierdzona dla ekstraktów uzyskanych z ziarna owsa obu form, wskazują na silną aktywność antyoksydacyjną analizowanych frakcji. Proces obłuszczenia ziarna owsa odmiany Kasztan istotnie ($P < 0,05$) obniżył zawartość polifenoli (o 8,5%), natomiast nie wpłynął istotnie ($P > 0,05$) na całkowity potencjał antyoksydacyjny. Podobnie Emmons i Peterson (1999) stwierdzili, że pomimo niższego poziomu związków fenolowych w obłuszczonym ziarnie owsa, metanolowe ekstrakty otrzymane z całego i obłuszczonego ziarna owsa, określone przy użyciu emulsji β -karoten/kwas linolowy wykazywały zbliżony potencjał antyoksydacyjny. Przeciwnie Peterson i wsp. (2001) wykazali, że długotrwały proces obłuszczenia ziarna owsa, prowadził do zwiększenia udziału bielma ($r^2 = 0,90$; $P < 0,0001$) w uzyskanej frakcji, zmniejszenia zawartości polifenoli ($r^2 = 0,67$; $P < 0,0001$) znajdujących się przede wszystkim w zewnętrznej warstwie ziarna owsa. W obłuszczonym ziarnie owsa obniża się poziom kwasu ferulowego i p-kumarowego, natomiast poziom awenantramidów A, B i C wzrasta proporcjonalnie do wzrostu udziału skrobi. Emmons i wsp. (1999) wykazali natomiast wysoką aktywność antyoksydacyjną ekstraktów uzyskanych z obłuszczonego ziarna owsa (73,4; 77,6; 75,3; i 74,6%), która była ściśle skorelowana z zawartością polifenoli ($r = 0,93$). Kwas kawowy, sinapinowy, protokatechinowy, ferulowy i wanilinowy oraz flawon-3-ole wykazują silną, zbliżoną do katechiny aktywność antyoksydacyjną (Burki i in., 1989), natomiast całkowity potencjał antyoksydacyjny awentramidyny A jest wyższy, w porównaniu z kwasem ferulowym, kawowym i wanilinowym (Bratt i in., 2003; Dimberg i in., 1993). Pomiędzy bielmem owsa odmiany Akt i Kasztan, zawierającym porównywalne ilości polifenoli (1,91 mg katechiny/g s.m.) nie stwierdzono istotnych różnic w aktywności antyoksydacyjnej (odpowiednio 13,05 i 12,49%). Emmons i wsp. (1999) wykazali wyższą aktywność antyoksydacyjną (56,6 i 60,8%) metanolowych ekstraktów uzyskanych z mąki owsianej, zawierającej 0,089 i 0,156 mg kwasu galusowego/g s.m. Występujące różnice mogą wynikać z różnic odmianowych oraz z zastosowania innej metody ekstrakcji polifenoli. Otręby uzyskane z przemiału oplewionego ziarna owsa odmiany Kasztan, charakteryzowały się wyższym całkowitym potencjałem antyoksydacyjnym (41,50%), przy niższym poziomie polifenoli, w porównaniu z otrębami otrzymanymi z nieoplewionego ziarna owsa odmiany Akt (36,72%). Najwyższy całkowity potencjał antyoksydacyjny wykazywały ekstrakty uzyskane z kiełkowanego ziarna owsa. Kiełkowane ziarna formy nagoziarnistej, o wysokiej zawartości polifenoli, w mniejszym stopniu hamowały utlenianie (45,17%) zachodzące w emulsji β -karoten/kwas linolowy, w porównaniu z aktywnością kiełkowanego ziarna formy oplewionej (56,88%). Powyższa zależność wynikać może z krótszego czasu kiełkowania ziarna Akt (3 dni), w porównaniu z owsem odmiany Kasztan (4 dni). Długość procesu kiełkowania, według Goupy i wsp. (1999) oraz Hollman (2001), ma istotny wpływ na skład kwasów fenolowych, a tym samym obserwuje się różną aktywność antyoksydacyjną kiełkowanych ziaren. Uzyskane wyniki różnią się od zależności obserwowanych przez Goupy i wsp. (1999), którzy wykazali, że ekstrakty słodu jęczmiennego, w porównaniu z ziarnem niekiełkowanym, uzyskane przy użyciu octanu etylu charakteryzowały się obniżoną zawartością polifenoli i niskim potencjałem antyoksydacyjnym w układzie β -karoten/kwas linolowy.

Zaobserwowane różnice mogą być wynikiem zastosowania różnych metod ekstrakcji polifenoli. Efekt synergistycznego oddziaływania poszczególnych kwasów fenolowych, może również zwiększyć aktywność antyoksydacyjną. Najwyższą wartość współczynnika korelacji pomiędzy zawartością polifenoli a całkowitym potencjałem antyoksydacyjnym stwierdzono dla nieoplewionej formy owsa Akt ($r = 0,960$). W analogicznych badaniach przeprowadzonych na ekstraktach uzyskiwanych z całego, obłuszczonego ziarna oraz łuski ziarna owsa, wartość współczynnika korelacji pomiędzy zmianami poziomu polifenoli a aktywnością antyoksydacyjną wynosiła $r = 0,930$ (Emmons i Peterson, 1999). Różnice odmianowe miały istotny ($P < 0,05$) wpływ na skład kwasów fenolowych występujących w łusce owsianej (protokatechina, parahydroksybenzaldehyd, kwas wanilinowy, parakumarowy i ferulowy) i obłuszczonym ziarnie owsa (kwas kawowy, ferulowy, awenantramidy A, B, C). Poszczególne fenole roślinne wykazują różną aktywność antyoksydacyjną wynikającą z obecności grup hydroksylowych i metoksyłowych oraz miejsca i podstawienia. Pekarinen i wsp. (1999) wykazali, że aktywność antyoksydacyjna kwasu kawowego z dwoma grupami $-OH$, była wyższa w porównaniu z kwasem ferulowym z jedną grupą $-OH$ i $-OCH_3$. Natomiast kwas sinapinowy z dwoma grupami $-OCH_3$ i jedną grupą $-OH$ charakteryzuje się wyższą zdolnością zmiatania wolnego rodnika DPPH $'$, niż kwas kawowy. Najsilniejszą zdolność eliminowania wolnego rodnika wykazywał kwas 2,3-dihydroksybenzoesowy z dwoma grupami $-OH$. Badania wskazują, że sprzężony efekt poszczególnych kwasów fenolowych wykazuje silniejszą aktywność antyoksydacyjną (Burki i in., 1989; Dimberg i in., 1993; Goupy i in., 1999; Maillard i Berest, 1995; Samotyja i in., 2002).

W celu dokładnego określenia potencjału antyoksydacyjnego analizowanych frakcji owsa należałoby określić skład puli profilu kwasów fenolowych, wykazujących zróżnicowaną aktywność w stosunku do wolnego rodnika.

WNIOSKI

1. Całe ziarno owsa, formy nieoplewionej i oplewionej (nieobłuszczonych), wykazuje silną aktywność antyoksydacyjną w warunkach *in vitro*, wynikającą z zawartości polifenoli. Proces obłuszczenia oplewionego ziarna owsa Kasztan, ogranicza potencjalne właściwości antyoksydacyjne uzyskanego produktu, wynikające ze strat polifenoli.
2. Najsilniejsze właściwości antyoksydacyjne wykazują otręby uzyskane z obu form ziarna owsa (obłuszczonych) oraz kielkowane całe ziarna analizowanych odmian, bogate w polifenole.
3. Oznaczony potencjał redukcyjny (Akt $r = 0,915$ i Kasztan $r = 0,980$; $P < 0,05$), zdolność wygaszania wolnego rodnika DPPH $'$ (Akt $r = 0,960$ i Kasztan $r = 0,993$; $P < 0,05$) i całkowity potencjał antyoksydacyjny w układzie β -karoten/kwas linolowy (Akt $r = 0,960$ i Kasztan $r = 0,650$; $P < 0,05$) jest ściśle skorelowany z zawartością polifenoli w badanym materiale.

LITERATURA

- Bratt K., Sunnerheim K., Bryngelsson S., Fagerlund A., Engman L., Andersson R. E., Dimberg L. H. 2003. Avenanthramides in oats (*Avena sativa* L.) and structure-antioxidant activity relationships. *J. Agric Food Chem.* 29, 51 (3): 594 — 600.
- Burki J., Graf M., Lambelet P., Löliger J. 1989. Vanillin: More than a flavoring agent- a potential antioxidant. *J. Sci. Food Agric.* 48: 49 — 56.
- Collins F. W., Mc Lanchlan D. C., Blackwell B. A. 1991. Oat phenolics: Avenaluminic acids, a new group of bound phenolic acids from oat groats and hulls. *Cereal Chem.* 2: 184 — 189.
- Cook N. C., Samman S. 1996. Flavonoids – chemistry, metabolism, cardioprotective effect and dietary sources. *Nutr. Biochem.* 7: 66 — 76.
- Dimberg L. H., Theander O., Lingnert H. 1993. Avenanthramides-a group of phenolic antioxidants in oats. *Cereal Chem.* 70, 6: 637 — 641.
- Emmons Ch. L., Peterson D. M. 1999. Antioxidant activity and phenolic contents of oat groats and hulls. *Cereal Chem.* 76, 6: 902 — 906.
- Emmons Ch. L., Peterson D. M., Paul G. L. 1999. Antioxidants capacity of oats (*Avena sativa* L.) extracts. 2. *In vitro* antioxidant activity and content of phenolic and tocol antioxidants. *J. Agric. Food Chem.* 47, 12: 4894 — 4898.
- Gąsiorowski H. 1995. Owies-chemia I technologia, PWRiL, Poznań.
- Goupy P., Hugues M., Boivin P., Amiot M. J. 1999. Antioxidant composition and activity of barley (*Hordeum vulgare*) and malt extracts and of isolated phenolic compounds. *J. Sci. Food Agric.* 79: 1625 — 1634.
- Hecker K. D., Meier M. L., Newman R. K., Newman C. W. 1998. Barley β -glucan is effective as a hypocholesterolaemic ingredient in foods. *J. Sci. Food Agric.* 77: 179 — 183.
- Hollman P. C. H. 2001. Evidence for health benefits of plant phenols: local or systemic effects? *J. Sci. Food Agric.* 842 — 852.
- Maillard M. N., Berset C. 1995. Evaluation of antioxidant activity during killing: role of insoluble bound phenolic acids of barley and malt. *J. Agric. Food Chem.* 43: 1789 — 1793.
- Mates J. M., Perez-Gomez C., Nunez de Castro I. 1999. Antioxidant enzymes and human diseases. *Clin. Bioch.* 8: 595 — 603.
- Naczek M., Amarowicz R., Sullivan A., Shahidi F. 1998. Current research developments on polyphenolics of rapeseed/ Canova: a review. *Food Chem.* 62: 489 — 502.
- Okazaki Y., Isobe T., Iwata Y., Matsukawa T., Matsuda F., Miyagawa H., Ishihara A., Nishioka T., Iwamura H. 2004. Metabolism of avenanthramide phytoalexins in oats. *Plant J.* 39 (4): 560 — 572.
- Pekariinen S. S., Stöckmann H., Schwarz K., Heinonen M., Hopia I. 1999. Antioxidant activity and partitioning of phenolic acids in bulk and emulsified methyl linoleate. *J. Agric. Food Chem.* 47: 3036 — 3043.
- Peterson D. M., Emmons Ch. L., Hibbs A. H. 2001. Phenolic antioxidants and antioxidants activity in pearling fractions of oat groats. *J. Cereal Sci.* 3: 97 — 103.
- Rice-Evans C. A., Miller N. J., Bolwell P. G., Bramley P. M., Pridham J. B. 1995. The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids. *Free radical Res.* 22: 375.
- Samotyja U., Małecka M., Klimczak I. 2002. Skład i właściwości przeciwrodnikowe fenolokwasów słodu. *Żywność*, 3, 32: 67 — 76.
- Slavin J. L., Martini M. C., Jacobs D. R., Marquardt L. 1999. Plausible mechanisms of protectiveness of whole grains. *Am. J. Clin. Nutr.* 70: 459S — 463S.
- Yen Gow-Chin, Chen Hui-Yin. 1995. Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. *J. Agric. Food Chem.*, 43, 1: 27 — 32.
- Zieliński H., Kozłowska H. 2000. Superoxide scavenging activity of cereal grains before and after hydrothermal processing. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 9/50: 85 — 90.
- Zieliński H., Troszyńska A. 2000. Antioxidant capacity of raw and hydrothermal processed cereal grains. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 9, 50, 3S: 79 — 83.

GRZEGORZ ŻUREKInstytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin
Ogród Botaniczny, Bydgoszcz

Ocena krajowych odmian trawnikowych w użytkowaniu ekstensywnym

Turf quality evaluation of national varieties in low-maintenance conditions

Badaniami prowadzonymi w latach 2002–2005 objęto 33 odmiany, 6 rodów i 1 ekotyp w obrębie 10 gatunków traw gazonowych, które wysiano w kwietniu 2001 r. na poletka o pow. 1 m², w układzie trzech powtórzeń. Od pierwszego pełnego roku użytkowania zaniechano stosowania nawożenia. U większości badanych obiektów stwierdzono postępującą degenerację, polegającą na rozrzedzeniu darni oraz wzroście zachwaszczenia. Niektóre formy wykazywały jednak tendencje do utrzymania zadarnienia na poziomie zadowalającym (tj. powyżej 5 w skali bonitacyjnej 1–9). Odmiany kostrzewy owczej Gabi, Sima, Mimi, Witra, Espro, śmiełek darniowy Brok oraz ekotyp strzępicy nadobnej wyróżniały się wysokimi wartościami zadarnienia w latach 2003–2005, najniższą średnią wartością spadku zadarnienia oraz względnie wysokim ogólnym aspektem po 3 i 4 latach użytkowania.

Słowa kluczowe: odmiany, trawniki, użytkowanie ekstensywne

Turf experiment on 33 varieties, 6 breeding lines and 1 ecotype from 10 species was carried out from 2002 to 2005. Micro plots (1 m²) in 3 replications were managed without fertilization (from the 1st full year of exploitation). Other treatments were also reduced. In the majority of tested objects, increasing deterioration of turf was observed as an effect of decreasing sward density and weeds. However, a few varieties showed tendency to maintain sward density on the acceptable level (above 5 in 1–9 scale). Sheep fescue varieties Sima, Mimi, Witra, Espro, tufted hairgrass Brok and a junegrass ecotype had high sward density from 2003 to 2005 together with the lowest sward density reduction and comparably high general aspect after 3 and 4 years of experiment.

Key words: varieties, turf, low-maintenance

WSTĘP

Nawierzchnie trawiaste spełniają rozliczne funkcje, uczestnicząc w regulacji stosunków wodnych, zabezpieczeniu przeciwoerozyjnym, jak również kształtując walory estetyczne krajobrazu i obszarów rekreacyjnych. Powierzchnie zajmowane przez trawniki systematycznie się zwiększają. Według danych GUS z 2005 roku, powierzchnia trawników w parkach spacerowo-wypoczynkowych, zieleńcach oraz zieleni uliczną i osiedlową wzrosła od roku 1995 o 16% i wynosiła na koniec 2004 roku 57 803 ha. Względy ekonomiczne oraz przyrodnicze wymagają rozsądnego stosowania zarówno nawozów

sztucznych i herbicydów, jak również ograniczenia zużycia paliwa np. podczas koszenia. Ten ostatni zabieg uważany jest za najbardziej kosztowny w pielęgnacji nawierzchni trawiastych. W zależności od warunków klimatycznych, wysiewanych gatunków i odmian traw, wydajności urządzeń koszących itp. roczne koszty tego zabiegu mogą wahać się od 120 \$ do 1150 \$ na 1 ha (Willmott, 1993).

Oprócz aspektów technicznych pielęgnacji istotny jest odpowiedni dobór gatunków i odmian traw, tak aby przy ograniczonych nakładach uzyskać w miarę zwartą i wyrównaną nawierzchnię. Jest to szczególnie ważne np. na terenach zieleni miejskiej i w parkach, gdzie ograniczone nakłady są raczej koniecznością, a nie świadomym wyborem. Powiększanie obszarów nawierzchni trawiastych odbywa się w oparciu o wysiewy wielogatunkowych mieszanek trawnikowych. Skład florystyczny trawnika zmienia się wraz z upływem czasu, w stosunku do gatunków zastosowanych w mieszance. Tempo i charakter tych zmian są uzależnione od odporności komponentów odmianowych mieszanki na lokalne warunki środowiska i użytkowanie trawnika. W warunkach silnego stresu (np. susza, ograniczenie nawożenia) o jakości mieszanki decyduje zdolność do dominacji w runi odmian odpornych na warunki stresowe. Dlatego też dokładna znajomość reakcji poszczególnych odmian na określone warunki użytkowania umożliwia ich właściwy dobór.

W dostępnej literaturze pojęcie „użytkowania ekstensywnego” traktowane jest raczej jako hasło, niż jako termin ściśle określający przyjęty sposób użytkowania. Zabiegi pielęgnacyjne ograniczają się zazwyczaj do kilku koszeń w roku oraz nawożenia „startowego” (przed lub bezpośrednio po wysiewie nasion), najczęściej w ilości ok. 50 kg N, 50–100 kg P₂O₅ i 12–50 kg K₂O na 1 ha (Dernoeden i in., 1994, 1998; Diesburg i in., 1997; Ebdon i Skogley, 1985; Mintenko i in., 2002; Jankowski i in., 1999, 2003). W kolejnych latach użytkowania, określanego mianem ekstensywnego lub niskonakładowego (ang. *low-maintenance* lub *low-input*), trawnika raczej się nie podlewa oraz nie nawozi lub stosuje się niewielkie dawki od 25 do 60 kg N na ha rocznie.

W roku 2001 w wykazie polskich odmian rolniczych, w obrębie 10 gatunków traw znajdowało się 88 odmian trawnikowych, w tym 29 z hodowli krajowych (COBORU, 2001). W tym wykazie brakuje jednak informacji o specyfice użytkowej poszczególnych odmian. Celem niniejszej pracy było określenie przydatności krajowych odmian traw gazonowych do uprawy w warunkach zaniechania nawożenia oraz ograniczenia zabiegów pielęgnacyjnych.

MATERIAŁ I METODA

Badaniami objęto łącznie 40 obiektów, w tym: 33 odmiany (24 krajowe), 6 rodów oraz 1 ekotyp w obrębie 10 gatunków traw gazonowych (tab. 1). Doświadczenie założono w kwietniu 2001 roku, w trzech powtórzeniach w układzie losowanych bloków. Podłożem była gleba płowa, gliniasto-piaszczysta o pH = 6,5 oraz zawartości 13,5 mg P₂O₅, 8,0 mg K₂O oraz 4,3 mg MgO na 100 g gleby. Poletka o powierzchni 1 m² obsiewano ręcznie, stosując następujące normy wysiewu nasion (w gramach na poletko): wiechlina łąkowa,

śmiałek darniowy, strzępica nadobna — 10, kostrzewa owcza, różnolistna i czerwona *sensu lato* — 15, życica trwała i kostrzewa trzcinowa — 25.

Tabela 1

Wykaz odmian, rodów i ekotypów ocenianych w warunkach ekstensywnych
List of varieties, breeding lines and ecotype examined in extensive turf trial

Lp. No.	Rodzaj, gatunek Genus, species	Nazwa odmiany, nr rodu (status obiektu) Name of variety, no. of strain (object status)	Dawca Donor	Kraj Country
1	<i>Festuca arundinacea</i>	Rahela [2] *	ZDHAR Radzików	POL
2	<i>Festuca arundinacea</i>	Skarpa [2] *	HBP - Kraków	POL
3	<i>Festuca arundinacea</i>	Terros [2] *	HR - Szelejewo, sp. z.o.o.	POL
4	<i>Festuca arundinacea</i>	Bartes [2]	Barenbrug BV	NLD
5	<i>Festuca heterophylla</i>	Sawa [2]	SHR Nieznanice	POL
6	<i>Festuca nigrescens</i>	Nimba [2]	Nieznanice	POL
7	<i>Festuca nigrescens</i>	WOM - 198 [1]	WOMIR, sp. z.o.o., Guzowice	POL
8	<i>Festuca nigrescens</i>	Lifalla [2]	DSV Lippstadt	DEU
9	<i>Festuca rubra rubra</i>	Areta [2]	PHR, SHR Antoniny	POL
10	<i>Festuca rubra rubra</i>	Leo [2]	SHR Nieznanice	POL
11	<i>Festuca rubra rubra</i>	Ensylvia [2]	CEBECO Żaden	DNK
12	<i>Festuca rubra trichophylla</i>	Adio [2]	SHR Nieznanice	POL
13	<i>Festuca rubra trichophylla</i>	WOM - 298 [1]	WOMIR, sp. z.o.o., Guzowice	POL
14	<i>Festuca rubra trichophylla</i>	Barcrown [2]	Barenbrug BV	NLD
15	<i>Festuca ovina</i>	Espro [2]	ZDHAR Bartązek	POL
16	<i>Festuca ovina</i>	Gabi [2]	ZDHAR Grodkowie	POL
17	<i>Festuca ovina</i>	Mimi [2]	SHR Nieznanice	POL
18	<i>Festuca ovina</i>	Noni [2]	SHR Nieznanice	POL
19	<i>Festuca ovina</i>	Sima [2]	SHR Nieznanice	POL
20	<i>Festuca ovina</i>	Witra [2]	SHR Nieznanice	POL
21	<i>Festuca ovina</i>	Livina [2]	DSV Lippstadt	DEU
22	<i>Lolium perenne</i>	BA - 1233 [1]	ZD Bartązek	POL
23	<i>Lolium perenne</i>	Gazon [2]	SHR Nieznanice	POL
24	<i>Lolium perenne</i>	Inka [2]	SHR Nieznanice	POL
25	<i>Lolium perenne</i>	Niga [2]	SHR Nieznanice	POL
26	<i>Lolium perenne</i>	Nira [2]	SHR Nieznanice	POL
27	<i>Lolium perenne</i>	Stadion [2]	ZDHAR Radzików	POL
28	<i>Lolium perenne</i>	Stoper [2]	SPTiRM, IHAR Radzików	POL
29	<i>Lolium perenne</i>	Lisuna [2]	DSV Lippstadt	DEU
30	<i>Poa pratensis</i>	Alicja [2]	SHR Nieznanice	POL
31	<i>Poa pratensis</i>	Ani [2]	SHR Nieznanice	POL
32	<i>Poa pratensis</i>	Bila [2]	ZD Bartązek	POL
33	<i>Poa pratensis</i>	Chałupy [1]	SPTiRM, IHAR Radzików	POL
34	<i>Poa pratensis</i>	Dresa [1]	SPTiRM, IHAR Radzików	POL
35	<i>Poa pratensis</i>	Gol [2]	SPTiRM, IHAR Radzików	POL
36	<i>Poa pratensis</i>	Conni [2]	DLF - Trifolium	NLD
37	<i>Poa pratensis</i>	Cynthia [2]	Mommersteeg Int. /NLD	NLD
38	<i>Poa pratensis</i>	Limousine [2]	DSV Lippstadt	DEU
39	<i>Deschampsia caespitosa</i>	Brok [1]	SPTiRM, IHAR Radzików	POL
40	<i>Koeleria cristata</i>	OB - 1032/90 [3]	OBIHAR, Bydgoszcz	POL

Objaśnienie: Status obiektu: [1] — Ród hodowlany, [2] — Odmiana hodowlana, [3] — Ekotyp, * Odmiana pastewna, stosowana również do zasiewów trawnikowych

Explanation: Object status: [1] — Breeding line, [2] — Commercial variety, [3] — Ecotype, * Pasture variety, Used also for turf

Po wysiewie nasiona przykryto warstwą piasku rzeczno i podlewano do momentu wschodów. W roku siewu poletka nawożono dwukrotnie, wprowadzając łącznie (w przeliczeniu na 1 ha): 170 kg N, 49 kg P₂O₅ i 124 kg K₂O. W roku 2001 wykonano łącznie 5 koszeń na wysokość 5 cm. W kolejnych latach badań zaniechano całkowicie nawożenia, ograniczając zabiegi pielęgnacyjne do wałowania po zimie, wiosennego wygrabiania oraz koszenia na wysokość ok. 7 cm. Rocznie przeprowadzano od 9 do 13 koszeń kosiarką rotacyjną ze zbieraczem pokosu, kosząc wszystkie poletka jednocześnie. W okresach znaczących niedoborów opadów doświadczenie nawadniano za pomocą zraszacza rotacyjnego.

Temperatura w sezonach wegetacyjnych 2002–2005 była wyższa od średniej wielolecia (12,2°C, za lata 1970–1990) od 0,5°C (2004) do 1,8°C (2002). Jedynie w roku wysiewu wyniosła ona 12,1°C. Pod względem opadów, sezony wegetacyjne w latach 2002, 2003 i 2005 były suche (odpowiednio 89,3; 61,6 i 81,2% sumy opadów z wielolecia). Najwięcej opadów zanotowano w sezonie wegetacyjnym 2001 — 133,1% w stosunku do sumy z wielolecia (377 mm za lata 1970–1990). Zimy w okresie prowadzenia obserwacji były zróżnicowane, od stosunkowo ciepłych i wilgotnych (np. 2001/2002 — średnia temperatura powietrza od listopada do marca +1,7°C, suma opadów 171 mm) do mroźnych i suchych (2002/2003 — średnia temperatura -1,6°C, opady — 88 mm).

Ocenę prowadzono zgodnie z przyjętą w IHAR metodyką, tzn. stosując skalę bonitacyjną 9-stopniową, która obejmowała: określenie stanu poletek po zimie (wczesną wiosną), zadarnienia poletek i ich ogólny aspekt określane na wiosnę, latem i jesienią (Prończuk 1993; Prończuk i in., 1997). Jako minimalną wartość zadowalającą dla zadarnienia oraz aspektu ogólnego przyjęto 5.0 (Diesburg i in., 1997; Dernoeden i in., 1998; Mintenko i in., 2002). W okresie największego porażenia chorobami oceniano bonitacyjnie stopień nasilenia: pleśni śniegowej, rdzy oraz zespołu czerwonej nitkowatości. Do tej oceny zastosowano skalę 9-stopniową, gdzie 9 oznacza rośliny całkowicie zdrowe a 1 — rośliny całkowicie zamarte (Prończuk, 2000). W latach 2003–2005 oceniono również zachwaszczenie poletek, określając w% powierzchnię poletek zajęta przez chwasty dwuliścienne.

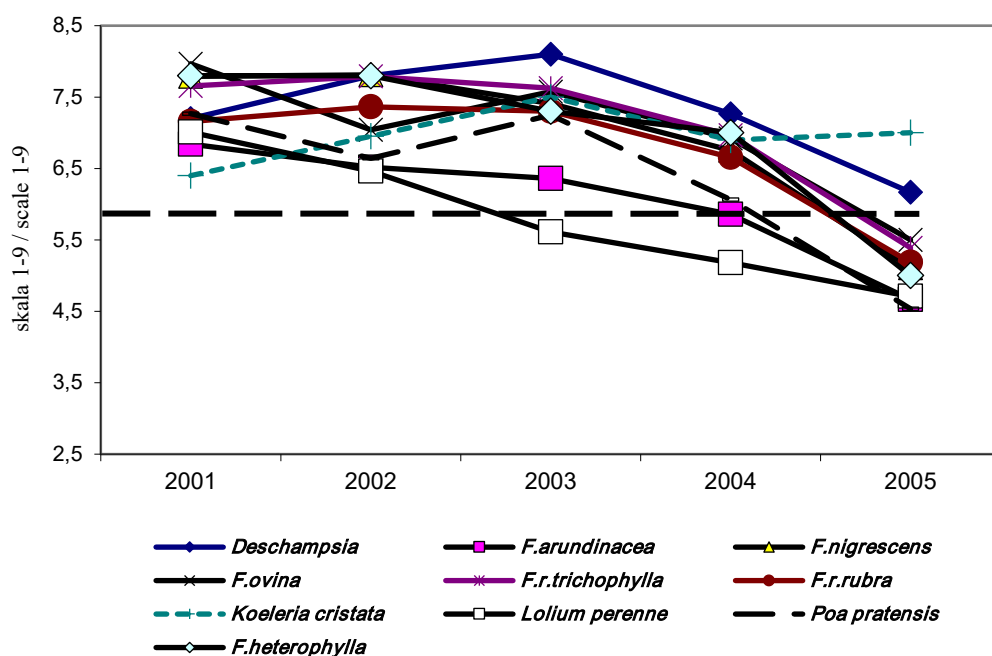
Uzyskane wyniki analizowano za pomocą pakietu statystycznego STATISTICA v.6.0. Dane obserwacyjne, jako niespełniające wymogów rozkładu normalnego poddano transformacji logarytmicznej: $z(y) = \ln(y+1)$. O istotności różnic pomiędzy średnimi wnioskowano z prawdopodobieństwem 95%, w oparciu o test rozstępu Duncana. Interpretację merytoryczną prowadzono w oparciu o średnie retransformowane. Dla określenia zależności ogólnego aspektu estetycznego od zadarnienia i zachwaszczenia przeprowadzono analizę regresji wielokrotnej w układzie krokowym, bez stałej (Laudański i in., 2004). Dla wyodrębnienia grup obiektów odznaczających się najkorzystniejszymi walorami użytkowymi dokonano podziału badanych obiektów metodą k-średnich.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki pięcioletniej oceny wskazują na stopniową degenerację darni badanych obiektów, zarówno pod względem jej rozrzedzania się, jak i wzrostu zachwaszczenia, a

w konsekwencji obniżania walorów estetycznych. Zadarnienie badanych odmian i rodów osiągało swoje optimum, w zależności od gatunku (rys. 1) lub odmiany (tab. 2) po dwóch lub trzech latach po wysiewie. Od tego momentu następowało stopniowe rozrzedzanie darni. Największy spadek zadarnienia, o ponad 40% w stosunku do wartości optymalnej z roku 2003, stwierdzono dla obiektów wiechliny łąkowej. Ród Chałupy utracił ponad 43,1% zadarnienia, odmiana Alicja — 41,3%, a odmiana holenderska Cynthia — 41,2%. Wiechlina łąkowa uważana jest za gatunek źle znoszący niedostatki pokarmowe czy suszę, a jego jakość trawnikowa maleje w miarę upływu czasu w warunkach użytkowania ekstensywnego (Minner i Butler, 1985; Diesburg i in., 1997).

Najmniejszy spadek zadarnienia zanotowano dla strzępicy nadobnej, zaledwie o 6,7% w stosunku do roku 2003. W badaniach własnych (Żurek, 2000) stwierdzono stałość zadarnienia badanych ekotypów strzępicy w latach 1997–1999 przy jednoczesnym spadku średnich rocznych wartości tej cechy dla odmian i rodów kostrzewy trzcinowej, k. czarniawej, k. owczej, życicy trwałej i wiechliny łąkowej.



Objaśnienie; Explanation:

- - - - - Wartość uważana za minimalną do przyjęcia przez użytkownika; Minimal user-accepted value

Rys. 1. Zmiany zadarnienia poletek w latach od 2001 (rok siewu) do 2005 (średnie dla gatunków)

Fig. 1. Changes in sward density from 2001 (sowing year) to 2005 (mean for species)

Tabela 2

Zestawienie wyników oceny zadarnienia, ogólnego aspektu oraz zachwaszczenia
Results of evaluation of sward density, general aspect and share of weeds

Grupa Group	Odmiana, numer rodu Name of variety, no. of strain	Zadarnienie poletek (ZA) (średnie z lat) Plot sward density (SD) (mean from years)				Spadek ZA ¹⁾ (%) SD decrease ¹⁾ (%)	Ogólny aspekt (średnie z lat) General aspect (mean from years)				Chwasty w runi (%) Weeds in sward (%)
		2002	2003	2004	2005		2002	2003	2004	2005	
1	Adio	6,9*	7,2	6,4	5,2	27,5	6,6	5,2	4,4	4,0	11,7
1	Alicja	6,8	7,1*	5,8	4,2	41,3	5,6	4,6	3,7	3,0	43,3
1	Ani	6,7	7,3*	6,1	4,7	36,1	6,1	4,8	4,2	3,3	43,3
1	Bartes (NLD)	7,2*	6,5	6,1	4,8	32,9	7,1	5,0	4,8	5,2	5,7
1	Bila	6,3	7,0*	5,7	4,7	33,0	5,9	4,5	3,8	2,3	45,0
1	Chałupy	6,8	7,0*	5,7	4,0	43,1	6,6	4,7	3,9	2,3	40,0
1	Cynthia (NLD)	6,6	7,4*	5,8	4,3	41,2	5,6	4,7	4,2	2,7	28,3
1	Ensylva (NLD/F)	7,2*	7,2	6,8	5,0	30,6	6,8	5,3	4,4	3,0	10,0
1	Leo	6,9*	6,9	6,0	5,0	27,5	6,3	5,0	4,4	3,7	16,7
2	Areta	6,6	6,8*	6,1	5,0	26,5	6,2	5,0	4,2	3,7	16,7
2	Dresa	5,6	7,1*	6,1	4,7	34,0	5,1	4,5	3,7	3,0	36,7
2	Gol	5,9	6,8*	5,9	4,3	36,1	5,2	4,7	4,2	3,0	43,3
2	Rahela	6,3	6,4*	5,8	4,3	32,3	6,0	4,8	4,5	4,5	11,7
2	Skarpa	6,2	6,3*	5,6	4,8	22,9	6,1	5,1	4,7	5,0	10,7
2	Terros	6,3*	6,2	5,9	4,7	26,3	5,9	4,8	4,8	4,8	6,7
3	Ekot. 1032	7,0	7,5*	6,9	7,0	6,7	7,0	5,8	6,1	5,8	25,0
3	Brok	7,8	8,1*	7,3	6,2	23,9	6,1	5,4	4,9	4,2	10,0
3	Espro	6,9	7,3*	6,8	6,0	18,2	6,1	4,9	5,0	5,7	2,7
3	Gabi	7,1	7,5*	7,2	5,7	24,4	6,4	4,8	5,0	5,3	2,7
3	Livina (DEU)	6,9	7,7*	7,1	5,2	32,6	6,1	4,5	3,8	4,0	28,3
3	Mimi	7,3	7,5*	6,9	5,5	26,3	6,4	4,7	5,0	5,3	7,3
3	Sima	6,6	7,5*	6,7	5,2	31,1	5,8	4,2	3,8	4,0	36,7
3	Witra	7,0	7,6*	6,8	5,8	22,9	6,0	4,7	3,9	4,3	10,0
4	Barcrown (NLD)	8,4*	8,1	7,5	5,5	34,5	7,8	6,3	5,0	4,2	5,7
4	Conni (DNK)	7,6*	7,6	6,7	5,2	31,7	7,3	5,5	4,5	3,7	18,3
4	Lifalla (DEU)	7,5	7,4	6,8	4,7	37,5	7,1	5,2	4,5	2,8	13,3
4	Limusine (DEU)	7,6	8,1*	6,8	5,0	38,3	6,5	5,7	4,5	3,7	25,0
4	Nimba	8,0*	7,1	6,8	5,5	31,5	7,5	5,1	4,8	4,0	13,3
4	Noni	7,5	8,0*	7,0	5,2	35,4	6,6	5,0	4,5	4,5	21,7
4	Sawa	7,8*	7,3	7,0	5,0	35,9	6,9	5,2	4,0	3,5	20,0
4	WOM – 198	7,9*	7,7	6,7	5,2	34,9	7,7	5,3	4,7	4,0	8,3
4	WOM – 298	8,1*	7,6	7,0	5,5	32,1	7,6	5,9	4,4	4,5	8,3
5	BA-1233	7,1*	5,7	5,1	4,7	34,6	7,2	4,4	4,3	4,8	10,0
5	Gazon	5,8*	5,2	5,1	4,5	22,0	5,4	4,3	3,8	4,7	8,3
5	Inka	6,2*	5,9	5,3	4,7	24,3	5,8	4,8	4,0	4,5	12,3
5	Lisuna (DEU)	6,8*	5,6	5,1	5,0	26,1	6,3	4,3	4,1	4,7	18,3
5	Niga	6,3*	5,8	5,4	4,5	28,6	5,9	4,6	3,9	4,5	9,0
5	Nira	6,2*	5,6	5,2	4,5	27,8	5,8	4,7	3,9	4,5	7,3
5	Stadion	6,7*	5,7	5,2	4,8	27,9	6,3	4,4	4,3	4,7	10,0
5	Stoper	6,6*	5,4	5,1	5,0	24,6	6,1	4,1	4,3	4,7	6,7
NIR — LSD		0,56	1,00	1,01	1,09	16,60	0,52	0,95	0,91	1,48	13,16

Objaśnienie; Explanation: * Wartość maksymalna zadarnienia dla danego obiektu; Maximum value of sward density for given object

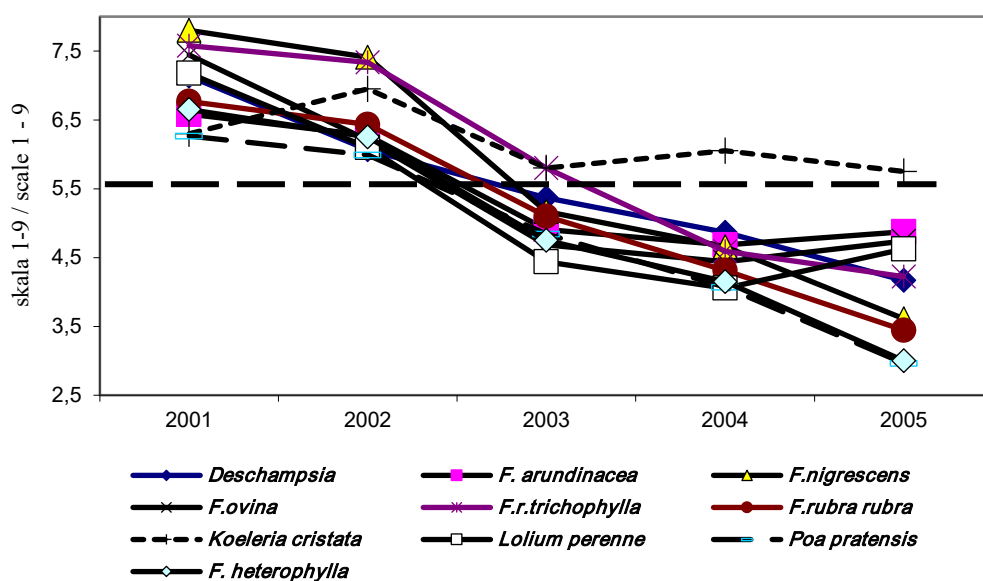
¹⁾ Spadek ZA / ¹⁾ SD decrease (%) = 100 — (ZA₂₀₀₅/ZA_{maks})*100

Wartość współczynnika zmienności zadarnienia strzępicy, stwierdzona w tych badaniach wynosiła od 1 do 5%, podczas gdy dla innych gatunków wahała się od ok. 6% (śmiałek darniowy) do ok. 10% (kostrzewy: trzcinowata, czarniawa i owcza). Stałość zadarnienia

strzępicy w kolejnych latach użytkowania, decydującą o jej przydatności do zasiewów trawnikowych, potwierdzają również Cattani i Smith (1996) oraz Mintenko i wsp. (2002).

Spośród innych badanych obiektów względnie dobrym zadarnieniem po 4 latach użytkowania wyróżniły się: kostrzewa owcza Espro — spadek o 18,2%, życica trwała Gazon i kostrzewa trzcinowa Skarpa (spadek o 22,0%) oraz kostrzewa owcza Witra (22,9%). Wysoką wartość zadarnienia odmian Espro i Witra w użytkowaniu ekstensywnym potwierdzili również Harkot i Czarnecki (1999).

Rozrzedzona darń stanowiła doskonałe miejsce do osiedlania się chwastów dwuliściennych, głównie z rodziny złożonych (np. *Taraxacum officinale*, *Leontodon autumnalis*, *Hypochoeris glabra*, *Helichrysum arenarium*) i motylkowatych (np. *Trifolium dubium*, *Trifolium campestre*, *Lotus corniculatus*) (tab. 2). Stwierdzono istotne, ujemne wartości współczynnika korelacji pomiędzy zadarnieniem i zachwaszczeniem w latach 2004 ($r = -0,53$, $p < 0,001$) oraz 2005 ($r = -0,45$, $p < 0,01$). Największy udział chwastów po 4 latach użytkowania stwierdzono w runi krajowych odmian i rodów wiechliny łąkowej: chwasty dwuliścienne zajmowały od 37% (Dresa) do 45% (Bila) powierzchni poletek. U odmian zagranicznych tego gatunku stwierdzono mniejsze zachwaszczenie: od 18% (Conni) do 25% (Limusine). Zaledwie kilkuprocentowy udział chwastów stwierdzono natomiast w runi krajowych odmian kostrzewy owczej Espro i Gabi (po 2,7%) oraz holenderskich odmian kostrzew: trzcinowej Bartes i czerwonej pośredniej Barcrown (po 5,7%). Zdecydowana większość pozostałych badanych obiektów nie różniła się istotnie pod względem wartości tej cechy.



Objaśnienie; Explanation:

- - - - - Wartość uważana za minimalną do przyjęcia przez użytkownika; Minimal user-accepted value

Rys. 2. Zmiany ogólnego aspektu w latach 2001–2005 (średnie dla gatunków)

Fig. 2. Changes in general aspect from 2001 to 2005 (mean for species)

Rozrzedzenie darni oraz wzrost zachwaszczenia wpłynęły na obniżenie walorów estetycznych badanych obiektów (tab. 2, rys. 2). Analiza regresji wykazała (tab. 3), iż w miarę starzenia się darni, zadarnienie decydowało w coraz większym stopniu o wyglądzie trawnika: od 32% (współczynnik regresji 0,32) w roku 2003 do 55% w roku 2005. Zwiększał się również wpływ zachwaszczenia: od 23% w roku 2003 do 42% w roku 2005. Według Laudańskiego i wsp. (2004) zadarnienie decyduje w 70% o wyglądzie trawnika otrzymanego z odmian różnych gatunków kostrzew. Pozostałe cechy determinujące wygląd darni to: zabarwienie (ok. 20%) i doskonałość liścia (10%).

Tabela 3

Wyniki analizy regresji wielokrotnej dla zależności ogólnego aspektu estetycznego od zadarnienia i zachwaszczenia poletek

Results of multiple regression analysis to describe relationship between general aspect, sward density and weed infestation of plots

Cechy Traits	Współczynnik regresji Regression coefficient	Błąd standardowy Standard error	Wartość t T value	Istotność Significance	Współczynnik determinacji (%) Determination coefficient (%)
Rok 2003 — Year					
Średnie zadarnianie Average sward density	0,32	0,08	4,10	0,00	40,9
Zachwaszczenie Weed infestation	0,23	0,14	1,64	0,11	
Rok 2004 —Year					
Średnie zadarnianie Average sward density	0,26	0,08	3,26	0,00	50,5
Zachwaszczenie Weed infestation	0,29	0,06	4,52	0,00	
Rok 2005 —Year					
Średnie zadarnianie Average sward density	0,55	0,18	3,13	0,00	54,3
Zachwaszczenie Weed infestation	0,42	0,09	4,63	0,00	

O ile zadarnienie utrzymywało się dla większości badanych gatunków na poziomie zadowalającym (tj. nie niższym niż 5) przez 3 kolejne lata pełnego użytkowania, to wartość estetyczna trawnika spadła poniżej 5 już w drugim roku (rys. 2). Według Diesburga i wsp. (1997) wartość estetyczna trawnika nie jest jednak cechą najważniejszą przy użytkowaniu niskonakładowym. O przydatności użytkowej takiego trawnika decyduje trwała darń, która powinna równomiernie pokrywać powierzchnię ziemi, stabilizując glebę, ograniczając pylenie, powstawanie błota oraz zachwaszczanie.

Czynnikami mającym istotny wpływ na zadarnienie oraz aspekt ogólny badanych obiektów były warunki zimowe w latach 2001/2002 oraz 2002/2003. Ocena przeziimowania, wykonana na początku 2002 roku wyodrębniła dwa obiekty, wyróżniające się dobrą kondycją po zimie — śmiełek darniowy Brok oraz kostrzewę czarniawą Nimba (tab. 4). Po tej zimie zanotowano również silne porażenie pleśnią śniegową. Choroba ta porażała wszystkie badane obiekty, choć ze zróżnicowanym nasileniem. Najbardziej podatne na

porażenie pleśnią śniegową były: obiekty życicy trwałej od 2,2 dla rodu BA-1233 do 4,7 dla odmiany Nira, odmiana kostrzewy trzcinowej Bartes (3,8), ród kostrzewy czarniawej WOM-198 (5,0), odmiana kostrzewy czerwonej rozłogowej Ensylva (5,3), odmiana wiechliny łąkowej Conni (5,7) i ekotyp strzępicy nadobnej (4,5). Z kolei jedynie ślady porażenia tą chorobą stwierdzono na poletkach kostrzew owczych Espro, Gabi i Mimi, wiechlin: Dresla i Cynthia oraz śmiałka darniowego. Uszkodzenia spowodowane pleśnią śniegową miały istotny wpływ na rozrzedzenie darni badanych obiektów aż do 3 roku od wystąpienia objawów choroby. Stwierdzono wysokie, dodatnie wartości współczynników korelacji zadarnienia i porażenia pleśnią śniegową w latach 2002 ($r = 0,73$, $p < 0,01$), 2003 ($r = 0,68$, $p < 0,01$) oraz 2004 ($r = 0,58$, $p < 0,01$). Zależność ta w roku 2005 była nieistotna statystycznie.

Pleśń śniegowa, powodowana przez grzyb *Microdochium nivale* uważana jest za jedną z najgroźniejszych chorób traw w północnych rejonach Europy (Prończuk, 2000). Uszkodzenia, objawiające się najczęściej wiosną mogą prowadzić do całkowitego zniszczenia darni. W wypadku życicy trwałej najsilniej porażane są odmiany odznaczające się najwyższymi wartościami zadarnienia (Prończuk, Prończuk, 2003).

Po kolejnej, znacznie dłuższej i bardziej mroźnej zimie (2002/2003) przezimowanie badanych obiektów wahało się od 1,5 (Bartes) do 3,0 (Brok). Tak silna redukcji stanu roślin, znalazła swoje odzwierciedlenie w aspekcie ogólnym ocenianym w połowie maja ($r = 0,38$, $p < 0,05$). W lecie nie stwierdzono już relacji między przezimowaniem a aspektem ogólnym – badane obiekty zdołały się zregenerować w ciągu ok. 3 miesięcy.

Oprócz wymienionej powyżej pleśni śniegowej, stwierdzono również inne choroby, obniżające walory użytkowe trawnika (tab. 4). Stwierdzono występowanie chorób powodowanych przez grzyby rdzawnikowe (lata 2001, 2002, 2003) oraz zespół czerwonej nitkowatości (2002 i 2003).

Choroby powodowane przez grzyby rdzawnikowe rejestrowano głównie na wiechlinie łąkowej. Najbardziej podatne na porażenie tymi patogenami były: odmiana niemiecka Limusine (od 3,8 w 2001 r. do 6,7 w roku 2003) oraz ród Dresla (od 5,0 w 2001 r. do 6,7 w 2003). Równie silne porażenie tych obiektów stwierdzili w swych badaniach Prończuk (2000) oraz Prończuk i Prończuk (2003). Ród Dresla był najsilniej porażany w użytkowaniu Relaks a odmiana Limusine — w umiarkowanym zacienieniu (Park). Patogeny powodujące te objawy chorobowe (*Puccinia poe-nemoralis* i *P. striiformis*) mogą stanowić poważne zagrożenie nie tylko dla trawników użytkowanych ekstensywnie, ale również dla intensywnie użytkowanych nawierzchni w warunkach wolnego wzrostu, zahamowanego np. przez suszę czy niską temperaturę (Prończuk i Prończuk, 2003).

Największe nasilenie objawów chorobowych zwanych zespołem czerwonej nitkowatości obserwowano głównie na odmianie kostrzewy czarniawej Nimba w roku 2002, a w roku 2003 oprócz wymienionej, na odmianach kostrzewy czerwonej rozłogowej, rodach WOM-198 i 298 oraz kostrzewie różnolistnej Sawa. Silniejsze porażenie kostrzewy czerwonej patogenami powodującymi ten zespół chorobowy stwierdzili również Majtkowska i wsp. (1997). Czynnikiem sprzyjającym pojawianiu się symptomów tej choroby był z całą pewnością brak nawożenia mineralnego, a zwłaszcza azotu (Smiley i in., 1992).

Tabela 4

Wyniki oceny: stanu poletok po zimie oraz porażenia chorobami
Results of plot condition evaluation after winter and disease infestation

Grupa Group	Odmiana, numer rodu Name of variety, no. of strain	Stan poletok po zimie Plots condition after winter		Porażenie chorobami — Disease infestation					
				rdze rust diseases			pleśń śniegowa snow-mould	czerwona nitkowatość red-thread	
		2001–2002	2002–2003	2001	2002	2003	2001–2002	2002	2003
1	Adio	4,3	2,7	7,5	9,0	9,0	6,8	8,3	4,0
1	Alicja	3,0	2,5	7,0	7,3	6,0	7,2	9,0	8,7
1	Ani	2,7	2,3	6,3	8,5	6,0	6,3	9,0	9,0
1	Bartes	2,7	1,5	8,0	9,0	9,0	3,8	9,0	8,3
1	Bila	2,0	2,2	7,0	8,0	5,7	7,7	9,0	8,7
1	Chałupy	2,1	1,6	7,3	8,8	6,5	6,3	9,0	8,5
1	Cynthia	2,2	2,7	8,0	8,8	6,7	8,3	9,0	7,7
1	Ensylva	4,3	2,3	8,0	9,0	9,0	5,3	8,8	7,0
1	Leo	4,7	2,7	7,3	9,0	9,0	7,7	8,3	4,7
2	Areta	4,7	2,8	8,0	9,0	9,0	7,5	8,3	5,3
2	Dresa	1,7	2,7	5,0	7,3	6,7	8,3	9,0	8,7
2	Gol	2,7	2,3	7,5	8,3	6,0	7,5	9,0	9,0
2	Rahela	3,3	2,7	8,0	9,0	9,0	7,0	9,0	9,0
2	Skarpa	4,3	2,7	8,0	9,0	9,0	6,0	9,0	9,0
2	Terros	4,3	2,8	8,0	9,0	9,0	6,7	9,0	9,0
3	1032	5,0	2,5	8,0	9,0	9,0	4,5	9,0	8,0
3	BROK	6,7	3,0	8,0	8,5	9,0	8,7	9,0	9,0
3	Espro	3,0	2,8	8,0	9,0	9,0	8,2	9,0	8,0
3	Gabi	2,7	2,0	8,0	9,0	9,0	8,7	9,0	7,7
3	Livina	3,0	1,8	8,0	9,0	9,0	7,8	8,6	7,3
3	Mimi	2,7	2,0	8,0	9,0	9,0	8,7	9,0	6,7
3	Sima	2,7	2,0	7,0	9,0	9,0	6,3	8,7	8,0
3	Witra	2,7	2,3	8,0	9,0	9,0	6,3	9,0	8,7
4	Barcrown	4,0	2,2	7,5	9,0	9,0	7,2	8,8	8,0
4	Conni	2,7	2,0	8,0	8,3	7,0	5,7	9,0	8,3
4	Lifalla	5,0	2,3	8,0	9,0	9,0	6,3	8,9	7,7
4	Limusine	3,8	2,0	3,8	6,7	6,7	6,3	9,0	8,7
4	Nimba	5,7	2,7	8,0	9,0	9,0	6,3	6,8	4,0
4	Noni	2,7	2,0	8,0	9,0	9,0	7,3	9,0	8,3
4	Sawa	3,7	2,2	8,0	9,0	9,0	7,0	8,5	5,0
4	WOM - 198	4,7	2,0	7,3	9,0	9,0	5,0	8,3	6,0
4	WOM - 298	3,7	2,0	8,0	9,0	9,0	6,0	8,5	6,0
5	BA-1233	3,3	1,8	8,0	9,0	9,0	2,2	8,9	7,7
5	Gazon	3,3	2,3	8,0	8,8	9,0	4,2	9,0	8,3
5	Inka	3,3	2,2	7,7	9,0	9,0	4,3	9,0	8,3
5	Lisuna	3,3	1,8	8,0	9,0	9,0	2,5	8,3	7,3
5	Niga	3,0	2,2	8,0	9,0	9,0	4,7	8,8	8,3
5	Nira	3,3	2,2	8,0	9,0	9,0	3,7	9,0	8,0
5	Stadion	3,0	2,0	8,0	9,0	9,0	2,5	8,9	8,0
5	Stoper	3,0	1,8	8,0	9,0	9,0	2,5	8,9	8,3
NIR (P = 95%)		1,12	0,76	2,1	0,9	1,5	2,4	0,9	1,9
LSD (P = 95%)									

Objaśnienie: **Wytłuszczone** — istotnie najwyższe wartości dla poszczególnych cech

Explanation: **Bold** — the significantly highest values for particular traits

W wyniku podziału badanych obiektów metodą k-średnich otrzymano 4 grupy, z których grupa 3 jest zbiorem obiektów odznaczających się względnie najwyższymi

wartościami zadarnienia oraz ogólnego aspektu podczas 4 letniego użytkowania w warunkach ekstensywnych (tab. 5).

Tabela 5

Charakterystyka grup obiektów wyznaczonych metodą k-średnich (obiekty w grupach — patrz Tabela 2)
Characteristics of cultivar groups selected on the basis of k-means method (objects in groups — see Table 2)

Grupa Group	Zadarnienie poletek (ZA) (średnie z lat) Plot sward density (SD) (mean from years)				Spadek ZA ¹⁾ (%) SD decrease ¹⁾	Ogólny aspekt (średnie z lat) General aspect (mean from years)				Chwasty w runi (%) Weeds in sward (%)
	2002	2003	2004	2005		2002	2003	2004	2005	
	2002	2003	2004	2005		2002	2003	2004	2005	
1	6,8	7,1	6,0	4,7	31,6	6,3	4,9	4,2	3,3	18,7
2	6,2	6,6	5,9	4,6	24,4	5,8	4,8	4,4	4,0	17,9
3	7,1	7,6	7,0	5,8	17,6	6,2	4,9	4,7	4,8	11,2
4	7,8	7,6	6,9	5,2	33,3	7,2	5,4	4,6	3,8	10,6
5	6,5	5,6	5,2	4,7	26,9	6,1	4,5	4,1	4,6	12,8
NIR (P = 95%)	0,4	0,3	0,3	0,4	5,5	0,5	0,4	—	0,7	—
LSD (P = 95%)										

Objaśnienie: **Wytłuszczono** istotnie najwyższe wartości dla poszczególnych cech

Explanation: **Bold** — the significantly highest values for particular traits

Dla obiektów z grupy 3 (kostrzewy owcze: Espro, Gabi, Sima, Mimi, Witra i Livina oraz strzęplica nadobna i śmiałek darniowy) stwierdzono wysokie wartości zadarnienia w latach 2003–2005 przy najniższej średniej wartości spadku zadarnienia oraz względnie wysoką średnią wartością ogólnego aspektu po 4 latach użytkowania. Z kolei dla obiektów z grupy 4 (kostrzewy czarniawe, kostrzewa czerwona Barcrown i WOM-298, kostrzewa owcza Noni, kostrzewa różnolistna Sawa oraz wiechliny łąkowe Conni i Limusine) charakteryzujących się względnie wysokimi wartościami zadarnienia podczas całego okresu prowadzenia obserwacji stwierdzono znaczne obniżenie walorów estetycznych pod koniec doświadczenia (lata 2004–2005). Pozostałe badane obiekty należące do grup 1, 2 i 5 odbiegały istotnie od wymienionych wyżej pod względem obserwowanych cech.

Uzyskanie trawnika o zadowalających walorach estetycznych, przy braku nawożenia oraz zaledwie kilkukrotnym koszeniu wydaje się, w odniesieniu do większości badanych powyżej odmian i rodów, prawie niemożliwe. W niniejszej pracy stwierdzono jednak, iż w krajowym doborze odmian istnieją obiekty, które nawet w warunkach braku nawożenia potrafią utrzymywać podstawowe parametry użytkowe na zadowalającym poziomie (kostrzewy owcze: Espro, Mimi, Sima, Witra). Na istotną rolę odmian kostrzew owczych w procesie zadarniania powierzchni i inicjowania warstwy próchnicznej na stanowiskach skrajnie ekstensywnych (np. składowiska odpadów pokopalnianych) zwróciła uwagę Patrzalek (2000, 2003). Według Domańskiego (2003) wymienione wyżej odmiany kostrzewy owczej przydatne są na trawnikach zadarniających podłoże w niesprzyjających warunkach środowiskowych.

Stwierdzone zależności potwierdzają również badania Kasperczyka i Gołębia (1999) nad zmianami składu florystycznego runi pastwisk nienawożonych. Gatunkami wrażliwymi na brak nawożenia i ustępującymi z runi były m.in. wiechlina łąkowa i życica trwała.

WNIOSKI

1. Odmian przydatnych do zadarniania terenów użytkowanych ekstensywnie należy szukać wśród kostrzew owczych, kostrzew czerwonych oraz strzępicy nadobnej.
2. W komponowaniu składu gatunkowego mieszanek trawnikowych z przeznaczeniem na tereny użytkowane ekstensywnie należałoby ograniczać udział gatunków mniej przydatnych do tego typu warunków, jak np. życicy trwałej czy wiechliny łąkowej.
3. Decyzję o zaniechaniu nawożenia i ograniczeniu podlewania trawnika można podjąć pod warunkiem przeanalizowania składu botanicznego nawierzchni. Przewaga któregokolwiek z gatunków 'wrażliwych' (np. wiechliny lub życicy) może sugerować problemy z utrzymaniem darni w dalszych latach.
4. Wykorzystując powyższe obserwacje można wytypować grupę gatunków i odmian, stanowiących podstawę do komponowania mieszanek z przeznaczeniem na trawniki użytkowane ekstensywnie (np. duże obszary parkowe, miejskie zieleńce, tereny zielone w pobliżu stref ochronnych źródeł wody pitnej) czyli wszędzie tam, gdzie konieczny jest kompromis pomiędzy jakością darni trawnikowej a czystym środowiskiem.

LITERATURA

- Cattani D., Smith Jr. S. R. 1996. 1996 Turfgrass Research Report. Dept. of Plant Science, Faculty of Agricultural and Food Sciences. The University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba, Canada: 1 — 3.
- COBORU, 2001. Lista odmian roślin rolniczych, Centralny Ośrodek Odmian Roślin Uprawnych, Słupia Wielka: 241 ss.
- Dernoeden P. H., Carroll M. J., Krouse M. J. 1994. Mowing of three fescue species for low-maintenance turf sites. *Crop Sci.* 34, 6: 1645 — 1649.
- Dernoeden P. H., Fidanza M. A., Krouse M. J. 1998. Low maintenance performance of five *Fescue* species in monostands and mixtures. *Crop Sci.* 38, 2: 434 — 438.
- Diesburg K., L., N. E. Christians, R. Moore, B. Branham, T., K. Danneberger, Z., J. Reicher, T. Voigt, D., D. Minner, R. Newman. 1997. Species for low-input sustainable turf in the U.S. Upper Midwest. *Agron. J.* vol. 89, no. 4: 690 — 694.
- Domański P. 2003. Charakterystyka odmian trawnikowych zarejestrowanych w Polsce. Kostrzewa czerwona, kostrzewa owcza, kostrzewa różnolistna, kostrzewa trzcinowa. „ProDruk”, Poznań: 141 ss.
- Ebdon J. S., Skogley C. R. 1985. Performance of cool season turfgrass in mixture under reduced maintenance. *Proc. of 5th Int. Turfgrass Conference, Avignon*, 1–15 July: 275 — 283.
- Harkot W., Czarnecki Z. 1999. Przydatność polskich odmian traw gazonowych do zadarniania powierzchni w trudnych warunkach glebowych. *Fol. Univ. Aric. Stetin. 197 Agricultura*, 75: 117 — 120.
- Jankowski K., Jodełka J., Ciepiela G. A., Kolczarek R. 2003. Ocena traw gazonowych w ekstensywnym użytkowaniu trawnika. *Biul. IHAR* 225: 259 — 264.
- Jankowski K., Kolczarek R., Ciepiela G. A. 1999. Ocena wybranych gatunków traw gazonowych uprawianych ekstensywnie. *Fol. Univ. Aric. Stetin. 197 Agricultura*, 75: 147 — 152.
- Kasperczyk M., Gołąb B. 1999. Skład florystyczny runi nie nawożonych pastwisk górskich. *Fol. Univ. Aric. Stetin. 197 Agricultura* 75: 159 — 162.
- Laudański Z., Prończuk M., Prończuk M. 2004. Propozycja syntezy cech użytkowych w ocenie wartości trawnikowej odmian *Festuca* spp. *Biul. IHAR* 233: 181 — 193.
- Majtkowska G., Sadowski Cz., Prończuk S. 1997. Obserwacje nad występowaniem czerwonej nitkowatości *Laetisaria fuciformis* (Mc. Alp) Burdsall na wybranych gatunkach traw gazonowych w Bydgoszcz. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 451: 147 — 154.
- Minner D. D., J. D. Butler. 1985. Drought tolerance of cool season turfgrasses. *Procc. of the Fifth Int. Turfgrass Res. Conf., Avignon, France*, 1–15.07.1985, INRA: 199 — 212.

- Mintenko A., S., Smith R., S., Cattani D. J. 2002. Turfgrass evaluation of native grasses for the Northern Great Plains region. *Crop Sci.* 42: 2018 — 2024.
- Patrzalek A. 2000. Udział i rola roślinności spontanicznej w tworzeniu się zbiorowisk z wysiewanymi odmianami traw na gruncie z odpadowej karbońskiej masy skalnej. *Fragm. Flor. Geobot. Polonica* 7: 215 — 227.
- Patrzalek A. 2003. Znaczenie gatunków i odmian traw w rozwoju procesu darniowego na terenach rekultywowanych. *Biul. IHAR* 225: 359 — 363.
- Prończuk M. 2000. Choroby traw — występowanie i szkodliwość w uprawie na nasiona i użytkowaniu trawnikowym. *Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR* 4: 1 — 185.
- Prończuk S. 1993. System oceny traw gazonowych. *Biul. IHAR* 186: 127 — 132.
- Prończuk S. 2004. Ocena śmiałka darniowego (*Deschampsia cespitosa* L.) Brok w mieszankach trawnikowych z wiechlina łąkową (*Poa pratensis* L.) w warunkach intensywnego użytkowania i zacienienia. *Biul. IHAR* 233: 211 — 217.
- Prończuk M., Prończuk S. 2003. Rdza żółta — nowe zagrożenie wiechliny łąkowej w użytkowaniu trawnikowym i uprawie na nasiona w Polsce. *Biul. IHAR*, 225: 339 — 352.
- Prończuk S., Prończuk M., Żyłka D. 1997. Metody syntetycznej oceny wartości użytkowej traw gazownych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. z.* 451: 125 — 133.
- Smiley R. W., Dernoeden P. H., Clark B. B. 1992. Compendium of turfgrass disease. The American Phytopath. Society, Minnesota: 1 — 98.
- Willmott J. 1993. Selecting turfgrass for low maintenance sites. *CUTT, Cornell University Turfgrass Times*, 4 (3): 1 — 4.
- Żurek G. 2000. Strzęplice (*Koeleria* sp.) — mało znane gatunki do zadarniania terenów suchych. Cz. II. Ocena przydatności trawnikowej. *Łąkarstwo w Polsce (Grassland Science in Poland)*, 3: 185 — 192.

JACEK SIKORRA

Katedra Łąkarstwa

Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy

Wpływ intensywności użytkowania runi na zadarnienie nowo obsianego użytku zielonego

The influence of utilization intensity on the coverage rate of newly sown grassland

Celem badań była ocena zwarcia runi odnowionego użytku zielonego obsianego mieszankami trawiasto-koniczynowymi, które zgodnie z założeniem metodycznym użytkowano 4 i 6-kośnie. Badania prowadzono w latach 1999-2001 w dolinie Noteci na zdegradowanym pastwisku położonym na glebie murszastej. Poletka o powierzchni 6 m² obsiano 5 września 1998 roku 6 mieszankami różniącymi się dominantem. Rolę gatunku dominującego (30%) pełniły odmiany lub ród kostrzewy łąkowej: Skra, Pasja, Justa, BAH 197 oraz odmiany kupkówki pospolitej: Amara i Astera. Pozostałe komponenty w mieszankach stanowiły odmiany następujących gatunków: tymotka łąkowa Kaba (10%), życica trwała Argona (10%), kostrzewa czerwona Atra (15%), koniczyna biała Rawo (20%) i koniczyna łąkowa Karo (15%). Zwarcie runi użytku zielonego w istotny sposób warunkowane było intensywnością użytkowania. Lepiej zadarniały powierzchnię mieszanki koszone częściej (6-razy) w porównaniu do mieszanek koszonych 4-krotnie. W okresie prowadzenia badań runi mieszanek, w których dominowała kupkówka pospolita była bardziej rozluźniona w porównaniu do runi mieszanek z kostrzewą łąkową, w których dominowała życica trwała.

Słowa kluczowe: kostrzewa łąkowa, kupkówka pospolita, mieszanki, skład botaniczny, użytkowanie, zadarnienie

The aim of the research was an evaluation of sward thickness of renewed grassland sown with grass-clover mixtures which, according to the methodology, were utilized in a 4 cut and 6 cut manner. The field research was conducted in the Notec (village Nowe Dąbie) in the years 1999–2001. The experimental field was established on a degenerated pasture on the low quality soil. In the sowing mixtures, the dominant species (30%) constituted different cultivars of meadow fescue: Skra, Pasja, Justa (model strain), BAH 197 as well as orchard grass cultivars: Amara or Astera. The remaining components of the mixture were the cultivars of the following species: timothy grass — Kaba (10%), perennial ryegrass — Argona (10%), red fescue — Atra (15%), white clover — Rawo (20%), red clover — Karo (15%). The thickness of the sward of the renewed grassland was significantly determined by the intensity of utilization. Areas with mixtures cut more often (6 times) formed better swards than those with mixtures cut 4 times. The three year utilization period caused the orchard grass mixture sward to be looser in comparison with the meadow fescue mixture sward.

Key words: botanical composition, meadow fescue, mixtures, orchard grass, sward thickness, utilization

WSTĘP

Degradacja zbiorowisk trawiastych położonych na słabych glebach organogenicznych w dolinie Noteci wyraźnie obniża ich wartość gospodarczą. Następuje obniżenie plonowania, zachodzą niekorzystne zmiany w składzie florystycznym runi, a także znaczne rozluźnienie darni. Z porostu ustępują wartościowe trawy i rośliny motylkowate, a ich miejsce zajmują małowartościowe trawy i uciążliwe chwasty, które obniżają wartość pokarmową pozyskiwanej paszy (Baryła, 1996; Goliński, 1999; Sawicki i Krawczyk, 1999). Stanowi to poważny problem dla użytkowników łąk i pastwisk. Za najważniejsze czynniki powodujące degradację użytków zielonych należy uznać: obniżanie się naturalnej żyzności i przesuszenie siedliska, ograniczenie poziomu nawożenia lub jego całkowite zaniechanie oraz błędy popełniane w użytkowaniu i pielęgnacji (Baryła i in., 1994; Goliński, 1996; Kiryluk, 2001; Kozłowska i Szymczak, 2001; Wolski, 2001).

Zdolność utrzymania się wartościowych traw i roślin motylkowatych w runi jest jednym z podstawowych warunków otrzymania dobrej paszy objętościowej (Lutyńska, 1993; Sawicki, 1999). Stąd niezwykle ważnym elementem renowacji użytków zielonych jest właściwy dobór komponentów do mieszanek.

Celem badań była ocena zwarcia runi odnowionego użytku zielonego obsianego mieszankami trawiasto-koniczynowymi użytkowymi 4 i 6-kośnie.

MATERIAŁ I METODY

Badania terenowe prowadzono w latach 1999–2001 w dolinie Noteci na zdegradowanym pastwisku położonym na glebie murszastej zaliczanej do typu gleb murszowatych, rzędu pobagiennych, działu hydrogenicznych (kompleks użytków zielonych słaby 3z, klasa bonitacyjna V). Zawartość substancji organicznej w poziomie darniowym (A_1) wynosiła 6,5%, pH w 1 mg KCl — 6,8, 47 mg P, 27 mg K i 44 mg $Mg \cdot kg^{-1}$ gleby. Doświadczenie zostało założone w układzie losowanych podbloków w czterech powtórzeniach na poletkach o powierzchni 6 m². Wysiano 6 mieszanek różniących się dominantem. Rolę gatunków dominujących (30%) pełniły trzy odmiany kostrzewy łąkowej: Skra, Pasja, Justa i ród BAH 197 oraz dwie odmiany kupkówki pospolitej: Amera i Astera. Pozostałe komponenty w mieszankach stanowiły odmiany następujących gatunków: tymotka łąkowa Kaba (10%), życica trwała Argona (10%), kostrzewa czerwona Atra (15%), koniczyna biała Rawo (20%) i koniczyna łąkowa Karo (15%).

Nawożenie mineralne wynosiło 50 kg P, 100 kg K oraz 120 kg $N \cdot ha^{-1}$ (po 40 kg N pod I, II i III odrost w użytkowaniu 4-kośnym i po 30 kg pod I, II, III i IV odrost w użytkowaniu 6-kośnym). Wiosną 1999 roku z powodu dużego zachwaszczenia poletek konieczne było przeprowadzenie koszeń odchwaszczających. Spowodowało to, że poza dwoma koszeniami odchwaszczającymi ruń wszystkich badanych mieszanek użytkowana była tylko 3-kośnie. Natomiast w latach 2000–2001 zgodnie z założeniem metodycznym, badane mieszanki użytkowano 4 i 6-kośnie.

Ocenę zadarnienia powierzchni użytku zielonego wykonano w skali 9°, dwukrotnie w roku, tj. wiosną 10–14 dni po ruszeniu wegetacji oraz jesienią 10–14 dni po ostatnim

koszeniu, 1° — brak roślin 0–5% pokrycia powierzchni roślinami, 2° — bardzo małe 6–15%, 3° — małe 16–25%, 4° — małe do średniego 26–40%, 5° — średnie 41–60%, 6° — średnie do dużego 61–75%, 7° — duże 76–85%, 8° — duże do bardzo dużego 86–95%, 9° — bardzo duże 96–100%, zgodnie z metodyką badań wartości gospodarczej traw pastewnych COBORU (Domański i in., 1998). Do opracowania statystycznego wyników zastosowano analizę wariancji, a średnie obiektowe porównano testem Tukeya (Rudnicki, 1991).

Warunki pogodowe w pierwszym i drugim roku badań (1999–2000) nie sprzyjały rozwojowi roślinności łąkowej. W 1999 roku w sezonie wegetacyjnym (IV–IX) odnotowano 283,6 mm opadów i były one niższe od średniej wieloletniej o 30,4 mm. W analogicznym okresie 2000 roku suma opadów była jeszcze niższa i wynosiła zaledwie 275,4 mm. Niedobory wody w omawianych sezonach wegetacyjnych w stosunku do potrzeb wodnych dla łąk i pastwisk obliczonych metodą Klatta (Grabarczyk, 1975) wynosiły od 47 do 50%. Tym znacznym niedoborom wody w obu sezonach towarzyszyła wysoka średnia dobową temperatura powietrza (14,5–15,1°C). W sezonie wegetacyjnym w 2001 roku spadło 476,2 mm opadów, a więc znacznie więcej niż w dwóch pierwszych latach. Pokrywały one potrzeby wodne łąk i pastwisk w około 90%. Rozkład opadów był jednak nierównomiernie rozłożony, największa liczba dni z opadami wystąpiła w lipcu i wrześniu, natomiast niedobory stwierdzono w kwietniu, maju, czerwcu i sierpniu.

WYNIKI I DYSKUSJA

W przeprowadzonych badaniach wykazano, że zadarnienie poletek związane było głównie z częstotliwością koszenia runi, a także warunkowane było składem botanicznym runi badanych mieszanek. Wiosną 1999 roku zaobserwowano dość powolny wzrost traw i roślin motylkowatych w przeciwieństwie do intensywnie rozwijających się chwastów. Z tego powodu ocenę zadarnienia poletek wykonano tylko jesienią (30 września). Na wszystkich obiektach stwierdzono bardzo duże zwarcie runi mieszczące się w przedziale od 98 do 100%. Gatunkiem, który zdecydował o tak dobrym zadarnieniu obiektów w tym okresie była głównie życica trwała (tab. 3). Jej ilość w runi przekraczała zaplanowaną w mieszance siewnej o około 3–4 razy i wynosiła od 34,1 do 36,0%. Pełniła ona w tym okresie rolę faktycznego dominanta w runi wszystkich mieszanek. Agresywny charakter i rozwój tego gatunku względem innych traw wykazali w swoich badaniach także Łyszczarz (1993) i Baryła (1997). Wspomniane już wcześniej duże zachwaszczenie (28,9–29,4%) występujące w początkowym okresie pierwszego sezonu wegetacyjnego (1999 rok) w wyniku przeprowadzonych koszeń odchwaszczających i dalszego użytkowania runi wyraźnie się zmniejszyło.

W I roku badań powierzchnia wszystkich poletek charakteryzowała się bardzo dobrym zwarcie runi wynoszącym średnio 100%.

W II roku badań (2000 rok) ocenę stanu zadarnienia wykonano 18 kwietnia oraz 5 i 16 października. W ocenie wiosennej nie stwierdzono istotnych różnic między obiektami (tab. 1). Zarysowała się jedynie tendencja lepszego zwarcia runi mieszanek koszonych częściej (6-razy) w porównaniu do mieszanek koszonych 4-krotnie. Jesienią nastąpił nieznaczny

wzrost zadarnienia w stosunku do okresu wiosennego. Częstotliwość koszenia runi badanych mieszanek różnicowała statystycznie pokrycie powierzchni przez rośliny. Zadarnienie obiektów, których runi użytkowana była 6-kośnie wynosiło średnio 99% i było istotnie wyższe w porównaniu do obiektów, na których runi koszona była 4-krotnie średnio 96%.

Tabela 1

Zwarcie runi w 2000 roku (%)
Density of the sward in 2000 (%)

Mieszanki Mixtures	Gatunek dominujący Species dominant	Odmiana Cultivar	Daty pomiarów — Measuring dates					
			18.04			5.10; 16.10		
			użytkowanie — utilization		średnio dla mieszanek mean for mixtures	użytkowanie — utilization		średnio dla mieszanek mean for mixtures
			6-kośnie 6-cutting	4-kośnie 4-cutting		6-kośnie 6-cutting	4-kośnie 4-cutting	
1		Skra	94	90	92	100	98	99
2	<i>Festuca</i>	Pasja	96	92	94	93	98	96
3	<i>pratense</i>	Justa	98	98	98	100	99	100
4		BAH 197	97	92	94	100	98	99
5	<i>Dactylis</i>	Amera	96	97	96	100	93	96
6	<i>glomerata</i>	Astera	100	99	100	100	92	96
Średnio dla użytkowania Mean for utilization			97	95	96	99 A	96 B	98
			dla mieszanek for mixtures (m)		ni. ns.	ni. ns.		
			dla użytkowania for utilization (u)		ni. ns.	2,2		
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			dla interakcji for interaction (u × m)		ni. ns.	ni. ns.		
			dla interakcji for interaction (m × u)		ni. ns.	ni. ns.		

Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie w obrębie, a — kolumny, A — wiersza

Values indicated with the same letter are not significantly different, a — within columns, A — within rows

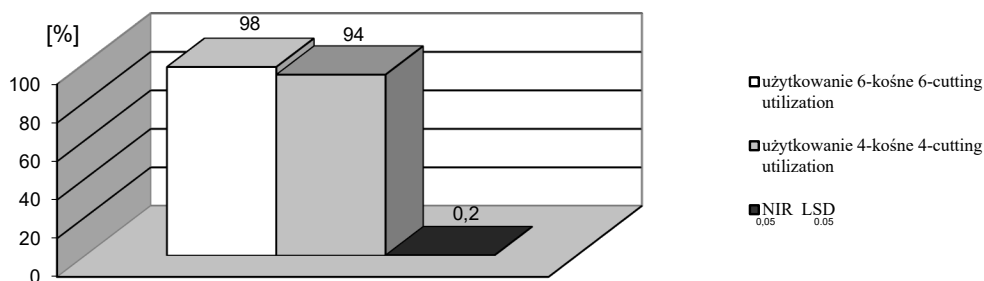
Podobnie, jak w II także i w III roku prowadzenia badań stwierdzone różnice w zadarnieniu obiektów związane były głównie z częstotliwością ich koszenia (tab. 2). W okresie wiosennym na obiektach użytkowanych 6-kośnie pokrycie powierzchni przez rośliny wynosiło średnio 95% i było istotnie wyższe niż przy użytkowaniu 4-kośnym średnio 87%. Podobną zależność udowodnioną statystycznie zaobserwowano także na obiektach, na których użytkowano mieszanek z odmianą kostrzewy łąkowej Pasja i z kupkówką pospolitą Amera i Astera. Oceniając stan zadarnienia jesienią, stwierdzono także istotnie wyższe pokrycie powierzchni przez rośliny (średnio 99%) na obiektach, gdzie mieszanki koszone częściej (6-razy) w porównaniu do mieszanek koszonych 4-krotnie (średnio 92%). Wśród mieszanek koszonych 4-krotnie stwierdzono lepsze zadarnienie na obiektach obsianych mieszankami z kostrzewą łąkową (92–94%) w porównaniu do mieszanek z kupkówką pospolitą (89–90%). Analizując zadarnienie — średnio dla mieszanek, stwierdzono istotnie najlepsze na obiektach obsianych mieszanką z odmianą kostrzewy łąkowej Justa (97%). Istotnie słabsze (93%) było przy mieszance

z kupkówką pospolitą Astera. Zadarnienie pozostałych mieszanek mieściło się w granicach od 94 do 96%.

Tabela 2

Zwarcie runi w 2001 roku (%)
Density of the sward in 2001 (%)

Mieszanek Mixtures	Gatunek dominujący Dominant species	Odmiana Cultivar	Daty pomiarów — Measuring dates					
			20.04			14.10		
			użytkowanie — utilization		średnio dla mieszanek mean for mixtures	użytkowanie — utilization		średnio dla mieszanek mean for mixtures
			6-kośne 6-cutting	4-kośne 4-cutting		6-kośne 6-cutting	4-kośne 4-cutting	
1		Skra	95	86	91	100 A	92 ab B	96ab
2	<i>Festuca</i>	Pasja	95 A	84 B	89	100 A	93 ab B	96 ab
3	<i>pratense</i>	Justa	95	93	94	99 A	94 ab B	97 a
4		BAH 197	95	88	91	99 A	92 ab B	96 ab
5	<i>Dactylis</i>	Amera	98 A	88 B	93	97 A	90 b B	94 ab
6	<i>glomerata</i>	Astera	94 A	82 B	88	98 A	89 b B	93 b
Średnio dla użytkowania Mean for utilization			95 A	87 B	91	99 A	92 B	95
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		dla mieszanek for mixtures (m)	ni. ns.			3,2		
		dla użytkowania for utilization (u)	4,0			1,0		
		dla interakcji for interaction (u × m)	9,8			2,5		
		dla interakcji for interaction (m × u)	ni. ns.			3,9		
		Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie w obrębie, a — kolumny, A — wiersza Values indicated with the same letter are not significantly different, a — within columns, A — within rows						



Rys. 1. Wpływ koszenia na zwarcie runi średnio z lat 1999–2001

Fig. 1. The effect of cutting on sward thickness, average for the years 1999–2001

W okresie prowadzenia badań stwierdzono, że 6-krotne koszenie runi istotnie korzystniej wpływało na zadarnienie w porównaniu do koszenia 4-krotnego (rys. 1). Zależność ta, warunkowana jest zapewne wpływem częstotliwości koszenia na proces krzewienia i rozrastania się traw. Pod wpływem koszenia następuje stymulacja rozwoju

nowych pędów z uśpionych pączków, co z kolei wpływa na równomierne i dobre zadarnienie powierzchni przez rośliny. Lewicka (1994) stwierdziła także lepsze zadarnienie na poletkach użytkowanych 5-krotnie niż 3-krotnie. Według Szoszkiewicza i wsp. (1992) zwarcie runi badanych mieszanek odmianowych związane jest głównie z cechami biologicznymi gatunków. Autorzy wykazali, że odmiany kupkówki pospolitej tworzące mieszankę, jako trawy kępowe, najslabiej pokrywała glebę w granicach 72–73%, natomiast mieszanka składająca się z odmian kostrzewy łąkowej zadarniała ją od 8 do 10% lepiej. Kępowy pokrój i słabe zadarnienie kupkówki pospolitej, to cechy ujemne, na które zwrócili uwagę także w swoich badaniach Rutkowska i Lewicka (1991) oraz Kochanowska-Bukowska (1993). Kochanowska-Bukowska i Łyszczarz (1997) w badaniach prowadzonych nad kostrzewą łąkową stwierdzili stopniowe ustępowanie tego gatunku z runi w kolejnych latach badań, a zadarnienie poletek w III roku użytkowania było bardzo słabe i wynosiło zaledwie 20–30%. W badaniach własnych w III roku użytkowania mieszanek stwierdzono najslabsze zadarnienie na obiektach z kupkówką pospolitą, gdzie runi koszone 4-krotnie (tab. 2). Podobne wyniki otrzymali w badaniach Grabowski i Nowicki (1991) lepsze zadarnienia dawały mieszanki z dominacją wyczyńca łąkowego i mozgi trzcinowatej niż kupkówki pospolitej (tab. 3).

Tabela 3

Tablica

Udział komponentów w runi — średnio dla mieszanek (%)						
Participation of species in sward — mean for mixtures (%)						
Rok — Year	1999		2000		2001	
	Mieszanki — Mixtures					
Gatunki — Species						
Kostrzewa łąkowa Meadow fescue	6,2	—	10,3	—	10,1	—
Kupkówka pospolita Orchard grass	—	15,0	—	42,8	—	44,0
Życica trwała Perennial ryegrass	36,0	34,1	38,5	25,8	37,2	22,5
Tymotka łąkowa Timothy grass	2,4	2,1	14,3	4,6	7,9	1,6
Kostrzewa czerwona Red fescue	2,5	1,0	11,3	9,3	18,6	15,0
Koniczyna biała White clover	17,5	13,8	9,7	7,6	6,8	3,2
Koniczyna łąkowa Red clover	6,5	4,6	3,2	1,9	2,1	1,8
Zioła i chwasty Herbs and weeds	28,9	29,4	12,7	8,0	17,3	11,9

WNIOSKI

1. Zwarcie runi odnowionego użytku zielonego w istotny sposób warunkowane było intensywnością użytkowania. Lepiej zadarniała powierzchnię mieszanki użytkowane 6-kośnie niż 4-kośnie.

2. Mieszanek, w których dominowała kupkówka pospolita charakteryzowały się mniejszym zwarciem runi w porównaniu do mieszanek z kostrzewą łąkową, w których runi dominowała życica trwała.
3. Życica trwała ze względu na swój dominujący udział w runi, zwłaszcza w I roku badań oraz w mieszanekach z kostrzewą łąkową, okazała się znaczącym współkomponentem mieszanek decydującym o zadarnieniu powierzchni.

LITERATURA

- Baryła R. 1996. Renowacja trwałych łąk i pastwisk w siedliskach grądowych ze szczególnym uwzględnieniem podsiewu. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 442: 23 — 30.
- Baryła R. 1997. Dynamika zmian składu gatunkowego mieszanek łąkowych na glebie torfowo — murszowej w warunkach wieloletniego użytkowania. Ann. UMCS vol. LII. 20 s. E: 163 — 169.
- Baryła R., Sawicki J., Grzegorzczak S. 1994. Podsiew jako metoda renowacji zdegradowanych runi użytków zielonych. Ogólnopol. Konf. Łąk. nt. „Kierunki rozwoju łąkarstwa”. SGGW Warszawa: 13 — 24.
- Domański P., Urbaniak K., Czeladzka M. 1998. Metodyka badań wartości gospodarczej odmian (WGO) roślin uprawnych. Trawy pastewne. COBORU Słupia Wielka: 1 — 38.
- Grabarczyk S. 1975. Melioracje rolne. W: Podstawy agrotechniki. Pr. zbior. pod red. W. Niewiadomskiego. PWR i L, Warszawa: 77 — 31.
- Grabowski K., Nowicki J. 1991. Metody renowacji łąki trwałej w warunkach Żuław Wiślanych. RPBR 28 pt. „Dokształcanie technologii i organizacji produkcji rolniczej na Żuławach”. IMUZ Falenty. AR-T Olsztyn: 55 — 64.
- Goliński P. 1996. Zakładanie użytków zielonych a trwałość łąk. Roczn. AR Poznań CCLXXXIV: 65 — 84.
- Goliński P. 1999. Zmiany ilościowe i jakościowe w runi łąk wywołane ich renowacją metodą pełnej uprawy w warunkach zróżnicowanej ilości wysiewu nasion. Łąkarstwo w Polsce. 2: 41 — 50.
- Kiryłuk A. 2001. Wpływ nawożenia mineralnego i poziomu wody gruntowej na plonowanie i skład florystyczny łąk murszowiskowych. Pam. Puł. 125: 65 — 73.
- Kochanowska-Bukowska Z. 1993. Porównanie produktywności dziewięciu odmian kupkówki pospolitej. Zesz. Nauk. AT-R Bydgoszcz, 181, rol. 33: 105 — 114.
- Kochanowska-Bukowska Z., Łyszczarz R. 1997. Ocena gospodarcza odmian i rodów *Festuca pratensis* Huds., *Festuca arundinacea* Schreb., *Festuca rubra* L. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 451: 197 — 204.
- Kozłowska T., Szymczak R. 2001. Charakterystyka i wartość gospodarcza łąk murszowiskowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 479: 155 — 161.
- Lewicka E. 1994. Ocena holenderskich i polskich odmian *Lolium perenne* L., *Phleum pratense* L., *Festuca pratensis* Huds. w użytkowaniu kośnym i symulowanym pastwiskowym w trzecim roku po wysiewie. Ogólnopol. Konf. Łąk. nt. „Kierunki rozwoju łąkarstwa”. SGGW Warszawa: 246 — 255.
- Lutyńska R. 1993. Prace hodowlane i badania nad gatunkami traw z rodzaju *Festuca* L. Biul. IHAR 188: 5 — 12.
- Łyszczarz R. 1993. Rolnicza ocena wybranych gatunków i odmian traw w zróżnicowanych warunkach siedliskowych Pradoliny Środkowej Wisły. Rozprawy 60, AT-R Bydgoszcz: 1 — 66.
- Rudnicki F. 1991. Doświadczenia rolnicze. Praca zbiorowa pod red. F. Rudnickiego. AT-R, Bydgoszcz: 43 — 46.
- Rutkowska B., Lewicka E. 1991. Trwałość i plonowanie wybranych gatunków i odmian traw w naturalnych siedliskach łąkowych. Biul. Oc. Odm. 23: 41 — 50.
- Sawicki B. 1999. Ocena ekotypów *Festuca pratensis* Huds. na podstawie cech morfologicznych i biologicznych. Łąkarstwo w Polsce 2: 135 — 143.
- Sawicki B., Krawczyk S. 1999. Rezultaty renowacji łąk trwałych metodą uprawy powierzchniowej. Ann. UMCS v. LIV. 11 s. E: 89 — 96.
- Szoszkiewicz J., Zbierska J., Madziar Z., Biniś J., Śmiłowski J. 1992. Produktywność i trwałość wybranych odmian traw pastewnych w warunkach klimatycznych wielkopolski. Roczn. AR Poznań CCXXXII: 17 — 23.

Wolski K. 2001. Wpływ różnych sposobów renowacji na plonowanie i wartość pokarmową runi łąkowej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 479: 287 — 295.

MALGORZATA LESIŃSKA

DANUTA SEKRECKA

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin

Zakład Nasiennictwa i Ochrony Ziemiaka w Boninie

Czynniki indukujące tuberyzację ziemniaka w warunkach *in vitro* — przegląd literatury

Factors inducing *in vitro* tuberization in potato — a review

Mikrotuberyzacja, to proces tworzenia się bulw ziemniaka w warunkach *in vitro* (*Solanum tuberosum* L.). Rozmiar mikrobulw nie przekracza z reguły średnicy 10 mm i masy 0,7 g (Struik, Wiersema, 1999). Do ich produkcji stosuje się kulturę wyprowadzoną z jednowęzłowych fragmentów roślin, którą poddaje się działaniu chemicznych i fizycznych czynników indukujących tuberyzację. Z wyrosłej w takich warunkach rośliny otrzymuje się najczęściej jedną lub dwie mikrobulwy, o wysokiej zdrowotności (Struik, Wiersema, 1999). Stosuje się je do zachowania plazmy zarodkowej, a mały rozmiar i możliwość przechowywania przez dłuższy czas w ciemności ułatwiają ich transport (Ranalli, 1997). Dzięki temu, że kultury *in vitro* prowadzone są w kontrolowanych warunkach, istnieje możliwość zmiany każdego z czynników indukujących pojedynczo lub też można badać zachodzące pomiędzy nimi interakcje. Optymalizacja warunków hodowli ma na celu przede wszystkim uproszczenie stosowanych pożywek, a co za tym idzie, redukcję kosztów produkcji. W pracy omówiono wpływ różnych składników pożywki i czynników środowiskowych na tuberyzację ziemniaka w warunkach *in vitro*.

Słowa kluczowe: fragmenty jednowęzłowe, mikrotuberyzacja, optymalizacja warunków hodowli, produkcja masowa, regulatory wzrostu, suplementy organiczne, ziemniak

Microtuberization is the process which leads to obtaining potato tubers under *in vitro* conditions. The tubers are very small (up to 10 mm in diameter and 0.7g of weight). To produce microtubers single-node cuttings are used. Several chemical and physical factors are applied to enhance microtuberization. Single-node explants produce one or more healthy tubers. The tubers are used for germplasm storage, and their small size and a possibility to store them in the dark for a long time make their transport easier. Since, *in vitro* cultures are maintained in controlled conditions, it is possible to change one or more tuberization factors and to examine the interactions between these factors. Optimalization of culture conditions can lead to medium simplification and reduction of costs.

Key words: single-node cuttings, microtuberization, optimalization of culture conditions, mass production, growth regulators, organic supplements, potato

WPROWADZENIE

Opracowanie wydajnego systemu produkcji bulw ziemniaka w warunkach *in vitro* wiąże się z wieloma złożonymi problemami. Na zjawisko tuberyzacji ma wpływ wiele czynników. Oprócz składników pożywki i tego, czy jest ona płynna czy zestalona, warunki świetlne i termiczne odgrywają również istotną rolę w produkcji mikrobulw. W literaturze przedstawione są metody, których zastosowanie wpływa na zwiększenie zarówno liczebności, jak i rozmiarów otrzymywanych bulw. Kładzie się nacisk na upraszczanie metodyki produkcji, a co za tym idzie, obniżanie jej kosztów (usuwanie np.: listki z eksplantatów roślinnych, by umieszczać większą ich liczbę w naczyniu hodowlanym (Seabrook, Douglass, 1999). Zauważa się również dążenie do wyprodukowania w szybki i prosty sposób bulw o tak dużych rozmiarach, by nadawały się one do bezpośredniego wysadzania w polu. Poniżej omówiono czynniki indukujące tuberyzację ziemniaka w warunkach *in vitro*, zwracając również uwagę na interakcje zachodzące pomiędzy nimi.

Sacharoza

Sacharoza stanowi źródło energii, a jej optymalne stężenie w pożywce wynosi 8%. Przy 2% stężeniu tego związku lub niższym nie obserwuje się tuberyzacji. Stężenie cukru wpływa także na ostateczny rozmiar bulwek, który jest najwyższy przy 8%, natomiast przy 4, 6 czy 12% jest mniejszy (Xu i in., 1998). Poza tym sacharoza indukuje tuberyzację *in vitro* niezależnie od obecności w pożywce regulatorów wzrostu (Garner, Blade, 1989; Struik, Wiersema, 1999). Związek ten uważany jest za najważniejszy z czynników wpływających na mikrotuberyzację. Poza tym wraz ze wzrostem stężenia cukru w pożywce podczas indukowania mikrobulw, okres spoczynku bulw ulegał skróceniu nawet o 86 dni (Coleman i Coleman, 2000).

REGULATORY WZROSTU

Cytokininy

Wpływ cytokinin na tworzenie się bulw u ziemniaka został opisany w 1969 roku przez Palmera i Smitha, którzy przedstawili w swej pracy reakcję izolowanych stolonów *in vitro* na aplikację tego regulatora wzrostu do pożywki hodowlanej. Stwierdzono, iż najbardziej efektywna była kinetyna w stężeniu 2,5 mg/L, natomiast benzyladenina (BA) w stężeniu 25 mg/L inicjowała tuberyzację jedynie u 40% izolowanych stolonów. Aplikacja 2 mg/L BAP (benzylaminopuryny) zwiększała ilość bulw u roślin hodowanych w warunkach dnia krótkiego (Hussey, Stacey, 1984). W doświadczeniu Šimko (1993) 2,5 mg/L kinetyny nie miało wpływu na produkcję mikrobulw, natomiast po dodaniu paklobutrazolu (0,001 mg/L) otrzymywano większą liczbę bulw *in vitro*. W zautomatyzowanym systemie produkcji mikrobulw przy użyciu bioreaktora, dodanie BAP do pożywki prowadziło do wytworzenia bulw ważących powyżej 1,1 g (Piao i in., 2003).

Kwas jasmonowy

Kwas jasmonowy (JA — jasmonic acid) stymuluje proces tuberyzacji *in vitro* (Saniewski, 1997; Pruski i in., 2003 b). JA w przeciwieństwie do kinetyny, nie oddziałuje wyłącznie na jeden pąk (0,8 bulwy/stolon), lecz wywołuje ogólny stan indukcji w stolonie

(2,3 bulwy/stolon) (Pelacho, Mingo-Castel, 1991). Dodanie do pożywki MS (Murashige, Skoog, 1962) 20–50 mg/L JA hamuje wzrost fragmentów roślinnych hodowanych *in vitro*, natomiast stężenie 0,2–50 mg/L JA w zaproponowanym przez autorów systemie tuberyzacji dla 2 odmian nie miało znaczącego wpływu na tworzenie mikrobulw (Zhang i in., 2006). Wzbogacenie pożywki o ten regulator wzrostu ($0,8 \times 10^{-5}$ M) przed ukorzeniem się fragmentów roślinnych może całkowicie znieść hamujący wpływ GA₃ (GA — kwas giberelinowy) na tuberyzację. Procent tuberyzacji z 9% dla pożywki z dodatkiem GA₃ wzrośnie do 58% dla pożywki GA₃ + JA, podczas gdy to samo stężenie JA zastosowane po ukorzeniu roślin nie wpłynie na tuberyzację (Castro i in., 2000). Pruski i wsp. (2003 a) sugerują, iż hodowla roślin *in vitro* na pożywce z JA, przed wyprowadzeniem z nich kultury fragmentów jednowęzłowych, podnosi jakość oraz liczbę mikrobulw. W warunkach naturalnych, produkowany w liściach JA transportowany jest do stolonów, gdzie wpływa na formowanie bulw (Pelacho, Mingo-Castel, 1991). Reakcja fragmentów roślinnych na JA, jest odmianowo specyficzna (Pruski, 2001).

Auksyny

Aplikacja IAA (kwas indolilo-3-octowy) do pożywki, zawierającej 8% sacharozę wpłynęła na indukcję mniejszych bulw, w porównaniu do analogicznej pożywki bez dodatku tego regulatora wzrostu (Xu, 1998). Efekt oddziaływania jednego regulatora wzrostu na tuberyzację *in vitro* jest łatwy do oceny. Mimo, iż hormony roślinne badane są od dziesięcioleci, interakcje zachodzące pomiędzy nimi nadal nie są wyjaśnione. Zhang i wsp. (2005) zastosowali kilka kombinacji tych związków, stwierdzając, iż BAP odgrywa kluczową rolę w tuberyzacji, poza tym zaobserwowano interakcję pomiędzy GA i IAA w mikrotuberyzacji. Zastosowanie IAA w celu wywołania tuberyzacji, nie dawało ani jednej mikrobulwki w opisanym przez Zhanga systemie eksperymentalnym, natomiast dzięki użyciu kombinacji IAA+GA+BAP i IAA+BAP wraz z wysokim stężeniem IAA wyprodukowane bulwy miały zarówno większą średnicę, jak i świeżą masę.

Gibereliny

Dodatek gibereliny (GA — gibberellic acid) do pożywki (Hussey i Stacey, 1984) lub jej aplikacja na pędy wpływa hamująco lub opóźnia formowanie bulw. Istnieje kilka typów giberelin (np.: GA₁, GA₃, GA₄...), które wykazują podobne działanie i hamują tuberyzację w kulturach wyprowadzonych z fragmentów jednowęzłowych (Vreugdenhil, Sergeeva, 1999). Poza tym, przy wyższych stężeniach egzogennej (dodawanej zewnętrznie) GA, bulwy są nie tylko znacznie mniejsze, ale mogą mieć również nietypowy kształt (Xu i in., 1998). Hamujące działanie endogennej GA, występującej w tkankach roślinnych, można znieść przez dodatek kwasu abscysynowego (ABA) (Xu i in., 1998) lub też zablokować biosyntezę gibereliny, przez dodatek odpowiednich związków chemicznych (np.: ancymidolu czy paklobutrazolu) (Vreugdenhil, Sergeeva, 1999). W zależności od stosowanych warunków świetlnych, stężenie i aktywność giberelin maleje lub rośnie (Martinez-Garcia i in., 2002). Abdala i wsp. (1995) nazywa GA₃ „czynnikiem korzeniowym” (root factor), odpowiedzialnym za opóźnienie tuberyzacji w roślinach ziemniaka.

Retardanty wzrostu

Związki należące do triazoli: triadimefon oraz unikonazol stosuje się także jako czynniki indukujące mikrotuberyzację. Triazole obok pełnienia funkcji fungicydów, są również regulatorami wzrostu roślin, hamującymi syntezę giberelin. W doświadczeniu Chandra i wsp. (1992) dla jednej z odmian otrzymano podobną liczbę bulw po zastosowaniu unikonazolu, triazolu i BAP, ale największą ich masę (140 mg) uzyskano na pożywce z unikonazolem. Zaletą stosowania tego związku jest również to, iż przy stężeniu tysiąckrotnie niższym niż BAP, otrzymuje się dużą liczbę mikrobulw, przez co możliwe jest tym samym obniżenie kosztów produkcji (Chandra i in., 1992). Dodanie do pożywki chlormekwatu (CCC) przyczynia się do znacznego obniżenia stężenia GA₃ w tkankach roślin *in vitro* (ok. 6-krotnie, w porównaniu z rośliną kontrolną, hodowaną na pożywce bez CCC) oraz do wcześniejszego tworzenia bulw (Abdala i in., 1995). Chlormekwat stosowany łącznie z BAP wzmacnia efekt działania tego drugiego związku na tuberyzację *in vitro* (Hussey i Stacey, 1984). Ancymidol znacznie zwiększa tworzenie się bulw przy niskim stężeniu cukru w pożywce (tj. 2 i 4%), dając kolejno 53,5% i 84,5% tuberyzacji dla odmiany wczesnej (przy kontroli 13% i 40%) oraz 6% i 12,5% dla odmiany późnej (przy kontroli 1% i 2,5%) (Ochotorena i in., 1999).

Kumaryna

Stallknecht (1972) badał wpływ tego inhibitora kiełkowania nasion, na tworzenie się bulw w kulturach pędowych ziemniaka hodowanych *in vitro*. Przy zastosowaniu 1 mg/L kumaryny nie zaobserwowano tuberyzacji, przy 10 mg/L tuberyzacja osiągnęła 30%. Stężenie od 25–50 mg/L było optymalne dla zawiązywania się bulw, natomiast przy 100 mg/L kumaryny tuberyzacja była opóźniona, a wyprodukowane bulwy były bardzo małe. W tym eksperymencie kontrolę stanowiły pędy hodowane bez dodatku kumaryny oraz pędy hodowane na pożywce wzbogaconej kinetyną w stężeniu wg protokołu Palmera i Smitha (1970). Bulwy hodowane na pożywce z dodatkiem kumaryny były zawsze większe, niż te, które uzyskano z pożywki wzbogaconej kinetyną.

SUPLEMENTY ORGANICZNE

Poszukiwaniom systemów mikrotuberyzacji bez dodatku regulatorów wzrostu poświęcono stosunkowo mało uwagi, prawdopodobnie, dlatego iż proces ten miałby być powolny i nieefektywny. Jednakże dostępność takich systemów tuberyzacji *in vitro*, daje możliwość produkcji mikrobulw, bez późniejszych problemów związanych z zakłóconą równowagą hormonalną (Pelacho i in., 1999). Według Ranalliego (1997) dobre efekty daje stosowanie węgla aktywowanego, który zwiększa ilość oraz średnią masę otrzymywanych mikrobulw. Działanie węgla polega na absorbowaniu różnych związków, w tym metabolitów hamujących wzrost. Prawdopodobnie wpływa on również na przemiany azotu w komórkach roślinnych, co ma również silny wpływ na rozwój mikrobulw (Bizarri i in., 1995).

Pelacho i wsp. (1999) zakładali hodowle kilku typów eksplantatów: stolonów, fragmentów jednowęzłowych lub wielowęzłowych roślin zawierających wierzchołek wzrostu i stosował kwasy organiczne w celu indukcji tuberyzacji *in vitro*, różne długości

fotoperiodu oraz pożywki płynne i półpłynne. Kwas octowy, propionowy, askorbinowy, acetylosalicylowy i salicylowy wywołały tuberyzację na wszystkich typach stosowanych eksplantatów. W przypadku hodowanych stolonów, najlepsze okazały się kwasy: propionowy (otrzymywano największe mikrobulwy) i acetylosalicylowy. Fragmenty jednowęzłowe w obecności kwasu propionowego i octowego zawiązały większą liczbę bulw, jeśli jednak stosowano pożywki płynne, wzbogacone kwasem octowym, otrzymano mniej liczne i znacznie mniejsze mikrobulwy. Eksplantaty wielowęzłowe z wierzchołkami wzrostu zawiązywały bulwy na pożywce z kwasem octowym, jednak wbrew przypuszczeniom, tylko nieliczne z nich dały więcej niż jedną mikrobulwę. Takie fragmenty roślinne zachowują się podobnie nawet w systemach mikrotuberyzacji z dodatkiem hormonów roślinnych. Kwasy organiczne wykazują działanie analogiczne do substancji antygiberelinowych (silnie hamujące wzrost korzeni i stolonów), jednak ich wpływ na mikrotuberyzację może być mało znaczący (wyniki porównywalne z wynikami otrzymanymi na pożywce kontrolnej), a przejawia się w podwyższaniu zawartości suchej masy mikrobulw oraz rezerw węglowodanów (Sharma i in., 2004).

AZOT

Zawartość i forma azotu są istotnymi czynnikami podczas mikrotuberyzacji (Ranalli, 1997; Struik, Wiersema, 1999). Ważne jest również zachowanie równowagi pomiędzy stężeniem amoniaku i azotanów w pożywce hodowlanej (Garner, Blake, 1989). Wysokie stężenie azotu ma negatywny (maleje współczynnik tuberyzacji) (Meltzer, 1990) oraz pozytywny wpływ na produkcję bulw *in vitro* rozmiar mikrobulw wzrasta (Garner, Blake, 1989). Dla produkcji masowej, należy optymalizować stężenie cukru, azotu i natężenie światła odmianowo specyficznie (Meltzer, 1990).

WARUNKI ŚRODOWISKA

Temperatura

W 26°C tuberyzacja w warunkach *in vitro* ulega zahamowaniu, przy czym nawet krótkotrwałe działanie wysokiej temperatury na kulturę roślinną obniża zawartość świeżej masy mikrobulw (średnio z ok. 57 mg na 38,4 mg po tygodniu inkubacji w 26°C oraz na ok. 31 mg po 2 tygodniach) (Harvey i in., 1992). Tworzenie bulw jest kontrolowane hormonalnie, a wysoka temperatura ma znieść równowagę pomiędzy poziomem inhibitorów, a endogeniczną gibereliną (Menzel, 1980). Co więcej, zaobserwowano interakcję pomiędzy wysoką temperaturą, a niskim natężeniem światła, sugerując, że plon bulw determinowany jest przez równowagę pomiędzy tymi czynnikami, a zwiększone stężenie gibereliny bezpośrednio przyczynia się do spadku tuberyzacji (Menzel, 1985). Hamujący efekt omawianego czynnika przy 14 h fotoperiodzie można znieść częściowo przez dodatek do pożywki kwasu abscysynowego (ABA) lub też prawie całkowicie, po zastosowaniu chlormekwatu (CCC) (Menzel, 1980). Optymalna temperatura hodowli powinna zawierać się w przedziale od 18°C do 20°C (Ranalli, 1997; Struik, Wiersema, 1999).

Światło

Garner i Blake (1989) prowadzili hodowlę kultur roślinnych początkowo przy 16 h fotoperiodzie przez okres miesiąca, po czym przenosili ją do 8 h fotoperiodu. Indukcja mikrobulw zachodzi w warunkach dnia krótkiego (8 h fotoperiod) lub w całkowitej ciemności (Struik, Wiersema, 1999; Donnelly i in., 2003). Zmiana warunków świetlnych z 16 h do 8 h fotoperiodu według wielu badaczy wywołuje wcześniejszą mikrotuberyzację lub otrzymane bulwy są liczniejsze i mają większą średnicę (Hussey, Stacey, 1984; Donnelly i in., 2003). Według Dobranszkiego i wsp. (1999) stosowanie ciemności po fazie indukcji tuberyzacji nie tylko przyspiesza zjawisko tworzenia mikrobulw, ale powoduje też jego synchronizację. Mikrotuberyzacja zachodzi szybciej i wcześniej w warunkach dnia krótkiego, niż długiego (Hussey, Stacey, 1984) i trwa ok. 4–5 miesięcy na pożywce wolnej od hormonów. Gopal i wsp. (1997) porównali potomstwo bulw białych, czyli hodowanych w ciemności i bulw zielonych, hodowanych przy 10 h fotoperiodzie. Zielone mikrobulwy mają więcej oczek, niż bulwy białe (średnio ok. 6 oczek/bulwę, wobec 3,5 oczek/bulwę) (Gopal i in., 1998), co może zwiększać ilość pędów na roślinie wyrosłej z zielonej bulwy.

AUTOMATYZACJA PRODUKCJI MIKROBULW ZIEMNIAKA

Użycie ciekłej pożywki w kulturze *in vitro* redukuje koszty produkcji i wydaje się być najlepszą metodą, by uzyskać automatyzację. Prostą metodę masowej produkcji mikrobulw w bioreaktorze przedstawił Piao i wsp. (2003). Zastosowali oni 2 typy hodowli roślin w bioreaktorze: z immersją okresową oraz z immersją ciągłą. Najwydajniejszy w produkcji bulw ziemniaka okazał się bioreaktor pracujący w systemie ciągłej immersji, wyposażony w siatkę podtrzymującą. Piao i wsp. (2003) stwierdzili, że kluczowym czynnikiem w otrzymywaniu dużych bulw (powyżej 1,1 g) jest odpowiednie, stałe zaopatrywanie w składniki odżywcze rosnących eksplantatów. Hodowla kultur roślinnych w ciekłej pożywce posiada również wady, mogą bowiem wystąpić zaburzenia fizjologiczne, takie jak witryfikacja (zeszklenie) roślin, poza tym prawdopodobnie w wyniku niedoboru tlenu podczas długotrwałego zanurzenia, wzrost fragmentów roślinnych jest spowolniony (Piao i in., 2003). Mikrobulwy otrzymane na ciekłych pożywkach nie przechowują się zbyt dobrze, a otwarte przetchniki umożliwiają wnikanie mikroorganizmów wywołujących zgniliznę (Seabrook i in., 2004) oraz powodują szybkie wysychanie bulw, natychmiast po zbiorze (Ranalli, 1997).

By uniknąć tych problemów, stosuje się następujące techniki:

- tratwy wspierające rośliny nad nieruchomą ciekłą pożywką,
- dolewanie ciekłej pożywki do kultury założonej na agarze,
- kultury zamglawiane.

Francuska firma CIRAD stworzyła dwukomorowy zbiornik RITA, dzięki któremu roślinki *in vitro* poddawane są okresowej immersji (zanurzeniu) w ciekłej pożywce. W badaniach wstępnych otrzymano bardzo obiecujące wyniki: bulwy były bardzo duże i liczne. Otrzymano nawet 3 mikrobulwy z początkowego fragmentu jednowęzłowego. Uważa się, iż tak dobre wyniki mają związek z:

- lepszym zaopatrzeniem w składniki odżywcze, przez bezpośredni kontakt z pożywką (Ranalli, 1997; Teisson, Alvard, 1999),
- krótkim przerwaniem wymiany gazów pomiędzy rośliną i atmosferą (krótki okres immersji w pożywce) (Teisson, Alvard, 1999),
- całkowitą wymianą atmosfery wewnątrz naczynia, w regularnych odstępach (Teisson, Alvard, 1999).

PODSUMOWANIE

Na zjawisko mikrotuberyzacji wpływa wiele czynników chemicznych i fizycznych. Produkcja mikrobulw w kontrolowanym, zamkniętym środowisku daje możliwość zwiększania ich liczebności, jak i rozmiaru poprzez zmianę pojedynczych lub kilku parametrów hodowli. Badania własne (dane niepublikowane) oraz dane literaturowe wskazują na ogromną rolę reakcji genotypów na czynniki indukujące tuberyzację (reakcje odmianowo specyficzne). Dlatego tak trudno opracować jednolity schemat produkcji mikrobulw. Zaleca się poszukiwanie systemów produkcji wolnych od hormonów roślinnych, ze względu na możliwość uniknięcia zmian genetycznych w bulwach potomnych, które mogą być wywoływane przez stosowanie tych związków.

LITERATURA

- Abdala G., Guinazu M., Tizio R., Pearce D., Pharis R. 1995. Effect of 2-chloroethyltrimethyl ammonium chloride on tuberization and endogenous GA₃ in roots of potato cuttings. *Plant Growth Regulation* vol. 17, no. 2: 95 — 100.
- Bizarri M., Borghi L., Ranalli P. 1995. Effects of activated charcoal effects on induction and development of microtubers in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Ann. Appl. Bio.* 127: 175 — 181.
- Castro G., Abdala G., Aguero C., Tizio R. 2000. Interaction between jasmonic and gibberellic acids on *in vitro* tuberization of potato plantlets. *Potato Research* 43: 83 — 88.
- Chandra R., Randhawa G. J., Chaudhari D. R., Upadhyaya M. D. 1992. Efficacy of triazoles for *in vitro* microtuber production in potato. *Potato Research* 35: 339 — 341.
- Coleman W. K., Coleman S. E. 2000. Modification of potato microtuber dormancy during induction and growth *in vitro* or *ex vitro*. *American Journal of Potato Research* 77: 103 — 110.
- Dobranszki J., Tabori K. M., Ferenczy A. 1999. Light and genotype effects on *in vitro* tuberization of potato plantlets. *Potato Research* 42: 483 — 488.
- Donnelly D. J., Coleman W. K., Coleman S. E. 2003. Potato microtuber production and performance: A review. *American Journal of Potato Research*, vol. 80, no. 2: 103 — 115.
- Garner N., Blade J. 1989. The induction and development of potato microtubers *in vitro* on media free of growth regulating substances. *Annals of Botany* 63: 663 — 674.
- Gopal J., Minocha J. L., Sidhu J. S. 1997. Comparative performance of potato crops raised from microtubers induced in the dark versus microtubers induced in light. *Potato Research* 40: 407 — 412.
- Gopal J., Minocha J. L., Dhaliwal H. S. 1998. Microtuberization in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Cell Reports* 17/10: 794 — 798.
- Harvey B. M. R., Crothers S. H., Watson S., Lee H. C. 1992. Heat inhibition of tuber development in potato (*Solanum tuberosum* L.): effects on microtuber formation *in vitro*. *Potato Research* 35: 183 — 190.
- Hussey G., Stacey N. J. 1984. Factors affecting the formation of *in vitro* tubers of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Annals of Botany* 53: 565 — 578.

- Martinez-Garcia J. F., Garcia-Martinez J. L., Bou J., Prat S. 2002. The interaction of gibberellins and photoperiod in the control of potato tuberization. *Journal of Plant Growth Regulation* 20: 377 — 386.
- Meltzer, von H. 1990. Physiological aspects of *in vitro* tuber production. *Potato Research* 33: 302.
- Menzel C. M. 1980. Responses to gibberellin and growth inhibitors. *Annals of Botany* 46: 259 — 265.
- Menzel C. M. 1985. Tuberization in potato at high temperatures: interaction between temperature and irradiance. *Annals of Botany* 55: 35 — 39.
- Murashige T., Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* 15: 473 — 497.
- Ochotorena M., Santamaria I., Arregui L. M., Mingo-Castel A. M. 1999. *In vitro* tuberisation of potato: the interaction of ancymidol and photoperiod. *Potato Research* 42: 601 — 606.
- Palmer C. E., Smith O. E. 1969. Cytokine's and Tuber Initiation in Potato *Solanum tuberosum* L. *Nature*, vol. 221/1: 18.
- Pelacho A. M., Mingo-Castel A. M. 1991. Jasmonic acid induces tuberization of potato stolons cultured *in vitro*. *Plant Physiology* 97: 1253 — 1255.
- Pelacho A. M., Martin-Closas L., Sanfeliu J. L. I. 1999. *In vitro* induction of potato tuberization by organic acids. *Potato Research* 42: 585 — 591.
- Piao X. C., Chakrabarty D., Hahn E. J., Paek K. Y. 2003. A simple method for mass production of potato microtubers using a bioreactor system. *Current Science* vol. 84, no.8: 1129 — 1132.
- Pruski K. W. 2001. Micropropagation technology in early phases of commercial seed potato production. Wageningen University dissertation no. 3066. 31 October (published on-line).
- Pruski K. W., Astatkie T., Duplessis P., Stewart L., Nowak J., Struik P. C. 2003a. Manipulation of microtubers for direct field utilization. *American Journal of Potato Research* vol. 80, no 3: 173 — 181.
- Pruski K. W., Astatkie T., Duplessis P., Stewart L., Nowak J., Struik P. C. 2003 b. Use of jasmonate for conditioning of potato plantlets and microtubers in greenhouse production of minitubers. *American Journal of Potato Research* vol. 80, no 3: 183 — 193.
- Ranalli P. 1997. Innovative propagation methods in seed tuber multiplication programmes. *Potato Research* 40: 439 — 453.
- Saniewski M. 1997. Kwas jasmonowy i związki pokrewne. Regulatory wzrostu i rozwoju roślin str. 99. Praca zbiorowa pod redakcją L. S. Jankiewiczza, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Seabrook J. E. A., Douglass L. K. 1999. Reduction in vigor of leafless potato cuttings *in vitro*. *Potato Research* 37: 365 — 371.
- Seabrook J. E. A., Douglass L. K., Arnold D. A. 2004. Effect of leaves on microtubers produced from potato single-node cuttings *in vitro*. *American Journal of Potato Research* vol. 81, 1: 1 — 5.
- Sharma S., Chanemougasoundharam A., Sarkar D., Pandey S. K. 2004. Carboxylic acids affect induction, development and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.) microtubers grown *in vitro* from single-node explants (Abstract). *Plant Growth Regulation* vol. 44, no. 3: 219 — 229.
- Šimko I. 1993. Effects of kinetin, paclobutrazol and their interactions on the microtuberization of potato stem segments cultured *in vitro* in the light (abstract). *Plant Growth Regulation* vol. 12, no 1–3: 23 — 27.
- Stallknecht G. F. 1972. Coumarin-induced tuber formation on excised shoots of *Solanum tuberosum* L. cultured *in vitro* (short communication). *Plant Physiology* 50: 412 — 413.
- Struik P. C., Wiersema S. G. 1999. Seed Potato Technology. Chapter 7: Production of pre-basic seed. Wageningen Press, The Netherlands: 181 — 182.
- Teisson C., Alvard D. 1999. *In vitro* production of potato microtubers in liquid medium using temporary immersion. *Potato Research* 42: 499 — 504.
- Vreugdenhil D., Sergeeva L. 1999. Gibberellins and tuberization in potato. *Potato Research* 42: 471 — 481.
- Xu X., van Lammeren A., Vermeer E., Vreugdenhil D. 1998. The role of gibberellin, abscisic acid and sucrose in the regulation of potato tuber formation *in vitro*. *Plant Physiology* 117: 575 — 584.
- Zhang Z., Zhou W., Li H. 2005. The role of GA, IAA I BAP in the regulation of *in vitro* shoot growth and microtuberization in potato. *Acta Physiologiae Plantarum* vol. 27 no. 3B. 363 — 369.

Zhang Z. J, Zhou W.J, Li H. Z., Zhang G.Q., Subrahmaniyan K. Yu J.Q. 2006. Effect of jasmonic acid on *in vitro* explant growth and microtuberization in potato. *Biologia Plantarum* vol. 50, no. 3: 453 — 456.

WŁODZIMIERZ PRZEWODOWSKI**JERZY LEWOSZ****KRZYSZTOF TREDER****AGNIESZKA BARNYK****TOMASZ PILECKI**

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Pracownia Diagnostyki Molekularnej i Biochemii

Zakładu Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka w Boninie

Identyfikacja odmian ziemniaka metodą elektroforetyczną

Identification of potato cultivars with an electrophoretic method

Identyfikację 92 odmian ziemniaka przeprowadzono z wykorzystaniem elektroforetycznej analizy składu białkowych inhibitorów proteaz wyizolowanych z bulw ziemniaka. Inhibitory proteaz stanowią grupę białek o specyficznym odmianowo składzie i mogą służyć jako biochemiczne markery odmian ziemniaka. Analizę elektroforetyczną tych białek wykonywano po ich oddzieleniu od pozostałych białek metodą chromatografii powinowactwa. W tym celu sporządzono kolumny chromatograficzne z trypsyną immobilizowaną na nośniku Sepharose. Sok bulw nanoszono na kolumny celem związania inhibitorów proteaz z immobilizowaną trypsyną w obojętnym pH, a po wymyciu niewiążących się białek, eluowano z kolumny białka inhibitorowe przez przemywanie kolumny roztworem buforu o pH 1,8. Roztwory tych białek po neutralizacji poddawano analizie elektroforetycznej w żelu poliakrylamidowym uzyskując rozdział poszczególnych form inhibitorów na pasma zależnie od wielkości, ładunku i kształtu cząstek. Układ tych pasm pozwala na odróżnienie odmian ziemniaka od siebie. Jako wewnętrznego markera ułatwiającego rozpoznawanie poszczególnych pasm i korygowania różnic między poszczególnymi żelami użyto inhibitorów proteaz wyizolowanych z odmiany Baszta.

Słowa kluczowe: analiza elektroforetyczna, identyfikacja odmianowa, inhibitory trypsyny, markery biochemiczne, ziemniak

Identification of 92 potato cultivars based on the electrophoretic pattern of protease inhibitors isolated from potato tubers has been done. Protease inhibitors are proteins that display composition specific for each potato cultivar and therefore can be used as biochemical markers for potato cultivars. Electrophoretic analysis of the proteins was carried out using a fraction of inhibitors separated from other proteins by affinity chromatography. Affinity columns based on Sepharose matrix were prepared by immobilization of trypsin. For binding of protease inhibitors to immobilized trypsin, for samples of potato juice were poured on the column at neutral pH. After washing out the unbound proteins, the trypsin inhibitors were eluted from the column with buffer pH 1.8. The protein solutions were neutralized and then resolved on polyacrylamide gel. Different electrophoretic bands of inhibitors, depending on the size, charge and molecular properties of particular proteins were obtained.

Electrophoretic patterns obtained in the work allow identifying all of the tested potato cultivars. Protease inhibitors isolated from cv. Baszta were used as the internal control for easier identification of electrophoretic bands as well as to portray gel to gel discrepancies.

Key words: biochemical markers, electrophoretic analysis, potato, trypsin inhibitors, cultivars identification

WSTĘP

Identyfikacja odmian ziemniaka jest stosunkowo trudna ze względu na niewielkie zróżnicowanie cech morfologicznych bulw ziemniaka, przejawianie się niektórych cech dopiero w późniejszych stadiach rozwojowych (kiełkowanie), stosunkowo krótki czas ich występowania oraz zmienność cech morfologicznych pod wpływem czynników środowiskowych. Wskutek tego może dochodzić do pomyłek przy skupie, transporcie, czy sadzeniu, jak również rozmyślnego oszustwa dla osiągnięcia większego zysku ze sprzedaży bulw odmian mniej wartościowych. Szczególnie, więc ważne dla nasiennictwa i obrotu handlowego jest posługiwanie się prostą i skuteczną metodą identyfikacji odmian ziemniaka na podstawie cech biochemicznych.

Dla zwiększenia ilości kryteriów rozpoznawczych, skrócenia czasu analizy i uniknięcia wpływu zmienności środowiskowej na ekspresję cech morfologicznych, do identyfikacji odmian ziemniaka wprowadzono stosunkowo proste, szybkie i niedroge metody wykorzystujące markery biochemiczne i molekularne, takie jak: powtarzalne sekwencje DNA, izoenzymy, białka zapasowe i białkowe inhibitory proteaz (Pilecka i Lewosz, 1999). Te ostatnie charakteryzują się wysokim polimorfizmem, stabilnością, dają się łatwo wykrywać na podstawie swych właściwości biologicznych, prezentują odmianowo specyficzny skład elektroforetycznych frakcji.

Białkowe inhibitory proteaz bulw ziemniaka wraz z grupą innych białek zapasowych — patatyn, stanowią dużą część rozpuszczalnych białek obecnych w dojrzałych bulwach (Ryan 1990; Houl i in., 2002). Możliwość wykorzystania inhibitorów proteaz do celów taksonomicznych wykazali Kaiser i wsp. (1974). Podstawą identyfikacji odmian był specyficzny odmianowo skład izo-inhibitorów trypsyny i chymotrypsyny po elektroogniskowaniu białek soku bulw w żelu poliakrylamidowym. Izoformy inhibitorów lokalizowano w żelu poliakrylamidowym po użyciu syntetycznych chromogennych substratów proteaz (Lam i in., 2000).

Innym sposobem wykrywania inhibitorów proteaz po elektroforetycznym rozdziale białek soku bulw była technika wytrawiania żelatynowej warstwy papieru fotograficznego i uzyskiwanie repliki obrazu elektroforetycznego (Reda i in., 1981).

W obu przedstawionych sposobach obraz elektroforetyczny był pośrednim odbiciem aktywności inhibitorów wobec poszczególnych proteaz, a nie bezpośrednim obrazem ilości białek inhibitorowych w poszczególnych frakcjach elektroforetycznych. W pracy tej obiektem oceny są białka inhibitorowe, czyli produkty genów, a nie aktywność biologiczna tych białek.

Do analiz wybrano liczną i obficie występującą grupę białek inhibitorowych należących do rodziny inhibitorów trypsyny Kunitza. Są to peptydy o masie od 20 do 24 kD (Macedo i in.,

2000; Datta i in., 2001). Około 18 polipeptydów należących do tej rodziny dzieli się na trzy grupy: A, B i C o zróżnicowanej wzajemnej homologii i różnym powinowactwie do trypsyny, chymotrypsyny, subtylizyny i katepsyny D (Ishikowa i in., 1994).

MATERIAŁY I METODY

Odczynniki

Tris (tris[hydroksymetylo]aminometan); β -merkaptotetanol; amid kwasu akrylowego, N,N'-metyleno-bis-akrylamid, TEMED otrzymano z Serva (Niemcy). Pozostałe odczynniki pochodziły z POCh Gliwice.

Sorbent i odczynniki do izolowania inhibitorów

Inhibitory trypsyny izolowano metodą chromatografii powinowactwa na kolumnie wypełnionej nośnikiem Sepharose 4B (Pharmacia) z unieruchomioną trypsyną z trzustki wołowej (Sigma). Sorbent sporządzono przez immobilizację enzymu na nośniku aktywowanym bromocyjanem, wg metody Lewosza i wsp. (1981). Inhibitory wiązano z unieruchomioną trypsyną w środowisku neutralnym lub lekko alkalicznym, a desorbowano w środowisku kwaśnym. Przy izolowaniu inhibitorów posługiwano się następującymi roztworami:

- bufor 1 (0.01 M cytrynian pH 3,5);
- bufor 2 (0.05 M boran + 0.01 M CaCl_2 pH 8,6);
- roztwór elucyjny 1: 0,3 M NaCl + 0,01 M CaCl_2 ;
- roztwór elucyjny 2: 0,05 M HCl + 0,001 M CaCl_2

Odmiany

Do izolowania inhibitorów trypsyny wzięto bulwy 92 odmian ziemniaka w stanie spoczynku (tab. 1).

Tabela 1

Odmiany ziemniaka, z których izolowano inhibitory trypsyny
Potato cultivars used for isolation of trypsin inhibitors

1 — Aksamitka	20 — Irys	39 — Lawina	58 — Orlik	77 — Frezja
2 — Aster	21 — Jagoda	40 — Fresco	59 — Rywal	78 — Nimfy
3 — Ania	22 — Omulew	41 — Oda	60 — Malwa	79 — Skawa
4 — Denar	23 — Sumak	42 — Kolia	61 — Gloria	80 — Salto
5 — Beata	24 — Meduza	43 — Panda	62 — Jaśmin	81 — Hinga
6 — Ekra	25 — Sante	44 — Lord	63 — Fala	82 — Ikar
7 — Grot	26 — Ruta	45 — Koga	64 — Ina	83 — Felsina
8 — Drop	27 — Mila	46 — Atol	65 — Danusia	84 — Balbina
9 — Cedron	28 — Cykada	47 — Muza	66 — Ceza	85 — Vistula
10 — Irga	29 — Bekas	48 — Stobrawa	67 — Alicja	86 — Bila
11 — Triada	30 — Tokaj	49 — Accent	68 — Bard	87 — Mors
12 — Wigry	31 — Vineta	50 — Glada	69 — Fregata	88 — Signal
13 — Kos	32 — Wolfram	51 — Albina	70 — Bzura	89 — Vital
14 — Maryna	33 — Jasia	52 — Harpun	71 — Arkadia	90 — Wiking
15 — Rybitwa	34 — Koral	53 — Karlana	72 — Lena	91 — Tara
16 — Jantar	35 — Ibis	54 — Latona	73 — Orlan	B — Baszta
17 — Jagna	36 — Barycz	55 — Łucja	74 — Bryza	
18 — Wawrzyn	37 — Anielka	56 — Perkoz	75 — Cara	
19 — Klepa	38 — Dunajec	57 — Lotos	76 — Timate	

Ekstrakcja soku z bulw

Na plastikowej tarce ucierano ok. 150 g tkanki bulw dodając 100 μ l 5% wodnego roztworu β -merkaptoetanolu w dwu porcjach: pierwsze 50 μ l mieszano z pulpą, a drugie 50 μ l dodawano do soku wyciśniętego przez nylonową tkaninę. Sok dializowano przez około 16 godzin w lodówce wobec kilkakrotnie zmienianego buforu 1 (pH = 3,5). Po odwirowaniu wytrąconych przy pH 3,5 białek, doprowadzono dializat 1M Trisem do wartości pH = 8,8 i ponownie wirowano po ok. 10 minutach.

Izolowanie inhibitorów

Kolumnę równoważono przemywając buforem 2 aż do ustalenia się pH 8,6 w wypływie. Następnie wprowadzono na kolumnę odwirowany dializowany sok i wymywno frakcję nieadsorbujących się białek buforem 2 aż do spadku A_{280} w wypływie do wartości poniżej 0,05. Przemywano kolumnę roztworem 1 do uzyskania w wypływie pH = 7,0. Frakcję inhibitorów z kolumny wymywno roztworem 2 zbierając frakcje objętości 2ml o ekstynkcjach E_{280nm} nie niższych niż 1,5. Zebrane frakcje natychmiast neutralizowano 1M roztworem Tris i mierzono stężenie białka metodą mikrobiuretową (Kłyszewko-Stefanowicz, 2003). Do 0,1 ml roztworu inhibitorów dodawano 1 ml 10% TCA i odwirowano. Otrzymany osad rozpuszczono w 2 ml 3% NaOH i dodano 0,1 ml odczynnika Benedicta i po 10 min. mierzono absorbancję przy 330 nm. Zawartość białka obliczano stosując jako standardy roztwory albuminy wołowej krystalicznej (POCh) o stężeniach 100, 200, 300, 400 μ g/ml.

Kolumny regenerowano do następnego użycia przez przemywanie buforem 2.

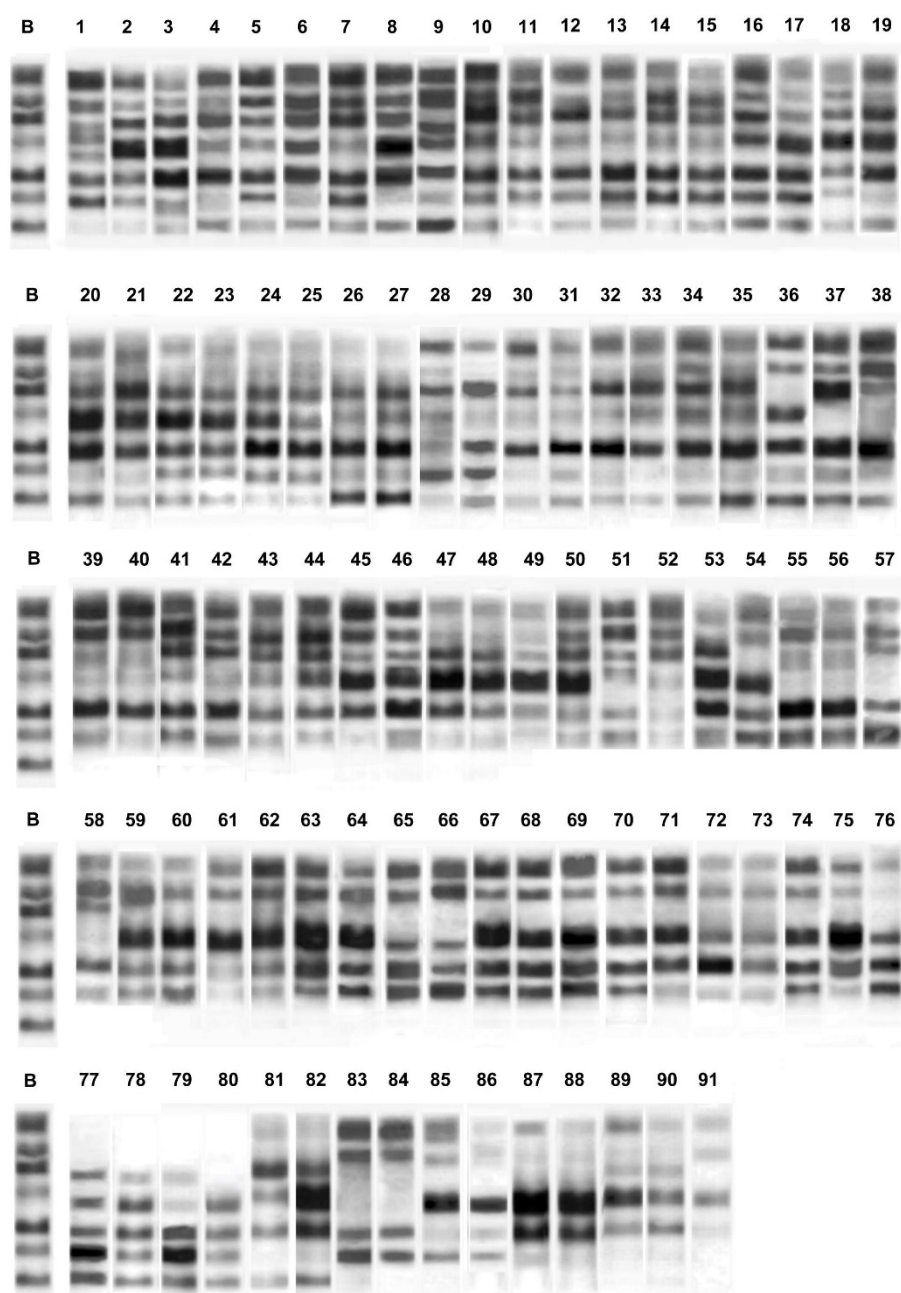
Elektroforeza białkowych inhibitorów proteaz

Białka inhibitorowe o stężeniu około 1,2 mg/ml łączono w stosunku 1:1 z buforem zawierającym 20% glicerol i błękit bromofenolowy i nakładano do kieszonek w ilości po 30 μ l. Elektroforezę prowadzono w komorze V20-CB firmy Consort o układzie pionowym 7% żelu poliakrylamidowego wymiarach 165/160 mm i grubości 1 mm, stosując w komorach bufor Tris-glicynowy pH 8,6. Elektroforezę przeprowadzano przy pomocy zasilacza typu E-833 firmy Consort przy napięciu: 300V (100V do czasu wejścia prób w żel rozdzielający).

Po skończonej elektroforezie utrwalano białka w 7,5% roztworze kwasu trójchloroctowego przez 20 min i barwiono 0,05% roztworem Coomassie Brilliant Blue w metanolu:kwasie octowym:wodzie (50:10:40 obj/obj/obj). Nadmiar barwnika odmywano roztworem metanolu — kwasu octowego — wody (5:7:88).

WYNIKI I DYSKUSJA

Obrazy elektroforetyczne inhibitorów trypsyny wyizolowanych z bulw 92 odmian ziemniaka przedstawiono na rysunku 1. Ogółem wyróżniono kilkanaście pasm białek inhibitorowych. Poszczególne pasma białek inhibitorowych występują z różną częstotliwością i intensywnością u różnych odmian i nie stwierdzono dwóch takich samych obrazów elektroforetycznych inhibitorów trypsyny u różnych odmian.



Rys. 1. Elektroferogramy inhibitorów tripsyny badanych odmian ziemniaka. B — wzorzec (odmiana Baszta)

Fig. 1. Electropherograms of trypsin inhibitors for tested potato cultivars. B — standard (cv. Baszta)

Obecność merkaptoetanolu i dializa przy niskim pH chroniła ekstrakty przed ciemnieniem powodowanym przez utlenianie związków fenolowych, a zarazem powodowała wytrącenie blisko 50% białek, pozostawiając jednak całość białek inhibitorowych w roztworze. Usprawniło to proces izolowania inhibitorów skracając czas elucji i przemywania kolumny. Wydzielanie inhibitorów trypsyny można przeprowadzić w ciągu 30–40 minut biorąc 2–3 ml soku i kilkumililitrowej objętości kolumny chromatograficznej. Ilość uzyskiwanych białek inhibitorowych jest całkowicie wystarczająca do analizy elektroforetycznej. Użycie mini-komór elektroforetycznych pozwala na wykonanie analizy elektroforetycznej w ciągu jednego dnia roboczego. Preparaty białek inhibitorowych wyizolowane wyżej opisaną metodą chromatografii powinowactwa mogą być przechowywane przez kilka miesięcy w buforze o pH 3,0–3,5 bez zmiany ich właściwości. Można zatem stosować je jako próby porównawcze przy identyfikacji nieznanej odmiany ziemniaka bez potrzeby każdorazowego izolowania nowych wzorców. Korzystne jest posługiwanie się standardem wewnętrznym (w tej pracy stosowano preparat inhibitorów odmiany Baszta) ze względu na niewielkie różnice, jakie mogą pojawić się w przebiegu elektroforezy i wyglądzie obrazów elektroforetycznych. Identyfikacja odmian ziemniaka na podstawie składu inhibitorów bulw w stanie spoczynku jest szczególnie przydatna, ponieważ w tym okresie nie można wykorzystywać innych wskaźników morfologicznych, takich jak: pokrój krzaka, kształt liści, barwa kielków, kwiatów itp.

PODSUMOWANIE

Opracowana procedura elektroforetycznej analizy inhibitorów proteaz izolowanych z bulw ziemniaka metodą chromatografii powinowactwa może znaleźć zastosowanie jako metoda szybkiej identyfikacji odmian ziemniaka. Sposób wydaje się szczególnie użyteczny w okresie spoczynku bulw, gdy można posługiwać się tylko ograniczoną ilością innych cech morfologicznych.

LITERATURA

- Datta K., Usha R., Dutta S. K., Singh M. 2001. A comparative study of the winged bean protease inhibitors and their interaction with proteases. *Plant Physiol. Biochem.* 39: 949 — 959.
- Hou W. C., Huang D. J., Lin Y. H. 2002. An aspartic type protease degrades trypsin inhibitors, the major root storage proteins of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam cv. Tainong 57). *Bot. Bull. Acad. Sin.* 43: 271 — 276.
- Ishikawa A., Ohta S., Matsuoka K., Hattori T., Nahanura K. 1994. A family of potato genes that encode Kunitz-type proteinase inhibitors: structural comparisons and differential expression. *Plant Cell Physiol.* 35 (2): 303 — 312.
- Kaiser K. P., Bruhn L. C., Belitz H. D. 1974. Proteinase inhibitors in potatoes. Protein, trypsin and chymotrypsin inhibitor patterns by isoelectric focusing in polyacrylamide gel. A rapid method for identification of potato varieties. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 154: 339.
- Kłyszewko-Stefanowicz L. 2003. Ilościowe oznaczanie białka metodą mikrobiuretową. *Ćwiczenia z biochemii*, PWN, Warszawa: 248.
- Lam W., Coast G. M., Rayne R. C. 2000. Characterization of multiple trypsins from the midgut of *Locusta migratoria*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 30: 85 — 94.

- Lewosz J., Ryś D., Reda S. 1981. Electrophoretic method for determination of molecular forms of trypsin inhibitors of potato tubers. *Analytical Biochemistry* 115: 27 — 29.
- Macedo M. L. R., de Matos D. G. G., Machado O. L. T., Marangoni., Novello J. C. 2000. Trypsin inhibitor from *Dimorphandra mollis* seeds: purification and properties. *Phytochemistry* 54: 553 — 558.
- Pilecka A., Lewosz J. 1999. Zastosowanie technik molekularnych do oceny jednorodności odmianowej ziemniaka. W: *Ochrona ziemniaka. Konferencja. Kołobrzeg, 21–22.04.1999. IHAR Oddz. Bonin*: 92 — 95.
- Reda S., Lewosz J., Hołubowska M., Budnik H. 1981. Identyfikacja odmian ziemniaka na podstawie elektroforetycznego obrazu inhibitorów trypsyny i białek bulw. *Ziemniak* 1981: 27 — 35
- Ryan C. A. 1990. Protease inhibitor in plants: genes for improving defenses against insects and pathogens. *Annu. Rev. Phytopathol.* 28: 425 — 449.

TOMASZ MACIEJEWSKI**JERZY SZUKAŁA****STANISŁAW GRZEŚ**

Katedra Uprawy Roli i Roślin

Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

Wpływ następczy deszczowania, niszczenia naci i nawożenia azotem na potencjał plonotwórczy sadzeniaków ziemniaka

Residual effects of irrigation, haulm destruction and nitrogen fertilization on yielding potential of seed-potatoes

W trzyletnich badaniach realizowanych w Zakładzie Doświadczalnym Gorzyń badano następczy wpływ deszczowania, niszczenia naci i nawożenia azotem na plonowanie sadzeniaków bardzo wczesnej odmiany Aster. Materiał sadzeniakowy pozyskiwano z doświadczeń prowadzonych w latach 1998–2000 w Zakładzie Doświadczalnym Złotniki. Następczy wpływ deszczowania na potencjał plonotwórczy sadzeniaków, wyrażony plonami bulw i skrobi oraz zawartością skrobi, był zależny od przebiegu pogody w okresie wegetacji. Termin niszczenia naci ziemniaków nie miało bezpośredniego wpływu na plon bulw i zawartość skrobi. Sadzeniaki pochodzące z obiektów nawożonych dawką 40 kg N/ha, charakteryzowały się największym potencjałem plonotwórczym.

Słowa kluczowe: deszczowanie, nawożenie azotem, niszczenie naci, sadzeniaki ziemniaków

The importance of residual effects of irrigation, haulm destruction and nitrogen fertilization for yielding of a very early potato cultivar Aster was evaluated in a 3-year experiment carried out at the Experimental Station Gorzyń. Seed-potatoes for the studies originated from the experiments conducted in 1998–2000 at the Experimental Station Złotniki. The residual effect of irrigation on potato yielding potential, assessed by analyses of tuber yield, starch yield and starch content, was found to depend on weather conditions in the vegetation period. No direct effect of haulm destruction on tuber yield and starch content was recorded. The most considerable yielding potential was exhibited by the potatoes grown in the plots fertilized with nitrogen dose of 40 kg/ha.

Key words: haulm destruction, irrigation, nitrogen fertilization, seed-potatoes

WSTĘP

Bezpośredni wpływ czynników agrotechnicznych na plonowanie ziemniaków jest dość dobrze poznany, natomiast stosunkowo mało publikacji dotyczy następczego wpływu tych czynników, na potencjał plonotwórczy sadzeniaków. Na plantacjach nasiennych ziemniaków,

dla ograniczania porażenia ich chorobami wirusowymi, stosuje się niszczenie naci, a także zaleca się ograniczenie nawożenia azotem w porównaniu do plantacji produkcyjnych (Sobiech, 2000). Deszczowanie plantacji nasiennych sadzeniaków ziemniaka zwiększa nie tylko plony sadzeniaków, ale może także wpływać na ich jakość (Borówczak, 1997).

Celem przeprowadzonych badań było określenie następczego wpływu deszczowania, niszczenia naci i nawożenia azotem, na potencjał plonotwórczy sadzeniaków ziemniaka.

MATERIAŁ I METODY

Sadzeniaki ziemniaków, bardzo wczesnej odmiany Aster, pochodziły z doświadczeń przeprowadzonych w latach 1998–2000 w układzie „split-plot” w Zakładzie Doświadczalnym Złotniki k. Poznania. W doświadczeniach przygotowawczych czynnik pierwszego rzędu stanowił wariant wodny — deszczowany (D) i niedeszczowany (ND). Czynnikiem drugiego rzędu był wariant z niszczeniem naci, który przeprowadzono w dwóch terminach: w trzeciej dekadzie czerwca (I) i w pierwszej dekadzie lipca (II) oraz wariant kontrolny — bez niszczenia naci (K). Terminy niszczenia naci, każdego roku, określono na podstawie obserwacji nalotu mszyc (tab. 1).

Tabela 1

Terminy niszczenia naci, zbioru, deszczowania oraz dawki wody
Term of haulm destruction, harvest, irrigation and dose of water

Rok Year	Obiekt Object	Terminy — Terms			Dawka wody (mm) Water doses (mm)
		niszczenia naci haulm destruction	zbioru harvest	deszczowania irrigation	
1998	K	—	02.09	8.06, 1.07	20 + 40
	I	24.06	03.07	8.06	20
	II	03.07	17.07	8.06, 1.07	20 + 40
1999	K	—	18.08	5.06, 14.06, 21.06	40 + 40 + 40
	I	14.06	13.07	5.06	40
	II	29.06	27.07	5.06, 14.06, 21.06	40 + 40 + 40
2000	K	—	11.08	7.06, 21.06, 5.07	40 + 30 + 30
	I	12.06	26.06	7.06, 21.06	40 + 30
	II	28.06	10.07	7.06, 21.06, 5.07	40 + 30 + 30

K – kontrola – control

I – 1. termin niszczenia naci – 1st term of haulm destruction

II – 2. termin niszczenia naci – 2nd term of haulm destruction

Czynnikiem trzeciego rzędu było nawożenie azotem w wysokości: 0, 40, 80 i 120 kg N/ha. Przed zbiorem ziemniaków, spod każdego krzaka, pobierano jedną bulwę wielkości około 4,5 cm. Sadzeniaki przechowywano w standardowych warunkach w przechowalni. Wiosną zakładano doświadczenia ściśle, z następczym wpływem badanych czynników w Złotnikach, w Zakładzie Doświadczalno-Dydaktycznym Gorzyń w latach 1999–2001, które są przedmiotem niniejszego opracowania. Nawożenie mineralne oraz pozostałe zabiegi agrotechniczne stosowano wg zaleceń poprawnej agrotechniki plantacji nasiennych ziemniaków. Powierzchnia poletka do zbioru wynosiła 21 m², a na każdym poletku znajdowało się po 100 krzaków ziemniaka.

Gleby pól doświadczalnych w Złotnikach oraz w Gorzynie zaliczone są do klasy bonitacyjnej IVa, a pod względem przydatności rolniczej do kompleksu 5. (żytni dobry).

Przedplonem dla ziemniaków w Złotnikach była marchew pastewna, a w Gorzynie — pszenica ozima.

Charakterystykę warunków meteorologicznych przedstawiono za pomocą współczynników hydrotermicznych Sielianinowa wyliczonych na podstawie obserwacji prowadzonych w Stacjach Meteorologicznych w Złotnikach i Gorzynie (tab. 2). Zamieszczono dodatkowo szczegółowe dane pogodowe dla Złotnik (tab. 3), gdyż warunki pogodowe w okresie wegetacji mogą wpływać na wartość nasienną sadzeniaków.

Tabela 2

Współczynniki Sielianinowa w okresie wegetacji w Zakładach Doświadczalnych Złotniki i Gorzyń
Sielianinov coefficients in the vegetation period at the Experimental Stations Złotniki and Gorzyń

Rok Year	Miesiąc —Month					Okres IV-VIII Period IV-VIII
	IV	V	VI	VII	VIII	
Złotniki						
1998	1,75	0,89	1,38	0,46	0,26	0,95
1999	0,42	0,88	0,71	1,27	1,17	0,89
2000	1,30	0,17	1,32	1,44	0,78	1,00
Gorzyń						
1999	2,38	0,93	1,41	0,36	1,06	1,23
2000	0,47	0,77	0,56	2,82	1,44	1,21
2001	1,20	0,63	1,77	0,59	1,07	1,04

Wartość współczynnika — coefficient value: 0-0,50 — okres suszy; dry period, 0,51-1,00 — okres półsuszy; semi-drought period, 1,01-2,00 — okres względnie wilgotny; relatively wet period

Tabela 3

Średnie temperatury i sumy opadów w Stacji Doświadczalnej Złotniki w latach 1998–2000
Average temperatures and sum of rainfall in Experimental Station at Złotniki in years 1998–2000

Rok Year	Miesiąc Month	Temperatura — Temperature (°C)					Opady — Rainfalls (mm)				
		dekada — decade			średnia — average		dekada — decade			Σ	Σ*
		I	II	III	miesięczna monthly	1951–2000	I	II	III		
1998	III	4,73	2,73	6,33	4,65	3,24	34,00	12,30	0,20	46,50	30,55
	IV	9,94	8,84	16,61	11,80	8,30	13,70	19,30	1,90	34,90	31,44
	V	16,27	17,41	17,22	16,97	13,96	16,00	2,30	22,30	40,60	48,66
	VI	22,50	16,07	19,50	19,36	17,24	20,10	34,60	17,50	72,20	59,61
	VII	15,91	19,58	22,57	19,46	18,80	27,30	17,40	15,90	60,60	76,40
	VIII	20,32	20,27	14,33	18,18	18,12	28,20	3,40	28,40	60,00	53,19
1999	III	6,53	2,30	10,32	6,51	3,24	43,80	9,00	6,40	59,20	30,55
	IV	12,75	8,03	13,94	11,57	8,30	8,50	32,60	19,50	60,60	31,44
	V	13,88	13,83	20,08	16,06	13,96	8,50	23,40	12,50	44,40	48,66
	VI	18,83	17,95	17,99	18,25	17,24	34,30	21,20	19,90	75,40	59,61
	VII	22,60	23,64	21,18	22,43	18,80	20,70	9,10	2,00	31,80	76,40
	VIII	24,30	18,54	18,34	20,32	18,12	3,70	4,80	7,70	16,20	53,19
2000	III	5,16	3,96	7,00	5,42	3,24	41,60	21,80	38,90	102,30	30,55
	IV	8,45	14,21	21,16	14,60	8,30	1,90	16,30	0,00	18,20	31,44
	V	19,64	18,87	17,39	18,59	13,96	0,00	7,00	43,60	50,60	48,66
	VI	21,04	20,99	17,58	19,87	17,24	21,10	12,60	8,40	42,10	59,61
	VII	18,49	15,70	18,33	17,53	18,80	29,60	21,30	18,20	69,10	76,40
	VIII	19,38	22,63	18,45	20,10	18,12	11,60	11,60	49,50	72,70	53,19

Σ — Suma opadów miesięcznych; Month rainfall

Σ* — Średnia suma opadów miesięcznych z wielolecia 1951–2000; Average of month rainfall in the period 1951–2000

Przebieg pogody w okresie prowadzenia badań był bardzo zróżnicowany. W Złotnikach szczególnie suchym był lipiec i sierpień w 1999 roku oraz kwiecień i maj w 2000 roku, w których opady wynosiły odpowiednio 31,8 i 16,2 mm oraz 18,2 i 50,6 mm (tab. 3), a w Gorzynie, kwiecień, maj i czerwiec w 2000 roku. Wartości współczynnika Sieliana-ninowa w wymienionych okresach nie przekraczały wartości 1,00 (tab. 2). We wszystkich latach prowadzenia badań, średnie miesięczne temperatury powietrza były wyższe od średnich temperatur miesięcznych z wielolecia, co sprawiało, że opady naturalne nawet, kiedy były zbliżone do średnich opadów z wielolecia, na roślinach widoczne były niedobory opadów. Skutkiem ich niedoboru, na obiektach deszczowanych w doświadczeniach przygotowawczych, zastosowano w 1998 roku dwukrotne deszczowanie ziemniaków w łącznej dawce wody 80 mm, a w 1999 i 2000 roku odpowiednio po 120 i 100 mm w trzykrotnych dawkach (tab. 1).

WYNIKI

Następczy wpływ deszczowania na potencjał plonotwórczy sadzeniaków, określony plonem ogólnym i handlowym bulw, zawartością i plonami skrobi, był zróżnicowany w latach (tab. 4).

Tabela 4

Wpływ następczy deszczowania na plonowanie ziemniaków
Residual effect of irrigation on potato yielding

Wariant wodny Water variant	Rok — Year		
	1999	2000	2001
Plon ogólny — Total yield (t/ha)			
Niedeszczowany — Non irrigated	24,60	17,39	28,35
Deszczowany — Irrigated	28,46	15,80	26,85
Różnica — Difference (t/ha)	3,86	-1,59	-1,50
(%)	15,69	-9,14	-5,29
$NIR_{\alpha=0,05}$ — $LSD_{\alpha=0,05}$	3,22	0,48	r.n.-n.s.
Zawartość skrobi — Starch content (%)			
Niedeszczowany — Non irrigated	16,1	13,9	16,3
Deszczowany — Irrigated	15,8	14,8	16,4
Różnica — Difference (%)	-0,3	0,9	0,1
$NIR_{\alpha=0,05}$ — $LSD_{\alpha=0,05}$	0,28	0,11	r.n.-n.s.
Plon skrobi — Starch yield (t/ha)			
Niedeszczowany — Non irrigated	3,97	2,42	4,62
Deszczowany — Irrigated	4,50	2,35	4,39
Różnica — Difference (t/ha)	0,53	-0,07	-0,23
(%)	13,35	-2,89	-4,98
$NIR_{\alpha=0,05}$ — $LSD_{\alpha=0,05}$	0,21	0,06	r.n.-n.s.
Plon handlowy — Commercial yield (t/ha)			
Niedeszczowany — Non irrigated	23,67	15,40	26,93
Deszczowany — Irrigated	26,72	13,72	25,49
Różnica — Difference (t/ha)	3,05	-1,68	-1,44
(%)	12,89	-10,91	-5,35
$NIR_{\alpha=0,05}$ — $LSD_{\alpha=0,05}$	3,04	0,48	r.n.-n.s.

r.n. — Różnice statystycznie nieistotne

n.s. — Not significant difference

W roku 1999 większe plony uzyskano wysadzając sadzeniaki pochodzące z kombinacji deszczowanych w 1998 roku. W porównaniu do obiektów obsadzonych sadzoniakami pochodzącymi z kombinacji nie deszczowanych, przyrost plonu ogólnego wynosił 3,86 t/ha (15,69%), plonu skrobi 0,53 t/ha (13,35%) i plonu bulw frakcji handlowej 3,05 t/ha (12,89%). Równocześnie stwierdzono, że bulwy otrzymane z sadzoniaków pochodzących z obiektów deszczowanych miały mniejszą o 0,3% zawartość skrobi. Porównując uzyskane plony ziemniaków a przebieg pogody, można stwierdzić, że występujące wysokie temperatury powietrza, przy nawet krótkookresowych niedoborach opadów atmosferycznych, wpływały ujemnie na wartość nasienną otrzymanych sadzoniaków.

W 2000 roku, większym potencjałem plonotwórczym charakteryzowały się sadzeniaki pochodzące z obiektów nie deszczowanych, jednak przy znacznie mniejszej (o 0,9%) zawartości skrobi. Materiał sadzoniakowy został wyprodukowany w 1999 roku, który w porównaniu do 1998, charakteryzował się niższymi temperaturami powietrza oraz większymi opadami w kwietniu. Zastosowanie w tym roku nawet 120 mm wody z deszczowania nie spowodowało zwiększenia potencjału plonotwórczego sadzoniaków ziemniaka, a nawet go obniżyło. Można więc z dużą dozą ostrożności wnioskować, że temperatura w okresie wegetacji może mieć większy wpływ na potencjał plonotwórczy sadzoniaków niż woda. Wynikałoby z tego, że niedobór opadów w pierwszej połowie wegetacji roślin ziemniaków przy dostatecznym zaopatrzeniu w wodę w drugiej połowie wegetacji nie wpływał ujemnie na wartość nasienną sadzoniaków.

W trzecim roku doświadczeń polowych, w 2001 roku, nie stwierdzono istotnego następczego wpływu deszczowania na wielkość uzyskanych plonów i zawartość skrobi (tab. 4).

W przeprowadzonych doświadczeniach wykazano istotny wpływ nawożenia azotem na wartość plonotwórczą sadzoniaków (tab. 5).

Tabela 5

Następczy wpływ nawożenia azotem na plony ziemniaków (średnio z lat 1999–2001)
Residual effect of nitrogen fertilization on potato yields (average from 1999–2001)

Nawożenie azotem (kg /ha) Nitrogen fertilization (kg /ha)	Plon — Yield (t/ha)			Zawartość skrobi (%) Starch content (%)
	ogólny total	handlowy commercial	skrobi starch	
0	23,07	21,40	3,64	15,82
40	24,20	22,56	3,83	15,66
80	23,72	22,20	3,72	15,52
120	23,31	21,78	3,64	15,41
NIR _{α=0,05} — LSD _{α=0,05}	0,81	0,76	0,14	0,10

Uzyskane jednak różnice pomiędzy wartościami skrajnymi były niewielkie i wynosiły one tylko 1,13 t/ha dla plonu ogólnego, 1,16 t/ha dla plonu handlowego bulw i 0,19 t/ha dla plonu skrobi. Spośród porównywanych poziomów nawożenia azotem, największym potencjałem plonotwórczym charakteryzowały się sadzeniaki pochodzące z obiektów nawożonych dawką 40 kg N/ha. Stwierdzono również, że wzrastające nawożenie azotem plantacji nasiennej, powodowało iż sadzeniaki otrzymane w tych warunkach dawały plony o mniejszej zawartości skrobi. Różnica pomiędzy największą, a najmniejszą zawartością

skrobi wynosiła wprawdzie tylko 0,41%, jednak zależność ta była powtarzalna w kolejnych latach prowadzenia badań.

W przeprowadzonych badaniach nie stwierdzono następczego wpływu niszczenia naci na potencjał plonotwórczy sadzeniaków ziemniaka (tab. 6).

Tabela 6

Wpływ następczy niszczenia naci na plon ogólny kłębów ziemniaków (t/ha)
Residual effect of haulm destruction term on total yield of potato tubers (t/ha)

Niszczenia naci Haulm destruction	Rok — Year		
	1999	2000	2001
Kontrola — Control	26,12	16,47	27,48
1- termin — 1 st term	26,09	16,43	27,87
2- termin — 2 nd term	27,38	16,88	27,45
NIR _{$\alpha=0,05$} — LSD _{$\alpha=0,05$}	r.n.-n.s.	r.n.-n.s.	r.n.-n.s.

r.n. — Różnice statystycznie nieistotne

n.s. — Not significant difference

DYSKUSJA

Badania Reusta (1990), Rykaczewskiej (1993) oraz Zaaga i Loona (1987) wskazują, że warunki środowiskowe w okresie wegetacji oraz przechowywania ziemniaków, w zależności od odmiany, w różnym stopniu wpływają na potencjał plonotwórczy sadzeniaków ziemniaka. Dlatego postępowanie z sadzonymi ziemniakami w okresie od zbioru do sadzenia jest bardzo ważne dla zachowania ich potencjału plonotwórczego. Wobec powyższego istotne jest pytanie, w jakim stopniu warunki agrotechniczne prowadzenia plantacji nasiennej mogą wpływać na potencjał plonotwórczy sadzeniaków ziemniaka. Jak podaje Gabriel (1977) stan fizjologiczny sadzeniaków zależy nie tylko od wieku chronologicznego, ale także od warunków zewnętrznych oddziałujących na nie w okresie wegetacji i przechowywania. Badania Bielińskiej-Czarneckiej i Białek (1972), a także Reusta (1986) wskazują, że bulwy od początku swego istnienia, czyli od inicjacji na roślinie matecznej, aż do zaniku zdolności do kiełkowania ulegają przemianom biochemiczno-fizjologicznym. Przemiany te powodują pojawienie się kolejnych stadiów rozwojowych: spoczynku, wzrostu kiełków, tuberyzacji. Rykaczewska (1999) wykazała wpływ wieku fizjologicznego bulw matecznych na wiele badanych bioparametrów związanych z rozwojem roślin i plonowaniem różnych odmian. Szczególnie silny wpływ wieku fizjologicznego bulw widoczny jest u odmian wczesnych (Bodlaender i Marinus, 1987, Rykaczewska 1993 i 1999)

W omawianych badaniach własnych wykazano, że deszczowanie oraz nawożenie azotem, niezależnie od siebie, miało istotny wpływ na potencjał plonotwórczy sadzeniaków ziemniaka. W trzyletnim okresie badań deszczowanie różnicowało potencjał plonowania sadzeniaków w dwóch badanych latach. W roku 1999 lepiej plonowały sadzonymi ziemniakami pochodzące z kombinacji deszczowanych. W 1998 roku okres tuberyzacji charakteryzował się dostateczną dostępnością wody (wsp. Sielanianowa — 1,38), a w okresie późniejszym (lipiec, sierpień) — suszą. Dla tych miesięcy współczynniki

Sielianinowa wynosiły odpowiednio 0,46 i 0,26. Przeciwnie wyniki uzyskano w roku 2000, w którym większe plony uzyskano z sadzeńiaków pochodzących z kombinacji na których w 1999 roku nie stosowano deszczowania. Warunki wilgotnościowe panujące w roku produkcji sadzeńiaków (rok 1999), w okresie czerwiec-sierpień układały się odwrotnie niż w roku poprzednim. W miesiącu czerwcu panowały warunki półsuszy (0,71), natomiast lipiec i sierpień charakteryzowały względny dostatek wody, dla których współczynniki Sielianinowa wynosiły odpowiednio 1,27 i 1,17. Zatem uzyskane wyniki wskazują, że warunki środowiskowe mogą wpływać na potencjał plonotwórczy sadzeńiaków ziemniaka (Gabriel, 1977; Reust, 1990; Rykaczewska, 1993; Zaag i Loon, 1987).

Wpływ nawożenia azotem na wartość plonotwórczą sadzeńiaków, w zależności od pogody, był znacznie mniejszy. Największym potencjałem plonotwórczym charakteryzowały się sadzeńiaki pochodzące z kombinacji nawożonych dawką 40 kg N/ha, za wyjątkiem zawartości skrobi. Wyraziło się to największym plonem ogólnym i handlowym bulw, w porównaniu do pozostałych kombinacji nawozowych. Dalsze zwiększanie nawożenia powodowało systematyczny spadek plonów bulw. Podobnie, wzrastające nawożenie azotem, w przedziale od 0 do 120 kg N/ha, powodowało systematyczny i istotny spadek zawartości skrobi z 15,82 do 15,41%. Przedstawiony powyżej kierunek zmian zachodzących pod wpływem wzrastającego nawożenia azotem, był powtarzalny w kolejnych latach badań.

Stosowanie niszczenia naci, w celu ochrony bulw przed infekcją chorobami wirusowymi przenoszonymi przez mszyce, nie miało wpływu na wiek fizjologiczny bulw. Badane bioparametry takie jak: plon ogólny, handlowy bulw czy skrobi nie różniły się istotnie między sobą. Sugerowałoby to, że wcześniejsze niszczenie łęcin z rosnącą plantacji ziemniaków nie skutkuje obniżeniem potencjału plonotwórczego sadzeńiaków ziemniaka.

Reasumując, przedstawione wyniki badań, wskazują, że warunki środowiskowe i agrotechniczne prowadzenia plantacji nasiennej sadzeńiaków ziemniaka, wpływają na ich potencjał produkcyjny.

WNIOSKI

1. Następczy wpływ deszczowania na potencjał plonotwórczy sadzeńiaków uzależniony był od przebiegu pogody w roku produkcji materiału sadzeńiakowego. Szczególnie niekorzystnie na wartość nasienną sadzeńiaków wpływały wysokie temperatury połączone z okresowym brakiem wody w glebie.
2. Niszczenie naci ziemniaków nie miało następczego wpływu na plon bulw i zawartość skrobi.
3. Największym potencjałem produkcyjnym, wyrażonym plonem ogólnym i handlowym bulw oraz skrobi charakteryzowały się sadzeńiaki pochodzące z kombinacji nawożonych dawką 40 kg/ha.

LITERATURA

- Bielińska-Czarnecka M., Białek K. 1972. Activity of growth inhibitors in potato tubers during the vegetation and storage. *Bull. Acad. Polon. Sci. Ser. C. Biol.* 20: 809 — 812.
- Bodlaender K. B. A., Marinus J. 1987. Effect of physiological age on growth of seed potatoes of two cultivars. 3. Effect on plant growth under controlled conditions. *Potato Research* 30: 423 — 440.
- Borówczak F. 1997. Effects of sprinkling irrigation of seeds crops in Poland. In: *Proceedings of Poland — Israel Conference on water requirements and irrigation effects of plants cultivated in arid and semiarid climates*. Tel-Aviv: 149 — 155.
- Gabriel W. 1977. Wartość nasienna sadzeniaka. W: *Hodowla i nasiennictwo ziemniaka*. W. Gabriel, K. Świeżyński, PWRiL Warszawa: 238 — 243.
- Reust W. 1986. EAPR working group “Physiological age of the potato”. *Potato Research* 29: 267 — 271.
- Reust W. 1990. Sur l’importance des caractères physiologiques des variétés de pomme de terre, la conservation de plants, la prégermination et le rendement. *revue Suisse Agriculture* 22: 51 — 57.
- Rykaczewska K. 1993. Wiek fizjologiczny bulw matecznych ziemniaka jako czynnik modyfikujący produktywność roślin. *Frag. Agron.* 2: 5 — 50.
- Rykaczewska K. 1999. Wpływ wieku fizjologicznego bulw matecznych i usuwania kielków przed sadzeniem na rozwój roślin i plon wczesnych odmian ziemniaka. *Biul. IHAR* 209: 97 — 110.
- Sobiech S. 2000. *Ziemniak*. W: *Nasiennictwo. Rozmnażanie materiału siewnego*. K. W. Duczmal, H. Tucholska, PWRiL Poznań: 79 — 95.
- Zaag van der D. E., 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.

WOJCIECH KOZERA**BOŻENA BARCZAK**

Katedra Chemii Rolnej

Wydział Rolniczy, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

Wpływ dolistnego nawożenia mikroelementami roślin ziemniaka na skład frakcyjny białka bulw

Effects of leaf fertilization of potato plants with microelements on fractional composition of proteins in tubers

W pracy przedstawiono wyniki badań nad wpływem dolistnego nawożenia mikroelementami w formie wieloskładnikowego nawozu Mikrochelat Gama oraz soli technicznych Cu, Zn, Mn, Mo i B, na zawartość azotu ogólnego i skład frakcyjny białka bulw ziemniaka odmiany Mila. Wykazano oddziaływanie zastosowanego nawożenia, a w szczególności cynku, miedzi, molibdenu oraz badanego wieloskładnikowego nawozu na wzrost zawartości azotu ogólnego w suchej masie bulw ziemniaka. Stwierdzono wyraźny wzrost udziału albumin w bulwach pod wpływem zastosowanego nawożenia. Stosowanie dolistne roztworów miedzi oraz cynku powodowało wzrost udziału białek konstytucyjnych (albuminy+globuliny) w suchej masie bulw. Nawożenie miedzią, molibdenem, nawozem wieloskładnikowym, a także cynkiem, powodowało istotny wzrost udziału azotu nierozpuszczalnego w suchej masie bulw. Globuliny i gluteliny były frakcjami, których zawartość w bulwach ziemniaka w niewielkim stopniu zmieniała się pod wpływem zastosowanego nawożenia.

Słowa kluczowe: mikroelementy, azot ogólny, frakcje białka, bulwy ziemniaka

The aim of this 3-year study was to estimate the effects of foliar application of multi-component fertilizer (Mikrochelat Gama) as well as Cu, Zn, Mn, Mo and B in the form of salts on the total nitrogen content and fraction composition in tubers of potato cv. Mila. Fertilization with copper, zinc, molybdenum and multi-component fertilizer significantly increased the total nitrogen content in dry matter of tubers. Also, significant increase in the content of albumins as the effect of fertilization with all the microelements and multi-component fertilizer was recorded. The application of copper and zinc solutions resulted in the increase in the content of constitutional proteins (albumins+globulins) in dry matter. Fertilization with copper, molybdenum, multi-component fertilizer or zinc significantly enhanced the content of insoluble nitrogen. No essential difference in the content of globulins and glutelins in tubers from treated and untreated plants was found.

Key words: microelements, total nitrogen, protein fractions, potato tubers

WSTĘP

Wzrost plonowania roślin uprawnych jest, między innymi, miarą postępu w produkcji rolniczej. Uzyskiwanie wyższych plonów prowadzi do wyczerpywania składników pokarmowych w glebie, zwłaszcza mikroelementów. Niedobory mikroelementów mogą z czasem nasilać się, powodując nieprawidłowy wzrost i rozwój roślin, a w następstwie — pogorszenie jakości konsumpcyjnej, bądź technologicznej plonu (Ruszkowska, Wojcieszka-Wyskupajtys, 1996; Sienkiewicz-Cholewa, Wróbel, 2004).

Ziemniak, z uwagi na niewielkie wymagania glebowo-klimatyczne i wszechstronną przydatność użytkową, jest rośliną powszechnie uprawianą w Polsce. Bulwy ziemniaka zawierają wiele cennych składników odżywczych, z których wyjątkową pozycję zajmuje białko, wyróżniające się wysoką wartością biologiczną (Leszczyński, 1994). Zawiera ono wszystkie aminokwasy egzogenne i jako jedno z nielicznych białek roślinnych nie ustępuje białku zwierzęcemu pod względem wartości biologicznej. Jakość tego białka może być modyfikowana przez nawożenie mikroelementami, których niedobór w okresie wegetacji może być przyczyną pogorszenia jego wartości biologicznej. Ziemniak z reguły uprawiany jest na glebach mało zasobnych w przyswajalne formy mikroelementów, zatem nawożenie dolistne wydaje się najlepszym sposobem zapobiegania ich okresowym niedoborom spowodowanym np. brakiem opadów.

W badaniach nad wpływem różnych czynników agrotechnicznych na cechy jakościowe bulw ziemniaka, stosunkowo mało miejsca poświęca się reakcji tej rośliny na dolistne nawożenie mikroelementami. Szczególnie interesujące wydaje się prześledzenie zmian wartości biologicznej białka, a zwłaszcza jego składu frakcyjnego, pod wpływem dolistnie stosowanych mikroelementów. Poznanie zależności, jakie istnieją pomiędzy nawożeniem podstawowymi mikroelementami, stosowanymi powszechnie w agrotechnice roślin, a jakością białka, ma duże znaczenie w ocenie jakościowej bulw — w szczególności u odmian ziemniaka przeznaczonych na cele konsumpcyjne i paszowe.

MATERIAŁ I METODY

W latach 1996-1998 przeprowadzono na terenie Stacji Badawczej Wydziału Rolniczego Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy ściśle jednoczynnikowe doświadczenie polowe w układzie losowanych bloków z ziemniakiem jadalnym odmiany Mila. Doświadczenie założono w trzech powtórzeniach, na glebie płowej klasy bonitacyjnej IIIb, kompleksu żyniego dobrego. Zasobność gleby w przyswajalne formy fosforu, potasu oraz cynku, manganu i boru była średnia; natomiast zawartość miedzi oszacowano jako niską. Odczyn gleby mierzony wartością pH, oznaczony w 1 M KCl, wynosił 5,6.

Na całej powierzchni doświadczenia zastosowano jednolite nawożenie mineralne. Przed sadzeniem wysiano jednorazowo $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ w formie saletry amonowej. Nawożenie fosforem i potasem wykonano jesienią. Fosfor zastosowano w formie superfosfatu potrójnego w ilości $25 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$, potas w formie siarczanu potasu w ilości $100 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$. Jesienią również zastosowano obornik w dawce $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Badanym czynnikiem był rodzaj nawozu mikroelementowego ($n = 6$). Zastosowano następujące formy i dawki mikroelementów: $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($4,5 \text{ g Mo} \cdot \text{ha}^{-1}$), $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ($20 \text{ g B} \cdot \text{ha}^{-1}$), $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ($30 \text{ g Zn} \cdot \text{ha}^{-1}$), $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ($45 \text{ g Mn} \cdot \text{ha}^{-1}$), $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ($25 \text{ g Cu} \cdot \text{ha}^{-1}$) oraz nawóz Mikrochelat Gama, który oprócz Zn, Mn, Cu, Mo i B, zawierał również Fe i Mg. Dawki stosowanych soli nieorganicznych i wieloskładnikowego nawozu ($5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) ustalono na takich poziomach, że zawartość odpowiednich mikroelementów w pojedynczych solach i w nawozie wieloskładnikowym była jednakowa.

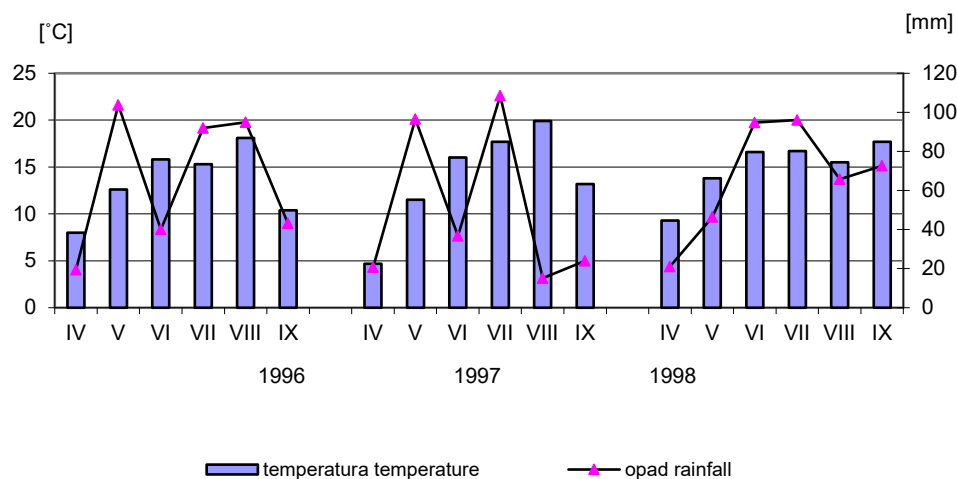
Rośliny opryskano mikroelementami jednorazowo opryskiwaczem ręcznym w fazie zwarcia międzyrzędzi, co przypadało na III dekadę czerwca w kolejnych latach: 28 VI, 27 VI, 24 VI, rozpuszczając stosowane nawozy w objętości wody odpowiadającej $300 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. W okresie tym miał miejsce największy rozrost masy nadziemnej roślin, co pozwalało na utrzymanie się na blaszkach liściowych jak największej ilości składników pokarmowych i ograniczało przenikanie cieczy roboczej do gleby. Opryskiwanie przeprowadzano w godzinach rannych przy bezwietrznej i pochmurnej pogodzie. Po przeprowadzonych opryskach na listowiu nie zaobserwowano niekorzystnych zmian, które mogły być spowodowane poparzeniem roślin.

Powierzchnia poletka wynosiła $20,25 \text{ m}^2$ przy obsadzie $4,25$ roślin na m^2 . Zbioru bulw dokonano kopaczką ciągnikową z powierzchni 13 m^2 . Podczas zbioru pobierano materiał roślinny przeznaczony do oznaczeń laboratoryjnych. Masa bulw ziemniaka pobrana z każdego poletka wynosiła około 5 kg .

W suchej masie bulw ziemniaka oznaczono po mineralizacji na mokro metodą destylacji z parą wodną w aparacie Parnasa-Wagnera zawartość azotu ogólnego, natomiast metodą Michaela-Bluma (1960) w modyfikacji Łeginowa i wsp. (1971) skład frakcyjny białka. Frakcje białka ekstrahowano kolejno: wodą destylowaną, 5% roztworem siarczanu (VI) potasu oraz $0,1 \text{ M}$ roztworem NaOH w 70% etanolu, wyodrębniając odpowiednio: azotowe związki niebiałkowe i albuminy, globuliny oraz gluteliny i prolaminy. Albuminy oddzielono od azotowych związków niebiałkowych, strącając je 20% roztworem kwasu trichlorooctowego. Gluteliny oddzielono od prolamin z alkoholowego ekstraktu przy wartości pH 5,5. Nierozpuszczalny azot pozostałości poekstrakcyjnej, tzw. białko pozostałe lub resztkowe, stanowiło osobną frakcję. Zawartość poszczególnych frakcji określono przez oznaczenie azotu w odpowiednich osadach lub ekstraktach przy zastosowaniu metody Kjeldahla. Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji według układu losowanych bloków, a do oceny istotności różnic zastosowano test Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

W latach 1996–1998 suma opadów w okresie wegetacji ziemniaka wynosiła odpowiednio: 393, 302 oraz 397 mm (rys. 1). Rozkład opadów dla wegetacji tej rośliny był najkorzystniejszy w 1998 roku, chociaż ich suma w każdym miesiącu wegetacji, z wyjątkiem kwietnia, przekraczała średnią wieloletnią sumę opadów. W maju i lipcu 1997 roku odnotowano znacznie przekroczenie średniej wieloletniej sumy opadów dla tych miesięcy, która wynosiła odpowiednio: $96,5 \text{ mm}$ oraz $108,5 \text{ mm}$, co ograniczyło rozwój roślin i wzrost bulw. Wegetacji roślin również nie sprzyjał sierpniowy deficyt opadów. W 1996 roku mokry maj, w którym średnia suma opadów została przekroczona prawie

trzykrotnie w porównaniu z wieloleciem (103,7 mm), a także obfitujące w opady lipiec i sierpień, przyczyniły się do pogorszenia warunków wegetacji ziemniaka. Średnie temperatury powietrza, w latach 1996-98, nie odbiegały znacznie od średniej wieloletniej dla obszaru, na którym prowadzono badania.



Rys. 1. Przebieg warunków pogodowych w okresie wegetacji ziemniaka
Fig. 1. Weather conditions during the vegetation seasons of potato

WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że nawożenie mikroelementami wpłynęło istotnie na zawartość azotu ogólnego w suchej masie bulw ziemniaka (tab. 1).

Tabela 1

Wpływ nawożenia mikroelementami na zawartość azotu ogólnego w suchej masie bulw ziemniaka ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)
The effects of fertilization with microelements on total nitrogen content in dry matter of potato tubers ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Rok Year	Obiekty nawozowe Fertilization objects							Średnio Mean	NIR LSD
	0	Gama	Cu	Zn	Mn	Mo	B		
1996	17,10	18,30	17,07	18,43	16,50	16,97	15,20	17,08	2,780
1997	14,70	18,33	17,07	18,43	17,40	16,80	16,80	17,08	1,930
1998	11,90	12,70	15,10	12,83	12,30	14,07	11,90	12,97	1,660
Średnio Mean	14,57	16,44	16,41	16,56	15,40	15,95	14,63	15,71	1,090

Zawartość azotu ogólnego, w zależności od zastosowanego nawożenia mikroelementami, kształtowała się średnio dla trzech lat badań w przedziale $14,57\text{--}16,56 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Najwyższą zawartość azotu ogólnego stwierdzono w bulwach nawożonych cynkiem

(16,56 g·kg⁻¹) oraz miedzią (16,41 g·kg⁻¹) i w porównaniu do obiektu kontrolnego wartości te były wyższe odpowiednio o 13,7 i 12,6%. Opryskiwanie molibdenem spowodowało również istotny, w porównaniu z obiektem kontrolnym, wzrost zawartości azotu ogólnego w bulwach ziemniaka. Należy podkreślić, że istotny wzrost zawartości azotu ogólnego w wyniku zastosowania wszystkich badanych mikroelementów wykazano tylko w 1997 roku. Liczne badania potwierdzają dodatni wpływ uzupełniającego nawożenia mikroelementami, stosowanego w agrotechnice ziemniaka, na skład chemiczny bulw. Mondy i Munshi (1993) przypisują szczególną rolę molibdenowi w przemianach związków azotu zachodzących w roślinie, zwłaszcza po jego dolistnej aplikacji. Wskazuje się też na pozytywne działanie miedzi w metabolizmie azotu (Sienkiewicz-Cholewa, Wróbel, 2004). Nawożenie dolistne, w odróżnieniu od doglebowego, jest zabiegiem działającym niemal natychmiast, co pozwala na szybkie włączenie brakujących składników w metabolizm rośliny wkrótce po ich zastosowaniu (Ryser, 1991; Czuba, 1996; Szewczuk, Michałojć, 2003). Ta forma nawożenia umożliwia szybkie dostarczenie deficytowych dla roślin składników pokarmowych, zarówno w przypadku ich niedoboru w glebie, jak też utrudnionego pobierania. Wysoka efektywność dolistnego stosowania mikroelementów pozwala na ograniczenie ilości wysiewanych nawozów, zmniejszając zanieczyszczenie środowiska przyrodniczego.

Należy podkreślić, że dolistne nawożenie roślin daje na ogół lepsze rezultaty w gospodarstwach uzyskujących wysokie plony roślin, a więc w warunkach optymalnego odczynu gleby i jej zasobności w makroelementy oraz prawidłowej agrotechniki. Czynnikiem ograniczającym dalszy wzrost plonów może być wówczas niedobór mikroelementów.

W literaturze spotyka się więcej doniesień dotyczących wpływu oddziaływania wieloskładnikowych nawozów mikroelementowych niż ich pojedynczych soli, na skład chemiczny roślin. Niniejsze badania wykazały, że pod wpływem mikroelementów w formie wieloskładnikowego nawozu Mikrochelat Gama uzyskano, potwierdzony statystycznie, wzrost azotu ogólnego, w porównaniu do obiektu bez nawożenia dolistnego. Pozytywne wyniki badań uzyskała też Boligłowa (1995), stosując Agrosol-K w uprawie ziemniaka.

Powszechnie uważa się, że nawożenie wpływa dodatnio na zawartość białka ogółem, białka właściwego, a także niebiałkowych i mineralnych form azotu. Pierwiastek ten znajduje się w większości dostępnych w handlu wieloskładnikowych nawozów mikroelementowych zalecanych w agrotechnice ziemniaka. Zgodnie z założeniami przeprowadzonego doświadczenia, zastosowany w badaniach wieloskładnikowy nawóz mikroelementowy został tak dobrany, aby nie zawierał azotu, którego obecność w nawozie mogłaby dodatkowo modyfikować zawartość azotu ogólnego w białku bulw oraz skład frakcyjny białka. Niewiele jest jednak doniesień dotyczących kształtowania się wartości biologicznej białka pod wpływem nawozów wieloskładnikowych, zawierających wyłącznie mikroelementy. Ziemniak, według Szewczuk i Michałojć (2003) jest rośliną średnio wrażliwą na niedobór manganu i cynku. Inni autorzy (White, Broadley, 2001; Gorlach, Mazur, 2002), podkreślają jej wysoką wrażliwość na niedobór manganu. Mikroelementy te biorą udział w wielu procesach fizjologicznych o podstawowym znaczeniu dla roślin.

Mangan wraz z cynkiem między innymi wpływają na biosyntezę białek, regulując aktywność peptydaz, kierując metabolizmem białkowym (Cakmak, 2000; Henriquez 2003). Pierwiastki te aktywując niektóre enzymy, tworzą wiązania chelatowe pomiędzy enzymem a substratem. Ponadto cynk odpowiada za syntezę tryptofanu, który uważany jest za substrat syntezy regulatorów wzrostu, zwanych auksynami (Puzina 2004). Średnio, w badaniach własnych, najwięcej azotu ogólnego gromadziły bulwy w pierwszych dwóch latach badań — po 17,08 g·kg⁻¹s.m., a w 1998 roku jego zawartość była niższa i kształtowała się na poziomie 12,97 g·kg⁻¹s.m. Znaczące obniżenie zawartości azotu ogólnego w bulwach ziemniaka, wykazane w 1998 roku, było następstwem wysokich opadów, jakie odnotowano w tym sezonie wegetacyjnym (rys. 1). Z badań Roztropowicz (1989) wynika, że w latach o dużej ilości opadów w czasie wegetacji, bulwy ziemniaka, zawierają mniej związków azotowych, przy większym udziale azotu białkowego w ogólnej jego zawartości. W badaniach Mazura i Frieske (1984) dogłębne stosowanie mikroelementów w uprawie ziemniaka z różnych grup wczesności, nie miało wpływu na zawartość azotu ogólnego w bulwach.

Ważnym kryterium oceny wartości odżywczej białka roślinnego jest jego skład frakcyjny. Przeprowadzone badania wykazały, że średnia dla trzech lat wyrażona w g N·kg⁻¹ zawartość albumin wynosiła 3,19, globulin 1,52, prolamin 0,93, glutelin 1,44 (tab. 2). W literaturze poświęconej jakości białka ziemniaka dominują badania jego składu aminokwasowego (Bolińska, 1995; Nowak, Majcherczak 2002; Wiater, 2002), natomiast tylko nieliczne dotyczą składu frakcyjnego (Rastovski 1981). Zwraca uwagę duża rozbieżność uzyskanych wyników oraz wyników Rastovskiego (1981), która prawdopodobnie wynika z zastosowania różnych metod frakcjonowania białka.

Jak wykazały przeprowadzone badania w wyniku zastosowania nawożenia mikroelementami zmieniała się zawartość poszczególnych frakcji białka bulw ziemniaka. Wykazano, że mikroelementy powodowały istotny wzrost średniej zawartości albumin w suchej masie bulw, w porównaniu z zawartością tej frakcji uzyskanej z obiektu kontrolnego. Albuminy należą do szczególnie cennych frakcji białkowych, z uwagi na najkorzystniejszy skład aminokwasowy, a zwłaszcza z uwagi na wysoką zawartość lizyny (Barczak, 1999). Omawiana frakcja białek pełni u zbóż głównie rolę strukturalną i enzymatyczną. Najwyższą, średnią dla trzech lat badań, zawartość albumin uzyskano pod wpływem nawożenia cynkiem i manganem (wzrost w stosunku do obiektu kontrolnego odpowiednio o 34,8 i 34,5%). Zastosowanie wieloskładnikowego nawozu mikroelementowego spowodowało również wzrost o 29% udziału tej frakcji białek konstytucyjnych. Stosowane nawozy istotnie modyfikowały zawartość albumin w białku ogólnym bulw ziemniaka. W trzecim roku badań wzrost zawartości albumin, w stosunku do obiektu kontrolnego, nastąpił również pod wpływem dolistnego nawożenia miedzią i borem. W 1997 roku, tylko nawożenie wodnym roztworem cynku, spowodowało wyraźny wzrost albumin w suchej masie bulw ziemniaka. Na pozostałych obiektach nawozowych uzyskano wartości wyższe, niż na obiekcie kontrolnym, jednak różnice te nie zostały potwierdzone statystycznie.

Tabela 2

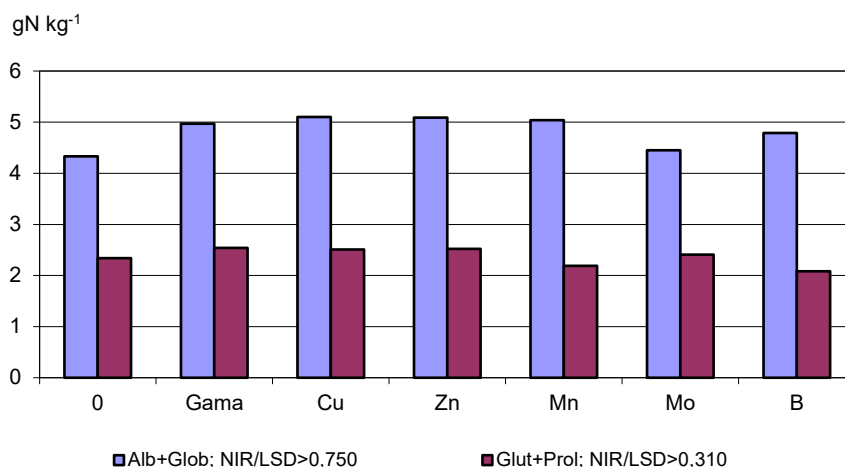
Wpływ nawożenia mikroelementami na udział frakcji białkowych w suchej masie bulw ziemniaka ($\text{g N} \cdot \text{kg}^{-1}$)
The effects of fertilization with microelements on the content of protein fractions in dry matter
of potato tubers ($\text{g N} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Mikroelementy Microelements	Albuminy Albumins	Globuliny Globulins	Prolaminy Prolamins	Gluteliny Glutelins	N-nierozpuszczalny N-insoluble
0	2,88	1,70	1,27	1,58	7,92
Gama	3,68	1,78	1,22	1,58	8,56
Cu	3,42	1,39	1,07	1,61	7,97
Zn	3,87	1,94	1,33	1,56	8,28
Mn	3,81	1,64	0,97	1,30	7,46
Mo	3,48	1,52	1,10	1,40	8,01
B	3,55	1,53	0,86	1,25	6,78
Średnio — Mean	3,53	1,64	1,12	1,47	7,85
NIR — LSD	0,710	n.i.	0,290	n.i.	1,410
1997					
0	3,24	1,44	0,80	1,35	6,48
Gama	4,08	1,85	0,94	1,69	8,00
Cu	3,47	1,66	0,76	1,56	7,93
Zn	4,40	1,82	1,04	1,71	7,80
Mn	4,23	1,69	0,81	1,64	7,47
Mo	3,72	1,64	0,95	1,53	7,41
B	4,15	1,94	0,78	1,52	6,90
Średnio — Mean	3,90	1,72	0,87	1,57	7,43
NIR — LSD	1,000	n.i.	n.i.	n.i.	0,890
1998					
0	1,13	1,13	0,83	1,18	5,32
Gama	1,30	1,30	0,85	1,33	5,37
Cu	1,18	1,18	1,18	1,35	6,79
Zn	1,08	1,08	0,53	1,40	5,71
Mn	1,38	1,38	0,66	1,19	5,53
Mo	1,09	1,09	0,87	1,39	6,67
B	1,26	1,26	0,74	1,09	5,19
Średnio — Mean	1,20	1,20	0,81	1,27	5,80
NIR — LSD	0,280	0,280	0,190	n.i.	0,790
1996–1998					
0	2,58	1,42	0,97	1,37	6,57
Gama	3,33	1,64	1,00	1,53	7,31
Cu	3,25	1,41	1,00	1,51	7,56
Zn	3,48	1,61	0,97	1,56	7,26
Mn	3,47	1,57	0,81	1,38	6,82
Mo	3,04	1,42	0,97	1,44	7,36
B	3,22	1,58	0,79	1,29	6,29
Średnio — Mean	3,19	1,52	0,93	1,44	7,03
NIR — LSD	0,450	n.i.	0,170	0,250	0,530

Przeprowadzone badania wykazały tylko w 1988 roku istotny wpływ dolistnego stosowania mikroelementów na średnią zawartość globulin w białku bulw ziemniaka. Pomimo to, należy podkreślić, że zastosowane nawożenie powodowało na ogół wzrost zawartości tej frakcji białka w bulwach w poszczególnych latach oraz średnio dla całego okresu badań, w porównaniu do obiektu kontrolnego.

Suma średnich zawartości azotu albumin i globulin w bulwach ziemniaka zmieniała się, w zależności od zastosowanego nawożenia, w granicach od 4,33 do 5,10 $\text{g N} \cdot \text{kg}^{-1}$ bulw (rys. 2). Tylko zastosowane dolistnie nawożenie roztworami miedzi i cynku powodowało

istotny wzrost zawartości białek konstytucyjnych (albuminy + globuliny) w suchej masie bulw. Różnice w stosunku do obiektu kontrolnego wynosiły odpowiednio 17,7 i 17,6%.



Rys. 2. Sumy zawartości albumin i globulin oraz prolamin i glutelin w suchej masie bulw ziemniaka – średnie z trzech lat badań

Fig. 2. The sums of albumins and globulins, as well as prolamins and glutelins content, in dry matter of potato tubers means for the 3-year study

Średnia zawartość prolamin dla trzech lat badań, niezależnie od stosowanego nawożenia mikroelementami, wynosiła 0,93 g N·kg⁻¹ suchej masy bulw ziemniaka. Prolaminy są typowymi białkami zapasowymi. Wywierają one, między innymi, pozytywny wpływ na kiełkowanie bulw — stanowią bowiem, obok glutelin rezerwę azotu dla rozwijającej się rośliny (Nowacki, 1976). Prolaminy, w stosunku do innych frakcji białkowych, wykazują najniższy udział aminokwasów egzogennych, zwłaszcza lizyny i metioniny, przy jednocześnie wysokiej zawartości kwasu glutaminowego i proliny (Barczak, 1999).

Stwierdzono istotne obniżenie średniej zawartości prolamin w suchej masie bulw ziemniaka, w porównaniu z obiektem kontrolnym, różnica na obiekcie nawożonym borem wynosiła 18,6%. Uzyskano również istotne różnice międzyobiettowe pomiędzy zawartością prolamin na obiektach, na których stosowano bor i mangan, w porównaniu do zawartości tej frakcji na obiektach opryskiwanych wieloskładnikowym nawozem oraz miedzią.

Przeprowadzone badania wykazały pod wpływem dolistnego nawożenia mikroelementami niewielkie zróżnicowanie zawartości glutelin w bulwach ziemniaka. Skład aminokwasowy tej frakcji jest korzystny, ze względu na znaczną zawartość limitującej wartość białka lizyny (Barczak, 1999), jednak frakcja ta ma niewielkie znaczenie odżywcze z powodu niskiej przyswajalności. Średnio, dla trzech lat badań, tylko nawożenie borem istotnie obniżało zawartość tej frakcji w suchej masie bulw ziemniaka — różnica wynosiła 17,3% w stosunku do obiektu nawożonego cynkiem. Dla pozostałych obiektów nawozowych, zawartość glutelin była na ogół wyższa niż na obiekcie kontrolnym, jednak

różnic tych nie potwierdzono statystycznie. Warto zauważyć, że ten nieznaczny wzrost zawartości glutelin był spowodowany kosztem mniej wartościowej frakcji, jaką są prolaminy. Bor pełni w roślinach liczne funkcje związane z procesami wzrostu i różnicowaniem się tkanek, funkcjonowaniem błon plazmatycznych, regulacją aktywności enzymów i przemianami węglowodanów (Matoh 1997), a także przyswajaniem i przemianami azotu (Ruiz i in., 1998), co wiąże się z rolą tego pierwiastka w stymulacji aktywności reduktazy azotanowej (Sacała i in., 2004). Dodatkowa trudność w interpretacji oddziaływania tego mikroelementu na rośliny wynika z tego, że nie można z całą pewnością stwierdzić, które efekty fizjologiczne wywołane przez ten pierwiastek są pierwotne, a które wtórne. Bor ponadto stosowany jest w szerokim przedziale stężeń, a zakres decydujący o jego deficycie lub toksyczności jest stosunkowo wąski i może powodować szereg niekorzystnych zmian, prowadzących do zahamowania wzrostu roślin i pogorszenia jakości plonu.

Wykazano, że azotowe związki nierozpuszczalne były frakcją ilościowo dominującą - ich średnia zawartość w suchej masie bulw ziemniaka kształtowała się na poziomie 7,03 g N·kg⁻¹ bulw. Jest to frakcja, której w piśmiennictwie poświęcono najmniej uwagi i jak dotychczas stanowi grupę związków białkowych zbadaną w najmniejszym stopniu. Tworzy ją mieszanina substancji wielkocząsteczkowych i pełni rolę raczej strukturalną niż zapasową (Dexter i Dronzek, 1975). Białko, będące poekstrakcyjną pozostałością, wprawdzie charakteryzuje się korzystnym składem aminokwasowym z uwagi na znaczną zawartość lizyny (Barczak, 1999), jednak cechuje je prawdopodobnie niewielka przyswajalność. Z przeprowadzonych badań wynika, że zawartość frakcji azotu pozostałego była istotnie modyfikowana przez dolistnie stosowane mikroelementy. Udział azotu pozostałego w bulwach ziemniaka, w porównaniu do obiektu kontrolnego, nie wzrastał istotnie jedynie pod wpływem stosowania manganu i boru. Na obiektach, na których stosowano nawożenie miedzią i molibdenem, przyrost tej frakcji był najwyższy i wynosił, w porównaniu z kontrolą, odpowiednio 15,1% i 12,0%. Zastosowanie wieloskładnikowego nawozu mikroelementowego powodowało podwyższenie udziału azotu pozostałego w suchej masie bulw o 11,3%. Wzrost udziału azotu pozostałości poekstrakcyjnej, według Muncka (1972), jest z żywieniowego punktu widzenia niepożądany.

Udział białek zapasowych (suma zawartości glutelin i prolamin w suchej masie bulw) w poszczególnych latach badań, był w mniejszym stopniu różnicowany przez zastosowane nawożenie mikroelementami, niż udział białek konstytucyjnych (rys. 2). Średnia dla trzech lat suma prolamin i glutelin nie zmieniała się, istotnie w porównaniu do obiektu kontrolnego. Stwierdzono jedynie, potwierdzone statystycznie, różnice między obiektami nawożonymi wieloskładnikowym nawozem, miedzią i cynkiem oraz nawożonymi manganem i borem.

Na podstawie trzyletnich badań wykazano, że oddziaływanie zastosowanego nawożenia zarówno w formie pojedynczych soli technicznych, jak też i wieloskładnikowego nawozu, na zawartość azotu ogólnego i skład frakcyjny białka bulw ziemniaka było zróżnicowane w poszczególnych latach badań. W roku o najwyższej sumie opadów i najkorzystniejszym ich rozkładzie (1998), bulwy ziemniaka gromadziły najmniej azotu ogólnego. W latach 1996 i 1998 obfitujących w opady, posiadały korzystniejszy skład frakcyjny białka, czego

dowodzi wysoki udział albumin i globulin, frakcji o najlepiej zbilansowanym składzie aminokwasowym. Natomiast w roku 1997, który cechował się niższymi w porównaniu ze średnią wieloletnią opadami, wykazano istotnie niższą w stosunku do pozostałych lat zawartość sumy albumin i globulin w suchej masie bulw ziemniaka.

WNIOSKI

1. Dolistne stosowanie nawozu wieloskładnikowego Mikrochelat Gama, miedzi, cynku oraz molibdenu powodowało istotny wzrost zawartości azotu ogólnego w suchej masie bulw ziemniaka w stosunku do obiektu kontrolnego.
2. Wyraźny wzrost udziału albumin w suchej masie bulw ziemniaka, nastąpił pod wpływem wszystkich zastosowanych nawozów mikroelementowych i wieloskładnikowego nawozu Mikrochelat Gama.
3. Nawożenie miedzią, molibdenem, wieloskładnikowym nawozem, a także cynkiem, spowodowało istotny wzrost udziału frakcji azotowych związków nierozpuszczalnych w suchej masie bulw ziemniaka.
4. Stosowanie dolistne roztworów miedzi i cynku w uprawie ziemniaka powodowało wzrost udziału białek konstytucyjnych (albuminy+globuliny) w jego bulwach.
5. Globuliny i gluteliny były frakcjami, których zawartość w suchej masie bulw ziemniaka w niewielkim stopniu zmieniała się pod wpływem stosowanego nawożenia.
6. Wykazano duży wpływ warunków pogodowych, a zwłaszcza opadów, na zawartość i skład frakcyjny białka bulw ziemniaka.

LITERATURA

- Barczak B. 1999. Rola nawożenia azotem w kształtowaniu wartości biologicznej białka ziarna jęczmienia ozimego. *Rocz. Nauk Rol. A*, 114 (1/2): 205 — 218.
- Boligłowa E. 1995. Wpływ dolistnego dokarmiania na plonowanie i jakość bulw ziemniaka. *Rozpr. Nauk.* 41, WSR-P Siedlce: 79 ss.
- Cakmak I. 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytol.* 146: 185 — 205.
- Czuba R. 1996. Celowość i możliwości uzupełnienia niedoborów mikroelementów u roślin. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 434: 55 — 64.
- Dexter J. E., Dronzek B. L. 1975. Note on the amino acid composition of protein fractions from a developing triticale and its rye and wheat parents. *Cereal Chem.* 52 (4): 587 — 596.
- Gorlach E., Mazur T. 2002. *Chemia rolna*. PWN, Warszawa: 348 ss.
- Henriques F. S. 2003. Gas exchange, chlorophyll a fluorescence kinetics and lipid peroxidation of pecan leaves with varying manganese concentrations. *Plant Sci.* 165: 239 — 244.
- Leszczyński W. 1994. Ziemniak jako produkt spożywczy. *Post. Nauk Rol.* 1: 15 — 29.
- Łoginow W., Gulewicz K., Kłupczyński Z. 1971. Analiza frakcji białek i perspektywy jej stosowania. *Pam. Puł.* 50: 117 — 126.
- Matoh T. 1997. Boron in plant cell walls. *Plant and Soil* 193: 59 — 70.
- Mazur T., Frieske J. 1984. Wpływ nawożenia obornikiem oraz wapniem, magnezem i mikroelementami na plon i skład chemiczny plonu sześciu odmian ziemniaka. *Zesz. Nauk. ART Olsztyn* 40: 65 — 77.
- Michael G., Blume B. 1960. Über den Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Eisweißzusammensetzung des Gerstenkornes. *Zeit. Pflernäh. Düng. Bodenk.* 88, 3: 237 — 250.
- Mondy N. I., Munshi C. B. 1993. Effect of soil and foliar application of molybdenum on the glycoalkaloid and nitrate concentration of potatoes. *J. Agric. Food Chem.* 41: 256 — 258.

- Munck L. 1972. Improvement of nutritional value in cereals. *Hereditas* 72 (1):1 — 128.
- Nowacki E. 1976. Fizjologia i biochemia wysokich plonów. *Post. Nauk Rol.* (3): 37 — 56.
- Nowak K., Majcherczak E. 2002. Skład aminokwasowy białka plonu roślin uprawnych w 4-letnim cyklu zmianowania w zależności od nawożenia i wapnowania. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.* 484: 441 — 449.
- Puzina T. I. 2004. Effect of zinc sulfate and boric acid on the hormonal status of potato plants in relation to tuberization. *Rus. J. Plant Physiol.* 51 (2): 209 — 214.
- Rastovski A. 1981. Storage of potatoes. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, 462 pp.
- Ruiz J. M., Baghour M., Bretones G., Belakbir A., Romero L. 1998. Nitrogen metabolism in tobacco plants (*Nicotiana tabacum* L.): role of boron as possible regulatory factor. *Int. J. Plant Sci.* 159: 121 — 126.
- Roztropowicz S. 1989. Środowiskowe, odmianowe i nawozowe źródła zmienności składu chemicznego bulw ziemniaka. *Fragm. Agron.* 6: 33 — 75.
- Ruszkowska M., Wojcieszka-Wyskupajtyś U. 1996. Mikroelementy — fizjologiczne i ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiarów. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 434: 1 — 11.
- Ryser J. P. 1991. Fumure foliare en grandes cultures. *Rev. Suisse Agric.*, 23 (6): 317 — 320.
- Sacała E., Demczuk A., Grzyś E., Parylak D. 2004. Wpływ boru na aktywność reduktazy azotanowej oraz wzrost siewek pszenżyta. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 502: 333 — 339.
- Sienkiewicz-Cholewa U., Wróbel S. 2004. Rola miedzi w kształtowaniu wielkości i jakości plonów roślin uprawnych. *Post. Nauk Rol.* 5: 39 — 54.
- Szewczuk C., Michałojć Z. 2003. Praktyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin. *Acta Agroph.* 85: 19 — 29.
- White P. J., Broadley M. R. 2001. Chloride in soils and its uptake and movement within the plant: A review. *Ann. Bot.*, 88: 967 — 988.
- Wiater J. 2002. Wpływ współdziałania niektórych odpadów z roślinami motylkowymi na ilość i jakość białka ziemniaka. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 484: 743 — 752.

JOANNA SZTANGRET-WIŚNIEWSKA

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Młochów

Hodowla odpornościowa ziemniaka na mątwiki *Globodera rostochiensis* Woll. i *Globodera pallida* Stone — przegląd literatury

Breeding of potato for resistance to potato cyst nematode *Globodera rostochiensis* Woll. and *Globodera pallida* Stone — a review

W wielu krajach Europy mątwiki stanowią duży problem w uprawach produkcyjnych ziemniaka, a zwłaszcza w uprawie odmian skrobiowych. Występują dwa gatunki mątwika, będące zagrożeniem dla ziemniaka *Globodera rostochiensis* i *Globodera pallida*. Oba gatunki zostały wpisane na światową listę szkodników kwarantannowych. Na obszarach swojego występowania mątwiki powodują duże straty zarówno w liczbie jak i jakości bulw ziemniaka. Całkowite wyeliminowanie mątwików jest trudne. Uważa się, że hodowla odpornościowa na mątwika jest istotnym i efektywnym sposobem ochrony upraw ziemniaka. Dostępnych jest kilka źródeł pojedynczych genów odporności na *G. rostochiensis*, które mogą być wykorzystane przez hodowców ziemniaka. Opisana została również odporność na *G. Pallada*, warunkowana wieloma genami o małych efektach.

Słowa kluczowe: *Globodera rostochiensis*, *Globodera pallida*, geny odporności, hodowla, ziemniak

In many European countries potato cyst nematodes (PCN) have become a major problem in potato production, mainly in starch potato cultivars. There are two species of PCN that pose a threat to potato crops, *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*. Both species are registered on the world list of quarantine pathogens. In the affected areas PCN cause big losses in quantity and quality of potato tubers. Elimination of these pathogens in ware potato production is very complex. Breeding for resistance to potato cyst nematode is considered as a very important and effective strategy of potato protection. Several sources of monogenic resistance against *G. rostochiensis* are available to potato breeders. Quantitatively inherited resistance to *G. pallida* has also been found.

Key words: breeding, *Globodera rostochiensis*, *Globodera pallida*, potato, resistance genes

WSTĘP

Mątwik ziemniaczany (*Globodera rostochiensis* Woll.) i mątwik agresywny (*Globodera pallida* Stone) to kwarantannowe szkodniki ziemniaka podlegające obowiązkowi zwalczania. Mątwiki powodują straty bezpośrednie (spadek plonu bulw nawet o 80%) (Anonim, 1994; Urbanowicz i Pawińska, 2001) oraz pośrednie wynikające

z ograniczania produkcji nasiennej i obrotu sadzeniakiem, utrudnień w eksporcie ziemniaka oraz kwarantanny pól.

W zachodniej części Europy występuje szereg patotypów *G. rostochiensis* i *G. pallida*. W Polsce zasadnicze znaczenie posiada patotyp Ro1 mątwika ziemniaczanego. Zidentyfikowano jednak w kraju ogniska patotypu Pa3 mątwika agresywnego (Kuczyńska, 1996; Stefan i in., 2000). W związku z łatwiejszym obrotem ziemniakiem w ramach UE, w Polsce również należy spodziewać się pojawienia innych patotypów mątwika. Ze względu na wysoką szkodliwość, łatwość rozprzestrzeniania się na nowe tereny oraz wieloletnią zdolność przeżywania w glebie mątwiki stanowią one poważne zagrożenie dla produkcji ziemniaka (Kuczyńska i Lutomirska, 1996). Zwalczanie chemiczne mątwików jest uciążliwe i mało efektywne. Do tej pory jedynymi skutecznymi metodami ograniczającymi populację szkodnika w uprawach ziemniaka są zachowanie zasad płodozmianu oraz uprawa odmian mątwikoodpornych.

SYSTEMATYKA I BIOLOGIA

Nicienie, mające istotne znaczenie jako szkodniki roślin uprawnych należą do rzędu *Tylenchida*. W rzędzie tym występuje kilka rodzin nicieni uszkadzających ziemniaki m. in. rodzina *Heteroderidae* (mątwikowate) (tab. 1). Pierwotnie opisywano jeden gatunek mątwika tworzącego cysty na ziemniaku (*Heterodera rostochiensis*) następnie zidentyfikowano drugi gatunek (*Heterodera pallida*) ostatecznie oba zaliczono do rodzaju *Globodera* (Anonim, 1994).

Mątwik ziemniaczany — *Globodera rostochiensis* Woll. (yellow potato cyst eelworm, golden nematode, yellow /golden potato cyst nematode). W trakcie rozwoju samice ulegają przekształceniu w cysty, których barwa zmienia się od białej, poprzez „złotożółtą“ do brunatnej. Występuje powszechnie południowych i wschodnich obszarach Europy.

Mątwik agresywny — *Globodera pallida* Stone (white potato cyst eelworm, white/pale potato cyst nematode). Samice zmieniają barwę z białej, ewentualnie poprzez kremową na brunatną, stadium „złotożółte“ nie występuje. *G. pallida* występuje głównie na obszarze zachodniej i środkowej Europy (tab. 1).

Tabela 1

Nicienie z rzędu *Tylenchida* uszkadzające ziemniaki
The nematodes from the order *Tylenchida* destructive to potato

Rodzina Family	Gatunek Species
Niszczycowate (<i>Tylenchidae</i>)	— niszczczyk zjadliwy (<i>Ditylenchus dipsaci</i> Kühn.)
	— niszczczyk ziemniaczak (<i>Ditylenchus destructor</i> Thorne)
Mątwikowate (<i>Heteroderidae</i>)	— mątwik ziemniaczany (<i>Globodera rostochiensis</i> Woll.)
	— mątwik agresywny (<i>Globodera pallida</i> Stone)
Guzakowate (<i>Meloidogynidae</i>)	— guzak północny (<i>Meloidogyne hapla</i> Chitw.)

Ze względu na brak różnic morfologicznych patotypy mątwika rozróżnia się za pomocą roślin testowych w postaci klonów dzikich gatunków ziemniaka (Kuczyńska i Lutomirska, 1996). Podział na pięć patotypów (Ro1-Ro5) w obrębie gatunku *G. rostochiensis* i trzy

patotypy (Pa1-Pa3) w obrębie gatunku *G. pallida* wprowadzili Kort i wsp. (1977), w celu ujednolicenia europejskiej nomenklatury (tab. 2). Początkowo stosowano oznaczenia narodowe patotypów np.: brytyjskie (A, B i E odpowiednio Ro1, Pa1 i Pa3), holenderskie (A, B, C, F, D i E odpowiednio Ro1, Ro2, Ro3, Ro4, Pa1 i Pa3) i niemieckie (Kort i in., 1977; Ross, 1986). Inny podział wywodzi się z Ameryki Południowej (Canto-Saenz i de Scurrah, 1977), wyróżniono w nim cztery patotypy (R1A, R2A, R3A i R1B) *G. rostochiensis* oraz sześć patotypów *G. pallida* (P1A, P4A, P5A, P1B, P3A i P2A) (tab. 2).

Tabela 2

Schemat identyfikacji patotypów mątwika przy użyciu klonów różnicujących zaproponowany przez Kort i wsp. (1977) (A) i Canto-Saenz i de Scurrah (1977) (B). '+' oznaczono wirulentne patotypy
Identification of pathotypes of potato cyst nematode based on the differential clones as proposed by Kort et al. (1977) (A) and Canto-Saenz and de Scurrah (1977) (B). Virulent pathotypes are indicated by the '+' symbol

Klon różnicujący Differential clone	Patotypy Pathotypes											
	A	Ro1	Ro2	Ro3	Ro4	Ro5	Pa1	Pa2	Pa3			
	B	R1A	R2A	R3A	R1B		P1A	P4A	P5A	P1B	P3A	P2A
<i>S. tuberosum</i> ssp. <i>tuberosum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>S. tuberosum</i> ssp. <i>andigena</i> CPC 1673	—	+	+	—	+	+	+	+	+			
<i>S. kurtzianum</i> 60.21.19	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+
<i>S. vernei</i> GLKS 58.1642/4	—	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	—
<i>S. vernei</i> 62.33.3	—	—	—	—	+	—	—	+	+	+	—	—
<i>S. vernei</i> 65.346/19	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+	—	—
<i>S. multidissectum</i>	+	+	+	+	+	+	—	+	+	+	—	—

Obecność wydzielin korzeniowych roślin żywicielskich oraz odpowiednia temperatura stymulują uwalnianie się z jaj larw mątwika. W zależności od czynników zewnętrznych około 1/3 jaj zawartych w cystach wylęga się w tym samym sezonie wegetacyjnym stanowiąc źródło zakażenia kolejnych roślin, pozostałe jaja pozostają uśpione i stanowią źródło zakażenia w kolejnych sezonach wegetacyjnych (Anonim, 1994). Larwy żerują w tkance korzenia powodując jej zmiany (powstawanie komórek olbrzymich tzw. syncytii lub komórek transferowych). Dojrzałe samice gromadzą jaja we wnętrzu ciała, na skutek czego powiększają się stopniowo i przybierają kształt kulisty. Oskórek samicy brunatnieje, zasycha i twardnieje tworząc przytwierdzoną do korzenia cystę, wewnątrz której może się znajdować przeciętnie 200–300 jaj (Anonim, 1994). Cysta stanowi ochronę przed wyschnięciem, niską temperaturą i uszkodzeniami mechanicznymi, jest również skuteczną barierą dla nematocydów stosowanych do zwalczania mątwików.

SZKODLIWOŚĆ I ZNACZENIE MĄTWIKÓW

Najważniejszą rośliną żywicielską dla mątwików ziemniaczanego i agresywnego jest ziemniak (*Solanum tuberosum*) (Anonim, 1994; Kuczyńska, 1996). Obydwa nicienie rozwijają się też na pomidorze (*Lycopersicon esculentum*), oberżynie (*Solanum melon-*

gena) oraz na pozostałych gatunkach z rodzaju *Solanum* i ich mieszańcach (Anonim, 1994).

Rośliny ziemniaka porażone przez mątwiki rosną wolniej, wytwarzają nieliczne, krótkie i cienkie pędy. Liście, począwszy od dolnych, zaginają się do dołu, skręcają, przedwcześnie żółkną i zasychają. Objawy na polu występują placami. Rośliny silnie porażone (obumierające) zlokalizowane są centralnie, w miarę oddalenia objawy słabną. Zewnętrzne objawy porażenia roślin nie zawsze są widoczne, w sprzyjających warunkach vegetacji i przy słabym porażeniu roślin przez mątwiki mogą nie wystąpić w ogóle. W okresie kwitnienia, na korzeniach porażonych roślin, widoczne są samice, które po przekształceniu w cysty zamierają i opadają do gleby. Cysty mątwików mogą zachować żywotność w glebie, bez rośliny żywicielskiej od 12 do 20 lat (Kuczyńska, 1989; Stefan 2000). Larwy inwazyjne opuszczają cysty stopniowo przez wiele lat. Szkodniki rozprzestrzeniają się łatwo z zainfekowaną glebą przylegającą do bulw, narzędzi i kół maszyn rolniczych, mogą być przenoszone przez zwierzęta, wiatr lub z wodą.

Ekonomiczne znaczenie mątwików jest duże. Straty w plonach wynikają ze zmniejszenia liczby bulw i z dominującego udziału bulw małych w plonie (Anonim, 1994; Urbanowicz i Pawińska, 2001). Ograniczanie produkcji nasiennej i obrotu sadzeniakiem, utrudnienia w eksporcie ziemniaka oraz kwarantanna pól to szkody pośrednie powodowane przez mątwiki.

W Europie Zachodniej występuje szereg patotypów *G. rostochiensis* i *G. pallida*, dlatego należy spodziewać się ich pojawienia również na terenie naszego kraju (Kuczyńska, 1996). W Polsce do tej pory nie stwierdzono występowania innego patotypu niż Ro1, poza ogniskami patotypu Pa3, które zlikwidowano (Kuczyńska, 1996; Malinowska i in., 2002; Stefan i in., 2000).

METODY ZWALCZANIA MĄTWIKA

Można wyróżnić trzy metody zwalczania mątwika ziemniaczanego: agrotechniczną, chemiczną i biologiczną (Kuczyńska i Lutomirska, 1996).

Metoda agrotechniczna, wykorzystuje naturalną redukcję populacji szkodnika w glebie. Obejmuje stosowanie: płodozmianu odmątwiczającego (brak uprawy roślin żywicielskich), maksymalnie wydłużonego cyklu zmianowania oraz przerwanie naturalnego cyklu rozwoju szkodnika w glebie (uprawa odmian podatnych, bardzo wczesnych na wczesny zbiór).

Metoda chemiczna polega na zastosowaniu środków ochrony roślin, nematocydów selektywnych (insektycydy systemiczne) lub nieselektywnych (fumiganty glebowe). Fumiganty glebowe działają totalnie, niszcząc wszystkie żywe organizmy. Do zwalczania mątwika ziemniaczanego stosuje się: Basami, Diafuran, Furadan i Vydate (wg Rejestru środków ochrony roślin dopuszczonych do obrotu i stosowania zezwoleniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w roku 2005). Ekologicznymi środkami stosowanymi do zwalczania nicieni są Sincocin i Agrispon, produkowane na bazie wyciągów roślinnych pochodzących z sumaka (*Rhus aromatica*), dębu (*Quercus falcata*), opuncji (*Opuntia lindheimeri*) i korzeniawy (*Rhizophora mangle*) (Kuczyńska, 1999).

Cysty mątwika są bardzo odporne na działanie środków chemicznych (Kuczyńska i Lutomirska, 1996; Sosnowska, 2004), dlatego zwalczanie chemiczne zaleca się jedynie w wyjątkowych przypadkach: w razie pojawienia się mątwika agresywnego lub innego niż Ro1 patotypu mątwika ziemniaczanego, na małych powierzchniach w pojedynczych ogniskach. Dodatkową przyczyną ograniczenia stosowania środków chemicznych do zwalczania mątwika jest ich wysoka cena.

Biologiczna metoda zwalczania mątwików polega na uprawie mątwikoodpornych odmian ziemniaka. Mątwik atakuje system korzeniowy odmian zarówno podatnych, jak i odpornych. W wyniku żerowania larw mątwików w korzeniach odmian podatnych powstają komórki olbrzymie, które są nieodzowne dla dalszego rozwoju szkodnika. W przypadku żerowania larw w korzeniach odmian odpornych obserwuje się dodatkowo silną reakcję nekrotyczną (nadwrażliwość). Nekroza otacza tworzące się komórki olbrzymie oraz larwy, które giną w wyniku zagłodzenia. W korzeniach roślin odmian odpornych mątwiki nie kończą swojego cyklu życiowego, nie dochodzi do ich reprodukcji, co przyczynia się do redukcji populacji szkodnika w glebie. Przy dużej liczebności mątwika w glebie system korzeniowy odmiany odpornej, reagującej nekrozami na inwazję larw, ulega nieco silniejszemu uszkodzeniu niż odmiany podatnej, dlatego mogą wystąpić istotne straty w plonie. W celu osiągnięcia jak największej skuteczności zwalczania mątwika za pomocą odmian odpornych należy zapewnić maksymalny rozwój systemu korzeniowego roślin. Wcześniej uformowany, dobrze przerastający glebę system korzeniowy sprzyja lepszemu wywabieniu larw z cyst i zapewnia mniejsze straty w plonie bulw.

Wybór odmian mątwikoodpornych stanowi element w ograniczaniu populacji mątwika w glebie, przy zachowaniu zasad płodozmianowych, gdzie ziemniak powinien być uprawiany na tym samym polu, co 4–5 lat (Urbanowicz i Pawińska, 2001). Prawidłowa uprawa odmiany odpornej może zredukować populację nicienia o 70–95% w ciągu jednego sezonu wegetacyjnego (Malec, 1978; Fedorko, 1987; Kuczyńska i Lutomirska, 1996).

Metodą walki biologicznej jest również wykorzystanie wrogów naturalnych nicieni takich jak pasożytnicze grzyby oraz bakterie (Wronkowska, 1990; Haskygunter i in., 1998; Sosnowska, 2004). Istnieje kilka biopreparatów opartych na grzybach nicieniobójczych, jednakże często obserwuje się niepowodzenia w ich stosowaniu (Sosnowska, 2004).

Prowadzone są również badania nad zastosowaniem dzikiego gatunku *Solanum sisymbriifolium* jako rośliny pułapkowej do zwalczania nicieni (Timmermans i in., 2005).

ODMIANY ZIEMNIAKA ODPORNE NA MĄTWIKI

W 1998 roku w Krajowym Rejestrze Odmian 44% stanowiły odmiany odporne na patotyp Ro1 mątwika ziemniaczanego. Odporność na inne patotypy mątwika ziemniaczanego i/lub agresywnego posiadały odmiany Drop (Pa3), Panda (Ro4) i Sante (Ro2, Ro3, Pa2) (Kuczyńska, 1998). W 2006 roku w Krajowym Rejestrze znajdują się 132 odmiany, z których 82% wykazuje odporność na patotyp Ro1 *G. rostochiensis* (tab. 3) (COBORU, 2006). Odporność na inne patotypy *G. rostochiensis* lub *G. pallida* posiadają

pojedyncze odmiany, głównie pochodzenia zagranicznego. Odporność na patotyp Pa2 posiadają odmiany: Panda, Sante (dodatkowo Ro2, Ro3) i Cycloon; na patotyp Ro4: Fianna, Karatop, Velox, Vitara, Molli; na patotypy Pa3 odmiany Drop i Innovator (dodatkowo Pa2).

Tabela 3

Procentowy udział odmian odpornych na mątwiki oraz na poszczególne patotypy mątwików w puli odmian zarejestrowanych w Polsce i wybranych krajach UE
Percentage of potato cultivars resistant to different pathotypes of potato cyst nematode in the group of cultivars registered in Poland and some EU countries

Kraj — Rok Country — Year	Odmiany odporne Resistant cultivars (%)	Odmiany odporne na <i>G. rostochiensis</i> (%) Cultivars resistant to <i>G. rostochiensis</i> (%)					Odmiany odporne na <i>G. pallida</i> (%) Cultivars resistant to <i>G. pallida</i> (%)		
		Ro ₁	Ro ₂	Ro ₃	Ro ₄	Ro ₅	Pa ₁	Pa ₂	Pa ₃
Czechy — 2000 Czech Republic	74	74	—	—	—	—	—	—	—
Francja — 2002 France	44		44			—		0,6	
Holandia — 2003 The Netherlands	73	73	13		—	—		16	11
Niemcy — 2002 Germany	89	88	13	13	51	8	4	3	15
Polska — 2006 Poland	83	82	0,7	0,7	3,8	—	—	3,8	0,7

Wśród odmian zarejestrowanych w innych krajach, w Niemczech w roku 2002 zarejestrowano 89% odmian odpornych na mątwiki (tab. 2). Odporność tych odmian obejmowała wszystkie patotypy mątwika ziemniaczanego i agresywnego, a 15% z ogólnej liczby odmian łączyło w sobie odporności na więcej niż cztery patotypy. Wśród odmian czeskich w 2000 roku 74% było odpornych, ale jedynie na patotyp Ro1 mątwika ziemniaczanego. Odpornością na patotypy Ro1–Ro4 charakteryzowało się 44% odmian francuskich (2002 rok), z czego 0,6% było również odpornych na Pa2 i Pa3. Wśród odmian holenderskich (2003 rok) 73% odmiany były odporne na patotyp Ro1, a część tych odmian charakteryzowała się też odpornością na patotypy Ro2, Ro3, Pa2 i Pa3.

GENETYCZNA ODPORNOŚĆ ZIEMNIAKA NA MĄTWIKI

Źródło odporności na mątwiki stanowią dzikie gatunki *Solanum* (Rousselle-Bourgeois i Mugniery, 1995, Ruiz De Galareta, 1998; Strick i Wirsema, 1999; Castelli i in., 2003). Główne źródła odporności (Bradshaw i Mackay, 1994) przedstawiono w tabeli 4.

Odporność na *G. rostochiensis* i *G. pallida*, pochodząca z gatunków *S. vernei* i *S. tuberosum* subsp. *andigena* została włączona do materiałów hodowlanych (Ross, 1986; Rousselle-Bourgeois i Mugniery, 1995). Pierwszą odmianę odporną na *G. rostochiensis*, Maris Piper, zarejestrowano w 1967 roku (Castelli i in., 2003).

Prace dotyczące dziedziczenia odporności ziemniaka na mątwiki rozpoczęli w 1953 roku Toxopeus i Huijsman (Howard, 1969; Ross, 1986; Bradshaw i Mackay, 1994). Stwierdzili oni, że odporność na patotyp Ro1 *G. rostochiensis* klonów *S. tuberosum* subsp. *andigena* CPC1673 i CPC 1985 warunkowana jest allelem dominującym jednego genu —

H. Gen ten, warunkujący odporność na patotypy Ro1 i Ro4 *G. rostochiensis*, oznaczono później jako *H1* (Kort i in., 1977; Bradshaw i Mackay, 1994). Korzenie roślin odpornych posiadających gen *H1*, podobnie jak u form podatnych, są porażane przez mątwika jednakże larwy żeńskie nie przekształcają się w cysty (Howard, 1969). Gen *H1* jest genem odporności, dla którego potwierdzono model odporności gen na gen (Janssen i in., 1991).

Tabela 4

Główne źródła odporności ziemniaka na mątwiki (wg Bradshaw i Mackay 1994)
The main sources of resistance to potato cyst nematodes (according to Bradshaw and Mackay 1994)

Źródło odporności Source of resistance	Geny Genes	Autor References
<i>S. tuberosum</i> subsp. <i>andigena</i> CPC 1673	<i>H1</i>	Ellenby (1952); Toxopeus i Huijsman (1953); Dunnett (1963)
<i>S. tuberosum</i> subsp. <i>andigena</i> CPC 2802	poligeny polygenes	Dale i Philips (1982)
<i>S. multidissectum</i>	<i>H2</i>	Dunnett (1963)
<i>S. kurtzianum</i>	<i>A (K1), B</i>	Huijsman (1960); Kort i in. (1977)
<i>S. spegazzini</i>	<i>Fa, Fb</i>	Ross (1962)
<i>S. vernei</i>	poligeny polygenes	Ellenby (1948); Goffari i Ross (1954); Rothacker (1958); Dale i Philips (1982)

Gen *K1*, warunkujący odporność na patotypy Ro1 i Ro4 *G. rostochiensis*, zidentyfikowano w potomstwie otrzymanym z krzyżowania *S. kurtzianum* z *S. tuberosum* (Bradshaw i Mackay 1994). Dwa niezależne geny odporności na mątwika ziemniaczanego *Fa* i *Fb*, pochodzące z *S. spegazzini* opisał w 1962 roku Ross (Bradshaw i Mackay, 1994). Gen *Fa* okazał się być identyczny z genem *H1* (Bradshaw i Mackay 1994), natomiast odpowiednikiem genu *Fb* jest dominujący allel *Gro1*, warunkujący odporność na patotyp Ro1 i Ro5 *G. rostochiensis* (Barone i in., 1990).

Gen główny (*H2*) warunkujący odporność na patotyp Pa1 *G. pallida* pochodzi z dzikiego gatunku *S. multidissectum* (Bradshaw i Mackay, 1994). Dodatkowe, poligeniczne uwarunkowanie tej odporności sugerował Dunnett (Bradshaw i Mackay, 1994), który obserwował umiarkowany poziom odporności na patotyp Pa1 *G. pallida* w liniach nieposiadających genu głównego.

Howard i wsp. (1970) zidentyfikowali w uprawnych formach *S. tuberosum* subsp. *andigena* odporność na *G. pallida* (Pa2 i Pa3), a gen oznaczyli *H3*. Według niektórych odporność oznaczona jako *H3* może być poligeniczna (Franco i Evans, 1978; Dale i Philips, 1982).

Intensywne prace nad mapowaniem genomu ziemniaka pozwoliły zidentyfikować wiele loci odporności na różne patogeny i nicienie (Gebhardt i Valkonen, 2001). Najważniejsze geny dominujące, warunkujące odporność ziemniaka na nicienie oraz markery sprzężone z nimi zestawiono w tabeli 5.

Tabela 5

Markery molekularne związane z genami odporności ziemniaka na nicienie
Molecular markers related to potato cyst nematode resistance in potato

Gatunek Species	Gen (chromosom) Gene (chromosom)	Metoda Method	Marker do MAS Marker for MAS	Autor References
<i>Globodera rostochiensis</i>	<i>H1</i> (V)	RFLP	<i>CD78</i> <i>CP113</i>	Pineda i in. (1993) Gebhardt i in. (1993)
	QTL (III, X, XI)	RFLP	—	Kreike i in. (1993, 1996)
	<i>GroVI</i> (V)	RFLP	—	Jacobs i in. (1993)
	<i>GroI</i> (VII)	RFLP	<i>CP51</i>	Barone i in. (1990)
		RAPD	<i>CP56, GP516(c), CP51(c)</i>	Ballvora i in. (1995)
		AFLP	<i>OPR10700</i> <i>AFLP1, AFLP2</i>	
<i>Globodera pallida</i>	<i>Gpa</i> (QTL) (IV, V, VII)	RFLP	—	Kreike i in. (1994)
	<i>Gpa 2</i> (XII)	RFLP	<i>GP34, CT100</i>	Roupe van der Voort i in. (1997, 1999)
		AFLP	<i>E + ATG/M + CTA-148</i>	
		CAPS	<i>77 L, PM4c, 77R</i>	
	<i>Gpa4</i> (QTL) (IV)	AFLP, SSR	—	Bradshaw i in. (1998)
	QTL (V, IX)	AFLP CAPS	—	Roupe van Der Voort i in. (2000)
	QTL (V, IX)	AFLP	—	Bryan i in. (2002)
<i>Globodera</i> spp.	QTL (V, VI, XI, XII)	RFLP, AFLP	—	Caromel i in. (2003, 2005)
	<i>Grp1</i> (V)	CAPS	<i>GP21, GP179</i>	Roupe van der Voort i in. (1998)

Pierwszym genem odporności na mątwiki umieszczonym na mapie ziemniaka był gen *GroI*, warunkujący odporność na patotyp Ro1 *G. rostochiensis*, zmapowany na chromosomie VII (Barone i in. 1990). Kolejny locus *H1* został zmapowany w pozycji nie sprzężonej z locus *GroI*, na chromosomie V (Gebhardt i in., 1993; Pineda i in., 1993). W tym samym regionie chromosomalnym zmapowano kolejny gen (*GroVI*) odporności na patotyp Ro1 *G. rostochiensis*, który może być alleliczny w stosunku do genu *H1* (Jacobs i in. 1996). Analiza QTL pozwoliła na identyfikację trzech loci: *Gro1.4*, *Gro1.2* i *Gro 1.3* związanych z odpornością na patotyp Ro1 *G. rostochiensis* zlokalizowanych odpowiednio na chromosomach: III, X i XI (Kreike i in., 1993, 1996).

Locus *Gpa2* warunkujący odporność na patotyp Pa2 *G. pallida* zmapowano na chromosomie XII (Roupe van der Voort i in., 1997, 1998). Kreike i wsp. (1994) zmapowali QTL warunkujące odporność na patotypy Pa2 i Pa3 *G. pallida*, gen główny (*Gpa*) zmapowano na chromosomie V, dwa geny o mniejszych efektach na chromosomach IV i VII. Kolejne trzy QTL: *GpaM1*, *GpaM2* i *GpaM3*, warunkujące odporność na patotypy Pa2 i Pa 3, zmapowano na chromosomach V, VI i XII odpowiednio (Caromel i in., 2003). Locus o największym efekcie (*GpaM1*) należy do grupy genów odporności zlokalizowanych na chromosomie V i może być tożsamy z opisanym wcześniej loci *Gpa*. Locus *Gpa 4* (QTL) został zmapowany, przy użyciu technik AFLP i SSR, przez Bradshaw

i wsp. (1998) na chromosomie IV. Loci *Gpa 5* i *Gpa 6* zmapowano na chromosomach V i IX odpowiednio (Roupe van der Voort i in., 2000). Dwa kolejne QTL, *Gpa VSspl* oraz *Gpa XISspl*, związane z odpornością na *G. pallida* zmapowano na chromosomach odpowiednio V i XI (Caromel i in., 2005).

Locus *Grp1*, warunkujący odporność na patotypy Ro5 *G. rostochiensis* i Pa2 *G. pallida*, zmapowano na chromosomie V w regionie, w którym zlokalizowano odporności na wirusy, grzyby i nicienie (Roupe van der Voort i in., 1998). Szerokie spektrum odporności na *G. rostochiensis* i *G. pallida*, przypisywane poligenom może być wynikiem działania loci *Grp1*. (Bradshaw i in., 1998; Roupe van der Voort i in., 1998).

Wykorzystując opisane wcześniej markery opracowano markery PCR (CAPS i SCAR), które mogą mieć praktyczne zastosowanie w hodowli do selekcji przy użyciu markerów (MAS) (Niewöhner i in., 1995; Ballvora i in., 1995; Barone, 2004). MAS jest szybką i obiektywną metodą wykrywania głównych genów odporności. Skuteczność działania tej techniki potwierdza obserwowana wysoka korelacja między stwierdzoną molekularnie obecnością genu *Gpa2* a odpornością na mątwika agresywnego badanych genotypów (Tan i in., 2005). Kolejnym przykładem udanego zastosowania markerów w selekcji jest potwierdzona oporność na patotyp Ro1 mątwika ziemniaczanego form wyselekcjonowanych przy użyciu markerów specyficznych dla genów *Grol* (Gebhardt i in., 2006) i *H1* (Skupinova i in., 2002).

HODOWLA ZIEMNIAKA ODPORNEGO NA MĄTWIKI W POLSCE

Zakład Genetyki i Materiałów Wyjściowych Ziemniaka od ponad 30 lat zajmuje się hodowlą materiałów wyjściowych ziemniaka. Charakteryzują się one dobrymi cechami jakości oraz odpornością na różne patogeny w tym również, na patotyp Ro1 mątwika ziemniaczanego. Materiały te były i są z powodzeniem wykorzystywane do tworzenia nowych, wartościowych odmian ziemniaka. W roku 2004 w Pracowni Materiałów Wyjściowych i Metodyki Hodowli rozpoczęto prace nad uzyskaniem materiałów odpornych na szersze spektrum patotypów mątwika ziemniaczanego, a także na drugi gatunek mątwika, mątwika agresywnego. W tym celu zgromadzono kolekcję kilkunastu odmian uprawnych ziemniaka, głównie pochodzenia niemieckiego i holenderskiego, charakteryzujących się wysokim stopniem odporności na różne patotypy mątwika. Kolekcja ta jest nie tylko źródłem odporności na wszystkie patotypy mątwika. W przeciwieństwie do dzikich gatunków, stosowanych zwykle w tego typu pracach, zgromadzone odmiany posiadają również inne korzystne cechy jakości i odporności, co przyspieszy postęp w hodowli. Odmiany zostały włączone do prowadzonego programu krzyżowań, a w otrzymanym materiale prowadzona będzie selekcja w celu wybrania form o wysokiej odporności na jeden bądź kilka patotypów mątwika.

W Katedrze Hodowli Roślin i Nasiennictwa (Uniwersytet Przyrodniczy, Wrocław) prowadzone są prace nad wykorzystaniem markerów molekularnych sprzężonych z odpornością na mątwika ziemniaczanego do identyfikacji odpornych genotypów ziemniaka (Galek i in., 2005). Analiza markerów PCR, zlokalizowany na chromosomie V i sprzężonych z genem *H1*, wykazała wysoką korelację między odpornością na patotyp

Ro1 badanego materiału a obecnością w nim jednego z markerów PCR (141pz). Otrzymane wyniki wskazują na możliwość zastosowania tego markera w praktyce.

LITERATURA

- Anonim 1994. Kwarantannowe agrofagi Europy. Inspektorat Kwarantanny Roślin, Warszawa 1994: 383 — 389.
- Ballvora A., Hesselbach J., Niewöhner J., Leister D., Salamini F., Gebhardt C. 1995. Marker enrichment and high-resolution map of the segment of potato chromosome VII harbouring the nematode resistance gene *Gro1*. Mol. Gen. Genet. 249: 82 — 90.
- Barone A., Ritter E., Schachtschabel U., Debener T., Salamini F., Gebhardt C. 1990. Localization by restriction fragment length polymorphism mapping in potato of a major dominant gene conferring resistance to the potato cyst nematode *G.rostochiensis*. Mol. Gen. Genet. 224: 17 — 182.
- Barone A. 2004. Molecular marker-assisted selection for potato breeding. Am. J. Potato Res. 81: 111 — 117.
- Bradshaw J. E., Hacket C. A., Meyer R.C., Milbourne D., McNicol J. W., Philips M. S., Waugh R. 1998. Identification of AFLP and SSR markers associated with quantitative resistance to *Globodera pallida* (Stone) with a view to marker-assisted selection. Theor. Appl. Genet. 97: 202 — 210.
- Bradshaw J. E., Mackay G. R. 1994. Inheritance of resistance to nematodes. Potato Genetics, CAB International, Wallingford, UK: 319 — 337.
- Bryan G. J., Mc Lean K., Bradshaw J. E., De Jong W.S., Philips M., Castelli L., Waugh R. 2002. Mapping QTL for resistance to the cyst nematode *Globodera pallida* derived from the wild potato species *Solanum vernei*. Theor. Appl. Genet. 105: 68 — 77.
- Canto-Saenz M., de Scurrah M.M. 1977. Races of potato cyst nematode in the Andean region and a new system of classification. Nematologica 23: 340 — 349.
- Caromel B., Mugniery D., Lefebvre V., Andrzejewski S., Ellisseche D., Kerlan M. C., Rousselle P., Rousselle-Bourgeois F. 2003. Mapping QLTs for resistance against *Globodera pallida* (Stone) Pa2/3 in a diploid potato progeny originated from *Solanum spegazzinii*. Theor. Appl. Genet. 106: 1211 — 1216.
- Caromel B., Mugniery D., Kerlan M.C., Andrzejewski S., Palloix A., Ellisseche D., Rousselle-Bourgeois F., Lefebvre V. 2005. Resistance quantitative trait loci originating from *Solanum sparsisilum* act independently on the sex ratio of *Globodera pallida* and together for developing a necrotic reaction. Molecular Plant-Microbe Interactions 11: 1186 — 1194.
- Castelli L., Ramsay G., Bryan G., Nielson S., Phillips M. 2003. New sources of resistance to the potato cyst nematodes *Globodera pallida* and *G. rostochiensis* in the Commonwealth Potato Collection. Euphytica 129: 377 — 386.
- COBORU 2006. Lista odmian roślin rolniczych i warzywnych wpisanych do rejestru w Polsce. COBORU Słupia Wielka, 2006.
- Dale M.F., Philips M.S. 1982. An investigation of resistance to the white potato cyst-nematode. Journal of Agricultural Science 99: 325 — 328.
- Fedorko J. 1987. Zwalczenie mątwika ziemniaczanego. Instrukcja wdrożeniowa Instytutu Ziemniaka 2/87.
- Franco J., Evans K., 1978. Multiplication of some South American and European populations of potato cyst nematodes on potatoes possessing the resistance genes *H1*, *H2* and *H3*. Plant Pathology 27: 1 — 6.
- Galek R., Rurek M., Pietkiewicz G., Augustyniak H., Sawicka-Sienkiewicz E. 2005. Application of DNA markers linked to the *H1* gene conferring potato resistance to pathotype Ro1 of *Globodera rostochiensis*. Biological Lett. 42: 115.
- Gebhardt C., Mugniery D., Ritter E., Salamini F., Bonnel E. 1993. Identification of RFLP markers closely linked to the *H1* gene conferring resistance to *G. rostochiensis* in potato. Theor. Appl. Genet. 85: 541 — 544.
- Gebhardt C., Valkonen J. 2001. Organization of genes controlling disease resistance in the potato genome. Annu. Review Phytopatology 39: 79 — 102.
- Gebhardt C., Bellin D., Henselewski H., Lehmann W., Schwarzfischer J., Valkonen J. 2006. Marker-assisted combination of major genes for pathogen resistance in potato. Theor. Appl. Genet. 112: 1458 — 1464.

- Haskygunter K., Hoffmannhergarten S., Sikora R.A. 1998. Resistance against the potato cyst nematode *Globodera pallida* systemically induced by the rhizobacteria *Agrobacterium radiobacter* (G12) and *Bacillus sphaericus* (B43). *Fundamental and Applied Nematology* 21, 5: 511 — 517.
- Howard H. 1969. Genetics of Potato *Solanum tuberosum*. Logos Press Ltd., London 1969: 53 — 57.
- Howard H. J., Cole C.S., Fuller J. M. 1970. Further sources of resistance to *Heterodera rostochiensis* Woll. in the Andigena potato. *Euphytica* 19: 210-216.
- Jacobs J., van Eck H., Horsman K., Arens P., Verkerk-Bakker B., Jacobsen E., Pereira A., Stiekema W. 1993. Mapping of resistance to the potato cyst nematode *G. rostochiensis* from the wild potato species *Solanum vernei*. *Molecular Breeding* 2: 51 — 60.
- Janssen R., Bakker J., Gommers F. J., 1991. Mendelian proof for a gene-for-gene relationship between virulence of *Globodera rostochiensis* and the *H1* resistance gene in *Solanum tuberosum* ssp *andigena* CPC 1763. *Rev. Nematol.* 14: 213 — 219.
- Kort J., Ross H., Rumpfenhorst H. J., Stone A. R. 1977. An international scheme to identifying and classifying pathotypes of potato cyst-nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *Nematologica* 23: 333 — 339.
- Kreike C. M., Kok-Westeneng A. A., Vinke J. H., Stiekema W. J. 1996. Mapping of QTLs involved in nematode resistance, tuber yield and root development in *Solanum* sp. *Theor. Appl. Genet.* 92: 463 — 470.
- Kreike C. M., De-Koning J. R., Vinke J. H., Van Ooijen J. W., Gebhardt C., Stiekema W. J. 1993. Mapping of loci involved in quantitatively inherited resistance to the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis* pathotype Ro1. *Theor. Appl. Genet.* 87: 464 — 470.
- Kuczyńska J. 1996. Praktyczne aspekty stosowania odmian odpornych na mątwika ziemniaczanego. W: Materiały konferencyjne „Ochrona ziemniaka”, Bonin 1996: 55 — 64.
- Kuczyńska J. 1998. Zwalczenie mątwika ziemniaczanego poprzez uprawę odmian odpornych. W: Materiały konferencyjne „Ochrona ziemniaka”, Bonin 1998: 69 — 87.
- Kuczyńska J. 1999. Wstępna ocena biologicznej skuteczności biopreparatów Sincocin i Agrispon w zwalczaniu mątwika ziemniaczanego. W: Materiały konferencyjne „Ochrona ziemniaka”, Bonin 1999: 89 — 92.
- Kuczyńska J., Lutomirska B. 1996. Zwalczenie mątwika ziemniaczanego poprzez uprawę odmian odpornych. W: Instrukcja upowszechnieniowa nr 1/95. Bonin 1995: 3 — 23.
- Malec K. 1978. Wpływ nieprzerwanej uprawy dwóch mątwikoodpornych odmian ziemniaka na redukcję populacji mątwika ziemniaczanego (*Globodera rostochiensis* Woll.). *Biul. Inst. Ziem.* 22: 125 — 129.
- Malinowska E., Lubiewska E., Kowalska M. 2002. Mątwik ziemniaczany (*Globodera rostochiensis* Woll.) i mątwik agresywny (*Globodera pallida* Stone), organizmy kwarantannowe tworzące cysty na ziemniaku. W: Materiały konferencyjne „Ochrona ziemniaka”, Bonin 2002: 53 — 55.
- Niewöhner J., Salamini F., Gebhardt C. 1995. Development of PCR assay diagnostic for RFLP marker alleles closely linked to alleles *Gro1* and *H1*, conferring resistance to the root cyst nematode *G. rostochiensis* in potato. *Molecular Breeding* 1: 65 — 78.
- Pineda O., Bonierbale M., Plaisted R., Brodie B., Tanksley S. 1993. Identification of RFLP markers linked to the *H1* gene conferring resistance to the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis*. *Genome* 36: 152 — 156.
- Ross H. 1986. Potato breeding-problems and perspectives. *Advances in plant breeding*. Verlag Paul Parey, Berlin and Hamburg 1986: 76 — 82.
- Roupe van der Voort J., Lindeman W., Folkertsma R., Hutten R., Overmars H., van der Vossen E., Jacobsen E., Bakker J. 1998. A QTL of broad-spectrum resistance to cyst nematode species (*Globodera* spp.) maps to a resistance gene cluster in potato. *Theor. Appl. Genet.* 96: 654 — 661.
- Roupe van der Voort J., van der Vossen E., Bakker E., Overmars H., van Zandvoort P., Hutten R., Klein-Lankhorst R., Bakker J. 2000. Two additive QTLs conferring broad spectrum resistance in potato *Globodera pallida* are localized on resistance gene cluster. *Theor. Appl. Genet.* 101: 1122 — 1130.
- Roupe van der Voort J., Kanyuka K., van der Vossen E., Bendahmane A., Mooijman P., Klein-Lankhorst R., Stiekema W., Baulcombe D., Bakker J. 1999. Tightly physical linkage of the nematode resistance gene *Gpa2* and virus resistance gene *Rx* on a single segment introgressed from the wild species *Solanum tuberosum* subsp. *andigena* CPC 1673 into cultivated potato. *Mol Plant-Microbe Interact.* 12: 197 — 206.

- Roupe van der Voort J., Lindeman W., Flokertsma R., Hutten R., Overmars H., van der Vossen E., Bakker J. 1998. A QTL for broad-spectrum resistance to cyst nematode species (*Globodera* spp.) maps to a resistance gene cluster in potato. *Theor. Appl. Genet.* 96: 654 — 661.
- Roupe van der Voort J., Wolters P., Flokertsma R., Hutten R., van Zandvoort P., Vinke H., Kanyuka K., Bendahmane A., Jacobsen E., Janssen., Bakker J. 1997. Mapping of the cyst nematode resistance locus *Gpa2* in potato using a strategy based on comigrating AFLP markers. *Theor. Appl. Genet.* 95: 874 — 880.
- Rousselle-Bourgeois F., Mugniery D. 1995. Screening tuber-bearing *Solanum* spp. For resistance to *Globodera rostochiensis* Ro1 Woll. and *Globodera pallida* Pa2/3 Stone. *Potato Research* 38: 241 — 249.
- Rozdan M.K. i Mattoo A.K. 2005. Genetic improvement of solanaceous crops. Molecular markers in identification of genotypic variation. Science Publishers Inc., USA 2005: 115 — 139.
- Ruiz De Galareta J., Carrasco A., Salazar A., Barrena I., Iturriza E., Marquinez R., Legorburu F., Ritter E. 1998. Wild *Solanum* species as resistance sources against different pathogens of potato. *Potato Research* 41: 57 — 68.
- Skupinova S., Vejil P., Sedlak P., Damkarova J. 2002. Segregation of DNA markers of potato (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* L.) resistance against Ro1 pathotype *Globodera rostochiensis* in selected F₁ progeny. *Rostlinna Vyroba* 48: 480 — 485.
- Sosnowska D. 2004. Trój-troficzne interakcje pomiędzy roślinami, grzybami nicieniobójczymi i nicieniami. *Kosmos* 53, 262: 51 — 58.
- Stefan K., Pastuszewska T., Malinowska E., Janosza-Kusielewska I. Lubiewska E. 2000. Problematyka agrofagów kwarantannowych w uprawie ziemniaka. W: Materiały konferencyjne „Ochrona ziemniaka”, Bonin 2000: 51 — 53.
- Strick P. C., Wiersema S. G. 1999. Seed potato technology. Wageningen Press 1999: 61.
- Tan A., Hutten R., Visser R., van Eck H. 2005. Development of Marker Assisted Selection for potato breeding. In: 16th Triennial Conference of the EAPR. 17–22 lipca 2005, Bilbao, Basque Country: 660 — 662.
- Timmermans B., Vos J., Putten P., Nieuwburg L., van Stomph T. 2005. The development of *Solanum sisymbriifolium* (Lam.) as a trap crop for potato cyst nematode. In: 16th Triennial Conference of the EAPR. 17–22 lipca 2005, Bilbao, Spain: 290 — 293.
- Urbanowicz J., Pawińska M. 2001. Odmiany matwikoodporne w strukturze upraw ziemniaka w latach 1995–2000. W: Materiały konferencyjne, IHAR Oddział w Boninie: 130 — 133.
- Wronkowska H. 1990. Z badań nad zasiedlaniem cyst *Globodera rostochiensis* przez grzyby. *Phytopathologia Polonica* XI: 205 — 209.

HANNA GAWIŃSKA-URBANOWICZInstytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie
Zakład Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka w Boninie

Ocena występowania chorób grzybowych i bakteryjnych ziemniaka w warunkach polowych

Evaluation of the incidence of fungal and bacterial diseases in potatoes under field conditions

Na podstawie badań prowadzonych w Zakładzie Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka w Boninie w latach 2003–2005 dokonano oceny porażenia naturalnego chorobami 23 odmian ziemniaka. Ocena porażenia odmian czarną nóżką prowadzono w dwóch terminach: po wschodach roślin ziemniaka i w okresie pełnej wegetacji. Nasilenie choroby oceniono jako odsetek roślin chorych na poletku. Naturalne porażenie bulw chorobami (mokra i sucha zgnilizna, parch zwykły i srebrzysty i ospowatość) oceniono na próbach wielkości 10 kg (10 kg $\times$ 4 powtórzenia) pobieranych z każdego poletka w trakcie zbioru plonu. Dwie próby oceniano jesienią, a pozostałe dwie wiosną po okresie przechowywania. Naturalne porażenie bulw oceniono jako procent wagowy chorych bulw w próbie dla mokrej i suchej zgnilizny; dla ospowatości, parcha zwykłego i srebrzystego w skali pięciostopniowej oraz dla każdej odmiany obliczano indeks porażenia bulw wyrażony w procentach. W wyniku naturalnej infekcji bulw w polu wykazano statystycznie istotne różnice w wielkości porażania bulw potomnych różnych odmian ziemniaka. Wśród ocenianych genotypów nie określono odporności na czarną nóżkę z powodu małego nasilenia choroby. Objawy choroby stwierdzono tylko na odmianach: Augusta i Rosalind (wcześnie) oraz Romula (średnio wcześnie).

Słowa kluczowe: choroba, czarna nóżka, mokra zgnilizna, odmiana, parch zwykły, parch srebrzysty, sucha zgnilizna, ziemniak

The occurrence of fungal and bacterial diseases was assessed in field investigations that involved 23 potato cultivars. The studies were carried out in the years 2003–2005 at the Department of Potato Protection and Seed Science in Bonin. Infection of potato plants with black leg was evaluated twice: after emergence and at the stage of full growth. A proportion of infected plants in each plot was estimated. To assess tuber infection with soft rot, dry rot, common scab, silver scurf and black scurf tuber samples 10 kg each were taken in four replications from each plot during harvesting. Two samples were evaluated in the autumn, and two samples were stored to be evaluated in the spring next year. To assess tuber infestation by soft rot and dry rot, percentage by weight was determined. A rate of tubers infection with common scab, silver scurf and black scurf was estimated in a 5-grade scale. Moreover, a percentage index of infection was calculated for each cultivar. Significant differences between the cultivars in the rates of infection of progeny tubers with particular pathogens except black leg were found. A level of resistance of the cultivars to black leg could not be determined because of the low

intensity of the disease throughout the experiment. Disease symptoms were only found on the tubers of cultivars Augusta and Rosalind (both early) and Romula (mid early).

Key words: black leg, black scurf, common scab, cultivar, dry rot, potato, silver scurf, soft rot

WSTĘP

Choroby ziemniaka są jednym z ważniejszych czynników powodujących straty w jego cyklu produkcyjnym. Znajomość podatności na patogeny wywołujące ważne gospodarczo choroby jest podstawą do wyboru odmiany odpowiedniej dla kierunku użytkowania i warunków uprawy. W warunkach Polski do chorób występujących na roślinach i bulwach ziemniaka można zaliczyć: czarną nóżkę, której sprawcą jest bakteria z rodzaju *Erwinia* między innymi (*Erwinia carotovora* var. *carotovora*), powodująca straty w okresie wegetacji roślin, mokrą zgniliznę (*Erwinia carotovora* var. *atroseptica*) i suchą zgniliznę (*Fusarium* spp.), których objawy spotykane są na bulwach ziemniaka. W przypadku ziemniaka konsumpcyjnego ze względu, na ich wykorzystanie do produkcji przetworów spożywczych, ważną rolę odgrywają także choroby skórki, jak parch zwykły (*Streptomyces* spp.) i srebrzysty (*Helminthosporium solani*), czy ospowatość (jako jedna z form chorobowych rizoktoniozy — *Rhizoctonia solani*).

Celem badań prowadzonych w Boninie była ocena stopnia porażenia chorobami grzybowymi i bakteryjnymi wybranych odmian ziemniaka zarejestrowanych w latach 1999–2003, na podstawie porażenia naturalnego w porównaniu do odmian wzorcowych.

MATERIAŁ I METODY

Porażenie naturalne 23 odmian ziemniaka zarejestrowanych w latach 1999–2003 oceniano w Zakładzie Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka IHAR w Boninie. Badania prowadzono w latach 2003–2005, w doświadczeniach polowych założonych na 100-krzakowych poletkach, w dwóch powtórzeniach.

Ocenę porażenia odmian czarną nóżką prowadzono w dwóch terminach: po wschodach roślin ziemniaka (wysokość roślin 15–20 cm) i w okresie pełnej wegetacji. Nasilenie choroby oceniono jako odsetek roślin chorych w stosunku do liczby roślin na poletku.

Naturalne porażenie bulw chorobami (mokra i sucha zgnilizna, parch zwykły i srebrzysty oraz ospowatość) oceniono na próbach wielkości 10 kg, pobieranych z każdego poletka w trakcie zbioru plonu. Porażenie bulw określano dwukrotnie: jesienią po zbiorach i wiosną po okresie przechowywania. Dla każdej odmiany oceniano udział bulw naturalnie porażonych mokrą i suchą zgnilizną i wyrażano jako procent wagowy chorych bulw w badanej próbie. Porażenie bulw ospowatością, parchem zwykłym i srebrzystym oceniano w skali 5-stopniowej (gdzie: 0 — bulwy zdrowe, a 4 — porażenie >75%). Dla każdej odmiany obliczono indeks porażenia według wzoru Townsenda-Heubergera (1989), a otrzymane wyniki transformowano według wzoru $y = \arcsin \sqrt{x}$.

Dla grupy odmian bardzo wczesnych i wczesnych odmianę wzorcową przyjęto odmianę Bard (odporność w skali 9-stopniowej: na czarną nóżkę — 6, mokrą zgniliznę — 4, suchą zgniliznę — 5, parcha zwykłego — 6, parcha srebrzystego — 5,5); dla odmian średnio

wczesnych odmiana Wigry (odporność odpowiednio: 6, 5, 6, 5, 4), a dla grupy odmian średnio późnych i późnych Danusia (odporność odpowiednio: 5, 5, 4, 5, 4,5).

WYNIKI I DYSKUSJA

Warunki klimatyczne występujące w Boninie w latach 2003–2005, szczególnie w okresie wschodów nie sprzyjały występowaniu czarnej nóżki na roślinach ziemniaka i nie pozwoliły ocenić podatności żadnej z odmian. Objawy choroby obserwowano jedynie na niewielkiej liczbie odmian. Najwyższe naturalne porażenie roślin stwierdzono na odmianach wczesnych: Augusta (11,6%) i Rosalind (10,0%) oraz na średnio wczesnej odmianie Romula (11,6%). Przyczyną wystąpienia czarnej nóżki na tych odmianach było albo latentne porażenie sadzeniaków bakteriami *Erwinia*, albo ich większa podatność na patogena.

Średnie porażenie obserwowanych odmian zgniliznami bulw mokrą i suchą różniło się w grupach wczesności i było najwyższe dla genotypów z grupy średnio późnych i późnych (tab. 1). W tej grupie odmian najwyższe porażenie bulw mokrą zgnilizną stwierdzono dla odmiany Skawa (4,5%).

Porażenie mokrą zgnilizną bulw większości badanych odmian, niezależnie od grupy wczesności było istotnie niższe lub pozostawało na poziomie podatnej odmiany wzorcowej (Bard) i średnio odpornych (Wigry i Danusia). Odmiany reagowały w sposób powtarzalny w poszczególnych latach — infekcja bulw wystąpiła w niewielkim nasileniu lub jej nie stwierdzono.

Wraz ze wzrostem stopnia mechanizacji zbioru ziemniaków bardzo często dochodzi do uszkodzeń skórki i miąższu bulw, co stwarza korzystne warunki do infekcji i penetracji bulw przez wiele patogenów związanych z uszkodzeniami mechanicznymi. Do takich patogenów należą sprawcy suchej zgnilizny — grzyby z rodzaju *Fusarium*.

We wszystkich latach badań najwięcej bulw z objawami suchej zgnilizny stwierdzono w grupie odmian średnio późnych i późnych, średnie porażenie genotypów wynosiło 2,4% (tab. 1). Najwyższe porażenie w tej grupie obserwowano dla odmian: Neptun (3,0%), Saturna (1,5%), Sonda (1,4%) oraz odmiany Skawa (9,8%), na której stwierdzono istotnie wyższe porażenie od podatnej odmiany wzorcowej (Danusia).

Natomiast w grupie odmian wczesnych i średnio wczesnych porażenie było niższe i wynosiło 0,6% dla wczesnych oraz 1,2% dla średnio wczesnych. Najwięcej bulw chorych stwierdzono dla odmiany Molli (1,6%) i Lord (1,3%) oraz Wigry (3,8%) i Zebra (2,0%). Uzyskane wyniki potwierdzają doniesienia innych autorów o wyższym porażeniu się odmian charakteryzujących się dłuższym okresem wegetacji (Osowski, 2001).

Na podstawie naturalnej infekcji polowej wykazano statystycznie istotne różnice w wielkości porażania się bulw potomnych różnych odmian ospowatością, parchem zwykłym i srebrzystym. Najwyższe porażenie testowanych odmian sprawcami chorób odnotowano w 2003 roku (tab. 2).

Tabela 1

Naturalne porażenie bulw ziemniaka chorobami w warunkach Bonina (średnia z lat 2003–2005)
The occurrence of tuber diseases in the region of Bonin (average for 2003–2005)

Wczesność Cultivar earliness	Odmiana, rok rejestracji Cultivar, year of registration	Zgnilizny bulw Tuber rots		Choroby skórki bulw Tuber skin diseases		
		mokra zgnilizna soft rot	sucha zgnilizna dry rot	ospowatość black scurf	parch zwykły common scab	parch srebrzysty silver scurf
		procent wagowy percentage by weight		indeks porażenia infection index		
Bardzo wczesne i wczesne Very early and early	Bard (1999) (wzorzec-standard)	0,3	0,5	16,3	20,7	26,4
	Felka (2002)	0,0	0,0	7,0	17,5	27,3
	Krasa (2003)	0,4	0,2	11,3	9,8	22,7
	Lord (1999)	0,2	1,3	17,4	10,1	16,5
	Molli (2000)	0,9	1,6	15,1	9,5	26,2
	Augusta (2003)	0,0	0,0	6,5	9,5	16,7
	Delikat (2002)	0,0	0,8	17,4	6,8	26,6
	Gabi (2000)	0,2	1,0	8,6	5,4	23,3
	Rosalind (2001)	0,0	0,1	2,3	8,4	14,5
	Vitara (2002)	0,0	0,9	18,0	6,3	20,1
	Średnio Mean	0,2	0,6	12,0	10,4	22,0
	NIR _{0,05} LSD _{0,05}	0,3	1,0	6,9	3,7	1,9
Średnio wczesne Mid early	Wigry (1999) (wzorzec-standard)	0,4	3,8	17,1	5,0	20,7
	Albatros (2000)	0,2	0,8	7,7	8,0	13,6
	Clarissa (2003)	0,2	0,8	4,0	6,6	19,8
	Monsun (2003)	0,1	0,5	6,8	5,7	20,8
	Pirol (2003)	0,0	0,6	23,9	5,3	26,5
	Romula (2002)	0,3	0,4	17,0	7,8	26,2
	Zebra (2000)	0,0	2,0	17,1	12,2	19,3
	Żagiel (2001)	0,0	0,8	9,0	15,3	19,2
	Średnio Mean	0,2	1,2	12,8	8,2	20,8
	NIR _{0,05} LSD _{0,05}	0,3	2,1	4,8	1,3	3,5
Średnio późne i późne Mid late and late	Danusia (1999) (wzorzec-standard)	0,3	1,1	0,9	9,8	22,6
	Pasja (2000)	0,2	0,9	14,9	2,7	30,2
	Saturna (2002)	0,7	1,5	8,3	8,4	17,1
	Neptun (2001)	1,0	3,0	2,7	11,7	19,5
	Skawa (2000)	4,5	9,8	2,8	9,8	33,0
	Sonda (2002)	0,6	1,4	1,7	13,7	17,8
	Ślęza (2003)	0,2	0,8	5,5	14,6	26,8
	Umiak (2000)	0,2	0,5	14,3	15,9	7,3
	Średnio Mean	1,0	2,4	6,4	10,8	21,8
	NIR _{0,05} LSD _{0,05}	0,8	2,8	4,9	2,7	7,1

Większe porażenie bulw ospowatością stwierdzono w plonie zebranym z poletek odmian wczesnych i średnio wczesnych. Wyższą wrażliwość wykazały odmiany: Vitara, Lord oraz Delikat (wczesne). Porażenie tych odmian wahało się od 17,4 do 18,0%. Istotnie

niższy indeks porażenia ospowatością od wzorca (Bard) stwierdzono na bulwach odmian Rosalind (2,3%), Augusta (6,5%), Felka (7,0%) i Gabi (8,6%). W grupie odmian średnio wczesnych najwyższy indeks porażenia stwierdzono dla genotypów: Pirol (23,9%), Wigry, Zebra i Romula po (17%). W tej grupie wczesności bardziej odporne na porażenie ospowatością wydają się być odmiany: Clarissa (4,0%), Monsun (6,8%), Albatros (7,7%) i Żagiel (9,0%). W ocenianym okresie najniższe wartości indeksu porażenia stwierdzono dla genotypów późnych ziemniaka, który wynosił 6,4%.

Tabela 2

Średnie porażenie odmian ziemniaka chorobami bulw w poszczególnych grupach wczesności (w latach 2003–2005)

Mean tuber diseases infection of cultivars potato in maturity groups (in the years 2003–2005)

Grupa wczesności Earliness group	Rok Year	Procent wagowy Percentage by weight		Indeks porażenia Infection index		
		mokra zgnilizna soft rot	sucha zgnilizna dry rot	ospowatość black scurf	parch zwykły common scab	parch srebrzysty silver scurf
Bardzo wczesne i wczesne Very early and early	2003	0,15	0,54	20,8	12,7	34,5
	2004	0,3	0,3	8,5	7,3	24,0
	2005	0,13	1,1	6,7	11,2	7,5
Średnio wczesne Mid early	2003	0,06	2,4	16,3	15,1	33,5
	2004	0,0	0,4	14,6	6,3	23,4
	2005	0,4	0,9	4,6	3,2	5,4
Średnio późne i późne Mid late and late	2003	1,9	5,3	4,5	18,4	36,5
	2004	0,4	0,6	10,4	9,7	23,2
	2005	0,6	1,2	4,2	4,2	5,6

Ocena zdrowotności po zbiorze wykazała, że różnice w wielkości porażania się bulw potomnych zależą nie tylko od genetycznej podatności odmiany, ale również od innych czynników mających wpływ na rozwój choroby (tab. 2). Zdaniem innych autorów rozwój choroby zależy od temperatury powietrza w miesiącach lipiec — sierpień, Bernat (2005) twierdzi, że niska temperatura w tym okresie sprzyja osadzaniu się sklerot grzyba na bulwach. Natomiast zdaniem Boguckiej i Pawińskiej (1983), wpływ na nasilenie ospowatości ma poziom opadów w sierpniu, oraz skład mechaniczny gleby. Lutomska i Szutkowska (2005) w swoich badaniach stwierdziły, że choroba bardziej nasila się na glebach lekkich.

Chorobą bakteryjną rozpowszechnioną we wszystkich rejonach uprawy ziemniaka jest parch zwykły. Patogen może wywoływać uszkodzenia na różnych organach rośliny. Najczęściej spotykaną i najbardziej uciążliwą formą choroby jest parch skórki bulw, którego objawy zewnętrzne wpływają na obniżenie wartości rynkowej ziemniaka.

Badania przeprowadzone w latach 2003–2005 wykazały istotne różnice w podatności odmian na sprawcę parcha zwykłego. W grupie odmian wczesnych najbardziej porażały się Felka (17,5%) i Bard (20,7%), natomiast pozostałe genotypy wykazały wyższą odporność na działanie patogena. Porażenie tych genotypów było istotnie niższe od średnio odpornej odmiany wzorcowej (Bard). Indeks porażenia odmian Clarissa, Romula, Albatros, Zebra i Żagiel (średnio wczesne) wahał się od 6,6% do 15,3% i był istotnie

wyższy od średnio podatnej odmiany wzorcowej (Wigry) (tab. 1). Wśród późnych genotypów najwyższe porażenie bulw stwierdzono u odmian Sonda, Ślęza i Umiak; wynosiło ono odpowiednio: 13,7%, 14,6% oraz 15,9%. Jedynie średnio późna odmiana Pasja wykazała statystycznie niższe porażenie parchem zwykłym od średnio podatnej odmiany wzorcowej (Danusia). Indeks porażenia tej odmiany wynosił 2,7%.

W ostatnich latach coraz większego znaczenia gospodarczego nabiera parch srebrzysty wywołany przez grzyb *Helminthosporium solani*. Jest to choroba, która oprócz obniżenia jakości bulw i przydatności ich jako surowca do przerobu na cele spożywcze (frytki, chipsy), jest także przyczyną zmniejszenia obsady roślin na plantacjach (Kapsa i in., 1998). Parch srebrzysty uważany jest za jedyną spośród chorób skórki, która rozwija się w trakcie przechowywania. Na rozwój choroby składa się wiele czynników; obok warunków meteorologicznych dużą rolę odgrywa także podatność uprawianych odmian.

Ocena zdrowotności bulw po zbiorze wykazała istotne statystycznie różnice w nasileniu porażenia bulw potomnych parchem srebrzystym. Wśród ocenianych odmian wysoką podatność wykazały następujące genotypy: Felka, Delikat i Molli (wczesne), Pirol i Romula (średnio wczesne) oraz Ślęza, Skawa i Pasja (późne). Porażenie tych odmian wahało się od 26,2% do 33,0% (tab. 1). Indeks porażenia tych odmian był istotnie wyższy lub pozostawał na poziomie odmian wzorcowych, Bard, Wigry i Danusia. Najniższe porażenie stwierdzono na bulwach późnej odmiany Umiak (7,3%).

W latach 2003–2005 najwyższe porażenie parchem srebrzystym stwierdzono w pierwszym roku badań (2003), gdzie średni indeks porażenia dla odmian w poszczególnych grupach wczesności wahał się od 33,5% do 36,5% (tab. 2). Wynik ten pozwala wyciągnąć wniosek, że czynnikiem sprawczym w tym roku mogły być panujące warunki meteorologiczne (mała ilość opadów w miesiącach czerwiec — sierpień). Taką hipotezę w swoich badaniach postawili Osowski i Bernat (2005), którzy wskazali, że w warunkach niskich opadów w miesiącach czerwiec — sierpień występuje silniejsza infekcja patogenem.

PODSUMOWANIE

W warunkach Bonina (Pomorze Zachodnie) oceniono porażenie chorobami grzybowymi i bakteryjnymi 23 odmian ziemniaka zarejestrowanych w latach 1999–2003.

Spośród ocenianych genotypów największą podatność na sprawców mokrej i suchej zgnilizny odnotowano w grupie odmian średnio późnych i późnych, a najwyższe porażenie stwierdzono u odmiany Skawa.

Wśród ocenianych genotypów wyższą podatność od odmian wzorcowych na sprawców chorób skórki bulw wykazały następujące odmiany:

- ospowatość, Pirol (średnio wczesna) oraz Saturna, Umiak i Pasja (średnio późne i późne),
- parch zwykły, Felka i Bard (wczesne), Zebra i Żagiel (średnio wczesne), Sonda, Ślęza i Umiak (późne),
- parch srebrzysty, Felka, Delikat i Molli (wczesne), Pirol i Romula (średnio wczesne) oraz Ślęza, Skawa i Pasja (późne).

Indeks porażenia bulw pozostałych genotypów był istotnie niższy lub pozostawał na poziomie odmian wzorcowych (Bard, Wigry i Danusia).

Odmiany ziemniaka wchodzące sukcesywnie do Rejestru Odmian różnią się pod względem odporności na choroby grzybowe i bakteryjne. Stąd też częściowa charakterystyka podatności ich na podstawowe patogeny będzie potrzebną informacją dla producenta w chwili podejmowania decyzji o wyborze odmiany do uprawy. Dokładniejszą charakterystykę odmian można przedstawić po jej uzupełnieniu wynikami badań laboratoryjnych, wykluczających wpływ środowiska na ocenę podatności na patogeny.

LITERATURA

- Bernat E. 2005. Problem ospowatości na wybranych odmianach ziemniaka. Konferencja, Nasiennictwo i ochrona ziemniaka. Kołobrzeg, 10–11.03.2005. IHAR ZNiOZ Bonin: 32 — 35.
- Bogucka H., Pawińska M. 1983. Występowanie ospowatości bulw ziemniaka w Polsce w latach 1977–1980. Biul. Inst. Ziemn. 29: 141 — 150.
- Lutomirska B., Szutkowska M. 2005. Wpływ gleby i nawadniania ziemniaka na porażenie bulw przez *Rhizoctonia solani*. Progress in Plant Protection / Post. Ochr. Roślin 45 (2): 865 — 868.
- Kapsa J., Lewosz W., Osowski J., Gawińska H. 1998. Parch srebrzysty (*Helminthosporium solani*) i jego występowanie w Polsce. Konferencja, Ochrona ziemniaka. Kołobrzeg, 21–22.04.1998. IHAR Oddz. Bonin: 21 — 24.
- Osowski J., Bernat E. 2005. Problem parcha srebrzystego na odmianach ziemniaka zarejestrowanych w Polsce. Progress in Plant Protection / Post. Ochr. Roślin 45 (1): 336 — 342.
- Osowski J. 2001. Charakterystyka odporności odmian zarejestrowanych w 1999 roku. Konferencja, Ochrona ziemniaka. Kołobrzeg, 19–20.04.2001, IHAR Oddz. Bonin: 10–15
- Podręcznik doświadczałnictwa polowego w ochronie roślin. 1989. PWRiL, Poznań.

EDWARD BERNATInstytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie
Zakład Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka w Boninie

Możliwości zapobiegania rizoktoniozie ziemniaka w warunkach Pomorza Zachodniego

A way of controlling the occurrence of *Rhizoctonia solani* under conditions of Western Pomerania

W latach 2003–2005 w Boninie (Pomorze Zachodnie) badano wpływ wiosennego zaprawiania na ograniczenie występowania rizoktoniozy (*Rhizoctonia solani*) na roślinach i bulwach ziemniaka. Doświadczenia przeprowadzono na średnio późnej odmianie jadalnej Bryza. Badano następujące warianty zaprawiania: kontrola bez zaprawiania, Monceren 250 FS w dawce 60 ml na 100 kg bulw i Pencycuron + JAU 6476 258 FS w dawce 62,5 ml/100 kg. Po zastosowaniu zaprawiania bulw zaobserwowano niższe o 67,5–70,7% porażenie roślin przez rizoktoniozę oraz o 90–92,5% niższy indeks porażenia bulw ospowatością w porównaniu do kontroli. Wiosenne zaprawianie bulw korzystnie wpłynęło na wzrost plonu ogólnego (9–17,7%) oraz plonu handlowego (bulwy o średnicy powyżej 30 mm) — 8,4–9,8% w stosunku do niezaprawianych wariantów doświadczenia.

Słowa kluczowe: ospowatość bulw, plon, *Rhizoctonia solani*, zaprawianie, ziemniak

The effects of spring dressing of seed-potatoes on the occurrence of *Rhizoctonia solani* in plants and tubers were examined in the years 2003–2005 in Bonin, north-west Poland, using a mid-late table cultivar Bryza. The following treatments were applied: dressing with Monceren 250 FS at dose 60 ml/100 kg tubers, dressing with Pencycuron + JAU 6476 258 FS, dosed 62.5 ml/100 kg tubers, and a control without dressing. The dressing gave positive results. As compared with a control variant, the rate of infection of potato plants by *Rh. solani* decreased by 67.5–70.7%, and the index of black scurf severity was reduced by 90–92.5%. Moreover, the increase in the total tuber yield by 9–17.7% as well as in the marketable one (tuber size > 30 mm) by 8.4–9.8%, was recorded.

Key words: black scurf, potato, *Rhizoctonia solani*, seed dressing, yield

WSTĘP

Jedną z głównych przyczyn spadku jakości i wielkości plonu bulw na plantacjach ziemniaka jest występowanie rizoktoniozy ziemniaka powodowanej przez grzyb *Rhizoctonia solani*. Szkodliwość tej choroby polega na tym, że występuje przez cały okres wegetacji roślin ziemniaka.

W przypadku zbyt wczesnego wysadzania bulw ziemniaków w danym rejonie w mokrą i nieogrzaną glebę, może dochodzić do występowania gnicia kielków, najgroźniejszej

formy choroby. W efekcie rozwoju tej formy rizoktoniozy dochodzi do gnicia i zamierania rozwijającego się kielka. Po zniszczeniu przez patogena głównego kielka, następuje wzrost rośliny z kielków z bocznych oczek — jest to jedna z głównych przyczyn opóźnienia wschodów. Rozwijające się rośliny są słabsze i wydają mniejszy plon bulw o gorszej jakości (Borecki, 1987; Lutomirska, Szutkowska, 2000).

W pełni sezonu wegetacyjnego może występować kolejna forma chorobowa — próchnienie podstawy łodyg. W wyniku jej rozwoju następuje suche gnicie łodygi roślin ziemniaków tuż nad ziemią, co powoduje zakłócenie przewodzenia asymilatów i wody pomiędzy korzeniami a częścią nadziemną.

Pod koniec okresu wegetacji na rozwijających się bulwach może dochodzić do osadzania się na skórce sklerocji w postaci od ciemnobrunatnych do czarnych strupów, wielkości od kilku do kilkunastu milimetrów, a w skrajnych przypadkach do pokrycia przez sklerocja całej bulwy. Jest to forma przetrwalnikowa grzyba, która jest jednym z głównych źródeł infekcji w następnym sezonie wegetacyjnym.

Zaprawianie bulw ziemniaka przed sadzeniem lub w trakcie sadzenia, obok metod agrotechnicznych, jest jedynym skutecznym sposobem zapobiegania występowaniu rizoktoniozy ziemniaka na plantacjach.

Celem badań było sprawdzenie skuteczności nowej zaprawy fungicydowej (nazwa kodowa — Pencycuron + JAU 6476 258 FS) w ograniczaniu porażenia roślin i bulw ziemniaka rizoktonizą.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia przeprowadzono w Zakładzie Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka w Boninie, w latach 2003–2005, na średnio późnej odmianie jadalnej Bryza. Badano następujące warianty zaprawiania bulw przed sadzeniem:

- kontrola (bez zaprawiania bulw przed sadzeniem),
- pencykuron (Monceren 250 FS) w dawce 60 ml na 100 kg bulw,
- Pencycuron + JAU 6476 258 FS w dawce 62,5 ml na 100 kg bulw.

Bulwy zaprawiano za pomocą aparatu firmy Delevan w postaci oprysku drobno-kroplistego na 1–2 dni przed sadzeniem. Zaprawiane bulwy wysadzano do gleby w 1 dekadzie maja. Na początku okresu wegetacji notowano tempo wschodów roślin ziemniaka, zaś w pełni wegetacji wykonano dwukrotnie selekcję negatywną, podczas której liczono procent roślin z objawami rizoktoniozy.

Zbiór bulw z poletek doświadczalnych wykonywano w połowie września w czasie, którego oceniano jego wielkość i strukturę. Następnie z każdego poletka doświadczalnego pobierano próbę bulw o wadze ok. 10 kg, a po okresie 4–6 tygodni przechowywania, oceniano stopień pokrycia bulw przez ospowość (rizoktoniozę), parcha zwykłego i parcha srebrzystego. Stopień porażenia ww. chorobami oceniano według skali 5-stopniowej, gdzie 0 — oznaczało brak porażenia, a 4 — porażenie > 75% powierzchni, a następnie obliczano indeks porażenia bulw chorobami wg wzoru Townsenda-Heubergera (1989).

Otrzymane wyniki opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji.

WYNIKI I DYSKUSJA

Przebieg warunków pogodowych w okresie wegetacji w latach 2003–2005 w Boninie niezbyt sprzyjał występowaniu rizoktoniozy na roślinach ziemniaka (tab. 1).

Tabela 1

Warunki meteorologiczne w Boninie w latach 2003–2005 w porównaniu do średnich z lat 1979–2003
Meteorological conditions in Bonin in the years 2003–2005 compared to the means for the years 1979–2003

Miesiąc Month	Suma opadów w mm Rainfall in mm				Temperatura powietrza w °C Air temperature in °C			
	2003	2004	2005	1979–2003	2003	2004	2005	1979–2003
IV	31,2	40,8	10,8	47,3	7,0	8,3	7,8	6,9
V	32,6	85,4	86,8	68,1	13,3	11,2	11,5	12,3
VI	38,4	74,6	30,6	106,4	16,9	14,1	14,6	15,1
VII	86,4	93,4	96,4	87,8	18,4	15,9	18,8	17,2
VIII	48,6	57,2	74,6	84,5	17,6	18,6	16,2	17,2
IX	50,8	51,2	31,4	92,4	13,8	13,6	14,9	12,9
Suma — Sum Średnia — Mean	288,0	402,6	330,6	486,5	14,5	13,6	14,0	13,6

Rozwojowi tego patogena sprzyjają stosunkowo niskie temperatury oraz wysoka wilgotność powietrza (Wnękowski, Błaszczak, 1997). Lata 2003–2005 charakteryzowały się występowaniem okresowych braków wilgoci w glebie oraz mniejszą ilością opadów atmosferycznych w okresie wegetacji od 17,6% (2004) do 41,5% (2005) w porównaniu do średnich wieloletnich z lat 1979–2003.

Wyniki obserwacji tempa wschodów ziemniaków oraz ilości roślin porażonych przez rizoktoniozę ziemniaka podano w tabeli 2.

Tabela 2

Tempo wschodów oraz poziom porażenia roślin odm. Bryza rizoktoniozą. Średnie z lat 2003–2005
w Boninie
The rates of emergence and proportions of plants infected by *Rhizoctonia solani*. Means for the years 2003–2005. Bonin, cv. Bryza

Warianty doświadczenia Treatment	Wschody — liczba dni od sadzenia Emergence — number of days after planting			Procent roślin z objawami rizotoniozy ziemniaka Proportion of plants showing <i>Rhizoctonia solani</i> infection (%)
	początek beginning	pełnia full	koniec end	
Kontrola Control	21	25	29	12,3
Monceren 250 FS	25	29	33	3,6
Pencycuron + JAU 6476 258 FS	25	29	35	4,0
NIR $\alpha=0,05$ LSD $\alpha=0,05$				0,8

W warunkach glebowo-klimatycznych Pomorza Zachodniego, w wariantach doświadczenia, w których zastosowano przed sadzeniem zaprawianie bulw ziemniaka badanymi preparatami zaobserwowano 4–6 dniowe opóźnienie tempa wschodów roślin ziemniaka w porównaniu do obiektów kontrolnych (bez zaprawiania). Stwierdzone zahamowanie

tempa wschodów nie miało wpływu na dalszy wzrost i rozwój roślin ziemniaka odmiany średnio późnej Bryza.

Po zastosowaniu badanych zapraw fungicydowych stwierdzono istotne obniżenie porażenia roślin rizoktoniozą ziemniaka w okresie wegetacji o 67,5% (Pencycuron + JAU 6476 258 FS) i o 70,7% (Monceren 250 FS) w porównaniu do kontroli, gdzie wysadzono bulwy niezaprawiane. Uzyskane wyniki potwierdzają inne doniesienia, że wiosenne zaprawianie bulw przed sadzeniem istotnie wpływa na ograniczenie występowania i poziom porażenia roślin ziemniaka przez grzyb *Rhizoctonia solani* (Rahkonen i in., 1999; Osowski, 2002).

Zastosowanie wiosennego zaprawiania bulw preparatami: Monceren 250 FS oraz mieszaniny Pencycuron + JAU 647 258 FS korzystnie wpłynęło na wielkość oraz strukturę plonu bulw odmiany Bryza (tab. 3). Po zastosowaniu zapraw fungicydowych stwierdzono wzrost plonu ogólnego o 2,9–3,0 t/ha (wzrost plonu o 9–17,7% w porównaniu kontroli), a plonu użytkowego (bulwy o średnicy powyżej 30 mm) od 2,4 t/ha do 2,8 t/ha (wzrost o 8,4–9,8% w stosunku do kontroli). Stwierdzone różnice w plonowaniu odmiany Bryza były statystycznie istotnie wyższe po zastosowaniu wiosennego zaprawiania sadzeniaków w porównaniu do wariantu kontrolnego. Zaprawianie bulw badanymi preparatami wpłynęło również nieznacznie na wzrost plonu bulw dużych (bulwy o średnicy powyżej 60 mm). Wyniki wysokiej skuteczności pencycuronu (substancji aktywnej ocenianych zapraw fungicydowych) potwierdzają także inni autorzy (Wainwright, 1996; Wróbel, Erlichowski, 1998; Osowski, 2002).

Tabela 3

Plon odm. Bryza i jego struktura w zależności od wariantów doświadczenia. Średnie z lat 2003–2005 w Boninie
Tuber yield and its structure depending on the treatment. Means for the years 2003–2005. Bonin, cv. Bryza

Warianty doświadczenia Variants of treatment	Plon t/ha Yield t/ha		
	ogólny — total	użytkowy — marketable > 30 mm	bulwy duże — big tubers > 60 mm
Kontrola Control	33,3	28,5	14,3
Monceren 250 FS	36,3	30,9	15,5
Pencycuron + JAU 6476 258 FS	36,2	31,3	15,6
NIR $\alpha=0,05$ LSD $\alpha=0,05$	2,6	2,4	różnice nieistotne not significant

Warunki atmosferyczne w latach 2003–2005 nie sprzyjały rozwojowi rizotkoniozy ziemniaka oraz osadzaniu się sklerocji na powierzchni bulw. Indeks porażenia bulw ospowatością w wariantach kontrolnych w latach badań wynosił 4% (tab. 4). Wiosenne zaprawianie sadzeniaków badanymi zaprawami fungicydowymi wpłynęło na istotne obniżenie występowania ospowatości o 92,5% (Monceren 250 FS) i 90,0% (Pencycuron) na bulwach potomnych w porównaniu do wariantu kontrolnego.

Tabela 4

Porażenie bulw chorobami skórki odm. Bryza w zależności od traktowania sadzeniaków. Średnie z lat 2003–2005 w Boninie

Tuber skin infection depending on the treatment. Mean for the years 2003–2005. Bonin, cv. Bryza

Warianty doświadczenia Treatment	Indeks porażenia (%) Severity index (%)		
	ospowatość black scurf	parch zwykły common scab	parch srebrzysty silver scurf
Kontrola Control	4,0	14,9	17,5
Monceren 250 FS	0,3	12,4	16,0
Pencycuron + JAU 6476 258 FS	0,4	12,9	15,1
NIR $\alpha=0,05$ LSD $\alpha=0,05$	0,8	różnice nieistotne — not significant	

Po zastosowaniu badanych preparatów zaobserwowano również mniejsze porażenie bulw parchem zwykłym i parchem srebrzystym. Różnice jednak nie były istotne statystycznie.

WNIOSKI

1. Przeprowadzone badania pozwalają stwierdzić, że wiosenne zaprawianie sadzeniaków istotnie ograniczyło porażenie roślin przez rizoktoniozę oraz osadzanie się sklerocji na bulwach (ospowatość).
2. Badane zaprawy fungicydowe korzystnie wpłynęły na wzrost ilości oraz jakości otrzymywanego plonu bulw potomnych.
3. Skuteczność badanej zaprawy fungicydowej Pencycuron + JAU 6476 258 FS w ograniczeniu występowania rizoktoniozy ziemniaka na roślinach i bulwach pozostawała na poziomie preparatu wzorcowego Moceren 250 FS.

LITERATURA

- Borecki Z. 1987. Nauka o chorobach roślin. PWRiL, Warszawa: 294 — 295.
- Lutomirska B., Szutkowska M. 2000. Choroby i szkodniki okresu wegetacji, metody zwalczania (fungicydy i insektycydy). Poradnik Producentów Ziemniaka sezon 2000/2001. IHAR, Jadwisin, pod red. W. Nowackiego.: 63 — 76.
- Osowski J. 2002. Wpływ zaprawiania na zdrowotność bulw ziemniaka. Biul. IHAR 223/224: 369 — 373.
- Podręcznik doświadczałnictwa polowego w ochronie roślin. 1989. PWRiL, Warszawa: 41.
- Rahkonen A., Pietilä L., Kuisma P. 1999. Controlling *Rhizoctonia solani* by seed dressing in Finland. 14th Triennial Conference of the European Association for Potato Research. Abstract of conference Papers, Posters and Demonstrations. May 2–7, 1999, Sorrento, Italy: 178 — 179.
- Wainwright A., Nicholson T., Mann D. H. 1996. Control of silver scurf and black scurf in potatoes with a pencycuron/tolyleluanid seed tuber treatment. Brighton Crop Protection Conference Pests & Diseases: 275 — 300.
- Wnękowski S., Błaszczak W. 1997. Choroby ziemniaka. W: Ochrona Roślin. Red. J. Kochman i W. Węgorek. Plantpress, Kraków: 505 — 535.
- Wróbel S., Erlichowski T. 1998. Możliwości zastosowania zaprawy fungicydowo-insekticydowej Prestige 290 FS w uprawie ziemniaka. Mat. Konf. „Ochrona Ziemniaka” 21–22 kwietnia Kołobrzeg IHAR Oddz. Bonin: 29 — 32.

ELŻBIETA MALINOWSKA**JANINA BUTRYMOWICZ¹**

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie Oddział Bydgoszcz

Pracownia Chorób i Szkodników Kwarantannowych Ziemniaka

¹ Główny Inspektorat Ochrony Roślin i Nasiennictwa, Centralne Laboratorium, Warszawa

Patotypy *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. występujące na terenie Polski

Pathotypes of *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. occurring in Poland

W latach powojennych rak ziemniaka powodowany przez *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. stanowił w Polsce poważny problem. W ramach zwalczania choroby, od 1955 roku do rejestracji i uprawy na terenie kraju dopuszczone są wyłącznie odmiany ziemniaka odporne na patotyp 1(D₁) *S. endobioticum*. W rezultacie, od początku lat 60. na terenie kraju nie stwierdza się występowania nowych ognisk choroby powodowanych przez ten patotyp, natomiast w latach 1961 i 1965 wykryto ogniska dwóch innych patotypów, które oznaczono jako 2(Ch₁) i 3(M₁). W latach 1968–1999, w badaniach laboratoryjnych przeprowadzonych metodą Glynne-Lemmerzahla oraz polowych, z zastosowaniem metody Spieckermanna, zbadano łącznie wirulencję ponad 700 izolatów grzyba pochodzących z nowo wykrywanych ognisk raka ziemniaka. Wszystkie ogniska powodowane były przez jeden z wcześniej zidentyfikowanych patotypów: 2(Ch₁) lub 3(M₁). Spośród testowanych odmian ziemniaka podatne na obydwa patotypy były: Ackersegen, Amsel, Bałtyk, Blanik, Deodara, Desiree, Fortuna (stara), Giewont, Irmgard, Maxilla, Nova, Sissi, Tomensa, Ultimus, Universal i Xenia. Odmiana Saphir wykazała odporność na patotypy 1(D₁) i 2(Ch₁), natomiast ulegała porażeniu przez patotyp 3(M₁). W wyniku porównania uzyskanych wyników z danymi odnośnie wirulencji 8 europejskich patotypów stwierdzono, że żaden z polskich patotypów nie jest identyczny z patotypami zidentyfikowanymi w krajach Europy Zachodniej.

Słowa kluczowe: rak ziemniaka, *Synchytrium endobioticum*, patotypy, wirulencja

In the past, potato wart disease was a serious problem in Poland. Since 1955, in order to eradicate the pathogen, potato cultivars resistant to the pathotype 1(D₁) of *Synchytrium endobioticum*, have only been released to be grown in Poland. No new foci caused by this pathotype have been detected since the early 1960s. In 1961 and 1965, two other pathotypes of *S. endobioticum* were discovered. These pathotypes, named 2(Ch₁) and 3(M₁), were found to be specific to Poland, and to differ from other pathotypes occurring in northwest Europe. Until 1999, the virulence of over 700 isolates was tested with the use of Glynne-Lemmerzahl and Spieckermann's methods. Since the middle of the sixties, no new pathotype has been identified in Poland. Potato cultivars: Ackersegen, Amsel, Bałtyk, Blanik, Deodara, Desiree, Fortuna (old), Giewont, Irmgard, Maxilla, Nova, Sissi, Tomensa, Ultimus, Universal, and Xenia, were found to be susceptible to wart pathotypes identified in Poland. The main difference between pathotypes 2(Ch₁) and 3(M₁) is in the response of potato cv. Saphir, which is resistant to 2(Ch₁), but susceptible to 3(M₁).

Key words: potato wart disease, *Synchytrium endobioticum*, pathotypes, virulence

WSTĘP

Grzyb *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. jest sprawcą jednej z najgroźniejszych chorób bulw ziemniaka. Choroba ta, zwana rakiem ziemniaka, objawia się formowaniem na podziemnych częściach roślin, przede wszystkim bulwach, rakowatych narośli. W skrajnych wypadkach całe bulwy bywają przekształcone w rakowate twory, a straty plonu mogą sięgać 50–100% (Hampson, 1993; Melnik, 1998).

Sprawcę choroby po raz pierwszy opisał K. Schilberszky na Węgrzech w 1888 roku, lecz ustalono, że występowanie choroby było notowane już kilkanaście lat wcześniej na Wyspach Brytyjskich (Malec, 1983). Zdania na temat pochodzenia patogenu są podzielone, jednakże przeważa pogląd, że obszarem jego pierwotnego występowania był rejon Andów, skąd został on zawleczony do Europy, a następnie do Ameryki Północnej. Ostatecznie występowanie choroby stwierdzono w rejonach uprawy ziemniaka praktycznie na całym świecie, włączając Południową Afrykę, Azję i Oceanię (Smith i in., 1997). W Europie choroba szybko się rozprzestrzeniła, stanowiąc w pierwszej połowie ubiegłego stulecia poważny problem na znacznej części kontynentu.

Przełomem w zwalczaniu choroby stała się hodowla i uprawa odmian ziemniaka odpornych na porażenie przez *S. endobioticum*. Była ona możliwa dzięki odkryciu pojedynczego dominującego genu odporności, który blokował rozwój szeroko wówczas rozprzestrzenionego biotypu *S. endobioticum* (Hehl i in., 1999). Dostępność odmian ziemniaka odpornych na patogen umożliwiła wprowadzenie zakazu uprawy odmian podatnych na raka na zarażonych polach, w zagrożonych rejonach lub na całej powierzchni niektórych krajów (Langerfeld i Stachewicz, 1994). Rozwiązanie takie, szeroko stosowane do dnia dzisiejszego, okazało się środkiem skutecznym i w rezultacie doprowadziło do zaniku choroby powodowanej przez pierwotnie występujący biotyp *S. endobioticum*, nazywany obecnie patotypem 1(D₁), w większości krajów europejskich oraz Stanach Zjednoczonych (Putnam i Sinderman, 1994).

W roku 1941 pojawiło się pierwsze doniesienie na temat biologicznej specjalizacji w obrębie tego gatunku. W miejscowości Gießübel w Niemczech odnotowano występowanie objawów choroby na dotychczas odpornej odmianie ziemniaka, co świadczyło o pojawieniu się nowego patotypu *S. endobioticum*, który w późniejszych badaniach okazał się zdolny porażać prawie wszystkie odmiany, uważane wówczas za odporne (Braun, 1942; Langerfeld i Stachewicz, 1994).

Badania prowadzone w późniejszych latach pozwoliły zidentyfikować kolejne patotypy grzyba *S. endobioticum* w Niemczech (Langerfeld i Stachewicz, 1994), Czechosłowacji (Potoček i in., 1991), na Ukrainie (Melnik, 1998), w Holandii (Hendriks i Pieters, 1998), we Włoszech, a także poza Europą, w Kanadzie, Peru i Indiach (Melnik, 1998). I tak, w latach 1942–1956 wyodrębniono 1 patotyp w Czechosłowacji, 5 patotypów w NRD i 3 patotypy w RFN (Malec, 1983). Do roku 1978 wykryto 3 nowe patotypy w Czechosłowacji i 1 w NRD, a o zidentyfikowaniu w Czechach kolejnych 15 doniesiono w roku 1991

(Potoček i in., 1991). Występowanie 7 wirulentnych patotypów stwierdzono na terenie Ukrainy (Melnik, 1998).

Od chwili pierwszego przełamania odporności do dnia dzisiejszego na obszarze krajów europejskich wykryto ich łącznie około czterdziestu, aczkolwiek ustalenie dokładnej liczby jest problematyczne ze względu na różnice zdań co do odrębności poszczególnych patotypów i wątpliwości, czy niektóre z nich nadal istnieją. Rozbieżności te wynikają z niespójnej nomenklatury, używania przez badaczy odmiennych zestawów odmian ziemniaka różnicujących, stosowania różniących się od siebie metod badawczych oraz braku jednolitej skali oceny typu reakcji ziemniaka na infekcję.

Wraz z wykryciem biologicznej specjalizacji w obrębie gatunku *S. endobioticum* pojawiła się konieczność wypracowania systemu nazewnictwa wirulentnych patotypów. W krajach Europy Wschodniej dominował sposób oznaczania zaproponowany przez Hey'a (1959), według którego, dla podkreślenia związku patogenu z glebą, patotypy określa się początkowymi literami miejscowości, w której po raz pierwszy zostały wykryte, z równoczesnym dodaniem liczby porządkowej, na wypadek gdyby wykryto kolejny patotyp w miejscowościach o nazwach zaczynających się tymi samymi literami. W krajach Europy Zachodniej oznaczano patotypy tylko kolejnymi numerami, odzwierciedlającymi kolejność ich wykrycia (Ullrich, 1959). Jako że te dwa sposoby oznaczania współistnieją do dzisiaj, dla uniknięcia nieporozumień często stosuje się podwójne nazewnictwo, zgodnie z którym pierwotnie występujący patotyp jest oznaczany jako 1(D₁).

Trudności w identyfikacji patotypów przysparza fakt, że do tej pory nie istnieje standardowy, międzynarodowo uznany zestaw odmian ziemniaka używanych do różnicowania, a badacze z poszczególnych krajów najczęściej dokonują oznaczania wykrywanych na ich obszarach patotypów z zastosowaniem odmian krajowych. Ponadto, część odmian stosowana przed laty do identyfikacji patotypów jest wycofywana z rejestrów i niedostępna w późniejszych badaniach.

Rozbieżności w ocenie, czy dana odmiana jest podatna lub odporna na określony patotyp, wynikać mogą również z różnic w stosowanych metodykach badawczych i klasyfikacji reakcji zarażanych roślin. W przeszłości patotypy były identyfikowane z zastosowaniem testów polowych (Langerfeld i Stachewicz, 1994; Potoček i in., 1991; Melnik, 1998), szklarniowych testów doniczkowych (Melnik, 1998) oraz badań laboratoryjnych. W zasadzie większość badaczy w testach laboratoryjnych bazuje na modyfikacjach tzw. metody Glynne-Lemmerzahla lub Spieckermanna. Pierwsza z nich przewiduje inokulację kielków ziemniaka zoosporami grzyba uwolnionymi z letnich sporangiów znajdujących się w świeżych zrakowaceniach (Glynne, 1925, Lemmerzahl, 1930), natomiast druga – wykorzystuje kompost zawierający zarodnie przetrwalnikowe *S. endobioticum* (Spieckermann i Kothoff, 1924).

Jednakże najistotniejsze rozbieżności zdają się wynikać ze stosowania nieco odmiennych skal klasyfikacji typów reakcji odmian ziemniaka na infekcję, a zwłaszcza kryteriów klasyfikowania pośrednich, granicznych typów reakcji jako podatności lub odporności (Hille, 1965; EPPO, 1977; Langerfeld i Stachewicz, 1994; Browning, 1995).

Dyrektywa Rady UE 69/464 (EU, 1969) w sprawie zwalczania raka ziemniaka nie precyzuje metodologii badania patotypów ani określania odporności odmian ziemniaka,

ograniczając się do wymogu, by metody badawcze były akceptowane przez kraje członkowskie i definiując pojęcie odmiany odpornej jako takiej, która reaguje na zarażenie czynnikiem chorobotwórczym w taki sposób, że nie istnieje możliwość wtórnej infekcji.

Na forum EPPO od wielu lat podejmowane były działania mające na celu harmonizację badań w tym zakresie. Krokiem poczynionym w tym kierunku było wydanie Protokołu Diagnostycznego dotyczącego identyfikacji *S. endobioticum* (EPPO Standard PM 7/28) (EPPO, 2004). Dokument ten opisuje zalecane metody badawcze, a także kryteria klasyfikowania reakcji testowanych odmian ziemniaka oraz proponuje zestaw odmian różnicujących (Deodara, Tomensa, Eersteling, Producent, Combi, Saphir, Delcora, Miriam, Karolin, Ulme, Belita), który pozwala zidentyfikować cztery zachodnioeuropejskie patotypy (2, 6, 8 i 18), nie uwzględniając wszakże patotypów występujących w Czechach czy na Ukrainie. Wydaje się więc, że jest to tylko etap w dążeniu do uporządkowania listy europejskich patotypów i harmonizacji określania rakoodporności odmian.

Rak ziemniaka był chorobą rozpowszechnioną również w Polsce. Według danych Ministerstwa Rolnictwa (1957) do 1956 wykryto 64109 ognisk choroby, obejmujących powierzchnię ponad 28 tys. ha. Od 1955 roku w Polsce do rejestracji i uprawy dopuszcza się wyłącznie odmiany ziemniaka posiadające laboratoryjną i polową odporność na pierwotnie występujący patotyp *S. endobioticum* 1(D₁). W rezultacie, od początku lat 60. na terenie kraju nie stwierdza się występowania nowych ognisk choroby powodowanych przez ten patotyp.

Jednakże, podobnie jak w innych krajach, po kilku latach uprawy odmian odpornych zaobserwowano zjawisko przełamywania odporności tychże odmian, świadczące o pojawieniu się nowych patotypów sprawcy choroby. Wieloletnie badania populacji *S. endobioticum* w Polsce prowadzone były przez Samodzielną Pracownię Chorób i Szkodników Kwarantannowych Ziemniaka w Bydgoszczy i jej długoletniego kierownika, profesora Kazimierza Malca, który był prekursorem badań nad zmiennością populacji *S. endobioticum* na terenie kraju. Jako pierwszy stwierdził i opisał występujące w Polsce patotypy (Malec, 1981), a ponadto sformułował teorię powstawania nowych, bardziej wirulentnych patotypów, według której „rakoodporne odmiany ziemniaka charakteryzujące się niskim stopniem odporności mogą być bezpośrednią przyczyną powstawania biotypów” (Malec, 1974, 1981, 1983).

Celem niniejszej pracy jest zarówno przedstawienie wcześniejszych, szerzej nie publikowanych danych na temat występowania patotypów *S. endobioticum* w Polsce, jak również zaprezentowanie aktualnej sytuacji w tym zakresie. Zaprezentowana jest stosowana dotychczas w Polsce metodyka badania patotypów oraz skala, według której dokonuje się klasyfikacji typów reakcji. Przedstawione są wyniki badań nad wirulencją polskich patotypów oraz jej porównanie z wirulencją najbardziej rozpowszechnionych patotypów europejskich.

MATERIAŁ I METODY

Materiał infekcyjny

Badaniu poddano izolaty grzyba *S. endobioticum* pochodzące z ognisk występowania patogenu na terenie kraju. Badano zarówno czynne ogniska wykryte podczas lustracji na podstawie objawów porażenia na roślinach ziemniaka, jak również ogniska wykryte na podstawie badań gleby, gdzie stwierdzono obecność żywych zarodni *S. endobioticum*.

W pierwszym przypadku materiał infekcyjny pochodzący z narośli rakowych namnażano na bulwach rodu ziemniaka podatnego na wszystkie patotypy *S. endobioticum* metodą Glynne-Lemmerzahla. W celu uzyskania narośli rakowych, bulwy po inokulacji wysadzano do piasku i inkubowano w temperaturze 16–22°C, zapewniając im stałą wilgotność.

W drugim przypadku do doniczek zawierających glebę pobraną z zarażonego pola wysadzano bulwy rodu ziemniaka podatnego na wszystkie znane patotypy *S. endobioticum*. Następnie postępowano zgodnie z metodyką opisaną niżej dla badań doniczkowych. Cykl powtarzano aż do osiągnięcia narośli rakowych.

Kompost zawierający zarodnie przetrwalnikowe *S. endobioticum* uzyskiwano poprzez kompostowanie narośli rakowych, pociętych na niewielkie kawałki, w czystym piasku rzecznym w proporcji 1:3.

Materiał roślinny

Do namnażania materiału infekcyjnego używano rodu polskiej hodowli P.88.450-1, podatnego na patotypy *S. endobioticum*.

W celu zbadania wirulencji izolatów używano odmian: Albina, Arkadia, Atol, Blanik, Bzura, Certa, Ceza, Dunajec, Fortuna (stara), Elkana, Grot, Ikar, Jantar, Karolin, Klepa, Meduza, Nimfy, Ora, Rybitwa, Saphir, Shepody, Triada, Ultimus, Universal, Xenia, Zeisig.

Dla celów porównania wirulencji polskich patotypów z europejskimi, zbadano jak reagują na polskie patotypy odmian stosowane przez badaczy niemieckich (Stachewicz, 1980, Langerfeld i in., 1994), dane prezentuje tabela 2.

Metody badawcze

Identyfikacja patotypów *S. endobioticum* była dokonywana na podstawie oceny reakcji odmian ziemniaka na zakażenie patogenem w warunkach laboratoryjnych i doświadczeniach doniczkowych. Laboratoryjne badanie reakcji bulw stosowane w Pracowni jest oparte na metodyce Glynne-Lemmerzahla (Glynne, 1925; Lemmerzahl, 1930), zmodyfikowanej przez Malca (Malec, 1980; Stefan i Malinowska, 2000). Badania doniczkowe prowadzone są w oparciu o tzw. metodykę Spieckermanna (Spieckermann i Kothoff, 1924) z modyfikacjami wprowadzonymi przez Malca (1980).

Badania laboratoryjne

Inokulacji zarodnikami pływkowymi pochodzącymi z zarodni letnich poddawano zwykle 42 całe bulwy, które umieszczano na dnie zamykanych skrzynek, uprzednio wyłożonych wilgotną matą. Kielki wierzchołkowe o długości 0,5–1,0 mm otaczano pierścieniem z drutu aluminiowego, który przytwierdzano za pomocą roztopionej parafiny. W tak uformowanych komorach umieszczano narośla rakowe o masie 2–3 g, po czym napełniano je wodą i inkubowano przez 48 h w temperaturze 8–15°C. Po inkubacji

usuwano komory wodne wraz z naroślami, a skrzynki z bulwami przez kolejnych 15 dni przetrzymywano w temperaturze 16–22 C, spryskując je wodą 1–2 razy dziennie dla zapewnienia odpowiedniej wilgotności. Po upływie tego okresu oceniano reakcję inokulowanych bulw. W charakterze kontroli pozytywnej inokulowano ród o uniwersalnej podatności na *S. endobioticum*, a negatywnej — ród ten potraktowano tylko wodą. Jako kryterium oceny porażenia badanych bulw przyjęto reakcję naroślotwórczą oraz liczbę sorusów zarodni płytkowych grzyba wykształconych na kielkach, którą określano przy 10-krotnym powiększeniu. Stosowano następującą skalę oceny reakcji odmian ziemniaka na inokulację *S. endobioticum*:

- 0 brak sorusów na pędach,
- IV pojedyncze sorusy,
- III mała liczba sorusów (do kilkunastu), słaba reakcja naroślotwórcza;
większa liczba sorusów (do kilkudziesięciu), brak reakcji naroślotwórczej,
- II duża liczba sorusów, reakcja naroślotwórcza wyraźna, początek
tworzenia się narośli rakowej na części kielka,
- I duża liczba sorusów, cały kielek zamienia się w rakową narośl.

Stopnie 0, IV i III klasyfikowano jako odporność, natomiast II i I — jako podatność odmiany na dany patotyp.

Badania doniczkowe

Testy doniczkowe prowadzono w warunkach naturalnych podczas sezonu wegetacyjnego, na 10 bulwach każdej odmiany. Małe bulwy wysadzano pojedynczo do doniczek ceramicznych o średnicy 8–12 cm, wypełnionych ziemią kompostową, dodając na jedną doniczkę kompost z narośli rakowych z piaskiem, zawierający około 50 tys. zarodni przetrwalnikowych *S. endobioticum*. Rośliny regularnie podlewano utrzymując dostateczną wilgotność gleby. Pod koniec wegetacji przeprowadzano ocenę porażenia roślin, badając opłukane w wodzie nowo wytworzone bulwy, stolony i podstawę łodygi na obecność narośli rakowych. Wystąpienie nawet najmniejszych rozmiarów narośli traktowano jako reakcję podatności. Badanie uważano za wiarygodne, jeśli uzyskano co najmniej 50% porażonych roślin w kontroli pozytywnej.

Porównanie wirulencji patotypów polskich z innymi patotypami europejskimi

Porównania dokonano na podstawie zestawienia wirulencji polskich patotypów z opisem reakcji bulw odmian testowych na porażenie przez patotypy występujące w Niemczech, zaczerpniętym z literatury (Stachewicz, 1980; Langerfeld i in., 1994).

WYNIKI

Wykrycie występowania na obszarze Polski wirulentnych patotypów *S. endobioticum*

Badania nad wirulencją izolatów grzyba *S. endobioticum*, pochodzących z różnych miejscowości na terenie kraju Samodzielna Pracownia Chorób i Szkodników Kwarantannowych Ziemniaka w Bydgoszczy podjęła już w 1950 roku. Do roku 1960 nie wykryto objawów choroby na odmianach odpornych na pierwotny, rozpowszechniony wówczas patotyp 1(D₁). Pierwsze stwierdzenie objawów choroby na odpornej odmianie Dar (Ackersegen) miało miejsce w 1961 roku w miejscowości Chromów (byłe województwo

zielonogórskie). W wyniku badań prowadzonych przez Malca (1981) w latach 1961–1967 wykryto ogółem 16 ognisk wirulentnych patotypów grzyba *S. endobioticum* na terenie trzech ówczesnych województw: zielonogórskiego, krakowskiego i wrocławskiego. Izolaty grzyba uzyskane z tych ognisk porażały około 50 odmian ziemniaka, odpornych na patotyp 1(D₁). Dalsze badania nad wirulencją tych izolatów, przeprowadzone na zestawie różnicującym, w skład którego wchodziły odmiany: Alma, Ackersegen, Bałtyk, Universal, Fortuna (stara), Asche Sämling i Ora, wykazały, że wszystkie izolaty miały zdolność porażania odmian Alma, Ackersegen, Bałtyk, Universal, nie porażały odmian Fortuna (stara) i Ora, natomiast wywoływały odmienną reakcję odmiany Asche Sämling, co świadczyło o obecności dwóch różnych patotypów (Malec, 1981).

Z uwagi na różnice zdań co do odrębności poszczególnych patotypów wykrytych w tamtym okresie na terenie dwóch ówczesnych państw niemieckich (NRD i RFN) oraz ze względu na brak ujednolicenia kryteriów oceny rakoodporności odmian ziemniaka w badaniach poszczególnych patotypów, Malec (1974) oznaczył je niezależnie od patotypów niemieckich, posługując się stosowaną tam nomenklaturą. I tak, patotyp wykryty w 1961 roku w miejscowości Chromów nazwano 2(Ch₁), natomiast kolejny patotyp stwierdzony po raz pierwszy w 1965 r. w miejscowości Mieroszów określono jako 3(M₁).

W celu porównania patotypów wykrytych w Polsce z patotypami zidentyfikowanymi w NRD przetestowano reakcję niemieckiego zestawu odmian różnicujących na polskie patotypy. Zestawienie wyników oceny izolatów polskich z danymi uzyskanymi przez badaczy niemieckich (Hey, 1959) wykazało różnice w ich wirulencji sugerujące, że są to odrębne patotypy, aczkolwiek uzyskane wówczas wyniki nie były jednoznaczne (Malec, 1981).

Kontynuując badania nad populacją *S. endobioticum* na terenie Polski, w latach 1968–1996 w Samodzielnej Pracowni Kwarantannowych Agrofagów Ziemniaka dokonano oceny wirulencji ponad 700 izolatów grzyba, uzyskanych z czynnych ognisk choroby. W rezultacie stwierdzono występowanie wirulentnych patotypów *S. endobioticum* na terenie 21 miejscowości, głównie na terenie obecnego województwa małopolskiego. We wszystkich ogniskach znajdowano patotyp 2(Ch₁) lub 3(M₁), przy czym pierwszy z nich był znacznie szerzej rozprzestrzeniony. Nie stwierdzono występowania innych patotypów o szerszym zakresie wirulencji.

Badania nad wirulencją sprawcy raka ziemniaka w ogniskach choroby wykrytych w latach 1996–1999

W końcu lat 90. ubiegłego wieku, w związku z przewidywaną akcesją do Unii Europejskiej i koniecznością harmonizacji przepisów fitosanitarnych, problem występowania w Polsce patotypów *S. endobioticum* stał się niezwykle aktualny.

Z inicjatywy Inspekcji Ochrony Roślin, w Pracowni Chorób i Szkodników Kwarantannowych Ziemniaka poddano szczegółowemu badaniu wirulencję grzyba *S. endobioticum* z aktywnych ognisk choroby wykrytych w latach 1996–1999. Wszystkie ogniska były zlokalizowane na terenie województwa małopolskiego.

Tabela 1

Reakcja odmian ziemniaka na inokulację grzybem *S. endobioticum* z ognisk raka ziemniaka wykrytych w latach 1996–1999
Responses of potato cultivars to the *S. endobioticum* isolates stemmed from wart disease foci detected in 1996–1999

Odmiana Cultivar	Patotypy Pathotypes			Pochodzenie izolatów — Origin of isolates																
	1(D ₁)	2(Ch ₁)	3(M ₁)	Banska Niżna	Czarna Góra	Grzechynia	Krauszów	Ludźmierz	Łopuszna	Pieniążko- wice	Podczewo- ne	Ponice	Skawica 1	Skawica 2	Skawica 3	Skawica 4	Skawica 5	Skawica 6	Waksmund	
P.88.450-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Albina	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Arkadia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Atol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Blanik	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Bzura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Certa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ceza	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Dunajec	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Elkana	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Fortuna (stara)	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Grot	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ikar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Jantar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Karolin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Klepa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Meduza	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Nimfy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ora	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Rybitwa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Saphir	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	
Shepody	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Triada	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Ultimus	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Universal	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Xenia	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Zeisig	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

(+) Podatność; Susceptibility

(-) Odporność; Resistance

Izolaty grzyba, pochodzące z 16 ognisk oraz izolaty referencyjne z kolekcji Pracowni, oznaczone jako patotypy 1(D₁), 2(Ch₁) i 3(M₁) przetestowano z zastosowaniem rozszerzonego zestawu odmian różnicujących, w którego skład wchodził ród P.88.450-1, podatny na *S. endobioticum*, odmiana polskiej hodowli — Albina, odporna na patotyp 1(D₁) i podatna na patotypy 2(Ch₁) i 3(M₁) oraz 25 innych odmian hodowli krajowej i zagranicznej. Wyniki badań przedstawione są w tabeli 1.

Wszystkie izolaty charakteryzowały się wirulencją i oprócz rodu P.88.450-1, porażały również odmianę Albina, stosowaną w Pracowni do wstępnego rozpoznania patotypów innych niż 1(D₁). Ponadto, wszystkie izolaty porażały co najmniej 8 odmian spośród 25 badanych, w tym odmiany: Blanik, Fortun (stara), Elkana, Shepody, Triada, Ultimus, Universal, Xenia. Dwa izolaty z miejscowości Skawica (oznaczone jako Skawica 1 i Skawica 2) porażały również odmianę Saphir, odporną na patotyp 2(Ch₁) i podatną na 3(M₁). Badania pokazały, że wirulencja izolatów ze wszystkich ognisk w odniesieniu do badanych odmian była identyczna do wirulencji jednego z dwu zidentyfikowanych wcześniej patotypów. W miejscowości Skawica stwierdzono dwa ogniska patotypu 3(M₁) oraz 3 ogniska patotypu 2(Ch₁), natomiast w pozostałych miejscowościach występował tylko patotyp 2(Ch₁). Nie stwierdzono na obszarze Polski obecności nowych, wcześniej nienotowanych patotypów.

Porównanie wirulencji patotypów polskich i patotypów europejskich *S. endobioticum*

W celu potwierdzenia odrębności polskich patotypów i ich umiejscowienia w wykazie patotypów europejskich, na wniosek Inspekcji Ochrony Roślin, izolaty referencyjne z kolekcji Pracowni, oznaczone jako patotypy 1(D₁), 2(Ch₁) i 3(M₁), poddano w latach 2000–2002 cyklowi badań laboratoryjnych i doniczkowych (imitujących pole) na szerokim zestawie odmian różnicujących, w skład którego wchodziły odmiany stosowane przez badaczy w krajach Europy Zachodniej. Wyniki badań przedstawione są w tabeli 2.

Wśród testowanych odmian na zarażenie patotypami 2(Ch₁) i 3(M₁) odporne były odmiany: Certa, Jowisz, Galina, Imandra, Karolin, Maja, Ora, Palladia, Panda i Zeisig. Odmiana Saphir wykazała odporność na patotypy 1(D₁) i 2(Ch₁), natomiast ulegała porażeniu przez patotyp 3(M₁).

Porównując uzyskane wyniki z danymi odnośnie wirulencji europejskich patotypów zaczerpniętymi z literatury (Stachewicz, 1980; Langerfeld i in., 1994) stwierdzono, że żaden z polskich patotypów nie jest identyczny z patotypami zidentyfikowanymi w krajach Europy Zachodniej (tab. 2). Występujący w Polsce patotyp 2(Ch₁) wykazał wirulencję najbardziej zbliżoną do patotypu 18(T₁), porażając 16 spośród 18 odmian podatnych na 18(T₁) (oprócz odmian Maja i Zeisig). Patotyp 18(T₁) jest uważany za wysoce wirulentny i najbardziej agresywny z patotypów występujących w Europie Zachodniej. Inne z nich porażają znacznie mniejszą liczbę badanych odmian (11–15). Na tym tle polskie patotypy 2(Ch₁) i 3(M₁) wykazują znaczną wirulencję porażając odpowiednio 16 i 17 spośród 27 testowanych odmian.

Tabela 2

Porównanie wirulencji patotypów *S. endobioticum* występujących w Polsce z patotypami występującymi w Europie Zachodniej [(+) podatność; (-) odporność; pusta komórka — brak danych]
Comparison of virulence of Polish and West European pathotypes [(+) susceptibility; (-) resistance; missing data have been left open]

Odmiana Cultivar	2 (Ch ₁)	3 (M ₁)	1 (D ₁)	2 (G ₁)	4 (P ₁)	5 (K ₁)	6 (O ₁)	8 (F ₁)	9 (R ₁)	10 (E ₁)	18 (T ₁)
Ackersegen	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Amsel	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Bałtyk	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Blanik	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+/-	+
Certa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Deodara	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Desiree	+	+	-	+/-	+/-	+/-	+/-	+	+/-	+/-	+
Fortuna (stara)	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+
Galina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Giewont	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+
Imandra	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Irmgard	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Jowisz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Karolin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maja	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
Maxilla	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+
Nova	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ora	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Palladia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Panda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saphir	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Sissi	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Tomensa	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ultimus	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+
Universal	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Xenia	+	+	-	-	+	+	+	+	+/-	+	+
Zeisig	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+
P.88.450-1	+	+	+								

1(D₁) — Patotyp pierwotnie występujący, rozpowszechniony w Europie i Polsce — Original pathotype common in Europe and Poland

Patotypy polskie — Polish pathotypes: 2(Ch₁) — Chromów, 3(M₁) — Mieroszów;

Patotypy zachodnioeuropejskie — West-European pathotypes: 2(G₁) — Gießbübel, 4(P₁) — Pappenheim, 5(K₁) — Koppatz, 6(O₁) — Olpe, 8(F₁) — Kohlhaus, 9(R₁) — Rudolstadt, 10(E₁) — Eulendorf, 18(T₁) — Tranroda

WNIOSKI I DYSKUSJA

Z przeprowadzonych badań wynika, że na terytorium Polski, oprócz starych ognisk pierwotnie występującego patotypu 1(D₁), obecne są dwa inne patotypy o podwyższonej wirulencji: 2(Ch₁) i 3(M₁). Patotypy te nie są tożsame z wirulentnymi patotypami występującymi w krajach Europy Zachodniej i zdają się być charakterystyczne wyłącznie dla ograniczonych obszarów w południowej części Polski.

Ogniska tych patotypów pojawiły się w kilka lat po wprowadzeniu do powszechnej uprawy odmian ziemniaków odpornych na występujący wówczas patotyp 1(D₁). W pierwszym okresie do uprawy dopuszczono odmiany o niskim stopniu odporności. Przepuszczalnie pojawienie się patotypów o podwyższonej wirulencji było skutkiem

uprawy tychże odmian, jako że zgodnie z badaniami Malca (Malec, 1974, 1983) główną rolę w procesie pojawienia się nowych patotypów odgrywają odmiany ziemniaka o granicznym typie reakcji na zarażenie danym patotypem.

Od końca lat sześćdziesiątych wszystkie wprowadzone do uprawy odmiany polskiej hodowli charakteryzują się wysokim stopniem odporności na patotyp 1(D₁). Materiały hodowlane wykazujące w badaniach laboratoryjnych niski stopień odporności lub o granicznym typie reakcji są eliminowane na wczesnym etapie prac hodowlanych na równi z materiałami podatnymi, mimo wykazywania symulowanej odporności polowej. W ten sam sposób podchodzi się do hodowli materiałów odpornych na patotypy 2(Ch₁) i 3(M₁). Od tego czasu nie stwierdzono występowania na terenie kraju nowych patotypów grzyba *S. endobioticum*, zdolnych do porażania odmian odpornych na patotypy 1(D₁) oraz 2(Ch₁) i 3(M₁). Fakt ten zdaje się potwierdzać w praktyce słuszność praktykowanego w Polsce podejścia do hodowli odmian odpornych, polegającego na niedopuszczaniu do uprawy odmian o niskim stopniu odporności, które nie wykazując w polu objawów porażenia, a mogą sprzyjać powstawaniu nowych, wirulentnych patotypów.

Konsekwentna uprawa odmian charakteryzujących się wysokim stopniem odporności na występujące w Polsce patotypy *S. endobioticum* spowodowała wygaśnięcie ognisk patotypu 1(D₁) oraz zapobiegła szerokiemu rozprzestrzenieniu się patotypów 2(Ch₁) i 3(M₁). Występowanie tych patotypów praktycznie ogranicza się do 4 powiatów na terenie podgórskim w południowej części kraju: nowotarskiego, suskiego i tatrzańskiego (woj. małopolskie) oraz żywieckiego (woj. śląskie). Ogniska zlokalizowane są w ogrodach przydomowych i niewielkich gospodarstwach, które nie prowadzą towarowej i nasiennej uprawy ziemniaków, a powierzchnia nasadzeń na ogół nie przekracza kilku arów. W ostatnich latach notowano występowanie od kilku do kilkunastu nowych ognisk rocznie. Ukształtowanie terenu, charakterystyczne dla tych obszarów, sprzyja rozprzestrzenianiu patogenu wraz z przemieszczającą się wodą lub glebą (np. w trakcie opadów lub roztopów). Ponadto, zasięg choroby rozszerzał się z powodu wykorzystywania do nasadzeń własnych lub pochodzących z sąsiedzkiej wymiany niekwalifikowanych sadzeniaków odmian nieodpornych na wirulentne patotypy.

Na mocy rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 5 sierpnia 2004 r., na obszarze powiatów, gdzie występują patotypy inne niż 1(D₁), mogą być uprawiane jedynie odmiany odporne na wszystkie występujące w Polsce patotypy *S. endobioticum* np. Albatros, Arkadia, Cekin, Ditta, Gandawa, Gloria, Grot, Ibis, Latona, Rudawa, Ślęza, Timate. Ponadto, poza obszar tych powiatów nie mogą być wywożone uprawiane tam ziemniaki oraz ukorzeniony materiał rozmnożeniowy. Należy oczekiwać, że przedsięwzięte środki fitosanitarne pozwolą skutecznie rozwiązać w Polsce problem wirulentnych patotypów *S. endobioticum*.

LITERATURA

- Biuletyn Kwarantanny i Ochrony Roślin. 1957. Ministerstwo Rolnictwa. Departament Kwarantanny i Ochrony Roślin. Warszawa, Nr 1: 10 — 22.
 Braun H. 1942. Biologische Spezialisierung bei *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. (Vorläufige Mitteilung). Zeit. Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 52: 481 — 486.

- Browning I. A. 1995. A comparison of laboratory and field reactions of a range of potato cultivars to infection by *Synchytrium endobioticum*. Potato Research 38: 273 — 281.
- EPPO 1977. First report on Working Party on Potato Wart Disease. EPPO Publications, Series C, No. 50, EPPO, Paris.
- EPPO 2004. EPPO Standards PM 7/28(1) Diagnostic protocol for *Synchytrium endobioticum*. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 34, 213 — 218.
- EU 1969. Council Directive 69/464 on control of potato wart disease. Official Journal of the European Communities No. L323/1: 561 — 562.
- Glynne M. D. 1925. Infection experiments with wart disease of potatoes *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. Ann. Appl. Biol. 13: 34 — 60.
- Hampson M. C. 1993. History, biology and control of potato wart disease in Canada. Can. J. Plant Pathol. 15: 223 — 244.
- Hehl R., Faurie E., Hesselbach J., Salamini F., Whitham S., Baker B., Gebhardt C. 1999. TMV resistance gene N homologues are linked to *Synchytrium endobioticum* resistance in potato. Theor. Appl. Genet. 98: 379 — 386.
- Hendriks H., Pieters R. 1998. Wart disease in the Netherlands. Annual Report 1997 of the Diagnostic Centre, Plant Protection Service, Wageningen, the Netherlands. Verslagen en Mededelingen van de Plantenziektenkundige Dienst 193: 88 — 91.
- Hey A. 1959. Die Kartoffelkrebsforschung in der Deutschen Demokratischen Republik und ihre praktische Auswertung. Sbornik CSAZV Rostlinna Vyroba, 6: 59 — 68.
- Hille M. 1965. Die Beurteilung von Kartoffelsorten hinsichtlich ihres Verhaltens gegenüber *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc., dem Erreger des Kartoffelkrebses. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 17: 137 — 142.
- Lemmazahl J. 1930. Beiträge zur Bekämpfung des Kartoffelkrebses. Phytopathol. Z. 2: 257 — 320.
- Langerfeld E., Stachewicz H. 1994. Assessment of varietal reactions to potato wart (*Synchytrium endobioticum*) in Germany. EPPO Bulletin 24: 793 — 798.
- Langerfeld E., Stachewicz H., Rintelen J. 1994. Pathotypes of *Synchytrium endobioticum* in Germany. EPPO Bulletin 24: 799 — 804.
- Malec K. 1974. Z badań nad powstawaniem nowych, bardziej wirulentnych biotypów grzyba *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. Biul. Inst. Ziemn. 14: 131 — 136.
- Malec K. 1980. Metodyka badań rakoodporności materiałów hodowlanych ziemniaka, stosowana w Samodzielnej Pracowni Badania Odporności na Choroby i Szkodniki Kwarantannowe Ziemniaka. Biul. Inst. Ziemn. 25: 125 — 139.
- Malec K. 1981. Biotypy grzyba *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. w Polsce. Instytut Ziemniaka w Boninie (maszynopis): 1 — 38.
- Malec K. 1983. Rak ziemniaka — [*Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc.]. Bonin 1983: 1 — 25.
- Melnik P.A. 1998. Wart disease of potato, *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. EPPO Technical document No. 1032, Paris.
- Potoček J., Krajičková K., Klabzubova S., Krejcar Z., Hnizdil M., Novak F., Perlova V. 1991. Identification of new *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. pathotypes in Czech Republic. Ochr. Rostl. 27: 191 — 205.
- Putnam M. L., Sindermann A. B. 1994. Eradication of potato wart disease from Maryland. Am. Potato J. 71: 743 — 747.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 5 sierpnia 2004r. w sprawie szczegółowych sposobów postępowania przy zwalczaniu i zapobieganiu rozprzestrzeniania się grzyba *Synchytrium endobioticum*. Dz.U. z dnia 24 sierpnia 2004.
- Smith I. M., McNamara D. G., Scott P. R., Holderness M., Burgess B. 1997. Quarantine pests for Europe. Second edition. Data sheets on quarantine pests for the European Union and for the EPPO. CAB International, Wallingford.
- Spieckermann A., Kothoff P. 1924. Die Prüfung von Kartoffeln auf Krebsfäufigkeit. Dtsch. Landwirts. Press 51: 114 — 115.
- Stachewicz H. 1980. Identifizierung von Pathotypen des Kartoffelkrebserregers *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc.- mit Hilfe von Testsorten. Arch. Phytopathol. u. Pflanzenschutz. 16: 1 — 11

- Stefan K., Malinowska E. 2000. Metodyka badania odporności materiałów hodowlanych ziemniaka na raka, mątwika ziemniaczanego i mątwika agresywnego. *Ziemniak Polski*. 1: 26 — 30.
- Ullrich J. 1959. Die physiologische Spezialisierung von *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. in der Bundesrepublik. *Sbornik CSAZV Rostlinna Vyroba*, 6: 111 — 116.

JERZY OSOWSKIInstytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie
Zakład Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka w Boninie

Wpływ stężeń wybranych fungicydów na wzrost grzybni *Alternaria solani* i *A. alternata* w warunkach laboratoryjnych

The effectiveness of some fungicides in reducing the mycelial growth of *Alternaria solani* and *A. alternata* under laboratory conditions

W doświadczeniu laboratoryjnym oceniano skuteczność 7 wybranych fungicydów, zalecanych do zwalczania suchej i brunatnej plamistości liści ziemniaka, w ograniczaniu wzrostu grzybni grzybów z rodzaju *Alternaria*, na pożywce agarowo-ziemniaczanej. Fungicydy różniły się sposobem działania: zoksamid + mankozeb (Unikat 75 WG), fluazynam (Altima 500 SC), propineb (Antracol 70 WG) o działaniu powierzchniowym; cymoksanil + famoksat (Tanos 50 WG) i fenamidon + mankozeb (Pyton 60 WG) o działaniu wgłębnym i metalaksyl-M + mankozeb (Ridomil Gold MZ 68 WG) i iprowalikarb + mankozeb (Melody Med 69 WG) o działaniu systemicznym. Wszystkie oceniane fungicydy istotnie ograniczały wzrost grzybni grzybów z rodzaju *Alternaria* w porównaniu do kontroli. Najmniejszą efektywność stwierdzono dla mieszaniny cymoksanil + famoksat (Tanos 50 WG).

Słowa kluczowe: *Alternaria solani*, *Alternaria alternata*, alternarioza, grzybnia, substancja aktywna, stężenie

The efficiency of 7 different fungicides, recommended controlling early blight, in reducing the mycelial growth of *Alternaria* spp. was evaluated in laboratory experiments using potato-agar medium. Three contact fungicides: zoxamide + mancozeb (Unikat 75 WG), fluazynam (Altima 500 SC) and propineb (Antracol 70 WG), two translaminar fungicides: cymoxanil + famoxate (Tanos 50 WG) and fenamidon + mancozeb (Pyton 60 WG), and two systemic fungicides: metalaxyl-M + mancozeb (Ridomil Gold MZ 68 WG), and iprowalikarb + mancozeb (Melody Med 69 WG) were compared. The results showed that all the tested fungicides significantly reduced the mycelial growth. The lowest effectiveness was observed with the mixture cymoxanil + famoxate (Tanos 50 WG).

Key words: *Alternaria solani*, *Alternaria alternata*, active ingredient, concentration, early blight, dose, mycelium

WSTĘP

Grzyby z rodzaju *Alternaria* są na roślinach ziemniaka sprawcami dwóch chorób. Sprawcą suchej plamistości liści ziemniaka jest grzyb *Alternaria solani*, a brunatnej

plamistości liści *Alternaria alternata*. Choroby te, ze względu na podobne objawy wywoływane przez sprawców, określa się jednym mianem alternarioza ziemniaka.

Choroba na plantacji pojawia się najczęściej w ostatniej dekadzie czerwca i na początku lipca (Wnękowski, Błaszczak, 1997). Jest to bardzo ważny moment w rozwoju rośliny ziemniaka, gdyż wchodzi ona w fazę zawiązywania bulw i gromadzenia plonu. Niszczenie tkanki liści rośliny ziemniaka zmniejsza powierzchnię asymilacyjną, powodując ograniczenie możliwości gromadzenia plonu. Straty powodowane przez alternariozę są znaczne i mogą wynosić od 20–30% (Fry, 1994) do 50% (Denner, Theron, 1999).

Celem przeprowadzonych doświadczeń (warunki laboratoryjne) było sprawdzenie czy wybrane fungicydy, w zależności od zastosowanego stężenia roboczego, skutecznie ograniczają rozwój grzybni grzybów z rodzaju *Alternaria*.

MATERIAŁ I METODY

W Zakładzie Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka w Boninie przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych doświadczenie sprawdzające skuteczność 7 różnych fungicydów zarejestrowanych do zwalczania alternariozy ziemniaka (tab. 1).

Tabela 1

Fungicydy oceniane w warunkach laboratoryjnych
Fungicides estimated in laboratory conditions

Substancja aktywna Active ingredient	Nazwa handlowa Commercial name	Sposób działania Mode of action	Dawka (kg/ha) Dose (kg/ha)
4% metalaksyl-M + 64% mankozeb	Ridomil Gold MZ 68 WG	systemiczne	2,5 kg/ha
9% iprowalikarb + 60% mankozeb	Melody Med 69 WG	systemic	2,0 kg/ha
10% fenamidon + 50% mankozeb	Pyton 60 WG	wgłębny	1,0 kg/ha
25% cymoksanil + 25% famoksat	Tanos 50 WG	translaminar	0,5 kg/ha
fluaazynam 500 g / l	Altima 500 SC	powierzchniowy contact	0,3–0,4 l/ha
70% propineb	Antracol 70 WG		1,8 kg/ha
6,15% zoksamid + 68,85% mankozeb	Unikat 75 WG		2,0 kg/ha

Doświadczenie założono na szalkach Petriego w układzie kompletnie zrandomizowanym w dwóch wariantach.

Wariant pierwszy — do pożywki agarowo-ziemniaczanej dodano testowane fungicydy w stężeniu odpowiadającym dawce zarejestrowanej do zwalczania alternariozy w warunkach polowych. Po zastygnięciu pożywki z dodanymi fungicydami na środek każdej z płytek nakładano krążek grzybni ocenianego grzyba.

W wariacie drugim — oceniano badane fungicydy w stężeniu 10-krotnie niższym.

Pierwszy pomiar przeprowadzono po 3 dniach od momentu założenia doświadczenia i prowadzono go w odstępach dwudniowych, do całkowitego zarośnięcia przez oceniany grzyb płytek w kombinacji kontrolnej. Otrzymane wyniki opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji.

WYNIKI

W przeprowadzonym doświadczeniu laboratoryjnym wszystkie oceniane fungicydy wykazały wysoką skuteczność w ograniczaniu rozwoju grzybni grzybów *Alternaria alternata* i *Alternaria solani* na płytkach Petriego (tab. 2).

Tabela 2

Skuteczność wybranych fungicydów w ograniczaniu rozwoju grzybni *Alternaria alternata* i *A. solani*
Effectiveness of some fungicides in reducing the mycelial growth of *Alternaria alternata* and *A. solani*

Fungicyd Fungicide	Sposób działania Mode of action	Grzyb Fungi	Średnica * (mm) Diameter *(mm)	Skuteczność (%) Effectiveness (%)
Kontrola Control		<i>A. alternata</i>	56,5 c	—
		<i>A. solani</i>	46,8 c	—
4% metalaksyl-M + 64% mankozeb	Systemiczne Systemic	<i>A. alternata</i>	0,0 a	100,0
		<i>A. solani</i>	5,5 a	88,3
9% iprowalikarb + 60% mankozeb	Systemic	<i>A. alternata</i>	2,1 a	96,3
		<i>A. solani</i>	10,6 a	77,4
10% fenamidon + 50% mankozeb	Wgłębne Translaminar	<i>A. alternata</i>	8,2 a	85,5
		<i>A. solani</i>	7,9 a	83,2
25% cymoksanil + 25% famoksat	Translaminar	<i>A. alternata</i>	51,1 c	9,6
		<i>A. solani</i>	17,3 b	63,1
fluazynam 500 g / l	Powierzchniowe Contact	<i>A. alternata</i>	18,6 b	67,1
		<i>A. solani</i>	6,8 a	85,5
70% propineb	Contact	<i>A. alternata</i>	15,1 b	73,3
		<i>A. solani</i>	22,9 b	51,1
6,15% zoksamid + 68,85% mankozeb		<i>A. alternata</i>	0,0 a	100,0
		<i>A. solani</i>	8,8 a	81,2
NIR $\alpha = 0,05$ — LSD $\alpha = 0,05$			12,5	

* Wartości oznaczone w kolumnach takimi samymi literami nie różnią się istotnie statystycznie ($\alpha = 0,05$)

* Means followed by the same letters in a column do not differ significantly ($\alpha = 0,05$)

Alternaria alternata

Wszystkie oceniane pod względem skuteczności fungicydy istotnie zmniejszyły tempo przyrostu grzybni grzyba *Alternaria alternata* w porównaniu do wariantu kontrolnego (NIR = 12,5 mm). Najwyższą skuteczność wśród ocenianych fungicydów uzyskano dla mieszanin metalaksyl-M + mankozeb i zoksamid + mankozeb (100% w porównaniu do kontroli) oraz iprowalikarb + mankozeb (96,3). Nieznacznie niższą skuteczność stwierdzono dla mieszaniny fenamidon + mankozeb (85,5%) i propinebu (73,3%). Brak skuteczności w hamowaniu rozwoju grzybni stwierdzono dla mieszaniny cymoksanil + famoksat (9,6%).

Alternaria solani

Ocena skuteczności w hamowaniu wzrostu grzybni grzyba *Alternaria solani* wykazała, że wszystkie badane fungicydy istotnie ograniczyły jej rozwój w porównaniu do kontroli. Najmniejszą skuteczność w hamowaniu rozwoju grzybni stwierdzono dla propinebu (51,1%) i mieszaniny cymoksanil i famoksat (63,1%). Zakres skuteczności dla pozostałych ocenianych fungicydów wynosił od 77,4% (iprowalikarb + mankozeb) do 88,3% (metalaksyl-M + mankozeb).

Ocenę skuteczności badanych fungicydów w ograniczaniu rozwoju grzybni grzybów z rodzaju *Alternaria* przedstawiono w tabeli 3. Najwyższą efektywność działania w hamowaniu rozwoju grzybni grzybów z rodzaju *Alternaria* uzyskano dla mieszanin metalaksyl-M + mankozeb (94,8% skuteczności w porównaniu do kontroli), zoksamid + mankozeb (91,5%), iprowalikarb + mankozeb (87,6%) i fenamidon + mankozeb (84,5%). Najmniejszą skuteczność stwierdzono dla mieszaniny cymoksanil + famoksat (33,7).

Tabela 3

Ogólna skuteczność wybranych fungicydów w ograniczaniu rozwoju grzybni grzybów z rodzaju *Alternaria*
Total effectiveness of some fungicides in inhibition of *Alternaria* mycelial growth

Substancja aktywna Active ingredient	Sposób działania Mode of action	Średnica * (mm) Diameter *(mm)	Skuteczność (%) Effectiveness (%)
Kontrola — Control		51,6 d	—
4% metalaksyl-M + 64% mankozeb	systemiczne	2,7 a	94,8
9% iprowalikarb + 60% mankozeb	systemic	6,4 a	87,6
10% fenamidon + 50% mankozeb	wgłębne	8,0 a	84,5
25% cymoksanil + 25% famoksat	translaminar	34,2 c	33,7
Fluazynam 500 g / l	powierzchniowe contact	12,7 b	75,4
70% propineb		19,0 b	63,2
6,15% zoksamid + 68,85% mankozeb		4,4 a	91,5
NIR $\alpha = 0,05$ — LSD $\alpha = 0,05$		8,8	—

* Wartości oznaczone w kolumnach takimi samymi literami nie różnią się istotnie statystycznie ($\alpha = 0,05$)

* Means followed by the same letters in a column do not differ significantly ($\alpha = 0,05$)

Tabela 4

Skuteczność badanych fungicydów w zależności od zastosowanego stężenia roboczego
Effectiveness of some fungicides in relation to the concentration applied

Substancja aktywna Active ingredient	Stężenie Concentration	Średnica (mm) Diameter (mm)	Skuteczność (%) Effectiveness (%)
Kontrola	polowe *	51,6	—
Control	10× niższe **	51,6	—
4% metalaksyl-M + 64% mankozeb	polowe	0,6	98,8
	10× niższe	4,8	90,7
9% iprowalikarb + 60% mankozeb	polowe	0,3	99,4
	10× niższe	12,4	76,0
10% fenamidon + 50% mankozeb	polowe	0,3	99,4
	10× niższe	15,8	69,4
25% cymoksanil + 25% famoksat	polowe	29,6	42,6
	10× niższe	38,7	25,0
Fluazynam 500 g / l	polowe	9,0	82,6
	10× niższe	16,4	68,2
70% propineb	polowe	13,1	74,6
	10× niższe	24,9	51,7
6,15% zoksamid + 68,85% mankozeb	polowe	0,8	98,4
	10× niższe	7,9	84,7
NIR $\alpha = 0,05$ — LSD $\alpha = 0,05$		12,5	—

* Field concentration

** Concentration 10 × lower

Stężenie robocze

Skuteczność ocenianych fungicydów w hamowaniu rozwoju grzybni sprawców alternariozy w zależności od zastosowanego stężenia roboczego przedstawiono w tabeli 4. Wszystkie oceniane fungicydy niezależnie od zastosowanego stężenia roboczego istotnie ograniczyły rozwój sprawców alternariozy na płytkach Petriego. Najwyższą skuteczność stwierdzono dla mieszanin metalaksyl-M + mankozeb (98,8% stężenie polowe i 90,7% stężenie 10 x niższe) oraz zoksamid + mankozeb (odpowiednio 98,4% i 84,7%). Wśród pozostałych badanych preparatów mieszaniny iprowalikarb + mankozeb, fenamidon + mankozeb oraz fluazynam wykazały wysoką skuteczność po zastosowaniu ich tylko w stężeniu polowym.

DYSKUSJA

Alternarioza ziemniaka jest obok zarazy ziemniaka najgroźniejszą chorobą powodującą plamistość liści. Znaczenie tej choroby wynika z terminu jej wystąpienia na roślinach w okresie wegetacji (w Polsce średnio 50–70 dni po sadzeniu (Osowski, 2001). Wystąpienie pierwszych objawów i rozwój choroby rozpoczyna się w momencie, kiedy roślina zaczyna gromadzić plon pod krzakiem. Ograniczenie powierzchni asymilacyjnej wpływa na zmniejszenie plonu bulw i jego jakość.

Zabiegi chemiczne stanowią ważny element technologii ochrony plantacji ziemniaka przed alternariozą. Skuteczność prowadzonej ochrony chemicznej jest według Holma (2002) i Khana i wsp. (2003) uzależniona od terminu jej rozpoczęcia (wystąpienie pierwszych objawów choroby lub faza kwitnienia roślin) i doboru właściwych środków ochrony chemicznej.

Do zwalczania alternariozy w warunkach naszego kraju zarejestrowanych jest obecnie ponad 20 fungicydów i liczba ta jest stale uzupełniana o nowe preparaty. Prowadzenie badań polowych nad skutecznością nowych rejestrowanych środków ochrony roślin jest procesem długim i kosztownym, nie zawsze dającym szybko pozytywną odpowiedź. Czynnikiem wspomagającym prowadzenie badań w warunkach polowych, może być wstępna selekcja nowych fungicydów w warunkach laboratoryjnych.

Badania przeprowadzone w zakładzie Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka w Boninie, w zakresie możliwości wstępnej oceny skuteczności nowych fungicydów do zwalczania alternariozy potwierdziły, że testy laboratoryjne są jednym z ważnych elementów oceny skuteczności, dającym możliwość wstępnej ich selekcji.

Wyniki uzyskane w doświadczeniu wykazały wysoką skuteczność 6 ocenianych fungicydów w hamowaniu rozwoju grzybni grzybów z rodzaju *Alternaria*, niezależnie od zastosowanego stężenia roboczego i gatunku ocenianego grzyba. Najwyższą efektywność działania w warunkach laboratoryjnych, stwierdzono dla mieszanin metalaksyl-M + mankozeb; zoksamid + mankozeb; iprowalikarb + mankozeb oraz fenamidon + mankozeb. Zakres skuteczności tych środków wynosił od 84,5% (fenamidon + mankozeb) do 94,8% (metalaksyl-M + mankozeb).

Rozpatrując skuteczność badanych środków w zależności od ocenianego stężenia roboczego wyniki układają się następująco: najwyższą skuteczność wśród ocenianych fungicydów badanych w stężeniu połowym stwierdzono dla mieszanin zoksamid + mankozeb (98,4%), metalaksyl-M + mankozeb (98,8%) oraz iprowalikarb + mankozeb i fenamidon + mankozeb (99,4%), zaś najniższą skuteczność uzyskano dla mieszaniny cymoksanil + famoksat (42,6%).

Wśród fungicydów testowanych w stężeniu 10 x niższym, najwyższą skuteczność hamowania rozwoju grzybni stwierdzono dla mieszanin: iprowalikarb + mankozeb, zoksamid + mankozeb oraz metalaksyl-M + mankozeb. Zakres skuteczności tych środków wahał się od 76,0% (iprowalikarb + mankozeb) do 90,7% (metalaksyl-M + mankozeb). Najniższą skuteczność podobnie jak w przypadku stężenia połowego stwierdzono dla mieszaniny cymoksanil + famoksat (25,0%).

Wyniki uzyskane w doświadczeniu, wykazały wysoką skuteczność 3 spośród 7 testowanych fungicydów w ograniczaniu rozwoju grzybni grzybów z rodzaju *Alternaria* niezależnie od zastosowanego stężenia roboczego. Wpływ na wysoką skuteczność fungicydów: metalaksyl-M + mankozeb; zoksamid + mankozeb i iprowalikarb + mankozeb, mogła mieć zawartość mankozebu w ich składzie. Doświadczenia przeprowadzone w warunkach laboratoryjnych przez Choulwara i Datar (1993), Choulwara i Datar (1994) i Osowskiego (2004) potwierdzają wysoką skuteczność tej substancji aktywnej w hamowaniu tempa rozwoju grzybów z rodzaju *Alternaria*. Również wyniki doświadczeń przeprowadzonych w warunkach polowych przez Shtienberga i wsp. (1995), Platta, Reddina (1997) i Osowskiego (2003) potwierdzają wysoką skuteczność mankozebu w ograniczaniu rozwoju alternariozy.

Wysoka skuteczność mankozebu stosowanego jako substancja główna oraz jako składnik uzupełniający w mieszaninach może być związany ze skutecznością tej substancji nawet w dużym rozcieńczeniu. Uzyskane wyniki w naszym doświadczeniu wydają się potwierdzać tę tezę.

WNIOSKI

1. Wszystkie oceniane fungicydy istotnie ograniczały rozwój grzybów z rodzaju *Alternaria* w warunkach laboratoryjnych.
2. W ocenie fungicydów w stężeniu połowym najwyższą skuteczność stwierdzono dla 6 spośród ocenianych fungicydów.
3. Najwyższą skuteczność w hamowaniu rozwoju grzybni sprawców alternariozy badanych w stężeniu 10x niższym stwierdzono dla trzech fungicydów: metalaksyl-M + mankozeb; zoksamid + mankozeb i iprowalikarb + mankozeb.
4. Mieszanina cymoksanil + famoksat wykazała się niską efektywnością w hamowaniu rozwoju grzybni w warunkach laboratoryjnych w każdym z ocenianych stężeń.

LITERATURA

- Choulwar A. B., Datar V. V. 1993. Efficacy of fungi toxicants on the mycelial growth of *Alternaria solani*. Journal of Maharashtra Agricultural Universities, 18/ 2: 319 — 320.

- Choulwar A. B., Datar V. V. 1994. Tolerance of *Alternaria solani* to fungicides. Journal of Maharashtra Agricultural Universities, 19: 1: 133 — 134.
- Denner F. D. N., Theron D. J. 1999. Voorkoms en beheer van swamsiektes by aartappels. In: Handleiding vir aartappelverbouing in South-Africa. Steyn P. J. (Ed.). Agricultural Research Council, Roodeplaat, Pretoria: 117 — 132.
- Fry W. E. 1994. Role of early blight suppression in potato pest management. In: Advances in potato pest biology and management. G. W. Zehnder, M. L. Powelson, R. K. Jansson, K. V. Raman (eds.) APS Press. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA: 166 — 177.
- Holm A. L. 2002. Early blight. www.ndsu.nodak.edu/instruct/gudmesta/lateblight/blight1.html.
- Khan A. M., Rashid A., Jawed Iqbal M. 2003. Evaluation of foliar applied fungicides against early blight of potato under field conditions. Intern. J. Agric. Biol. Vol. 5, No. 4: 543 — 544.
- Osowski J. 2001. Potrzeba i możliwości zwalczania alternariozy. Ziemniak Polski 2: 19 — 22.
- Osowski J. 2003. Effectiveness of some chemical strategy protection of potato against an early blight (*Alternaria solani*). Journal of Plant Protection Research Vol. 43, No. 4: 361 — 367.
- Osowski J. 2004. Skuteczność różnych fungicydów zawierających mankozeb w ograniczaniu rozwoju alternariozy ziemniaka w badaniach polowych i laboratoryjnych. Biul. IHAR 233: 295 — 302.
- Platt H. W., Reddin R. 1997. Fungicide efficacies for control of early and late blight of potatoes 1995. Tests of Agrochemicals and Cultivars, No. 18: 18 — 19.
- Shtienberg D., Blachinsky D., Kremer Y., Ben-Hador G., Dinoor A. 1995. Integration of genotype and age-related resistances to reduce fungicide use in management of *Alternaria* diseases of cotton and potato. Phytopathology 85: 9: 995 — 1002.
- Wnękowski S., Błaszczak W. 1997. Choroby ziemniaka. W: Ochrona Roślin. Red. J. Kochman i W. Węgorek. Plantpress, Kraków: 505 — 535.

HELENA ZAGÓRSKA**MIROSLAWA CHRZANOWSKA**

Zakład Genetyki i Materiałów Wyjściowych Ziemniaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Młochów

Analiza wyników badań z lat 1973–2005 nad reakcją odmian ziemniaka na wirus M ziemniaka

Analysis of the results of studies conducted in 1973–2005 on reaction of potato cultivars to *Potato virus M*

Odporność i reakcja 196 odmian ziemniaka na zakażenie wirusem M ziemniaka (*Potato virus M*, PVM) była oceniana w latach 1973–2005 w Zakładzie Genetyki i Materiałów Wyjściowych Ziemniaka, IHAR w Młochowie. Podsumowano wyniki badań i stwierdzono, że poziom odporności przejawianej w polu jest niski. Zakres ocen wynosił od 2 do 5 (w skali 9-stopniowej, gdzie 9 = krańcowo odporne) zarówno w polskich jak i zagranicznych odmianach ziemniaka rejestrowanych w Polsce. Poziom ten nie zmienia się od lat. Tylko trzy polskie odmiany wyróżniały się odpornością na PVM: Triada (wpisana do Krajowego Rejestru Odmian w 1996 r.), Korona (2002) i Kuklik (2003). W pierwszych dwóch występuje gen nadwrażliwości *Rm* pochodzący z materiałów wyjściowych ZGiMWZ w Młochowie. Trzecia odmiana wyhodowana jest ze skrzyżowania odmian Irga i Aster średnio odpornych na PVM. Większość odmian reagowała słabo lub średnio silnie na silny szczep PVM. Odmiany reagujące bardzo silnie stanowiły niecałe 25% badanych. Stwierdzono, że nie występował związek pomiędzy poziomem odporności na PVM a nasileniem objawów chorobowych wywoływanych przez tego wirusa. Wskazano na aktualną ocenę 100 odmian z listy 126 znajdujących się w Krajowym Rejestrze Odmian w 2005 r.

Słowa kluczowe: nasilenie objawów chorobowych, odporność, wirus M ziemniaka, ziemniak

Reaction of 196 potato cultivars to *Potato virus M* (PVM) was estimated in 1973–2005 in the Department of Potato Genetics and Parental Lines, IHAR at Młochów. The analysis of the data showed that a level of field resistance to PVM of Polish and foreign cultivars registered on the Polish National List is low (2–5 on a scale 1–9, where 9 means the most resistant). Only three Polish cultivars: Triada (registered in 1996), Korona (2002) and Kuklik (2003) showed outstanding resistance to PVM infection. In cvs Triada and Korona gene *Rm* responsible for hypersensitive reaction is derived from the parental breeding lines bred in Młochów Department. The third, cv. Kuklik, is obtained from the cross between cv. Irga and cv. Aster, both mid-resistant to PVM (rating 5). The majority of potato cultivars react to infection with a severe strain of PVM showing slight or moderate symptoms. Only about 25% of the cultivars reacted more severely. No relationships between the level of resistance and severity of symptoms were found in the cultivars evaluated. One hundred of the 126 contemporary potato cultivars, registered on the Polish National List in 2005, were evaluated.

Key words: severity of disease symptoms, resistance, *Potato virus M*, potato

WSTĘP

W 1958 roku nie wiadano jeszcze o występowaniu wirusa M ziemniaka (*Potato virus M*, PVM) w Polsce. Świeżyński uzyskał od Van Slogterena z Holandii próbki surowic, za pomocą których można było wykryć serologicznie PVM, ale wówczas wykryto infekcję tylko w jednej roślinie wśród kilkudziesięciu ocenianych (Świeżyński i in., 1958). Podjęte w 1959 r. testowanie odmian rozmnażanych przez trzy kolejne lata w Zakładzie Doświadczalnym w Poświętnem w latach 1958–1961 i 1962–1964 wykazało porażenie PVM wszystkich 42 badanych odmian ziemniaka. Porażenie to było zróżnicowane i wynosiło od kilku do 60% (Birecki i Roztropowicz, 1970). Podobnie w latach 1970–1973 w warunkach polowych, po roku rozmnażania w źródłach infekcji, wszystkie badane odmiany wykazały porażenie PVM (Pietrak i Chrzanowska, 1975). W latach 2003–2005 testowano rośliny z plantacji produkcyjnych 12 odmian uprawianych w centralnej Polsce, PVM wykryto w 2–10% w czterech i w ponad 50% roślin w 5 odmianach. Nie było prób wolnych od tego wirusa.

W 1973 roku po raz pierwszy oceniono nasilenie objawów chorobowych wywołanych przez PVM w 26 odmianach ziemniaka (Chrzanowska, 1973). W 1976 roku stwierdzono, że objawy powodowane przez PVM są różnorodne i zmienne w czasie wegetacji, zależą w dużej mierze od szczepu wirusa (Chrzanowska, 1976, 1984; Chrzanowska i Kowalska, 1978; Kowalska, 1978). W ostatnich latach wykryto w ziemniakach w Ameryce Północnej słaby szczep PVM, słabo wykrywany za pomocą przeciwciał przygotowanych na zwykłe szczepy PVM (Chrzanowska i in., 2000). W Polsce słabe szczepy PVM występują częściej niż szczepy silne, których udział w roślinach porażonych PVM nie przekracza 10%.

Charakterystyka reakcji odmian ziemniaka na porażenie wirusami obejmuje stopień odporności oceniony w polu i ocenę nasilenia objawów wywołanych przez określone szczepy wirusa. Słabe szczepy wirusa wywołują słabe objawy, silne szczepy wywołują objawy zróżnicowane od słabych do silnych. W zależności od nasilenia objawów kształtuje się plon bulw roślin porażonych. Nasilenie objawów może się zmieniać w czasie wegetacji roślin (Chrzanowska, 1984).

Ocenę stopnia odporności odmian ziemniaka na PVM prowadzono regularnie od 1975 r. (Gabriel i in., 1975). Podobnie jak w przypadku wirusów Y i liściozwoju ziemniaka starano się opracować skalę 9-stopniową (Olszewska-Rynkał, 1981). Na użytek Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU) prowadzono tę ocenę w warunkach polowych do 2003 (Pietrak, 2004). W 2004 r. na skutek zmiany zasad wpisywania odmian do Krajowego Rejestru Odmian, COBORU zrezygnował z wymogu oceny odporności i reakcji odmian na PVM. W ten sposób zakończył się etap wieloletnich badań prowadzonych według jednolitej zasady (Pietrak, 2001, 2004).

Na skutek zmiany systemu nie ma obecnie możliwości oceny poziomu odporności polowej odmian na PVM w skali 1–9. Pozostaje ocena reakcji roślin na infekcję według

opracowanego wcześniej schematu oraz wyróżnienie odmian odpornych na zakażenie (Chrzanowska i Zagórska, 2001).

Prezentowane opracowanie dotyczy oceny odporności i reakcji na zakażenie silnym szczepem PVM odmian zrejonizowanych w Polsce do roku 2005. Celem opracowania było:

- przeanalizowanie związku stopnia odporności na PVM z reakcją na infekcję silnym szczepem tego wirusa odmian badanych w latach 1973–2005,
- porównanie wyników oceny odporności i reakcji na PVM uzyskanych w badaniach 163 polskich i 33 zagranicznych odmian ziemniaka, w tym odmian znajdujących się w Krajowym Rejestrze Odmian w 2005 r.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia prowadzone były w Zakładzie Genetyki i Materiałów Wyjściowych Ziemniaka (ZGiMWZ) w Młochowie w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, a w latach 1966–1997 w Instytucie Ziemniaka.

Przedmiotem podsumowania były oceny odporności i reakcji na PVM 196 odmian ziemniaka. Analizowano wyniki badań Olszewskiej-Rynkal (1981) i Pietrak (2004), które prowadziły na użytek COBORU ocenę odporności w warunkach polowych w III strefie zagrożenia i przy wykorzystaniu oceny porażenia roślin badanych odmian wysadzanych w źródłach infekcji PVM. Ponadto włączono do badań ocenę reakcji na zakażenie silnym szczepem PVM w warunkach laboratoryjnych uzyskaną przez Chrzanowską i Zagórską (1982, 1988, 1996). Poziom odporności ziemniaka na infekcję PVM oceniany był metodą opisaną przez Pietrak (2001) w skali 9-stopniowej, gdzie 9 stanowi najwyższy stopień odporności.

Analizę statystyczną (wartość współczynników V-Cramera, kontyngencji C i chi-kwadrat) dotyczącą związku między stopniem odporności a reakcją na infekcję PVM 196 odmian ziemniaka przeprowadzono wykorzystując program STATISTICA.

Dokonano oceny reakcji na PVM 100 odmian ziemniaka znajdujących się aktualnie w Krajowym Rejestrze Odmian. Nie oceniono 26 odmian z Rejestru (15 odmian wpisanych w 2005 roku oraz 11 odmian, dla których nie uzyskano sadzeniaków). Corocznie zakażano w szklarni po 10 roślin każdej odmiany (w stopniu SE) silnym szczepem PVM z odm. Uran, namnażanym w roślinach pomidora odm. Najwcześniejszy, zgodnie z procedurą przyjętą wcześniej w ZGiMWZ (Chrzanowska i Zagórska, 2001). Inokulum stanowił infekcyjny sok pomidora rozcieńczony buforem fosforanowym 0,057 M K_2HPO_4 . Kilka dni po inokulacji rośliny wysadzano w pole. Jesienią zbierano bulwy z każdej rośliny oddzielnie, a następnie po 2 bulwy testowano w szklarni w próbie oczkowej. Obserwowano nasilenie i charakter objawów chorobowych, a obecność wirusa wykrywano testem ELISA za pomocą przeciwciał przygotowanych w Laboratorium IHAR w Gdańsku-Wrzeszczu.

WYNIKI I DYSKUSJA

Związek stopnia odporności na PVM odmian ziemniaka z ich reakcją na infekcję

Zanalizowano związek stopnia odporności na PVM z reakcją na infekcję silnym szczepem tego wirusa odmian badanych w latach 1973–2005.

Poziom odporności na infekcję badanych odmian oceniony w skali 9-stopniowej był określany: 6–7 — jako połowo odporne, 5 — jako średnio odporne, 3–4,5 — jako podatne i 2–2,5 — jako bardzo podatne.

Reakcja roślin oceniona była w 4 klasach: objawy słabe — rozjaśnienie nerwów, mozaika, objawy średnie — zwijanie górnych liści, deformacja liści na wierzchołku roślin, objawy średnie do silnych — zwijanie górnych liści, a także na niektórych roślinach deformacja liści, nekrozy i zahamowanie wzrostu, objawy silne — nekrozy, zdeformowanie roślin, zahamowanie wzrostu.

Analizowano zależność między stopniem odporności a nasileniem objawów zestawiając wyniki uzyskane w ocenie 196 odmian ziemniaka. Współczynnik kontyngencji $C = 0,0792$ (dla trzech porównywanych klas maksimum 0,816), współczynnik V-Cramera 0,0562 (maksimum 1) oraz chi-kwadrat 1,15 ($P = 0,8863$) wskazują, że nie występuje zależność między stopniem odporności na infekcję a nasileniem reakcji roślin na PVM. To oznacza, że odmiany ziemniaka wpisane do Krajowego Rejestru Odmian w Polsce nie były selekcjonowane pod kątem tych cech.

Wyjątek stanowi natomiast reakcja dwóch odmian: Triada i Korona (7), zrejonizowanych w latach 1996 i 2002, które pochodzą od materiałów wyjściowych niosących gen *Rm*, gen odporności i nadwrażliwości na PVM (Chrzanowska i in., 2002). Odmiany te nie podlegają zakażeniu w warunkach polowych lub podlegają bardzo rzadko. Po wprowadzeniu wirusa przez szczepienie zrazami pobranymi z pomidora zakażonego PVM reagują one nekrozami na odrostach i w bulwach (Chrzanowska i in., 2002). Do tej pory nie znaleziono w polu roślin odm. Korona porażonych PVM, a po inokulacji mechanicznej roślin w szklarni pojawiały się drobne nekrozki lokalne. Rośliny odm. Triada czasami ulegają w polu infekcji PVM i wówczas reagują bardzo silnie (zdeformowane bulawkowate rośliny z nekrozami).

Porównanie wyników uzyskanych w badaniach odmian polskich i odmian zagranicznych ziemniaka

Kompletne dane dotyczące oceny stopnia odporności na PVM i nasilenia objawów chorobowych obejmowały 196 odmian, w tym 163 polskie i 33 zagraniczne. Najwięcej odmian znalazło się w klasie odmian podatnych i bardzo podatnych na zakażenie. Była pewna różnica pod względem stopnia odporności między odmianami polskimi i zagranicznymi na korzyść odmian polskich. Odmiany polskie w 80% wykazały podatność natomiast wszystkie badane odmiany zagraniczne były podatne z wyjątkiem starej niemieckiej odm. Sieglinde i wyhodowanej w Czechach odm. Krasa. Odmiany polskie były hodowane w warunkach przyrodniczych, w których PVM stanowi zagrożenie. Ma on większe znaczenie w Europie Wschodniej, gdzie straty plonu bulw w przypadku porażenia odmian podatnych silnym szczepem PVM wahają się od 10 do 75% (Chrzanowska, 1984). Trzy polskie odmiany były odporne połowo i ocenione na 6 lub 7.

Wyhodowanie odpornych na PVM odmian ziemniaka nigdy nie było priorytetowe, ale w ZGiMWZ w Młochowie prowadzone były prace nad uzyskaniem materiałów wyjściowych odpornych na PVM (Chrzanowska i in., 2002). Z tych właśnie materiałów wywodzą się dwie odmiany Triada i Korona, być może ukażą się następne, gdyż od 1980 r. przekazywane były hodowli polskiej materiały wyjściowe niosące gen odporności *Rm*, a od 1991 r. materiały z genem *Gm* (Chrzanowska i in., 2002). Odmiana Kuklik, której odporność była oceniona na 6, powstała ze skrzyżowania odmian Irga i Aster, których odporność była oceniona na 5. To wskazuje, że można uzyskać formy odporniejsze w obrębie puli hodowlanej istniejącej w hodowlach polskich.

Ocena odporności i reakcji na PVM odmian znajdujących się w Krajowym Rejestrze Odmian w 2005 r.

W 2005 r. w Krajowym Rejestrze Odmian znajdowało się 126 odmian. Wyniki oceny 100 odmian zamieszczone są w tabeli 1 drukiem wytuszczonym (boldem).

Charakterystyka reakcji odmian ziemniaka na PVM obejmuje stopień ich odporności na zakażenie oceniany w skali 1–9 oraz charakter i nasilenie objawów chorobowych.

Odmiany ziemniaka uprawiane w Polsce są mało zróżnicowane pod względem odporności na PVM (tab. 1). Tylko niecałe 20% odmian zaliczono do odmian średnio odpornych z oceną 5 w skali 9-stopniowej (9 — krańcowo odporne). Dwie odmiany: Korona i Triada oraz odmiana Kuklik zostały ocenione w warunkach polowych odpowiednio na 7 i 6. Pozostałe odmiany są podatne lub bardzo podatne na zakażenie.

PVM wywołuje u ziemniaka przejaśnienie nerwów i pomarszczenie górnych liści (objawy słabe), zdrobnienie i wyraźne ich zwijanie na wierzchołku (objawy średnie) aż do silnej deformacji rośliny lub nekrotycznych smug na ogonkach liściowych i łodygach (objawy silne). Wyróżniono jeszcze jedną grupę odmian, których rośliny reagują średnio-silnie tzn. większość roślin wykazuje objawy średnie, a tylko nieliczne rośliny objawy bardzo silne. U roślin zakażonych nie występuje zamieranie liści i łodyg, rośliny zawsze wydają plon bulw, a obniżenie plonu zależy od nasilenia objawów (Chrzanowska, 1977).

Odmiany oznaczone w tabeli 1 jako reagujące słabo, wykazują przeważnie słabe objawy, niezależnie od warunków i szczepu wirusa (Chrzanowska, 1984). Rośliny odmian oznaczonych jako reagujące silnie, w rzeczywistości reagują na zakażenie różnie, tj. i słabo i silnie w zależności od szczepu wirusa (Chrzanowska i Zagórska, 1996; Zagórska i in., 2000). Dlatego też stosując do zakażeń silny szczep PVM można ocenić skłonność odmiany do silnych reakcji (Chrzanowska i Zagórska, 2001). Rośliny 34 odmian ze 100 badanych wykazywały słabe objawy, rośliny 26 odmian reagowały silnymi objawami po inokulacji. Oznacza to, że z zestawu odmian zamieszczonych aktualnie w Rejestrze 34% reagowało słabo, a 26% silnie. W latach 1973–2005 oceniono 196 odmian, a wyniki były bardzo podobne: 34% reagowało słabo, a 24% silnie. Nie można więc zauważyć tendencji zmian, jedynie to, że trzy odmiany odporne na PVM pojawiły się dopiero w 1996 roku.

W każdej grupie odpornościowej są odmiany, które reagują słabo na silny szczep PVM i takie, które reagowały silnie, co potwierdziły wyniki analizy statystycznej wskazujące na brak związku między stopniem odporności a nasileniem objawów chorobowych.

Tabela 1

Reakcja 196 odmian ziemniaka na PVM, w tym 100 odmian z Krajowego Rejestru Odmian 2005
Reaction of 196 potato cultivars to PVM, including 100 cultivars from the Polish National List 2005

Odporność* Resistance *	Nasilenie objawów chorobowych — Severity of disease symptoms							
	słabe — mild		średnie — moderate		średnie-silne moderate to severe	silne — severe		
7	Korona (Rm) Triada (Rm)							
6	Kuklik							
5	Aksamitka	Sieglinde	Aba	Pola	Albina	Aster	Sokół	
	Alka	Tokaj	Baca	Wyszoborski	Heban	Bard	Sowa	
	Azalia	Umiak	Baszta			Cisa	Uran	
	Certa		Bryza			Drop	Warta	
	Fauna		Dryf			Harpun		
	Irga		Duet			Krab		
	Koral		Elipsa			Krasa		
	Narcyz		Ina			Lenino		
	Olza		Kuba			Mila		
	Ruta		Orlik			Pierwiosnek		
3–4,5	Accent	Jantar	Śleza	Anielka	Lawina	Bekas	Alicja	Syrena
	Albatros	Jasia	Wawrzyn	Amora	Leda	Beryl	Andromeda	Tarpan
	Arkadia	Kama	Wigry	Atol	Merkur	Bóbr	Augusta	Victoria
	Beata	Karatop	Wiking	Balbina	Monsun	Cykada	Bartek	Vineta
	Bliza	Kos	Zebra	Bila	Mors	Cynia	Barycz	
	Bogna	Lord	Zeus	Bintje	Pasat	Ekra	Brda	
	Bronka	Lotos		Bzura	Rosalind	Fregata	Cedron	
	Czapla	Malwa		Clarissa	Rudawa	Grot	Ceza	
	Dalia	Neptun		Dorota	Rybitwa	Ikar	Delikat	
	Danusia	Nora		Elida	Salto	Lena	Gabi	
	Denar	Perkoz		Epoka	Satina	Maryna	Giewont	
	Fala	Poprad		Felka Bona	Saturna	Sasanka	Innovator	
	Foka	Raja		Fionia	Sumak	Vital	Molli	
	Folva	Romula		Flora	Tara	Żagiel	Panda	
	Głada	Ronda		Frezja	Ursus		Pirol	
	Gloria	Ryś		Gandawa	Wisła		Ramos	
	Ibis	Rywal		Gracja	Wolfram		Redstar	
	Irys	Sante		Jagna			Rumpel	
	Jagoda	Skawa		Koga			San	
	2–2,5	Jaśmin		Ania	Prosna	Hinga	Flisak	
		Kolia		Dunajec	Sonda	Marta	Janka	
		Krokus		Impala		Pilica	Kaszubski	
		Liwia		Lady Claire		Stobrawa	Klepa	
		Narew		Meduza		Vistula	Nimfy	
		Noteć		Muza		Vitara	Reda	
		Oda		Nysa			Tajfun	
		Omulew		Odra				
		Orłan		Osa				
		Velox		Pasja Pom.				
Razem — Total		67 (34%)	61 (31%)	22 (11%)	46 (24%)			

*) Ocena polowa w doświadczeniach przedrejestrach COBORU wg I. Olszewskiej-Rynkal (do 1990 r.), J. Pietrak (1990-2003); Estimation of field resistance in official trials of COBORU acc. to I. Olszewska-Rynkal (till 1990), J. Pietrak (1990-2003)

Kursywą zaznaczono odmiany pochodzenia zagranicznego; foreign cultivars are printed in italic

Wytłuszczono nazwy odmian znajdujących się w Krajowym Rejestrze Odmian w 2005 r.; Cultivars present on the Polish National List in 2005 are marked (by bold lettering)

Rm — Gen nadwrażliwości na PVM; Rm — Gene of hypersensitivity to PVM

WNIOSKI

1. Analizując wyniki badań uzyskanych dla 196 odmian ziemniaka stwierdzono, że nie występuje zależność pomiędzy poziomem odporności odmiany na PVM a nasileniem objawów chorobowych na skutek zakażenia silnym szczepem tego wirusa. Najbardziej pożądane w produkcji byłyby odmiany stosunkowo odporne ze słabą reakcją na zakażenie. Jednakże dla tego typu odmian nasiennictwo jest trudniejsze, gdyż wymaga intensywnego testowania roślin w toku rozmnażania, ponieważ objawy są słabo widoczne.
2. W związku z zaniechaniem dokonywania oceny odporności polowej odmian na PVM przed ich rejestracją, wydaje się racjonalne wyróżnienie odpornych odmian w warunkach laboratoryjnych.
3. Większość odmian ziemniaka porażonych w polu reaguje słabo, nawet w przypadku zakażenia szczepem silnym PVM. W badanym materiale ponad 30% odmian wykazywało bardzo silne objawy po inokulacji silnym szczepem PVM. W nasiennictwie PVM zaliczany jest do tzw. wirusów słabych, chociaż może wywoływać objawy bardzo silne i wówczas istnieje dylemat, jak ocenić zdrowotność materiału nasiennego zgodnie z obowiązującymi normami, które dla wirusów tzw. ciężkich są znacznie ostrzejsze.
4. Poziom odporności na PVM polskich i zagranicznych odmian ziemniaka jest niski i słabo zróżnicowany: od 2 do 5 w skali 1–9 (9 — krańcowo odporne). Wyjątek stanowią odmiany: Korona i Triada, które wykazują odporność na PVM w warunkach polowych w stopniu 7 (COBORU, 2001). Jest prawdopodobne, że w najbliższym czasie pojawią się odmiany odporne na PVM, gdyż od 1980 roku do polskiej hodowli ziemniaka przekazywane były materiały wyjściowe wytworzone w ZGiMWZ początkowo z genem nadwrażliwości *Rm* a od 1991 roku z genem odporności *Gm*.

LITERATURA

- Birecki M., Roztropowicz S. 1970. Wstępne badania nad występowaniem wirusów S, M i X różnych odmianach ziemniaków. Biul. Inst. Ziemn. 5: 37 — 52.
- Chrzanowska M. 1973. Reakcja na wirusy Y, L, S, M i X odmian ziemniaka zrejonizowanych w Polsce. Z Prac Inst. Ziemn. 5/6/7: 3 — 12.
- Chrzanowska M. 1976. Variation in symptoms caused by potato virus M on the potato variety Uran. Potato Res. 19: 141 — 146.
- Chrzanowska M. 1977. Zależność plonu i jego struktury od nasilenia objawów chorobowych powodowanych przez wirus M na odm. Uran. Biul. Inst. Ziemn. 19: 27 — 33.
- Chrzanowska M. 1984. Zmienność reakcji ziemniaka na wirus M. (Variation in the reaction of potato to PVM). Inst. Ziemn., O/Młochów 1984: 1 — 95.
- Chrzanowska M., Kowalska A. 1978. Reakcja odmian ziemniaka na izolaty wirusa M. Biul. Inst. Ziemn. 22: 37 — 61.
- Chrzanowska M., Zagórska H. 1982. Reakcja na wirusy odmian ziemniaka zrejonizowanych w Polsce do 1979 roku. Biul. Inst. Ziemn. 27: 85 — 94.
- Chrzanowska M., Zagórska H. 1988. Reakcja na wirusy odmian ziemniaka znajdujących się w Rejestrze w 1988 roku. Biul. Inst. Ziemn. 38: 21 — 32.
- Chrzanowska M., Zagórska H. 1996. Reakcja polskich odmian ziemniaka na silny szczep wirusa M po sztucznej inokulacji roślin. Biul. Inst. Ziemn. 46: 17 — 27.

- Chrzanowska M., Zagórska H. 2001. Ocena odporności i reakcji rodów oraz odmian ziemniaka na wirus M ziemniaka (PVM). Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR 10/2001: 45 — 48.
- Chrzanowska M., Kerlan C., Martin J. 2000. Wirusy z rodzaju *Carlavirus* infekujące ziemniaka (*S. tuberosum* L.) i ich pokrewieństwo z wirusami M i S ziemniaka. Roczniki AR Pozn. CCCXXI, Ogrodn. 30: 17 — 25.
- Chrzanowska M., Sieczka T., Zagórska H. 2002. Resistance to PVM in potato parental lines bred in Młochów Research Center, IHAR. Plant Breed. Seed Sci. 46, 2: 57 — 65.
- Gabriel W., Chrzanowska M., Rynkalowa I. 1975. Odporność odmian ziemniaka na wirus liściozwoju oraz wirusy Y i M wg stanu badań na 1 stycznia 1975 roku. Biul. Inst. Ziemn. 16: 41 — 43.
- Kowalska A. 1978. Differences among isolates of potato virus M and potato virus S. Phytopath. Z. 93: 227 — 240.
- Olszewska-Rynkal I. 1981. Odporność na wirusy odmian ziemniaka wpisanych do rejestru odmian oryginalnych w latach 1975–1979. Biul. Inst. Ziemn. 26: 5 — 11.
- Pietrak J. 2001. Ocena odporności na wirusy rodów hodowlanych i odmian zagranicznych ziemniaka w doświadczeniach rejestrowych. Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR 10/2001: 32 — 34.
- Pietrak J. 2004. Poziom odporności na wirusy odmian ziemniaka znajdujących się w Rejestrze w 2003 r. Biul. IHAR 232: 301 — 306.
- Pietrak J., Chrzanowska M. 1975. Występowanie wirusa M, wirusa S i kompleksu tych wirusów w odmianach ziemniaka w warunkach polowych. Biul. Inst. Ziemn. 15: 53 — 60.
- Świeżyński K., Czerwoniec Z., Prueffer B. 1958. Występowanie wirusa S oraz „nowego wirusa” na ziemniakach w Polsce. Hod. Rośl. Aklim. 2: 137 — 141.
- Zagórska H., Chrzanowska M., Pietrak J. 2000. Reakcja na wirusy odmian ziemniaka znajdujących się w krajowym Rejestrze Odmian w 2000 roku. Biul. IHAR 215: 293 — 304.

PODZIĘKOWANIA

Kolegom Panu dr. Leszkowi Domańskiemu, Pani mgr Beacie Tatarowskiej i Panu mgr. Jarosławowi Plichowi dziękujemy za pomoc w analizie statystycznej.

JAROSŁAW PRZETAKIEWICZ**KATARZYNA KOPERA**Zakład Fitopatologii, Pracownia Hodowli Odpornościowej
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Porównanie przydatności metod Glynne-Lemmerzahla i Spieckermanna do oceny odporności ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.) na *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. patotyp 1 (D₁) dla potrzeb testów masowych

Comparison of the usefulness of Glynne-Lemmerzahl and Spieckermann methods to assess resistance of potato (*Solanum tuberosum* L.) to *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. pathotype 1 (D₁) in mass tests

Porównano przydatność metod stosowanych do oceny odporności w warunkach laboratoryjnych na patotyp 1 (D₁) *S. endobioticum* (metody Glynne-Lemmerzahla i Spieckermanna). W doświadczeniach użyto 6 rodów ziemniaka o znanej wysokiej podatności na patotyp 1. W metodzie Glynne-Lemmerzahla jako inokulum zastosowano świeże narośla rakowe zawierające sorusy (zespoły zarodni letnich). W drugiej metodzie do infekcji użyto kompostu zawierającego przetrwalnikowe (zimowe) zarodnie grzyba. Zarówno jedną jak i drugą metodą potwierdzono podatność testowanych rodów ziemniaka. Jednak tylko przy użyciu metody Glynne-Lemmerzahla potwierdzono wysoką podatność wszystkich badanych rodów na raka ziemniaka (patotyp 1). Pełna ocena przydatności obu metod będzie możliwa po porównaniu wyników porażenia dla rodów lub odmian wzorcowych ziemniaka o znanym stopniu odporności: o pełnej (odporność laboratoryjna i polowa) i pośredniej (tylko odporność polowa).

Słowa kluczowe: metoda Glynne-Lemmerzahla, metoda Spieckermanna, *Synchytrium endobioticum*, *Solanum tuberosum*, odporność, rak ziemniaka, ziemniak

Two laboratory tests for evaluating potato resistance to *Synchytrium endobioticum* were compared. The study included plants from six potato breeding lines, generally known to be susceptible to *S. endobioticum* pathotype 1. The Glynne-Lemmerzahl method involved plant inoculation with fresh wart with summer sporangia, whereas winter sporangia were used for plant inoculation in the method proposed by Spieckermann. The results obtained using each of the tests provided additional evidence for susceptibility of the breeding lines to *S. endobioticum*. A high level of susceptibility of all the lines was only revealed using the Glynne-Lemmerzahl method. However, further investigations including

potato genotypes expressing, established different levels of resistance to *S. endobioticum* are required to obtain complete and reliable data regarding the usefulness of the two methods.

Key words: Glynne-Lemmerzahl method, potato, potato wart disease, resistance Spieckermann method, *Synchytrium endobioticum*, *Solanum tuberosum*

WSTĘP

Synchytrium endobioticum wywołuje chorobę zwaną rakiem ziemniaka. Głównym żywicielem *S. endobioticum* jest ziemniak, ale porażane mogą być również inne gatunki z rodzaju *Solanum* (Malec, 1983). W regionie Europejskiej i Śródziemnomorskiej Organizacji Ochrony Roślin (z ang. EPPO), do której należy również Polska, *S. endobioticum* występuje lokalnie w minimalnym nasileniu prawie we wszystkich krajach (OEPP/EPPO, 1999).

Rak ziemniaka jest groźną chorobą, która posiada status choroby kwarantannowej podlegającej obowiązkowi zwalczania z urzędu w wielu krajach świata, w tym także w krajach UE i Polski. Sposoby zwalczania i rozprzestrzeniania się *S. endobioticum* są określone w odpowiednich Dyrektywach Unii Europejskiej, tj. w Dyrektywie 69/464/EWG z dnia 8 grudnia 1969 r. w sprawie zwalczania raka ziemniaka (*Synchytrium endobioticum*) (Dz. Urz. WEL 323, 24.12.1969), Dyrektywie 2000/29/WE z dnia 8 maja 2000 roku w sprawie środków fitosanitarnych przeciwko wprowadzeniu na obszar Wspólnoty organizmów szkodliwych dla roślin lub produktów roślinnych i przeciwko ich rozprzestrzenianiu się na obszarze Wspólnoty (Dz. Urz. WEL 169, 10.07.2000, z późn. zm.) oraz polskich Rozporządzeń Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 5 sierpnia 2004 r. (Dz. U. nr 183, poz. 1891) w sprawie szczegółowych sposobów postępowania przy zwalczaniu i zapobieganiu rozprzestrzeniania się *Synchytrium endobioticum* oraz z dnia 28 stycznia 2005 r. (Dz. U. nr 26, poz. 226), a także z dnia 2 sierpnia 2006 (Dz. U. nr 148, poz. 1072) zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych sposobów postępowania przy zwalczaniu i zapobieganiu rozprzestrzeniania się grzyba *Synchytrium endobioticum*.

Jedyną skuteczną metodą walki z rakiem ziemniaka jest dopuszczanie do uprawy wyłącznie odmian rakoodpornych. W Polsce obowiązuje Rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 5 października 2005 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych sposobów postępowania przy zwalczaniu i zapobieganiu rozprzestrzeniania się grzyba *Synchytrium endobioticum* (Dz. U. nr 207 poz. 1737), zgodnie z którym za odporną uznaje się: „odmianę, która w badaniach przeprowadzonych zgodnie ze standardami w zakresie środków fitosanitarnych, wydawanymi przez Europejską i Śródziemnomorską Organizację Ochrony Roślin, reaguje w każdych warunkach na porażenie czynnikiem patogenicznym w taki sposób, że nie istnieje możliwość wtórnego porażenia, wykazując pełną odporność laboratoryjną i polową na określone patotypy grzyba *Synchytrium endobioticum*”.

Laboratoryjna ocena odporności rodów hodowlanych i odmian ziemniaka na raka ziemniaka jest możliwa przy użyciu metody Glynne-Lemmerzahla (Glynne, 1925; Lemmerzahl, 1930; Noble, Glynne, 1970) i Spieckermanna (Spieckermann i Kothoff,

1924). Metody te są powszechnie stosowane i zgodne z międzynarodowymi standardami (OEPP/EPPO, 1999).

Celem pracy było wstępne porównanie skuteczności tych metod w ocenie odporności genotypów ziemniaka na raka.

MATERIAŁ I METODY

W doświadczeniach wykorzystano 6 rodów hodowlanych ziemniaka, które otrzymano z Pomorsko-Mazowieckiej Spółki Hodowlanej Ziemniaka z siedzibą w Strzekęcinie (762, 883 i 1169) oraz z Hodowli Ziemniaka w Zamartem (Z-975742, Z-973249 i Z-992254). Rody te odznaczały się wysoką podatnością na patotyp 1 (D₁) *S. endobioticum*. W doświadczeniach użyto całych bulw lub ich fragmentów zawierających oczka.

Zastosowaną w doświadczeniach metodę Glynne-Lemmerzahla wykonano zgodnie z oryginalnymi pracami Glynne (1925), Lemmerzahl (1930) oraz Noble i Glynne (1970) oraz protokołem diagnostycznym PM 7/28 (OEPP/EPPO, 2004), a także z modyfikacjami wprowadzonymi przez Malca (Malec, 1972, 1980; Malec i Lubiewska, 1979). Metodę Spieckermanna wykonano zgodnie z pracą Spieckermanna i Kothoffa (1924) oraz protokołem diagnostycznym PM 7/28 (OEPP/EPPO, 2004).

Przygotowanie bulw do zakażeń

Bulwy przeznaczone do zakażeń przechowywano w chłodni w ażurowych skrzynkach w temperaturze 2–4°C i wilgotności względnej powietrza ok. 80%. Bulwy przenoszono do pomieszczenia o temperaturze pokojowej do czasu wytworzenia kielków o długości 0,2–0,5 cm. Do zakażeń wybierano tylko te bulwy, na powierzchni których nie obserwowano żadnych widocznych oznak gnicia.

Przygotowanie inokulum

Narośla rakowe przeznaczone do zakażeń otrzymywano początkowo z roślin rosnących w zainfekowanej zarodnikami przetrwalnikowymi glebie, a w późniejszym okresie tylko z wcześniej zakażanych bulw. Do infekcji podkielkowanych bulw używano narośli, na powierzchni których występowały w dużych ilościach dojrzałe zarodnie letnie (sorusy).

Przygotowanie kompostu zawierającego zarodnie zimowe *S. endobioticum* wykonano zgodnie z protokołem diagnostycznym PM 7/28. Dojrzałe narośla rakowe cięto na fragmenty grubości 1 cm i mieszano z piaskiem rzecznym w proporcjach: 1 kg narośli rakowych na 3 kg piasku. Piasek wcześniej autoklawowano. Mieszaninę utrzymywano w stanie wilgotnym i inkubowano przez cztery miesiące w temperaturze pokojowej mieszając co jakiś czas całą zawartość. Przez kolejne dwa miesiące mieszaninę osuszano na powietrzu w temperaturze pokojowej. Tak przygotowany kompost zawierający zarodnie przetrwalnikowe *S. endobioticum* poddawano ocenie pod względem zawartości zarodni i zdolności infekcyjnych.

Bezpośrednią detekcję zarodni przetrwalnikowych w podłożu wykonano zgodnie z procedurą fitosanitarną PM 3-59 (OEPP/EPPO, 1999) oraz metodyką opisaną przez Pratt (1976).

Próbki gleby lub kompostu zawierającego inokulum osuszano w temperaturze ok. 25–30°C przez 14 dni. Próbkę ważono (dla badanej gleby odważano ok. 100 g, dla kompostu

— ok. 20 g), a następnie moczone w wodzie przez 24 godziny. Tak przygotowany roztwór przenoszono w całości do przesiewacza wibracyjnego Analysette 3 Pro (firma Fritsch) i przesiewano przez sita o średnicy oczek: 500, 250, 125, 71, 40 i 25 μm . Osad z sit o średnicy oczek 40 i 25 μm zbierano i filtrowano przez bibułę filtracyjną. Wysuszony osad rozpuszczano w nasyconym roztworze CaCl_2 o gęstości 1,4 g/cm^3 . Mieszaninę wirowano w probówkach stożkowych w przysp. 800 g. Supernatant filtrowano i ponownie wirowano w identycznych warunkach. Cały proces powtarzano kilkakrotnie do czasu, gdy na dnie próbówki nie było osadu. Supernatant ponownie filtrowano, a zebrany osad zawieszano w objętości 2 cm^3 wody lub błękitu laktopenolowego. Po dokładnym wymieszaniu zawiesiny, pobierano niewielką objętość i przenoszono do komory Fuchsa-Rosenthala. Zarodnie liczono przy użyciu mikroskopu i pod powiększeniem 200 $\times$. Z kolejnych wyliczeń określano liczbę zarodni w 1 g podłoża.

Metoda Glynne-Lemmerzahla

Do przygotowania komór wodnych wykorzystano wazelinę białą typu Pionier 5464. Wazelinę topiono w łaźni wodnej do uzyskania stanu półpłynnego (w temp. ok. 40°C). Półpłynną wazeliną napełniano strzykawkę o pojemności 30–50 ml i nanoszono na powierzchnię bulwy pierścienia wokół oczek o wysokości ścianki 0,5–1,0 cm. Bulwy z przytwierdzonymi pierścieniami wstawiano do plastikowych pojemników wyłożonych matą podsiąkową. Do komór nalewano wody bieżącej (uprzednio przegotowanej i schłodzonej do temperatury 12°C) i sprawdzano szczelność pierścieni. W przypadku stwierdzenia nieszczelności komór proces powtarzano. Po napełnieniu pierścieni wodą, wkładano do środka kawałki świeżych i wolnych od jakichkolwiek objawów gnicia narośli rakowych (około 5-tygodniowych) o ciężarze 1,5–3,0 g każda. Powierzchnia narośli zawierająca sorusy stykała się bezpośrednio z kielkami w środowisku wodnym, natomiast powierzchnia cięcia była skierowana do góry. Czas inkubacji wynosił 48 godzin, a temperatura 10–12°C. W trakcie inkubacji narośla rakowe były kilkakrotnie przekładane z jednej bulwy na inną, a brakującą wodę w komorach uzupełniano. Po upływie 48 godzin zdejmowano kawałki narośli rakowych i usuwano komory wodne. Bulwy przenoszono do inkubatora o zmiennej temperaturze 10–22°C (lub stałej temp. 22°C) na okres 15 dni. W tym czasie bulwy były regularnie zraszane wodą destylowaną w celu utrzymania wysokiej wilgotności powietrza.

Ocena porażenia kielków metodą Glynne-Lemmerzahla

Za pomocą mikroskopu stereoskopowego, przy powiększeniu 20 $\times$ lub większym, na kielkach poddanych infekcji poszukiwano rozwijających się narośli rakowych, zniekształceń tkanek i zarodni grzyba. Stopień porażenia określano według pięciostopniowej skali opisanej przez Malca (1980):

- 0 — brak sorusów,
- IV — pojedyncze sorusy,
- III — mała liczba sorusów (do kilkunastu), słaba proliferacja pędów: większa liczba sorusów (do kilkudziesięciu), brak proliferacji pędów,
- II — duża liczba sorusów, wyraźna proliferacja pędów, początek tworzenia się narośli rakowej na części kielka,

— I — duża liczba sorusów, cały kielek zmieniony w narośl rakową.

Metoda Speckermanna

Zastosowana w doświadczeniach metoda Speckermanna była wykonana zgodnie z oryginalną pracą Speckermann and Kothoff (1924) oraz protokołem diagnostycznym PM 7/28 (OEPP/EPPO, 2004). Bulwy ziemniaków przechowywano w przechowalni w temperaturze 2–4°C. Przed wykonaniem testów z bulw wycinano próbki o wymiarach 2 × 2 cm zawierające przynajmniej jedno oczko. Próbki bulw dezynfekowano w fungicydzie Monceren 250 FS (zawierającym pencykuron), co zapobiega porażeniu przez *Thanatephorus cucumeris* (anamorf *Rhizoctonia solani*). Fragmenty bulw po osuszeniu wstawiano na 24 godziny do pomieszczenia o temperaturze 4°C. Tak przygotowany materiał wykładano na zwilżonych matach podsiąkowych (firma Brinkman) do plastikowych skrzynek i nakładano na każdy blok ok. 1,5 g kompostu zawierającego zarodnie zimowe. Całość zwilżano wodą destylowaną i inkubowano w warunkach bez dostępu światła w temperaturze 16–18°C. Przez pierwsze dwa tygodnie inkubacji utrzymywano wilgotność względną na poziomie 80%, a następnie przez kolejne 6 tygodni podwyższano do ponad 90%. W trakcie inkubacji kilkakrotnie przycinano wyrastające pędy. Bloki wraz z kompostem systematycznie zwilżano poprzez delikatne zamglawianie.

Ocena porażenia pędów metodą Speckermanna

Stopień porażenia kielków (pędów) określano według holenderskiej pięciostopniowej skali opisaną w protokole diagnostycznym PM 7/28 (OEPP/EPPO, 2004) oraz publikacji Baayen i wsp. (2005): Typ „–”, — wczesne reakcje nekrotyczne, Typ P — późne reakcje nekrotyczne, Typ F — bardzo późne reakcje nekrotyczne, Typ R — słabo podatne, Typ rakowy — podatne. Typ rakowy jest dzielony na 6 grup w zależności od wielkości narośli rakowych: I: < 3 mm, II: 4–5 mm, III: 6–7 mm, IV: 8–10 mm, V: 11–15 mm, X: 16–20 mm i więcej.

WYNIKI I DYSKUSJA

Metoda Glynne-Lemmerzahla

W metodzie Glynne-Lemmerzahla zastosowano wazelinę jako materiał do wykonywania komór wodnych niezbędnych przy infekcji kielków. Dzięki wykorzystaniu wazeliny zarówno kształt jak i wielkość bulw nie miał znaczenia. Możliwa była również infekcja wszystkich kielków na bulwie. Parametry fizyczne wazeliny dobrano w taki sposób, aby zachowywała stałą konsystencję w temperaturze 10–12°C. Pozwalało to na manipulowanie (konieczne przy kilkakrotnym przekładaniu narośli rakowych) komorami bez większego ryzyka uszkodzenia ich konstrukcji. Pierwsze objawy porażenia kielków obserwowano już po 8 dniach od momentu inokulacji. Na powierzchni epidermy pędów widoczne były liczne zespoły zarodni letnich (sorusów). Na tak wczesnym etapie prawidłowe zdiagnozowanie było możliwe tylko przy użyciu mikroskopu stereoskopowego, przy powiększeniu 20x lub większym. Dla potwierdzenia prawidłowej oceny wykonywano preparaty mikroskopowe i potwierdzano obecność rozwijających się sorusów.

Proces dojrzewania sorusów trwał przez kolejne kilka dni, dając charakterystyczne objawy porażenia po 2 tygodniach od zakażenia. Tak szybki rozwój patogena uzyskiwano tylko przy stałej wysokiej temperaturze (ok. 22°C) otoczenia. Cykl rozwojowy, od wnikięcia zarodnika pływkowego do komórki epidermy żywiciela aż do dojrzewania zarodni letnich (pływkowych), trwa od kilku do kilkunastu dni i zależy od temperatury (Malec, 1983). Według Hartmana (1956), temperatura 22°C jest punktem krytycznym dla rozwoju raka ziemniaka. Optimum temperaturowe dla rozwoju choroby wynosiło 16–17°C. Badania te jednak dotyczyły wpływu temperatury na wystąpienie objawów chorobowych na roślinach ziemniaka w glebie. Dalsze utrzymywanie stałej wysokiej temperatury nie powodowało wtórnych infekcji, gdyż była ona za wysoka dla zarodników pływkowych. Według protokołu diagnostycznego PM 7/28 (OEPP/EPPO, 2004), przedział temperaturowy dla infekcji pływkami grzyba powinien zawierać się w granicach od 8 do 12°C, natomiast wg Malca (1980) infekcję przeprowadzano w temp. 10–15°C. Na tej podstawie wysunięto wniosek, że dobowy rozkład temperatur powinien być zmienny i wynosić od 10–16°C do 22°C (maksymalnie). Taki rozkład temperatur wpływał na przyspieszenie cyklu rozwojowego patogena w zainfekowanych komórkach gospodarza i jednocześnie pozwalał na wtórne infekcje i wzrost narośli rakowych.

Metodę Glynne-Lemmerzahla wykorzystano do przetestowania ponad 1500 bulw 6 rodów hodowlanych. W stopniu I lub II poraziło się 95,9% testowanych bulw (tab. 1). Wyniki te nie tylko potwierdziły podatność testowanych rodów na patotyp D₁, ale również dały pewność, że zastosowana metoda pozwala na wykrycie form podatnych.

Tabela 1

Stopień porażenia kielków (pędów) przez *S. endobioticum* (patotyp D₁) podatnych rodów ziemniaka inokulowanych wg metody Glynne-Lemmerzahla
Proportion of infected sprouts in potato breeding lines susceptible to *S. endobioticum* (pathotype D₁) determined using the Glynne-Lemmerzahl method

Rody hodowlane Breeding lines	Stopnie porażenia Percentage of infection												Suma Total
	0		IV		III		II		I		gnijące kielki rotted sprouts		
	l.b. n.t.	%	l.b. n.t.	%	l.b. n.t.	%	l.b. n.t.	%	l.b. n.t.	%	l.b. n.t.	%	l.b. n.t.
762	0	0,0	0	0,0	0	0,0	4	1,3	300	97,4	4	1,3	308
883	3	0,5	0	0,0	0	0,0	9	1,6	550	95,7	13	2,3	575
1169	0	0,0	0	0,0	0	0,0	20	7,2	251	90,6	6	2,2	277
Z-975742	0	0,0	0	0,0	4	3,8	15	14,4	79	76,0	6	5,8	104
Z-973249	3	2,0	0	0,0	5	3,3	11	7,3	120	79,5	12	7,9	151
Z-992254	0	0,0	0	0,0	0	0,0	12	7,9	131	86,8	8	5,3	151
Suma Total	6	0,4	0	0,0	9	0,6	71	4,5	1431	91,4	49	3,1	1566

l.b. — Liczba testowanych bulw

n.t. — Number of tested tubers

Stwierdzono również, że część kielków była porażona w stopniu III (ok. 0,6%) lub nie poraziła się w ogóle (ok. 0,4%). Taki wynik świadczy o nieprawidłowo przeprowadzonej infekcji i mieści się w granicach błędu technicznego wykonania. Najczęściej jest to

spowodowane nieszczelnością pierścieni i brakiem pomostu wodnego pomiędzy kielkami i sorusami. Zarodniki pływkowe mogą poruszać się tylko w środowisku wodnym i przy braku dostatecznej ilości wody tylko część z nich ma szansę dotrzeć do komórek epidermy gospodarza.

Metoda Speckermanna

Zgodnie z procedurą EPPO (OEPP/EPPO, 2004) wynik porażenia oceniano po 8 tygodniach inkubacji, a ponadto obserwacje prowadzono przez cały okres trwania testu. Pomimo zastosowania pencykuronu (fragmenty bulw inkubowano w atmosferze nasyconej parą wodną i przy względnie wysokiej temperaturze 16°C), w trakcie inkubacji, stwierdzono gnicie kielków. Straty spowodowane gniciem wynosiły od 2,1% (ród Z-973249) do 27,7% (ród Z-992254). Przedwczesne gnicie kielków uniemożliwiało ich ocenę, co jednocześnie ograniczało liczbę ocenianych roślin. Po zakończeniu inkubacji i usunięciu kompostu obserwowano reakcję roślin na kontakt pędów z zarodnikami przetrwalnikowymi *S. endobioticum*. Narośla rakowe rozwijały się na pędach, bulwach, oczkach i liściach. W typie rakowym zakwalifikowano rośliny należące do trzech rodów (762, 883 i 1169). Stanowiły one 1,8% wszystkich testowanych bulw (tab. 2). Dla kolejnych trzech rodów (Z-992254, Z-973249, Z-975742) nie znaleziono objawów porażenia odpowiadających typowi rakowemu. W typie R (słabo odporne) oceniono rośliny pochodzące z wszystkich testowanych rodów. Stanowiły one 23,7% infekowanych fragmentów bulw. Pędy, na których nie znaleziono dojrzałych sorusów stanowiły aż 62,8% bulw z sześciu testowanych rodów. Na pędach tych obserwowano jedynie zmiany nekrotyczne na różnym etapie rozwoju. Otrzymane wyniki wykazały, że wszystkie testowane rody były podatne na *S. endobioticum* (typ rakowy i typ R) jednak narośla rakowe otrzymano tylko na trzech rodach (762, 883 i 1169), a ich wielkość zakwalifikowano do grupy II i III. Duży udział nieporażonych roślin może świadczyć o niskiej zdolności infekcyjnej zarodni przetrwalnikowych grzyba, jak również o zbyt krótkim czasie inkubacji.

Zarodnie przetrwalnikowe wykorzystywane są również do oceny polowej (doniczkowej), gdzie ich liczba w jednostce gleby jest znacznie niższa (ok. 625 zarodni na 1 g gleby) niż w kompoście użytym w teście Speckermanna (ok. 20000 zarodni w 1 g inokulum). Zarodnie przetrwalnikowe mogą przetrwać w glebie w stanie żywym kilkadziesiąt lat i tylko niewielka część z nich kiełkuje w kolejnych latach (Malec, 1979). W zastosowanej metodzie Speckermanna czas inkubacji jest ograniczony tylko do 8 tygodni, gdzie dla porównania w warunkach polowych, okres ten jest znacznie dłuższy i wynosi zwykle kilka miesięcy. Wydłużenie czasu inkubacji prawdopodobnie zwiększyłoby skuteczność testu jednak pociągnęłoby to za sobą również zwiększenie strat spowodowanych gniciem kielków. Okres 8 tygodni może być zbyt krótki do tego, aby odpowiednia ilość zarodni przetrwalnikowych mogła skiełkować. Rak ziemniaka należy do grupy infekcyjnych chorób roślin, u której pojedyncze zarodniki pływkowe, po wnikięciu do komórek gospodarza, nie wywołują objawów choroby. Dla wywołania jawnego zaburzenia w organizmie gospodarza, potrzebna jest duża ilość ognisk infekcji, musi być ona zmasowana (Malec, 1983).

Tabela 2

Stopień porażenia kielków (pędów) przez *S. endobioticum* (patotyp D₁) podatnych linii ziemniaka inokulowanych wg metody Spieckermanna
Proportion of infected sprouts in potato breeding lines susceptible to *S. endobioticum* (pathotype D₁) determined using the Spieckermann test

Rody hodowlane Breeding lines	Poziom porażenia Percentage of infection												Suma Total
	Typ ¹ „ Type ² „		Typ P Type P		Typ F Type F		Typ R Type R		Typ rakowy Wart type		Gnijące fragm. bulw Rotted blocks		
	l.b. n.t.	%	l.b. n.t.	%	l.b. n.t.	%	l.b. n.t.	%	l.b. n.t.	%	l.b. n.t.	%	l.b. n.t.
762	20	45,5	10	22,7	2	4,5	3	6,8	2	4,5	5	11,4	44
883	79	55,2	2	1,4	3	2,1	32	22,4	3	2,1	23	16,1	143
1169	39	58,2	4	6,0	5	7,5	2	3,0	5	7,5	2	3,0	67
Z-975742	0	0,0	46	46,0	0	0,0	50	50,0	0	0,0	4	4,0	100
Z-973249	56	57,7	0	0,0	0	0,0	39	40,2	0	0,0	2	2,1	97
Z-992254	28	27,7	37	36,6	0	0,0	5	5,0	0	0,0	28	27,7	101
Suma Total	222	40,2	99	17,9	10	1,8	131	23,7	10	1,8	64	11,6	552

l.b. — Liczba testowanych bulw

n.t. — Number of tested tubers

Tabela 3

Porównanie metody Glynne-Lemmerzahla z metodą Spieckermanna
The comparison of the Glynne-Lemmerzahl and the Spieckermann methods

Charakterystyka Characteristics	Test Spieckermanna Spieckermann test	Metoda Glynne-Lemmerzahla Glynne-Lemmerzahl method
Inokulum Inoculum	zarodnie przetrwalnikowe winter sporangia	zarodnie letnie summer sporangia
Wymagany czas inkubacji Required time of incubation	8 tygodni 8 weeks	2–2,5 tygodnia 2–2,5 weeks
Efektywność metody Efficiency of method	niska — low	wysoka (ok. 95% porażonych roślin na rakopodatnych rodach hodowlanych) high (about 95% of infected plants in susceptible breeding lines)
Minimalna wymagana liczba bulw dla uzyskania ostatecznego wyniku Number of tubers per sample (minimum)	ok. 54 — about 54	ok. 42–45 (w trzech powtórzeniach) about 42–45 (3 replications)
Materiałochłonność Expenditure of material	względnie niska relatively low	względnie wysoka relatively high
Pracochłonność Expenditure of work	niska — low	bardzo wysoka very high
Nakłady finansowe Expenditure of money	niskie — low	wysokie high

Miarą skuteczności metody Glynne-Lemmerzahla i Spieckermanna, dla potrzeb testów masowych, jest ich efektywność, bowiem prawidłowa ocena rakoodporności ma najważniejsze znaczenie. Wykorzystanie jednak do infekcji różnych stadiów rozwojowych patogena (zarodnie letnie lub przetrwalnikowe) ma swoje konsekwencje w metodyce, nakładach oraz planowaniu pracy. W tabeli 3 przedstawiono w skrótovej formie najważniejsze elementy charakteryzujące te dwie metody.

WNIOSKI

1. Zastosowanie metody Glynne-Lemmerzahla pozwala na precyzyjną ocenę laboratoryjną testowanych linii, a w konsekwencji eliminację rakopodatnych rodów. Metoda ta jednak wymaga znacznie większych nakładów pracy i wyższych kosztów dla potrzeb testów masowych.
2. Zastosowanie metody Spieckermanna jest tańsze i prostsze w wykonaniu. Stwarza jednak ryzyko słabszej oceny i braku eliminacji wszystkich rakopodatnych rodów.

LITERATURA

- Baayen R. P., Bonthuis H., Withagen J. C. M., Wander J. G. N., Lamers J. L., Meffert J. P., Cochius G., van Leeuwen G. C. M., Hendriks H., Heerink B. G. J., van den Boogert P. H. I. F., van de Griend P., Bosch R. A. 2005. Resistance of potato cultivars to *Synchytrium endobioticum* in field and laboratory tests, risk of secondary infection, and implications for phytosanitary regulations. EPPO Bulletin 35: 2 — 23.
- Dyrektywa Rady 2000/29/WE z dnia 8 maja 2000 r. w sprawie środków fitosanitarnych przeciwko wprowadzeniu na obszar Wspólnoty organizmów szkodliwych dla roślin lub produktów roślinnych i przeciwko ich rozprzestrzenianiu się na obszarze Wspólnoty (Dz. Urz. WE L 169, 10.07.2000, z późn. zm.).
- Dyrektywa Rady nr 69/464/EEC z dnia 8 grudnia 1969 roku w sprawie zwalczania raka ziemniaka (Dz. Urz. WEL 323, 24.12.1969).
- Glynne M. D. 1925. Infection experiments with wart disease of potato *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. Annals of Applied Biology 12: 34 — 60.
- Hartman, R.E. 1956. Potato wart eradication program in Pennsylvania. American Potato Journal. 32:317 — 326.
- Lemmerzahl J. 1930. Neues vereinfachtes Infektionsverfahren zur Prüfung von Kartoffelsorten auf Krebsfestigkeit. Züchter 2: 799 — 297.
- Malec K. 1972. Zmiany w metodyce badania rakoodporności materiałów hodowlanych ziemniaka. Biul. Inst. Ziemn. 10: 5 — 10.
- Malec K. 1979. Żywotność przetrwalnikowych zarodni grzyba *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. w glebie w naturalnych warunkach. Biul. Inst. Ziemn. 23: 87 — 95.
- Malec K. 1980. Metodyka badania rakoodporności materiałów hodowlanych ziemniaka stosowana w Samodzielnej Pracowni Badania Odporności na Choroby i Szkodniki Kwarantannowe Instytutu Ziemniaka. Biul. Inst. Ziemn. 25: 125 — 139.
- Malec K. 1983. Rak ziemniaka (*Synchytrium endobioticum* /Schilb./Perc.). Z prac Instytutu Ziemniaka, Bonin 1983.
- Malec K., Lubiewska E. 1979. Zmiany w metodyce badania rakoodporności materiałów hodowlanych ziemniaka. Biul. Inst. Ziemn. 23: 79 — 85.
- Noble M., Glynne M. D. 1970. Wart disease of potatoes. FAO Plant Protection Bulletin 18: 125 — 135.
- OEPP/EPPO. 1999. EPPO Standards PM 3/59 *Synchytrium endobioticum*: soil tests and rescheduling of previously infested plots. EPPO Bulletin 29: 225 — 231.
- OEPP/EPPO. 2004. EPPO Standards PM 7/28 *Synchytrium endobioticum*. EPPO Bulletin 34: 155 — 157.
- Pratt MA. 1976. A wet-sieving and flotation technique for the detection of resting sporangia of *Synchytrium endobioticum* in soil. Annals of Applied Biology 82: 21 — 29.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 28 stycznia 2005 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych sposobów postępowania przy zwalczaniu i zapobieganiu rozprzestrzenianiu się grzyba *Synchytrium endobioticum* (Dz. U. nr 27, poz. 226).
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 5 października 2005 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych sposobów postępowania przy zwalczaniu i zapobieganiu rozprzestrzenianiu się grzyba *Synchytrium endobioticum* (Dz. U. nr 207, poz. 1737).

- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 5 sierpnia 2004 r. w sprawie szczegółowych sposobów postępowania przy zwalczaniu i zapobieganiu rozprzestrzeniania się grzyba *Synchytrium endobioticum* (Dz. U. nr 183, poz. 1891).
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 5 sierpnia 2006 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych sposobów postępowania przy zwalczaniu i zapobieganiu rozprzestrzeniania się grzyba *Synchytrium endobioticum* (Dz. U. nr 148, poz. 1072).
- Spieckermann A., Kothoff P. 1924. Die Prüfung von Kartoffeln auf Krebsfestigkeit. Dtsch. Landwirts. Press 51 (11): 114 — 115.

ZBIGNIEW CZERKO

Zakład Przechowalnictwa Ziemniaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Jadwisin

Straty podczas przechowywania ziemniaków w przechowalni z nawilżaniem i bez nawilżania

Losses in potato tubers stored in a storehouse with or without a humidification system

Porównano 2 przechowalnie z różnymi systemami wentylacji pod względem utrzymania parametrów termiczno-eksploatacyjnych oraz powstawania strat przechowalniczych w przechowalni o składowaniu luzem bez nawilżania oraz luzem z systemem nawilżania. W obu przechowalniach była utrzymywana temperatura na poziomie 8°C w długotrwałym okresie przechowywania. System wentylacji w obu przechowalniach pracował średnio 5,0 h/dobę. Niższa wartość deficytu prężności pary wodnej (WVPD) była w przechowalni z nawilżaniem. Porównano straty przechowalnicze powstałe w wyniku chorób i ubytków naturalnych. Wyższe ubytki naturalne były w przechowalni o składowaniu luzem bez nawilżania w porównaniu do przechowalni o składowaniu luzem z nawilżaniem, odpowiednio 4,9% i 4,0%. Gnicie ziemniaków w wyniku rozwoju mokrej zgnilizny wystąpiło w obu przechowalniach tylko w górnej części pryzmy (0,5%), i nieznacznie większe było w przechowalni z nawilżaniem.

Słowa kluczowe: nawilżanie, przechowalnie, straty przechowalnicze, ziemniak

A rate of losses in potato tubers stored in bulk in a storehouse supplied with a humidification system was compared with that recorded for tubers kept in a storehouse without such a system. In both storehouses the tubers were stored for a long time at 8°C, with a ventilation system working, on average, for 5 hours a day. Water vapour pressure deficit (WVPD) in the storehouse with a humidification system was smaller than that in the storehouse without humidification. Natural losses in tubers kept in the storehouse with humidification were lower than those in tubers kept in the storehouse without a humidification system (4.0% and 4.9%, respectively). In both storehouses the losses (c. 0.5%) caused by diseases (soft rot) occurred in the upper part of the pile only. These were slightly greater in the humidified storehouse.

Key words: humidification, losses, potato, storehouse

WSTĘP

Ograniczanie strat ziemniaków w czasie przechowywania zależy od możliwości stworzenia korzystnych warunków mikroklimatycznych w różnych typach przechowalni. Głównymi czynnikami, które wpływają na poziom strat są temperatura i wilgotność

panująca w przechowalni oraz intensywność przepływu powietrza wokół ziemniaków. Wysokość temperatury przechowywanych ziemniaków wpływa przede wszystkim na intensywność oddychania ziemniaków, zaś wilgotność otaczającego powietrza wpływa na intensywność odparowania wody z bulwy. Intensywność przepływu powietrza decyduje o tempie osuszania bulw, które może zapobiec rozwojowi chorób, ale także może zwiększyć parowanie wody z bulw przyczyniając się do wzrostu ubytków naturalnych.

Urządzeniem technicznym zapewniającym odpowiednie warunki przechowywania jest system wentylacji. Rozwiązanie systemu wentylacji a szczególnie możliwość nawilżania wentylowanego powietrza wpływa na straty podczas przechowywania.

Celem badań była ocena strat ziemniaków w przechowalni o składowaniu luzem przy wykorzystaniu do wentylacji powietrza atmosferycznego oraz o składowaniu luzem z systemem wentylacji z nawilżaniem powietrza.

MATERIAŁY I METODY

Do badań wykorzystano 2 typy przechowalni:

A. — przechowalnia o składowaniu luzem na wysokość 4,5 m, system wentylacji przepływowy z dawką wentylacyjną $120 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{t}^{-1}$ z nawilżaniem powietrza. Wentylowane powietrze przepływa przez zwilżone filtry, a następnie rozprowadzone jest do kanałów wentylacyjnych,

B — przechowalnia o składowaniu luzem o tych samych parametrach technicznych jak poprzednia bez nawilżaniem powietrza.

W przechowalniach w długotrwałym okresie przechowywania utrzymywana była temperatura ziemniaków wymagana dla przetwórstwa (8°C).

Doświadczenie przeprowadzono w dwóch sezonach przechowalniczych 2004/05 i 2005/06. Do oceny strat przygotowano próby 2 odmian: Krasa i Velox, po 10 kg ziemniaków w 3 powtórzeniach dla każdej kombinacji (dwie przechowalnie na górze i dole przyzmy). Do prób zostały wybrane ziemniaki zdrowe o średniej wielkości. Próby zostały rozwieszone do badanych przechowalni na początku października i umieszczone w odpowiednich miejscach na dole przy kanale wentylacyjnym i na wierzchu przyzmy (głębokość 0,3 m). Stabilne warunki termiczno-wilgotnościowe w przechowalniach osiągnięto przez zastosowanie komputerowego systemu sterowania, na którym mierzone były podstawowe parametry wentylacyjne. Ziemniaki w czasie przechowywania były zaprawiane środkiem przeciw kiełkowaniu Luxan Gro Stop 300 HN.

Po okresie przechowywania, po 6 miesiącach próby zostały ocenione pod względem ubytków naturalnych i chorób. Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji a istotność weryfikowano testem t — Studenta.

WYNIKI I DYSKUSJA

Systemy wentylacyjne w przechowalniach służą do odprowadzania ciepła powstającego podczas oddychania bulw oraz utrzymania wymaganej temperatury i wilgotności. W obu przechowalniach stosowany jest przepływowy system wentylacji,

który charakteryzuje się krótszym dobowym czasem wentylacji niż system stosowany w przechowalniach o składowaniu w paletach skrzyniowych (Leppack, 1991; Czerko, 2004). W badanych przechowalniach dobowy czas wentylacji wynosił 5,0 godzin (tab. 1).

Tabela 1

Ogólne dane o badanych przechowalniach i warunkach przechowywania
Characteristics of the storehouses and storage conditions

Typ przechowalni Storehouse type	Dawka wentylacyjna $\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ Rate of ventilation	Wysokość i sposób składowania High of pile	Średni dobowy czas wentylacji (h/day) Average daily time of ventilation	Średnia temperatura Average temperature (°C)		Średnia wilgotność Average humidity (% Rh)		Średnie Average WVPD (hPa)	
				góra upper part	dół bottom part	góra upper part	dół bottom part	góra upper part	dół bottom part
Przechowalnia przepływowa z nawilżaniem — A Forced vent. and humidifier — A	120	luzem bulk - 4,5 m.	5,0	9,8	8,4	96	90	0,48	1,10
Przechowalnia przepływowa bez nawilżania — B Forced vent. and humidifier — B	120	luzem; bulk - 4,5 m	5,0	9,8	8,4	97	95	0,36	0,55

Średnie temperatury w całym sezonie przechowalniczym w dwóch badanych przechowalniach były na podobnym poziomie. Różnice między temperaturą na górze i na dole przyzmy nie były duże i wynosiły $1,4^{\circ}\text{C}$, czyli $0,3^{\circ}\text{C}$ na jeden metr wysokości przyzmy. Małą różnicę temperatury między górą i dołem przyzmy osiągnięto stosując wentylację obiegową po zakończeniu wentylacji schładzającej.

Wystąpiły duże różnice wilgotności powietrza między przechowalniami z systemem wentylacji z nawilżaniem i bez nawilżania. Wilgotność powietrza w przechowalni, w której wykorzystywano do wentylacji tylko powietrze atmosferyczne wynosiła 90% Rh na dole przyzmy i 96% RH w górnej części przyzmy.

Wilgotność powietrza w przechowalni o składowaniu luzem z systemem nawilżającym była wysoka i wynosiła 95% Rh na dole przyzmy i 97% Rh na górze przyzmy. Odpowiednio do przebiegu temperatury i wilgotności w poszczególnych przechowalniach układał się niedosyt prężności pary wodnej (WVPD), który ma bezpośredni wpływ na wielkość ubytków naturalnych. Mała różnica (WVPD) wystąpiła między przechowalniami w górnej części przyzmy (WVPD = 0,48 hPa w przechowalni bez nawilżania i WVPD = 0,36 hPa w przechowalni z nawilżaniem), natomiast duża różnica w wartościach WVPD wystąpiła między przechowalniami w dolnej części przyzmy (bez nawilżania 1,10 hPa i z nawilżaniem 0,55 hPa).

Ubytki naturalne średnie dla 2 odmian przez 6 miesięcy przechowywania (tab. 2) w przechowalni z systemem wentylacji z nawilżaniem były niższe niż w przechowalni bez nawilżania i wynosiły odpowiednio 4,0% i 4,9%.

Ubytki naturalne w próbach umieszczonych na dole i na górze pryzmy były różne w poszczególnych przechowalniach. W przechowalni o składowaniu luzem z nawilżaniem i bez nawilżania większe ubytki naturalne wystąpiły na dole, a mniejsze na górze. Różnice jednak nie były istotne. Większe ubytki naturalne związane były przede wszystkim z niższą wilgotnością podczas wietrzenia w dolnej niż w górnej części pryzmy. Hunter (1983) podaje, że wilgotność powietrza w pryzmie ziemniaków podczas wietrzenia powietrzem o wilgotności niższej niż równowagowa wzrasta od dołu w kierunku wierzchu pryzmy. Nawet powietrze nawilżone do 95% Rh podczas wietrzenia daje większy deficyt prężności pary wodnej niż wilgotność w środku pryzmy (będąca w stanie równowagowym po zaprzestaniu wietrzenia). Podobny obraz ubytków naturalnych otrzymano w poprzednich latach z innymi odmianami (Czerko, 2004).

Tabela 2

Straty ziemniaków (%) w przechowalni z nawilżaniem i bez nawilżania w górnej i dolnej części pryzmy
Losses of potatoes (%) kept in the storehouse with or without a humidifier recorded in the upper and bottom part of a pile

Warianty doświadczenia Experimental variants			Ubytki naturalne Natural losses	Suma chorób Sum of diseases	Kielki Sprouts	Suma strat Total losses
Przechowalnia z nawilżaniem — A Storehouse with humidifier — A	góra	Krasa	3,2	1,0	0,2	4,4
	upper	Velox	4,2	1,0	0,2	5,4
	dół	Krasa	3,7	0,0	0,0	3,7
	bottom	Velox	5,0	1,0	0,0	6,0
Przechowalnia bez nawilżania — B Storehouse without humidifier — B	góra	Krasa	4,0	0,6	0,0	4,6
	upper	Velox	5,4	1,0	0,0	6,4
	dół	Krasa	4,7	0,0	0,0	4,7
	bottom	Velox	5,8	0,6	0,0	6,4
Średnia		A	4,0	0,8	0,1	4,9
Average		B	4,9	0,6	0,0	5,5
Średnia dla poziomów		góra; upper	4,2	0,9	0,1	5,2
Average for levels		dół;bottom	4,8	0,4	0,0	5,2
Średnia dla odmian		Krasa	3,9	0,4	0,1	4,4
Average for cultivars		Velox	5,1	0,9	0,1	6,1
NIR dla sposobów nawilżania, poziomów i odmian LSD for kind of humidification, levels and cultivars			0,7	0,8	0,1	1,4

Straty w wyniku rozwoju chorób przechowalniczych były małe (0,6–0,8%), i nie różniły się istotnie między przechowalniami z nawilżaniem i bez nawilżania (tab. 2). Rozpatrując rodzaj zgnilizn zauważa się istotnie wyższe porażenie mokrą zgnilizną w górnej części przechowalni (tab. 3). Porażenie suchą i mieszaną zgnilizną było bardzo małe w obu przechowalniach (0,1–0,2%) i nie różniło się istotnie między przechowalniami. W wielu badaniach wpływ podwyższonej wilgotności powietrza w przechowalni nie powodował wzrostu porażenia chorobami przechowalniczymi lub powodował wzrost porażenia mokrą zgnilizną. Sparks i Sumers (1974) wykazali niewielki wpływ wilgotności (w zakresie 85–95% Rh) na porażenie przez choroby. Rasmussen (1987) wprowadzając do przechowalni nawilżanie nie zaobserwował wzrostu strat wywołanych przez rozwój chorób gnilnych. Czerko (2004) porównując przechowalnię

o składowaniu luzem z nawilżaniem i bez nawilżania wykazał istotnie wyższe porażenie mokrą zgnilizną w przechowalni wyposażonej w systemem nawilżania powietrza.

Tabela 3

Porażenie ziemniaków mokrą, suchą i mieszaną zgnilizną (%) w przechowalni z nawilżaniem i bez nawilżania w górnej i dolnej części pryzmy
Tuber infestation with soft rot and dry rot alone and in a mixture in the upper and bottom part of a pile in a storehouse with or without a humidification system

Badane cechy Investigated characteristics			Mokra zgnilizna Soft rot	Sucha zgnilizna Dry rot	Mieszana zgnilizna Mix rot
Przechowalnia z nawilżaniem — A Storehouse with humidifier — A	góra	Krasa	0,7	0,2	0,1
	upper	Velox	0,6	0,5	0,0
	dół	Krasa	0,0	0,0	0,0
	bottom	Velox	0,0	0,2	0,9
Przechowalnia bez nawilżania — B Storehouse without humidifier — B	góra	Krasa	0,5	0,0	0,1
	upper	Velox	0,2	0,2	0,6
	dół	Krasa	0,0	0,0	0,0
	bottom	Velox	0,0	0,5	0,2
Średnia		A	0,3	0,2	0,3
Average		B	0,2	0,2	0,2
Średnia dla poziomów		góra; upper	0,5	0,2	0,2
Average for levels		dół; bottom	0,0	0,2	0,3
Średnia dla odmian		Krasa	0,3	0,0	0,1
Average for cultivars		Velox	0,2	0,3	0,4
NIR dla sposobów nawilżania, poziomów i odmian			0,3	0,3	0,5
LSD for kind of humidification, levels and cultivars					

Rozwój suchej zgnilizny w przechowalni występuje na bulwach uszkodzonych i przechowywanych w wysokiej temperaturze, także intensywna wentylacja w przechowalni ma stymulujący wpływ na rozwój tej choroby. Brazda (1969) zaobserwował większe porażenie suchą zgnilizną w przechowalni z intensywną wentylacją mechaniczną niż przy wietrzeniu grawitacyjnym. Także wyższa temperatura w przedziale temperatur zalecanych do przechowywania sprzyja rozwojowi suchej zgnilizny. Kubicki (1988) na podstawie wieloletnich badań 35 odmian zauważył wzrost porażenia suchą zgnilizną w wyższej temperaturze przechowywania (zakres 2–8°C).

Nieznaczny rozwój kiełków zauważono w przechowalni wyposażonej w system wentylacji z nawilżaniem w górnej części pryzmy na obydwu odmianach mimo stosowania środków przeciw kiełkowaniu (tab. 2). Nie wystąpiło kiełkowanie bulw w przechowalni bez nawilżania i w dolnej części pryzmy przechowalni z nawilżaniem. Odmiana Velox charakteryzowała się większymi ubytkami naturalnymi oraz sumą chorób w porównaniu do odmiany Krasa.

WNIOSKI

1. W przechowalni o składowaniu luzem wyposażonej w system wentylacji z nawilżaniem powietrza ubytki naturalne ziemniaków były mniejsze niż

- w przechowalni bez nawilżania (odpowiednio 4,0 i 4,9%) i większe ubytki wystąpiły w dolnej części pryzmy.
2. Gnicie ziemniaków w wyniku rozwoju mokrej zgnilizny wystąpiło w obu przechowalniach tylko w górnej części pryzmy (0,5%), i nieznacznie większe było w przechowalni z nawilżaniem.
 3. Porażenie suchą i mokrą zgnilizną było na tym samym poziomie w przechowalni wyposażonej w system wentylacji z nawilżaniem jak i bez nawilżania.

LITERATURA

- Brazda G. 1969. Die Abhängigkeit des Belüftungserfolges von der Ausreife der Kartoffeln Soato und Pflanzgut. 7: 122 — 125.
- Burton W. G. 1973. Physiological and biochemical changes in the tuber as affected by storage conditions. Proc. 5th Trien. Conf. EAPR, Norwich: 63 — 81.
- Czerko Z. 2004. Porównanie strat w ziemniakach przechowywanych w komorach z systemem wentylacji z nawilżaniem i bez nawilżania. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 500: 433 — 438.
- Hunter J. H. 1983. External heat and moisture balance for potato storage. Am. Soc. Agri. Engin. Paper 83 — 4081.
- Kubicki K. 1988. Biologiczne i techniczne uwarunkowania przechowywania ziemniaków. PWN, Warszawa.
- Leppack E. 1991. Versuche zur Kartoffellagerung KTBL — Versuchstation Dethlingen. Jahresbericht 1990/91: 18 — 24
- Rasmussen R. 1987. Effect of moistening of the ventilating air in older bin store houses with aisle. 10th Trien. Conf. EAPR Aalborg-Denmark: 341 s.
- Sparks W. C., Summers L. V. 1974. Potato weight losses quality changes and cost relationships during storage. Idaho, Agric. Ex. Stat. Bull. 535: 14 s.

JANUSZ PRUSIŃSKI

TOMASZ OLACH

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Plonowanie fasoli szparagowej (*Phaseolus vulgaris* L.) w zależności od intensywności technologii uprawy

Część I. Wysokość i jakość plonu strąków

Snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yielding affected by intensity of cultivation technology

Part I. Pod yielding and quality

Ścisłe dwuczynnikowe doświadczenie polowe w układzie losowanych podbloków wykonano w gospodarstwie rolnym w miejscowości Bodzanówek w latach 2001–2003. Czynnikiem pierwszym były cztery technologie uprawy fasoli: ekstensywna, integrowana, umiarkowanie intensywna i intensywna różniące się wykorzystaniem przemysłowych środków produkcji, a drugi czynnik stanowiły trzy odmiany fasoli szparagowej — Bona, Madera i Presenta. Każde zwiększanie intensywności technologii uprawy fasoli wpływało na istotny wzrost plonu świeżych strąków, zwłaszcza w warunkach niższej sumy opadów w okresie wegetacji roślin. Plon świeżej masy strąków fasoli uprawianej w technologii integrowanej osiągnął 84% poziomu plonów z technologii umiarkowanie intensywny i 65% z technologii intensywny. Porównywane odmiany fasoli szparagowej nie różniły się plennością ani swoistą reakcją na zaangażowanie przemysłowych środków produkcji. Różnice w składzie chemicznym strąków badanych odmian dotyczyły tylko zawartości azotanów. Wzrastającej sumie opadów w okresie rozwoju generatywnego roślin towarzyszył spadek zawartości N w strąkach; w tych warunkach akumulacji azotanów w strąkach sprzyjały też rosnące dawki azotu, przy czym średnia zawartość azotanów w świeżych strąkach fasoli w żadnej z zastosowanych technologii nie przekraczała obowiązujących norm.

Słowa kluczowe: fasola szparagowa, intensywność technologii uprawy

The exact 2-factor field experiment was carried out, in split-plot design, on the farm at Bodzanówek in the years 2001–2003. The first factor was four bean cultivation technologies: extensive, integrated, semi-intensive and intensive. The snap bean cultivars: Bona, Madera and Presenta constituted the second factor. Each time when the intensity of cultivation technology was increased, a significant increase in fresh pod yield was recorded, especially when accompanied by lower rainfall over vegetation period. The yield of fresh pods obtained in the integrated technology was as much as 84% of the yields recorded in the semi-intensive and 65% in intensive technologies. The cultivars tested differed neither in productivity nor in their specific reaction to the involvement of industrial production

means. Differences in the chemical composition of pods of the cultivars concerned the content of nitrates only. An increasing total rainfall over generative development of plants coincided with a decreased content of N in pods; under these conditions the accumulation of nitrates in pods was enhanced by increasing N doses, however the average content of nitrates in fresh snap bean pods did not exceed the applicable standards in any of the technologies used.

Key words: snap bean, intensity of cultivation technologies

WSTĘP

Warunki agroklimatyczne Polski sprzyjają uprawie fasoli na zielony strąk na terenie całego kraju. Średnie potencjalne plony świeżych strąków wynoszą $14 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Milczyńska, 2002), a w praktyce rolniczej nie przekraczają $7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (FAOSTAT, 2005). Podobnie jak inne gatunki roślin strączkowych, fasola wykazuje silne zróżnicowanie plonowania wynikające z przebiegu warunków atmosferycznych, głównie rozkładu i sumy opadów oraz temperatury powietrza, zwłaszcza w okresie kwitnienia i dojrzewania (Szyrmer i in., 1992) oraz efektywności symbiozy (Jensen, 1986; Piha i Munns, 1987; Strzelec, 1988). Wysoka temperatura powietrza negatywnie oddziałuje na wzrost i plonowanie roślin, natomiast chłody w okresie kwitnienia zmniejszają zdolność rozwoju załężni, co wpływa na ograniczenie liczby strąków na roślinie (Graham i Ranalli, 1997).

Na plonowanie fasoli wpływa szereg czynników takich jak warunki glebowe i przebieg pogody w okresie wegetacji (Szyrmer i in., 1992; Dorna i Duczmal, 1994; Górna i Maskalaniec, 1994) oraz intensywność zastosowanych technologii uprawy, w tym głównie wykorzystania nawozów mineralnych (Rumpel i in., 1994; Nurzyński, 1999; Rożek, 2000; Sady, 2006) i pestycydów (Chmielowiec, 2003; Dobrzański, 1994; Burnside i in., 1998) o wartości odżywczej strąków fasoli decyduje głównie stopień ich dojrzałości (Kossowski i in., 1979).

Stosowane obecnie w Polsce technologie uprawy głównych ziemiopłodów są silnie zróżnicowane (Prusiński i Skinder, 2002). W trudnej sytuacji ekonomicznej w wielu tzw. gospodarstwach socjalnych dominują technologie ekstensywne. Z dostępnych danych wynika, że średnio w Polsce w zależności od położenia od kilku (województwo kujawsko-pomorskie i wielkopolskie) do prawie 50% (województwa śródkowo-wschodnie i południowo-wschodnie Polski) właścicieli gospodarstw nie używa w ogóle nawozów mineralnych i środków ochrony roślin (Buks, 2004). Większość drobnych obszarowo gospodarstw (1–2 ha) nie jest w stanie wygospodarować środków finansowych na zakup przemysłowych środków produkcji — gospodarstwa te stanowią źródło samozaopatrzenia dla rodzin, a plony w nich uzyskiwane są bardzo niskie, w części rekompensowane wiarą właścicieli w ich dobrą jakość ekologiczną.

Hipoteza badań własnych zakłada, że zmniejszenie zaangażowania przemysłowych środków produkcji, głównie nawożenia mineralnego i pestycydów z poziomu technologii intensywnej do integrowanej, pozwoli na uzyskanie nie niższych plonów strąków o wysokiej wartości pokarmowej i bezpiecznej zawartości substancji szkodliwych. Ponieważ przedmiotem badań są odmiany fasoli szparagowej o różnym stopniu intensywności, należy spodziewać się także ich odmiennej reakcji na zastosowane technologie uprawy. Celem badań własnych było porównanie wysokości i jakości plonu strąków trzech

karłowych odmian fasoli, uprawianych według zróżnicowanej pod względem intensywności technologii uprawy. Ponadto, w drugiej części pracy ocenie poddano efektywność rolniczą i ekonomiczną zastosowanych technologii.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe wykonano w gospodarstwie rolnym w miejscowości Bodzanówek (gmina Chocień, województwo kujawsko-pomorskie) w latach 2001–2003. W każdym z lat badań wykonano dwuczynnikowe ściśle doświadczenie polowe w układzie losowanych podbloków w 4 powtórzeniach. Powierzchnia poletek do siewu wynosiła 17,6 m², a do zbioru — 14,4 m².

Czynnikami pierwszymi były cztery technologie uprawy fasoli:

- I — ekstensywna, niskonakładowa, bez wykorzystania przemysłowych środków produkcji (z wyjątkiem zakupu materiału siewnego),
- II — integrowana, przy zaangażowaniu przemysłowych środków produkcji w zależności od zapotrzebowania roślin na składniki pokarmowe i zabiegi ochronne stosowane interwencyjnie,
- III — umiarkowanie intensywna, przy zaangażowaniu przemysłowych środków produkcji na dość wysokim poziomie,
- IV — intensywna, charakteryzująca się bardzo dużym zaangażowaniem przemysłowych środków produkcji.

Szczegółowy opis zastosowanych technologii uprawy fasoli przedstawiono w tabeli 1.

Czynnik drugi stanowiły trzy zielonostrąkowe odmiany fasoli szparagowej o zróżnicowanym pochodzeniu i stopniu intensywności (Milczyńska, 2002): Bona — tradycyjna polska odmiana zarejestrowana w 1988 roku, Madera — intensywna odmiana wpisana do rejestru w 1998 roku, oraz Presenta — intensywna odmiana zagraniczna w krajowym rejestrze od 1994 roku.

W okresie wegetacji roślin notowano daty pojawienia się kolejnych faz rozwojowych, a także oznaczono:

- z 20 roślin każdego poletka — liczbę oraz świeżą i suchą masę strąków z jednej rośliny,
- z 10 roślin każdego poletka — ich brodawkowanie w fazie pełni kwitnienia; suchą masę brodawek korzeniowych oznaczono po wysuszeniu w temperaturze 80°C,
- zachwaszczenie poletek przed zbiorem — w skali 5-stopniowej,
- zdrowotność 10 losowo wybranych roślin z każdego poletka dla których określono indeks porażenia antraknozą i bakteriozą wg wzoru Townsenda-Heubergera (Wenzel, 1948),
- plon świeżej i suchej masy strąków.

Tabela 1

Technologie zastosowane w uprawie fasoli szparagowej
Snap bean cultivation technologies studied

Zabiegi agrotechniczne Treatments	Technologia — Technology			
	I ekstensywna extensive	II integrowana integrated	III umiarkowanie intensywna semi- intensive	IV intensywna intensive
Przygotowanie materiału siewnego Seed treatment	Niezaprawiany No dressing	Zaprawiany wg UPS za pomocą bzt i biohumusu Dressing acc. to UPS with bzt and biohumus	Zaprawiany Sarfunem T 65 DS. Dressing with Sarfun T 65 DS	Zaprawiany Sarfunem T 65 DS i Marshalem 250 DS. Dressing with Sarfun T 65 DS and Marshal 250 DS.
Zwalczanie chwastów Weed control	Pielnik 2–3× po wschodach Tweed-hook 2–3 times after emergence	Pielnik 2× po wschodach + Basagran 600 SL Tweed-hook 2 times after emergence + Basagran 600 SL	Triflurotox 250 EC przed siewem, pielnik 1 x po wschodach + Basagran 600 SL Triflurotox 250 EC before sowing, tweed- hook after emergence + Basagran 600 SL	Triflurotox 250 EC przed siewem, pielnik 1× po wschodach + Basagran 600 SL + Targa 10 EC Triflurotox 250 EC before swing, weed-hook after emergence + Basagran 600 SL + Targa 10 EC
Nawożenie Fertilization	N - 0 kg, Nitragina, P i K wg średniego zużycia w Polsce N - 0 kg, Nitragine, P, K as average in Poland	N - 30 kg przed siewem, Nitragina, P, K wg zasobności gleby dla plonu osiągalnego 10 t ^{ha} ⁻¹ (świeżych strąków) N - 30 kg before sowing, Nitragine, P, K as for yield 10 t ^{ha} ⁻¹ of fresh pods, considering soil reserves	N - 60 kg z podziałem: 30 kg przed siewem i 30 kg po wschodach, P - 80, K - 160 kg ha ⁻¹ N - 60 kg N - 60kg before sowing, 30 kg after emergence P - 80 and K - 160 kg ha ⁻¹	N - 90 kg z podziałem: 30 kg przed siewem, 30 kg po wschodach, 30 kg na początku pąkowania, P - 80, K - 160 kg ha ⁻¹ N - 90 kg before sowing, 30 kg after emergence, 30 kg at beginning of budding, P - 80 and K - 160 kg ha ⁻¹
Dokarmianie dolistne Foliar fertilization	Bez dokarmiania N Without N	8% mocznik z 5% MgSO ₄ + 3 dm ³ ·ha ⁻¹ Ekolistu na początku kwitnienia 8% urea + 5% MgSO ₄ + 3 dm ³ ·ha ⁻¹ of Ekolist at beginning of flowering	8% mocznik z 5% MgSO ₄ + 6 dm ³ ·ha ⁻¹ Ekolistu na początku kwitnienia 8% urea + 5% MgSO ₄ + 6 dm ³ ·ha ⁻¹ of Ekolist at beginning of flowering	8% mocznik z 5% MgSO ₄ + 9 dm ³ ·ha ⁻¹ Ekolistu na początku kwitnienia 8% urea + 5% MgSO ₄ + 9 dm ³ ·ha ⁻¹ of Ekolist at beginning of flowering
Chemiczna ochrona roślin Chemical plant control	Bez ochrony None	Dwa zabiegi przeciwko sprawcom chorób grzybowych i/lub bakteryjnych i jeden zabieg przeciwko szkodnikom po wystąpieniu pierwszych objawów Two treatments against diseases and one against pests, after first symptoms	Trzy zabiegi przeciwko sprawcom chorób grzybowych i/lub bakteryjnych i jeden zabieg przeciwko szkodnikom Three treatments against diseases and one against pests	Cztery zabiegi przeciwko sprawcom chorób grzybowych i/lub bakteryjnych i dwa zabiegi przeciwko szkodnikom Four treatments against diseases and two ones against pests

UPS — Uprawa przyjazna środowisku; Environment friendly technology
bzt — Bezpestycydowa zaprawa tłuszczowa; No pesticide oil seed dressing

Doświadczenia przeprowadzono na glebie biellicowej, kategorii agronomicznej — gleba
średnia o średniej zasobności w P i wysokiej lub średniej w K; odczyn gleby poza 2001

rokiem był optymalny dla fasoli. Potencjalnie dostępna ilość N mineralnego (Fotyma i in., 1998) w glebie przed siewem fasoli wyliczona na podstawie sumy N-NO_3 i N-NH_4 w profilu 0–30 cm wynosiła w kolejnych latach badań 46,2, 39,9 i 37,2 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, a w profilu 30–60 cm –22,0, 10,4 i 23,7 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Przedplonem fasoli we wszystkich latach badań była pszenica ozima. Nasiona wysiewano 12., 14. i 19. maja na głębokość 3–4 cm, w 45 cm rozstawie rzędów zakładając obsadę 50 roślin na 1 m^2 .

Zbiór strąków fasoli szparagowej polegał na ich ręcznym jednorazowym zerwaniu. W strąkach oznaczono zawartość podstawowych składników pokarmowych, tj. białka metodą Kjeldahla, włókna surowego zmodyfikowaną metodą Hanneberga i Stohmanna, popiołu surowego metodą spalania na sucho w temperaturze 600°C, P i Mg metodą kolorymetryczną, K i Ca metodą fotometrii płomieniowej, a azotanów metodą potencjometryczną z siarczanem miedzi (Nowosielski, 1974). Analizy chemiczne gleby i materiału roślinnego wykonano w Stacji Chemiczno-Rolniczej oraz w laboratorium Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy.

W opracowaniu statystycznym wyników zastosowano analizę wariancji dla układu split-plot, wykorzystując programy ANW i ANE z Zakładu Ekonomiki Produkcji Rolniczej ATR oraz STATISTICA®. Istotność różnic określano testem Tukeya przy $\alpha = 0,05\%$.

Średnie miesięczne temperatury powietrza i sumy opadów w latach badań zestawiono na podstawie danych pochodzących ze stacji meteorologicznej SDOO Głodowo k. Lipna (tab. 2). W okresie badawczym wystąpiły trzy lata o temperaturze wyższej i jeden rok o opadach wyższych niż średnie z wielolecia (1967–2002). Suma opadów w okresie wegetacji fasoli szparagowej wynosiła w kolejnych latach badań odpowiednio — 286, 211 i 203 mm. Najcieplejszy był okres wegetacji w 2002 roku, a najchłodniejszy — w 2001 roku.

Tabela 2

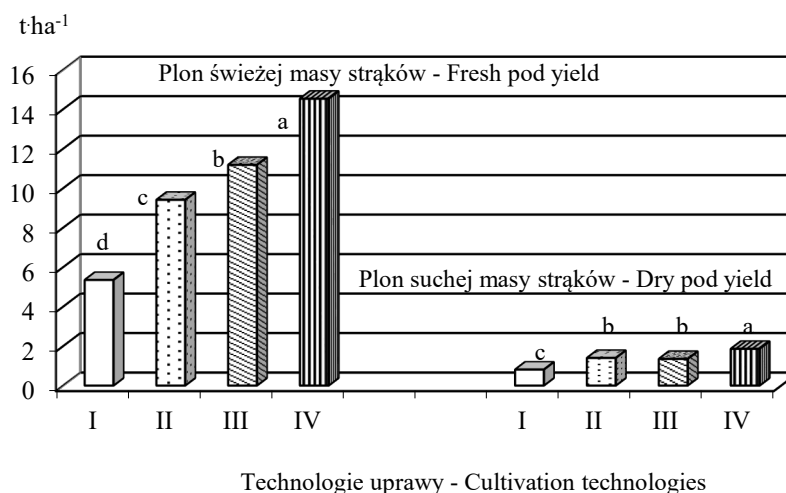
Średnia dobową temperatura powietrza i sumy opadów według notowań SDOO w Głodowie
Mean air temperature and rainfall according to the Głodowo Experiment Station for Cultivar Testing

Lata Years	Miesiąc — Month			
	V	VI	VII	VIII
Temperatura powietrza — Air temperature, °C				
2001	13,2	14,3	20,1	18,9
2002	16,8	17,1	20,0	20,5
2003	14,8	17,4	19,5	18,3
Średnia w latach 1967–2003 Mean for 1967–2003	13,1	16,0	17,5	17,1
Suma opadów atmosferycznych — Rainfall, mm				
2001	52,4	102,6	148,2	46,1
2002	54,8	61,1	95,1	19,9
2003	59,3	45,4	148,1	34,6
Średnia suma w latach 1967–2003 Mean rainfall for 1967–2003	58,2	85,8	86,3	61,6

WYNIKI

W technologii integrowanej we wszystkich latach badań obserwowano niewielkie opóźnienie terminu wschodów, średnio o 2–3 dni w stosunku do pozostałych technologii. Podobnie w latach 2001 i 2003 odnotowano kilkudniowe przedłużenie kwitnienia i zawiązania strąków fasoli uprawianej w technologii umiarkowanej intensywnej i intensywnej. W rozwoju roślin różnice międzyodmianowe odnotowano dopiero w fazie kwitnienia; najwcześniej zakończyły kwitnąć rośliny ekstensywnej odmiany Bona, a z 2–3-dniowym opóźnieniem intensywnych odmian Madera i Presenta. Dojrzałość strąków do zbioru u tradycyjnej odmiany Bona stwierdzono średnio po 73 dniach, natomiast intensywnych odmian Madera i Presenta po 75 i 76 dniach od siewu. W kolejnych latach zbiór strąków przypadał w technologii ekstensywnej między 28 a 30, 20 a 22 i 26 a 28 lipca, w pozostałych technologiach między 2 a 6 sierpnia, 22 a 28 lipca oraz 30 lipca a 10 sierpnia.

Fasola szparagowa charakteryzowała się dość dużą zmiennością plonowania. W okresie badań średnie plony świeżych strąków wynosiły od $8,26 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (2001) do $11,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (2002). Istotnie najniższe średnie plony strąków zebrano w technologii ekstensywnej, najwyższe natomiast w technologii intensywnej (rys. 1), przy czym każde zwiększenie zużycia przemysłowych środków produkcji przyczyniało się do istotnego wzrostu ich plonu. Nie stwierdzono różnic w plonie suchej masy strąków uzyskanych w technologii integrowanej i umiarkowanej intensywnej, podobnie jak pomiędzy badanymi odmianami pod względem plonu świeżej i suchej masy (dane niepublikowane).



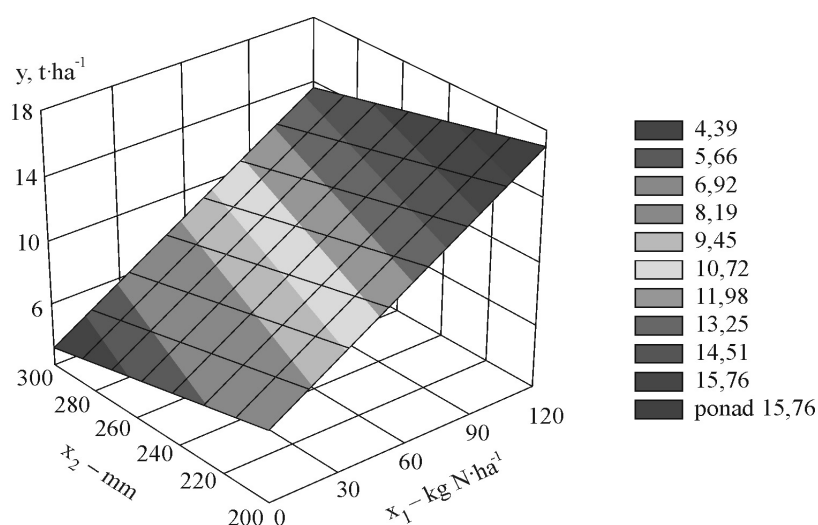
Rys. 1. Plon świeżej i suchej masy strąków fasoli szparagowej w zależności od technologii uprawy
Fig. 1. Fresh and dry pod yield of snap bean depending on the cultivation technology

Plon świeżej masy strąków był istotnie skorelowany z liczbą strąków z jednej rośliny (x_1) i plonem suchej masy strąków (x_2) oraz z zawartością w nich suchej masy (x_3). Równanie regresji dla plonu świeżej masy strąków przyjęło postać: $y = 0,230x_1 + 9,689x_2 - 0,882x_3$, przy $R = 0,941$. Wysokość plonu świeżych strąków zależała też istotnie od ich

świeżej masy na jednej roślinie ($r = 0,511$) i cech morfologicznych — długości ($r = 0,479$) i grubości ($r = 0,427$), a także cech użytkowych strąków — udziału w plonie ogólnym strąków standardowych ($r = 0,682$), dojrzałych ($r = -0,534$), niekształtnych ($r = -0,585$) i chorych ($r = -0,369$). Z kolei plon suchej masy strąków zależał istotnie od zawartości w nich suchej masy (x_1) oraz od długości (x_2) i grubości (x_3) strąków oraz udziału w plonie ogólnym strąków standardowych według równania regresji:

$$y = 0,0660x_1 + 0,2002x_2 + 0,2187x_3 + 0,0288x_4 - 6,070, \text{ przy } R = 0,830.$$

Doglebowe i dolistne zastosowanie N i inne zabiegi agrotechniczne towarzyszące dawkom azotu w miarę intensyfikacji uprawy fasoli w połączeniu z sumą opadów w okresie wegetacji istotnie kształtowały plon świeżej (rys. 2) i suchej (rys. 3) masy strąków przy bardzo wysokich współczynnikach determinacji; w miarę zwiększania dawek N i niższej nieco sumy opadów w okresie od siewu do zbioru strąków obserwowano wzrost plonowania fasoli.

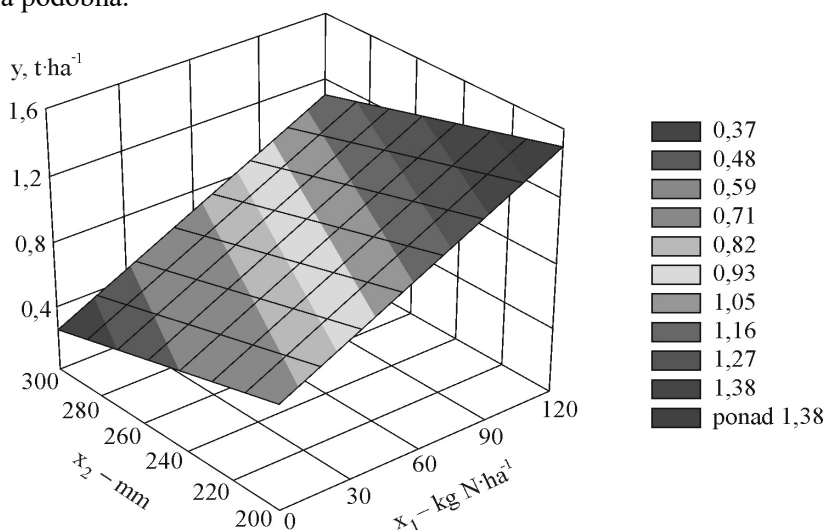


Rys. 2. Wpływ całkowitych dawek N (x_1) i innych towarzyszących im zabiegów agrotechnicznych oraz sumy opadów w okresie wegetacji (x_2) na plon świeżej masy strąków fasoli szparagowej; $y = 0,087x_1 - 0,034x_2 + 13,4$, $R = 0,913$

Fig. 2. Effect of the total N doses (x_1) and other agronomic practices accompanying N fertilization and total rainfall (x_2) over the vegetation period on snap bean fresh pod yield; $y = 0,087x_1 - 0,034x_2 + 13,4$, $R = 0,913$

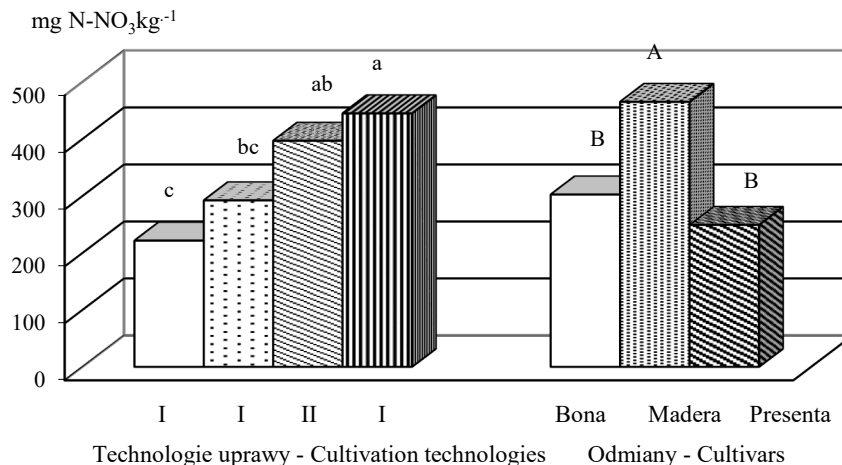
Średnia zawartość azotanów w strąkach fasoli nie była wysoka i wynosiła $339 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$, od $221 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ w technologii ekstensywnej do $445 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ w technologii intensywnej. W technologiach intensywnych stwierdzono statystycznie podobną ich zawartość, podobnie jak w technologii integrowanej i ekstensywnej (rys. 4). Zwiększenie zaangażowania przemysłowych środków produkcji z technologii ekstensywnej do integrowanej oraz z integrowanej do umiarkowanej intensywnej nie różnicowało istotnie zawartości tych związków. Strąki tradycyjnej odmiany Bona i intensywnej odmiany Presenta zawierały statystycznie podobną ilość azotanów, istotnie mniejszą niż

intensywnej odmiany Madera. Mimo istotnego zróżnicowania zawartości azotanów w strąkach badanych odmian, ich reakcja na zwiększenie intensywności technologii uprawy była podobna.



Rys. 3. Wpływ całkowitych dawek N (x_1) i innych towarzyszących im zabiegów agrotechnicznych oraz sumy opadów w okresie wegetacji (x_2) na plon suchej masy strąków fasoli szparagowej; $y = 0,007x_1 - 0,004x_2 + 1,439$, $R = 0,816$

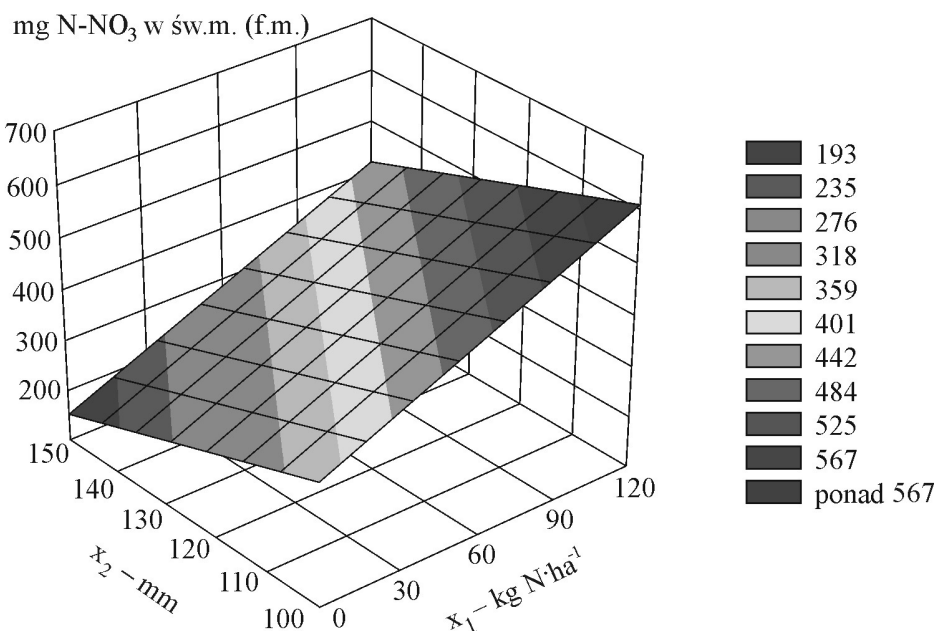
Fig. 3. Effect of the total N doses (x_1) and other agronomic practices accompanying N fertilization and total rainfall (x_2) over the vegetation period on snap bean dry pod yield; $y = 0.007x_1 - 0.004x_2 + 1.439$, $R = 0.816$



Rys. 4. Wpływ technologii uprawy na zawartość N-NO₃ w strąkach fasoli szparagowej

Fig. 4. Effects of the cultivation technology and cultivar on the content of nitrates in snap bean pods

Zwiększaniu całkowitych dawek N w połączeniu z innymi zabiegami intensyfikującymi uprawę fasoli oraz z pogarszaniem się warunków wilgotnościowych w okresie rozwoju generatywnego (od początku kwitnienia do dnia zbioru) roślin towarzyszył wzrost zawartości N-NO₃ w strąkach (rys. 5). Zawartość azotanów w strąkach fasoli była dodatnio skorelowana z zawartością w suchej masie N ($r = 0,621$), fosforu ($r = 0,653$), potasu ($r = 0,545$) i dawką N ($r = 0,407$) oraz ujemnie z zawartością w nich suchej masy ($r = -0,582$).



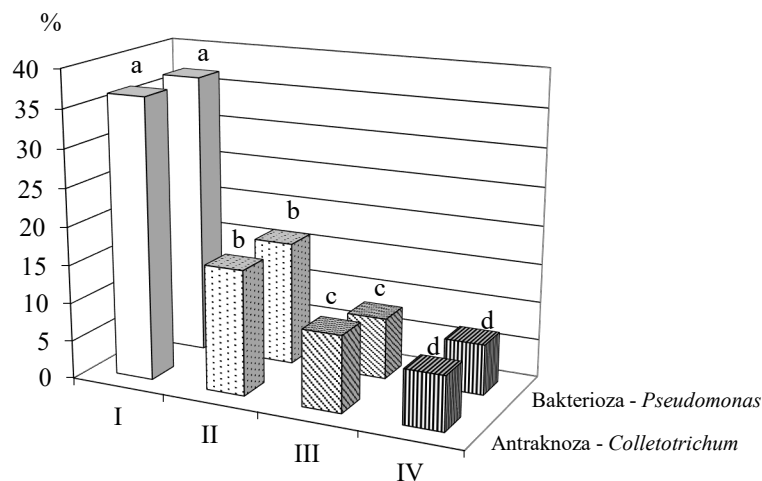
Rys. 5. Wpływ całkowitych dawek N (x_1) i innych towarzyszących im zabiegów agrotechnicznych oraz sumy opadów w okresie rozwoju generatywnego (x_2) na zawartość azotanów w strąkach fasoli szparagowej; $y = 2,224x_1 - 3,798x_2 + 721,8$, $R = 0,620$

Fig. 5. Effect of the total N doses (x_1) and other agronomic practices accompanying N fertilization and total rainfall over generative plant development (x_2) on the nitrate content in snap bean pods $y = 2,224x_1 - 3,798x_2 + 721,8$, $R = 0,620$

Zawartość białka ogółem (20,5%), włókna surowego (19,7) i popiołu (9,01%), a także P (0,526%), K (2,789%), Ca (0,654%) i Mg (0,282%) w suchej masie strąków fasoli nie różniła się istotnie pod wpływem zastosowanych technologii uprawy (dane niepublikowane). Ich zawartość w strąkach badanych odmian była podobna i wynosiła: u Bony odpowiednio 20,7; 19,6; 8,71; 0,514; 2,614; 0,687 i 0,291%, u Madery — 21,2; 20,1; 9,16; 0,552; 2,928; 0,640 i 0,277% oraz u Presenty — 19,7; 19,4; 9,15; 0,513; 2,826; 0,635 i 0,277% w suchej masie.

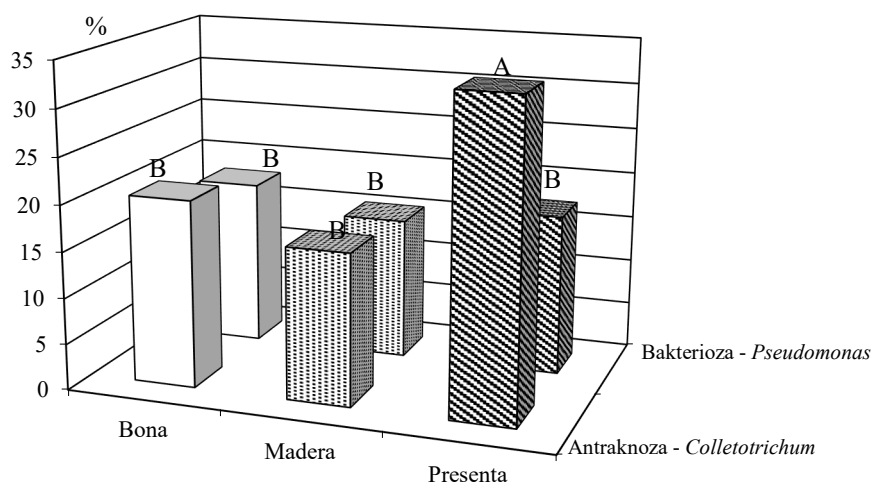
Stosunkowo najwyższy udział zainfekowanych przez choroby roślin stwierdzono w 2001, a najniższy w 2003 roku, chociaż różnice w ich zdrowotności w kolejnych latach badań były niewielkie, a antraknoza i bakterioza występowały każdego roku w podobnym nasileniu. Zabiegi zastosowane w technologii integrowanej (2 × Bravo z Miedzianem

i 3 dm³ Ekolistu), umiarkowanie intensywnej (3× Bravo z Miedzianem i 6 dm³ Ekolistu) i intensywnej (4 × Bravo z Miedzianem + 9 dm³ Ekolistu) ograniczały istotnie i niemal w równym stopniu występowanie antraknozy i bakteriozy (rys. 6).



Technologie uprawy - Cultivation technologies

Rys. 6. Indeks porażenia roślin fasoli szparagowej w zależności od technologii uprawy
Fig. 6. Snap bean infestation index depending on the cultivation technology



Odmiany - Cultivars

Rys. 7. Indeks porażenia roślin badanych odmian fasoli szparagowej
Fig. 7. Snap bean infestation index of the cultivars studied

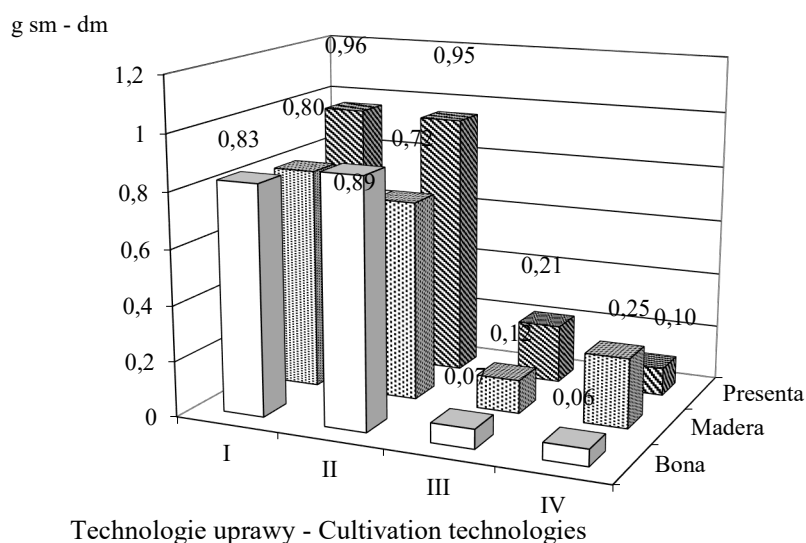
Także odmiany fasoli różniły się istotnie stopniem porażenia przez *Colletotrichum* spp. i *Pseudomonas* spp. (rys. 7) i reakcją na intensyfikację technologii uprawy. Odmiana Presenta charakteryzowała się istotnie większym indeksem porażenia przez antraknozę niż Bona i Madera; różnic istotnych w porażeniu roślin badanych odmian przez bakteriozę nie stwierdzono. Antraknoza na roślinach Bony występowała w największym stopniu we wszystkich technologiach uprawy, a bakterioza — tylko w technologiach intensywnych. W przypadku odmian Bona i Presenta nie stwierdzono różnic istotnych w indeksie porażenia roślin przez bakteriozę w miarę intensyfikacji uprawy z technologii umiarkowanie intensywnej do intensywnej.

Z przeprowadzonych obserwacji wynika (tab. 3), że średni stopień zachwaszczenia fasoli szparagowej wynosił 1,3, przy czym zgodnie z oczekiwaniami chwasty w technologii umiarkowanie intensywnej i intensywnej występowały w mniejszym stopniu niż w integrowanej, a zwłaszcza w ekstensywnej.

Tabela 3

Zachwaszczenie fasoli szparagowej w skali 5-stopniowej
Snap bean infestation with weeds in 5 degree scale, (5th degree means the lowest infestations)

Wyszczególnienie — Specification		Stopień zachwaszczenia — Weed infestation degree
Technologia uprawy Cultivation technology	Ekstensywna — Extensive	0,5
	Integrowana — Integrated	1,3
	Umiarkowanie intensywna — Semi-intensive	2,8
	Intensywna — Intensive	2,8
Odmiany Cultivars	Bona	1,3
	Madera	1,3
	Presenta	1,3



Rys. 8. Sucha masa brodawek korzeniowych fasoli szparagowej
Fig. 8. Dry weight of snap bean root nodules

Interwencyjne chemiczne zwalczanie chwastów za pomocą Basagranu w technologii integrowanej wpłynęło na wyraźny spadek natężenia występowania chwastów, jednak dodatkowe zastosowanie Targi (w technologii intensywnej) przeciwko chwastom jedno-liściennym nie poprawiło ogólnego stopnia zachwaszczenia fasoli. Nie wykazano swoistej reakcji badanych odmian na zastosowane zabiegi kontroli zachwaszczenia.

Średnia sucha masa brodawek korzeniowych oznaczona dla 10 roślin w fazie pełni kwitnienia wynosiła w technologiach intensywnych 0,13 g, a po szczepieniu gleby bakteriami *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* w technologiach ekstensywnej i integrowanej — 0,86 g (rys. 8). Nie stwierdzono większego zróżnicowania brodawkowania badanych odmian fasoli szparagowej.

DYSKUSJA

Plonowanie fasoli, podobnie jak innych gatunków roślin strączkowych zależy od warunków pogodowych, przede wszystkim od sumy i rozkładu opadów oraz temperatury powietrza praktycznie w całym okresie wegetacji (Szyrmer i in., 1992), wpływających na wykorzystanie ich potencjału biologicznego (Graham i Ranalli, 1997). W doświadczeniu własnym najwyższe plony świeżych strąków ($11,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) fasoli otrzymano w 2002 roku, gdy układ czynników pogodowych — wysoka temperatura powietrza i niższe niż w innych latach, ale dobrze rozłożone w okresie wegetacji opady — był najbardziej korzystny. Natomiast nadmiar opadów w 2001 roku (ponad 60% średniej wieloletniej), szczególnie w okresie kwitnienia i zawiązywania strąków w lipcu, przyczynił się do obniżenia plonowania fasoli, co uwidoczniło się w wieloleciu w tendencji do lepszego plonowania fasoli w suchszych warunkach pogodowych.

Z badań COBORU (Milczyńska, 2002) wykonanych w latach 1994–2000 wynika, że plon świeżych strąków wczesnej odmiany Bona wynosił tylko 77% wzorca ($11,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), średnio późnych Madery był o 1%, a Presenty o 8% wyższy od wzorca. Należy podkreślić, że COBORU (Milczyńska, 1998) prowadzi doświadczenia na umiarkowanie wysokim poziomie intensywności, stąd plonowanie, zwłaszcza odmiany Bona, należy uznać za wysokie. Być może brak różnic w plonowaniu badanych odmian fasoli szparagowej w doświadczeniu własnym wynikał z dostatecznego zaopatrzenia roślin w makro- i mikroskładniki. Wprawdzie zawartość dostępnego N mineralnego w glebie na wiosnę wynosiła każdego roku od 37 do $46 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, tj. zbyt mało, żeby można zrezygnować z nawożenia mineralnego fasoli tym składnikiem (Milczyńska, 1998, Sady 2006), jednak przy wykorzystaniu azotu związanego symbiotycznie i dostępności innych makro- i mikroskładników warunki troficzne w miarę intensyfikacji technologii uprawy nie były zapewne czynnikiem ograniczającym potencjał produkcyjny żadnej z badanych odmian.

Głównym wyznacznikiem intensywności technologii uprawy jest poziom stosowania najbardziej plonotwórczego środka produkcji, jakim jest nawożenie N, które w przypadku roślin motylkowatych ma mniejsze znaczenie ze względu na symbiotyczne wiązanie N_2 . W badaniach własnych każde zwiększenie dawek N i zastosowanie towarzyszących im innych zabiegów agrotechnicznych przyczyniało się do istotnego wzrostu plonu świeżej masy strąków. Istotnie najwyższe średnie plony strąków zebrano w technologii inten-

sywnej ($14,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), a najniższe w technologii ekstensywnej ($5,35 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). W technologii integrowanej plon świeżych strąków ($9,40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) stanowił 84,1% uzyskanego w technologii umiarkowanej intensywnej i 64,7% w intensywnej, tj. podobnie jak w badaniach Księżaka i Kusia (2005) nad bobikiem.

Oprócz wysokości plonu warzyw równie ważna jest także ich wartość biologiczna i związane z nią bezpieczeństwo spożywania przez człowieka (Dąbrowski, 2003). Świeże strąki fasoli wykazują dość dużą zmienność składu chemicznego (Dorna i Duczmal, 1994; Elkner i Nowakowska, 1995; Nowakowska i Elkner, 1996), czego w badaniach własnych nie udało się udowodnić. Co więcej, badane odmiany różniły się istotnie jedynie pod względem akumulacji azotanów. Można przypuszczać, że warunki troficzne w kolejnych latach badań nie pozwoliły na ujawnienie się różnic międzyodmianowych także w składzie chemicznym strąków.

Głównym źródłem azotanów w diecie człowieka są warzywa (Rożek, 2000), jednak świeże strąki fasoli wykazują małą skłonność do ich gromadzenia. O akumulacji azotanów decydują w kolejności: nawożenie mineralne, warunki klimatyczne i glebowe, a w najmniejszym stopniu uwarunkowania genetyczne (Nurzyński, 1999; Sady, 2006). Nawozy azotowe stosowane w formie azotanowej sprzyjają w znacznie większym stopniu gromadzeniu N-NO_3 w roślinach niż forma amonowa lub amidowa (Rożek, 2000). Także wysoki poziom siarczanów w glebie powoduje większe nagromadzenie azotanów w roślinie, gdyż z uwagi na niedobór Mo — integralnego składnika reduktazy azotanowej, na pobieranie którego antagonistycznie wpływają siarczany, rośliny wykazują mniejszą zdolność do redukcji azotanów i dalszego ich przetwarzania (Nurzyński, 1999). W badaniach własnych zastosowano dwie formy N — azotanową w saetrze wapniowej i amidową w moczniku; ze względu na wrażliwość fasoli na chlor (Milczyńska, 1998; Sady, 2006), wykorzystano K_2SO_4 . Mimo zastosowania wysokich dawek azotu azotanowego i siarczanu potasu w świeżych strąkach fasoli nie stwierdzono przekroczenia ich dopuszczalnej normy, tj. $750 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ (Sady, 2006), z wyjątkiem odmiany Madera uprawianej według technologii umiarkowanej intensywnej (812) i intensywnej ($1096 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy strąków) w 2002 roku.

Rośliny fasoli są głównie porażane przez patogeny liściowe, między innymi: *Colletotrichum lindemuthianum* powodującego antraknozę i *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* sprawcę bakteriozy (Pięta, 1985). W badaniach własnych największe nasilenie występowania antraknozy i bakteriozy na roślinach fasoli zanotowano w 2001 roku, o najwyższej sumie opadów w okresie wegetacji. Zabiegi zastosowane w technologii integrowanej ($2\times$ Bravo z Miedzianem) i umiarkowanej intensywnej ($3\times$) i intensywnej ($4\times$) ograniczyły w znaczący sposób nasilenie występowania chorób, co przyczyniło się do polepszenia zdrowotności roślin, a także korzystnie oddziaływało na kształtowanie się strukturalnych elementów plonowania decydujących w najwyższym stopniu o poziomie uzyskiwanych plonów (Księżak i Kuś, 2005). Wśród badanych odmian mniejszym indeksem porażenia roślin charakteryzowały się Bona i Madera. Także zastosowanie herbicydów w technologii umiarkowanej intensywnej (przedsiewnie Triflurotox) i intensywnej (Triflurotox i Targa), wspomaganych Basagranem ograniczyło w znaczny

sposób zachwaszczenie fasoli. Ponieważ preparaty powschodowe czasami powodują uszkodzenia rośliny uprawnej (Chmielowiec, 2003), najlepszym rozwiązaniem jest mechaniczno-chemiczne odchwaszczanie fasoli (Burnside i in., 1998). Zastosowanie w badaniach własnych technologii integrowanej, polegającej na mechanicznym 2-krotnym zabiegu pielnikiem w połączeniu z jednokrotnym użyciem Basagranu, nie było jednak tak skuteczne, jak zwalczanie chwastów w technologii umiarkowanie intensywnej (dodatkowo Triflurotox przed siewem). Należy też podkreślić, że zastosowanie Targi w technologii intensywnej nie poprawiało czystości zasiewów fasoli.

Zgodnie z przypuszczeniami sucha masa brodawek korzeniowych roślin fasoli uprawianej według technologii ekstensywnej i integrowanej była podobna i 5–6-krotnie wyższa niż w technologiach umiarkowanie intensywnej i intensywnej, gdzie wysokie dawki N ograniczyły ich formowanie i wiązanie N₂, co potwierdza wyniki badań innych autorów (Jensen, 1986; Wojcieszka i in., 1995).

WNIOSKI

1. Zwiększanie intensywności technologii uprawy fasoli wpływało na istotny wzrost plonu świeżych strąków.
2. Plon świeżej masy strąków fasoli uprawianej w technologii integrowanej osiągnął 84% poziomu plonów z technologii umiarkowanie intensywnej i 65% z technologii intensywnej.
3. Technologie uprawy fasoli nie różnicowały istotnie zawartości N i białka ogółem, a także włókna surowego i popiołu ani badanych makroelementów w strąkach fasoli.
4. Porównywane odmiany fasoli szparagowej nie różniły się istotnie ani plennością ani swoistą reakcją na zaangażowanie przemysłowych środków produkcji.
5. Różnice w składzie chemicznym strąków badanych odmian dotyczyły tylko zawartości azotanów.
6. Rosnącym dawkom azotu i pogarszającym się warunkom wilgotnościowym w okresie rozwoju generatywnego roślin towarzyszył wzrost akumulacji azotanów w strąkach, przy czym średnia ich zawartość w żadnej z zastosowanych technologii nie przekraczała obowiązujących norm; nieco wyższą skłonnością do akumulacji azotanów charakteryzowała się odmiana Madera.
7. Objawy bakteriozy występowały na roślinach badanych odmian w podobnym nasileniu, podczas gdy antraknozy było istotnie więcej na roślinach odmiany Presenta.

LITERATURA

- Burnside O. C., Wiens M. J., Holder B. J., Weisberg S., Ristau E. A., Johnson M. M., Cameron J. H. 1998. Critical periods for weed control in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Weed Sci. 46: 301 — 306.
- Buks J. 2004. Gospodarstwa indywidualne bez nawożenia mineralnego i środków ochrony roślin. Komunikaty, Raporty, Ekspertyzy IERiGŻ 496.
- Chmielowiec P. 2003. Wpływ konkurencji chwastów na wzrost i plonowanie fasoli zwykłej (*Phaseolus vulgaris* L.) odmiany Bona. Maszynopis pracy doktorskiej, AR Lublin.
- Dąbrowski Z. T. 2003. Systemy kontroli — integrowana uprawa i ochrona roślin (IUOR) a wymagania konsumentów. Post. Ochr. Roślin 43: 94 — 101.

- Dobrzański A. 1994. Chemiczne zwalczanie chwastów w fasoli. *Konf. nauk. Strączkowe rośliny białkowe*. Cz. I. Fasola, AR Lublin: 58 — 69.
- Dorna H., Duczmal K. 1994. Wpływ warunków klimatycznych na formowanie włókna w szwach strąków fasoli zwykłej (*Phaseolus vulgaris* L.) *Konf. nauk. „Strączkowe rośliny białkowe”*. Cz. I. Fasola, AR Lublin: 135 — 138.
- Elkner K., Nowakowska T. 1995. Nowe kreacje hodowlane fasoli szparagowej do przetwórstwa. *Mat. konf. „Jakość surowca warzywnego do przetwórstwa”*. Inst. Warz. Skierniewice: 175 — 178.
- FAOSTAT 2005. Agriculture. www.faostat.fao.org.
- Fotyma E., Wilkos G., Pietruch C. 1998. Test glebowy azotu mineralnego. Możliwości praktycznego wykorzystania. IUNG Puławy. *Mat. szkol.* 69: 1 — 48.
- Górna J., Maskalaniec T. 1994. Wzrost i plonowanie trzech odmian fasoli szparagowej w warunkach klimatyczno-glebowych Wilna. *Konf. nauk. „Strączkowe rośliny białkowe”*. Cz. I. Fasola, AR Lublin: 159 — 161.
- Graham P. H., Ranalli P. 1997. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Field Crops Res.* 53: 131 — 146.
- Jensen E.S. 1986. Symbiotic N₂ fixation in pea and field bean estimated by ¹⁵N fertilizer dilution in field experiments with barley as a reference crop. *Plant and Soil* 92: 3 — 13.
- Kossowski M., Tendaj M., Łabuda H. 1979. Wpływ terminu siewu i fazy dojrzałości technologicznej na zawartość niektórych składników chemicznych w strąkach fasoli szparagowej. *Biul. Warz.* XXIII: 137 — 149.
- Krasowicz S., Nowacki W. 2005. Wpływ intensywności technologii na efektywność produkcji roślinnej. *Mat. konf. „Efektywne i bezpieczne technologie produkcji roślinnej”*. IUNG Puławy: 69 — 73.
- Księżak J., Kuś J. 2005. Plonowanie bobiku w różnych systemach produkcji roślinnej. *Annales UMCS, Sec. E*, 60: 195 — 205.
- Milczyńska E. 1998. Metodyka badania wartości gospodarczej odmian (WGO) roślin warzywnych. Cz. 2. Rośliny warzywne. Strączkowe. COBORU Słupia Wielka.
- Milczyńska E. 2002. Lista opisowa odmian. Rośliny warzywne. Korzeniowe. Strączkowe. COBORU Słupia Wielka.
- Nowakowska T., Elkner K. 1996. Hodowla jakościowa fasoli szparagowej do przetwórstwa. *Zjazd Hod. Roślin Ogrodn.* „Hodowla roślin o podwyższonej jakości”. Kraków: 194 — 198.
- Nowosielski O. 1974. Metody oznaczania potrzeb nawożenia. PWRiL, Warszawa.
- Nowosielski O. 1998. Polska technologia nawożenia roślin ogrodniczych przyjazna środowisku — PŚ. *Mat. VII konf. nauk. „Efektywność stosowania nawozów w uprawach ogrodniczych”*. AR w Lublinie: 15 — 18.
- Nurzyński J. 1999. Nawożenie a skład chemiczny warzyw. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 466: 31 — 40.
- Pięta D. 1985. Mikozy występujące na organach nadziemnych fasoli (*Phaseolus vulgaris*) na Lubelszczyźnie. *Rocz. Nauk Roln.* 15 E (1-2): 23 — 37.
- Piha M., Munns D. 1987. Nitrogen fixation capacity of field — grown bean compared to other grain legumes. *Agronomy J.* 79: 690 — 696.
- Prusiński J., Skinder Z. 2002. Analiza technologii rolnych stosowanych w rejonach intensywnego rolnictwa w powiązaniu z przyrodniczą jakością rolniczej przestrzeni produkcyjnej. W: *Uwarunkowania rozwoju i koncepcje monitoringu rejonów intensywnego rolnictwa*, pod red. S. Łojewskiego i Z. Skindera. Wyd. ATR Bydgoszcz: 135 — 159.
- Rożek S. 2000. Czynniki wpływające na akumulację azotanów w plonie warzyw. *Zesz. Nauk. AR Kraków, Rolnictwo* 364: 19 — 31.
- Rumpel J., Sikora E., Grudzień K. 1994. Wpływ nawadniania, nawożenia azotem oraz zagęszczenia roślin na plonowanie fasoli szparagowej. *Konf. nauk. „Strączkowe rośliny białkowe”*. Cz. I. Fasola, AR Lublin: 51 — 57.
- Sady W. 2006. Nawożenie warzyw polowych. Plantpress.
- Strzelec A. 1988. Symbiotyczne wiązanie wolnego azotu. Cz. I. Znaczenie bakterii symbiotycznych, ich występowanie w glebach i szczepionki *Rhizobium* dla roślin motylkowatych. *Post. Nauk Roln.* 4: 17 — 29.

- Szyrmer J., Dembińska J., Wawer A. 1992. Przebieg wegetacji i zmienność cech użytkowych odmian i form *Phaseolus vulgaris* L. Biul. IHAR 180: 229 — 239.
- Wenzel H. 1948. Zur Erfassung des Schadenausmaßes in Pflanzenschutzversuchen. Pflanzenschutz — Ber.: 81 — 84.
- Wojcieszka U., Kocoń A., Głazewski S. 1995. Wpływ dokarmiania azotem wybranych roślin strączkowych na plon nasion oraz niektóre procesy fizjologiczne. Mat. konf. „Nauki rolnicze w warunkach integracji europejskiej”. T II/IV. Produkcja roślinna, ART Olsztyn: 101 — 107.

JANUSZ PRUSIŃSKI

TOMASZ OLACH

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Plonowanie fasoli szparagowej (*Phaseolus vulgaris* L.) w zależności od intensywności technologii uprawy

Część II. Analiza rolnicza i ekonomiczna

Snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yielding affected by intensity of cultivation technology

Part II. Agricultural and economic evaluation

Najwyższe bezwzględne i względne przyrosty plonów i wartości strukturalnych elementów plonowania stwierdzono po zwiększeniu intensywności uprawy fasoli z poziomu technologii ekstensywnej do integrowanej. Obsada strąków na 1 m² miała największy udział w zwiększaniu świeżej i suchej masy strąków w miarę intensyfikacji technologii uprawy fasoli. Intensyfikacja uprawy fasoli szparagowej spowodowała wzrost wartości plonu strąków, a także kosztów bezpośrednich i nadwyżki bezpośredniej. Największy przyrost nadwyżki bezpośredniej, wynoszący średnio dla fasoli szparagowej aż 150%, uzyskano po zwiększeniu intensywności jej uprawy z poziomu technologii ekstensywnej do integrowanej. Analiza marginalna kosztów wskazuje na ekonomicznie uzasadnione zwiększanie nakładów na przemysłowe środki produkcji w uprawie fasoli szparagowej do poziomu technologii intensywnej.

Słowa kluczowe: analiza marginalna, fasola zwyczajna, efektywność N, technologie uprawy

The highest absolute and relative increases of pod yields and pod yield structural components were observed when the intensity of the snap bean cultivation increased after changing from extensive to integrated technology. Pod density per 1 sq. m showed the most considerable effect on increasing fresh and dry yield of bean pods as a result of cultivation technology intensification. The more intensive snap bean technology, the greater the financial values of pod yield as well as direct costs and direct surplus. The greatest average increase of the direct surplus, which accounted for as much as 150%, was recorded when the intensity of cultivation increased from the extensive to the integrated technology. The marginal cost analysis revealed that increasing inputs for snap bean cultivation up to the level of intensive technology was economically justifiable.

Key words: cultivation technologies, N effectiveness, marginal analysis, snap bean

WSTĘP

Najwięcej doświadczeń nad intensywnością technologii uprawy roślin rolniczych prowadzi się ze zbożami (Kukuła i Krasowicz, 1995; Noworolnik i Kozłowska-Ptaszyńska, 1997; Szmigiel, 1999). Ich wyniki wskazują, że w sprawnych organizacyjnie gospodarstwach, po bardzo dobrych przedplonach i przy przestrzeganiu zasad agrotechniki, można wyjątkowo stosować technologie o niższej intensywności, licząc się jednak z obniżeniem plonów ziarna. W wielu przypadkach stosowanie niskonakładowych technologii może być ekonomicznie uzasadnione, kiedy zmniejszenie kosztów bezpośrednich jest wyższe niż obniżenie wartości uzyskanego plonu. Dotyczy to zwłaszcza gospodarstw o ograniczonych zasobach ziemi i wysokich zasobach pracy, gdzie wysoka wartość nadwyżki bezpośredniej z ha uważana jest za odpowiednie kryterium wyboru działalności produkcyjnej (Ziętara, 2002), w wysokim stopniu decydujące o strukturze bezpośrednich kosztów produkcji (Podleśny, 1999). Nadwyżka bezpośrednia rozumiana jest jako wartość produkcji z ha pomniejszona o koszty bezpośrednie poniesione na jej wytworzenie i odznacza się dość dużą zmiennością w latach, wynikającą głównie z różnic w plonowaniu i relacjach cenowych plonu oraz środków produkcji (Artyszak i Kucińska, 2004).

Spośród roślin strączkowych badania nad oceną stopnia intensywności technologii uprawy dotyczyły tylko bobiku (Księżak i in., 1997; Księżak i Kuś, 2005), grochu (Księżak i in., 1998; Szwejkowska, 2004; Borówczak i Grześ, 2005) i łubinu białego (Podleśny, 1999) uprawianych na nasiona. Wyniki wskazują, że dotychczasowe zalecane kompleksowe technologie uprawy tych gatunków są mniej efektywne ze względu na wysokie nakłady niż technologie umiarkowanie oszczędne lub niskonakładowe. Wyższe nakłady pracy i koszty technologii kompleksowej lub intensywnej nie są rekompensowane wzrostem wysokości plonu nasion. Autorzy zalecają stosowanie technologii niskonakładowej lub oszczędnej w uprawie grochu, bobiku i łubinu białego tylko na dobrych glebach i przy przestrzeganiu zasad poprawnej agrotechniki. Z kolei Szwejkowska (2004) stwierdziła, że na wysokość plonu nasion grochu największy wpływ ma przebieg pogody, a następnie technologia uprawy i związana z nią wielkość nakładów. Wyborowi odpowiedniej technologii produkcji, a w szczególności wysokości stosowanych dawek N oraz ich efektywności służy szereg wskaźników, m.in. efektywność rolnicza i fizjologiczna N oraz wykorzystanie N z nawozów opracowanych głównie dla roślin zbożowych (Croswell i Goldwin, 1984; Simonis, 1988). Na lepsze rolnicze i fizjologiczne wykorzystanie N przez zboża, burak cukrowy i ziemniak (Fotyma, 1997) wpływa nie tylko korzystny przebieg pogody dla danego gatunku, ale także pełna ochrona roślin. Ostatecznie jednak ekonomiczna ocena efektywności zastosowanej technologii uprawy, w tym analiza marginalna, umożliwia jej właściwy wybór w gospodarstwie (Krasowicz, 2004).

Hipoteza badań własnych zakłada, że zmniejszenie zaangażowania przemysłowych środków produkcji, głównie nawożenia mineralnego i pestycydów z poziomu technologii intensywnej do integrowanej, pozwoli na obniżenie kosztów bezpośrednich i uzyskanie plonów strąków gwarantujących wysoką efektywność uprawy fasoli szparagowej.

MATERIAŁ I METODY

Szczegółową metodykę prowadzenia badań zamieszczono w pierwszej części pracy (Prusiński i Olach, 2006). Do oceny wpływu technologii na plonowanie fasoli posłużono się przyrostami względnymi badanych cech i ich udziałem w zwiększaniu/zmniejszaniu plonu (Rudnicki, 2000). Metoda zakłada, że elementy plonowania warunkują wysokość plonu współzależnie, co pozawala na wyliczenie udziału każdego z nich w kształtowaniu plonu na skutek angażowania coraz większych nakładów w badanych technologiach uprawy fasoli.

Skuteczność zastosowanych dawek N mierzono za pomocą efektywności rolniczej nawożenia azotowego (przyrostem plonu nasion na 1 kg zastosowanego N) w kolejnych technologiach, a także efektywnością fizjologiczną N (przyrost plonu nasion na 1 kg N pobranego przez rośliny) oraz wskaźnikiem W, czyli stopniem odzyskania N z nawozów przez rośliny (efektywność rolnicza/efektywność fizjologiczna w %) (Fotyma, 1997). W pracy ograniczono się tylko do plonu strąków, bez plonu słomy, a uzyskane wyniki z lat badań poddano analizie wariancji.

Dla określenia efektywności ekonomicznej zastosowanych technologii uprawy fasoli zastosowano analizę marginalną kosztów i wyliczono podstawowe wskaźniki ekonomiczne (Ziętara, 2002; Artyszak i Kucińska, 2004; Krasowicz, 2004). Przedstawiono kalkulację uproszczoną, w której ograniczono się do kosztów bezpośrednich, określonych na podstawie rzeczywiście ponoszonych nakładów materiałowych (na nasiona, nawozy, środki ochrony roślin i zbiór) z uwzględnieniem cen obowiązujących w latach badań; pracę najemną skalkulowano w oparciu o normatywy IERiGŻ i stawki godzinowej dla czyszczalni Petkus.

WYNIKI

Udział elementów plonowania w kształtowaniu plonu świeżej i suchej masy strąków fasoli przedstawiono w tabelach 1 i 2. Zwiększenie nakładów z technologii ekstensywnej do integrowanej wpłynęło na wzrost plonu świeżych strąków o $4,06 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (o 75,9%), a suchej masy o $0,409 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (o 72,6%). W obu przypadkach wzrost ten był wynikiem zwiększonej obsady strąków na 1 m^2 (odpowiednio o $3,70 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $0,387 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) i w znacznie mniejszym stopniu zwiększonej masy pojedynczego strąka. Zwiększona obsada strąków przyczyniła się do wzrostu plonu świeżej masy w 91,3%, a suchej masy w 94,5%.

Efekty produkcyjne zwiększenia nakładów z technologii integrowanej do miarkowanie intensywnej były zdecydowanie mniejsze — plon świeżych strąków wzrósł o 18,8%, a suchych tylko o 1,33%, w obu przypadkach wyłącznie po zwiększeniu obsady strąków. Ich niższa świeża i sucha masa była przyczyną zmniejszenia plonowania fasoli odpowiednio o 0,38 i $0,012 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. W efekcie udział zmniejszonej masy strąka w obniżeniu plonu świeżej masy fasoli wynosił 21,4%, a suchej masy aż 94,1%. Z kolei dalsza intensyfikacja — z poziomu technologii umiarkowanej intensywnej do intensywnej spowodowała ponownie znaczny wzrost plonu świeżej (o 29,9%) i suchej (o 36,5%) masy strąków, dzięki zarówno większej obsadzie, jak i masie pojedynczych strąków. Jednak dla

wzrostu plonu świeżej masy zdecydowanie większe znaczenie miała obsada strąków (76,5%), podczas gdy dla plonu suchej masy — oba te elementy plonowania (52,9 i 47,1%).

Tabela 1

Wpływ strukturalnych elementów plonowania na różnice w plonach świeżej masy strąków fasoli szparagowej wynikające ze zwiększenia intensywności technologii uprawy
Effect of yield structural components on the differences in the snap bean fresh pod yields as a result of cultivation technology intensity increase

Wyszczególnienie Specification	Zwiększenie intensywności uprawy technologii z - do Increase in cultivation technology intensity from - to		
	I do II — I to II	II do III — II to III	III do IV — III to IV
Różnica w plonie świeżych strąków — Difference in fresh pod yield			
Bezwzględna — Absolute, t·ha ⁻¹	4,06	1,77	3,35
Względna — Relative, %	75,9	18,8	29,9
Wkład elementów plonowania w bezwzględną różnicę plonu świeżych strąków Contribution of pod yield components to the absolute fresh pod yield difference, t·ha ⁻¹			
Obsady strąków na 1 m ² Pod density per 1 sq. m	3,70	2,15	2,56
Świeżej masy jednego strąka Fresh pod weight, g	0,352	- 0,38	0,79
Wkład elementów plonowania we względną różnicę plonu świeżych strąków Contribution of pod yield components to the relative pod yield difference, %			
Obsady strąków na 1 m ² Pod density per 1 sq. m	69,3	22,8	22,9
Świeżej masy jednego strąka Fresh pod weight, g	6,58	-4,04	7,06
Udział elementów plonowania we wzroście plonu świeżych strąków o 0,1 t·ha ⁻¹ Contribution of pod yield components to fresh pod yield increase by 0,1 t·ha ⁻¹			
Obsady strąków na 1 m ² Pod density per 1 sq m	91,3	121,4	76,5
Świeżej masy jednego strąka Fresh pod weight, g	8,70	- 21,4	23,5

Technologie; Technologies: I — ekstensywna; extensive, II — integrowana; integrated, III — umiarkowanie intensywna; semi-intensive, IV — intensywna; intensive

W technologii ekstensywnej nie nawożono ani nie dokarmiano roślin N, stąd te obiekty potraktowano jako kontrolne, a plon i ilość wyniesionego z plonem N zależały wyłącznie od zasobności gleby w ten składnik i wydajności symbiozy. Zastosowane dawki N — przedsiewne, pogłównne i dolistne w kolejnych technologiach pozwoliły na ocenę nie tylko roli N w kształtowaniu plonu strąków fasoli, ale także jego rolniczego i fizjologicznego wykorzystania przez rośliny. Efektywność rolniczą (Er) obliczono jako przyrost plonu strąków na jednostkę N zastosowanego w nawozach. Z danych przedstawionych w tabeli 3 wynika, że średnia Er wynosiła 14,2 kg strąków na 1 kg zastosowanego N. Istotnie najwyższą efektywność rolniczą w uprawie fasoli na świeże strąki stwierdzono po zwiększeniu dawek N z 0 kg w technologii ekstensywnej do 41,36 kg N·ha⁻¹ w technologii integrowanej. Dalsze zwiększanie intensywności uprawy, mierzone coraz większymi łącznymi dawkami N, powodowało istotny spadek średniej Er. Odmiany Madera i Presenta charakteryzowały się istotnie wyższymi przyrostami plonu nasion i strąków na 1 kg N zastosowanego w nawozach niż Bona.

Tabela 2

Wpływ strukturalnych elementów plonowania na różnice w plonach suchej masy strąków fasoli szparagowej wynikające ze zwiększenia intensywności technologii uprawy
Effect of pod yield components on the differences in the snap bean dry pod yields as a result of cultivation technology intensity increase

Wyszczególnienie Specification	Zwiększenie intensywności uprawy technologii z – do Increase in cultivation technology intensity from - to		
	I do II — I to II	II do III — II to III	III do IV — III to IV
Różnica w plonie suchej masy strąków — Difference in dry pod yield			
Bezwzględna – Absolute, t·ha ⁻¹	0,409	0,013	0,36
Względna – Relative, %	72,6	1,33	36,5
Wkład elementów plonowania w bezwzględną różnicę plonu suchej masy strąków Contribution of pod yield components to the absolute dry pod yield increase, t·ha ⁻¹			
Obsady strąków na 1 m ² Pod density per 1 sq. m	0,387	0,025	0,19
Suchej masy jednego strąka Dry pod weight, g	0,022	-0,012	0,17
Wkład elementów plonowania we względną różnicę plonu suchej masy strąków Contribution of pod yield components to the relative dry pod yield difference, %			
Obsady strąków na 1 m ² Pod density per 1 sq. m	68,7	2,61	19,3
Suchej masy jednego strąka Dry pod weight, g	3,96	-1,27	17,1
Udział elementów plonowania we wzroście plonu suchej masy strąków o 0,1 t·ha ⁻¹ Contribution of pod yield components to dry pod yield increase by 0.1 t·ha ⁻¹			
Obsady strąków na 1 m ² Pod density per 1 sq. m	94,5	194,1	52,9
Suchej masy jednego strąka Dry pod weight, g	5,50	-94,1	47,1

Technologie; Technologies: I — ekstensywna; extensive, II — integrowana; integrated, III — umiarkowanie intensywna; semi-intensive, IV — intensywna; intensive

Tabela 3

Wpływ wzrastającej intensywności technologii uprawy fasoli szparagowej na efektywność zastosowanego N
Effect of increasing snap bean cultivation technology intensity on the effectiveness of N applied

Wzrost łącznej dawki N z do technologii Increase in total N doses from – to technology	Efektywność rolnicza N N agricultural effectiveness	Efektywność fizjologiczna N N physiological effectiveness	Wskaźnik wykorzystania N z nawozów N consumption index from fertilizers
Ekstensywnej do integrowanej Extensive to integrated	17,5 a	37,3 a	47,2 a
Integrowanej do umiarkowanie intensywnej Integrated to semi-intensive	12,3 b	31,1 b	40,0 a
Umiarkowanie intensywnej do intensywnej Semi-intensive to intensive	12,8 b	29,3 c	44,8 a
Średnia Mean	14,2	32,6	44,0

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różniły się istotnie przy $\alpha = 0,05$
Means followed by the same letters did not differ significantly at $\alpha = 0.05$

Efektywność fizjologiczna (Ef) wyraża przyrost plonu strąków w przeliczeniu na jednostkę N pobranego przez rośliny. W przeciwieństwie do efektywności rolniczej

obejmuje N pobrany, w części pochodzący z nawozów, jak i rezerw glebowych, a w przypadku roślin motylkowatych także z symbiozy. Ef jest to zatem zdolność rośliny do przetworzenia N na plon użytkowy i świadczy o wydajności procesów gospodarowania tym składnikiem w roślinie. Średnia Ef wyniosła niespełna 33 kg suchych strąków fasoli na 1 kg pobranego przez rośliny azotu (tab. 3). Wzrastającemu pobraniu N towarzyszył istotny spadek przyrostów plonu suchych strąków, szczególnie odmian Madera i Presenta. Istotnie najwyższą efektywnością fizjologiczną N charakteryzowała się Presenta.

Iloraz efektywności rolniczej i fizjologicznej wyrażony w % określa stopień wykorzystania N z nawozów (W). Jego średnia wartość w uprawie fasoli szparagowej wynosiła 44%. Wzrost dawek N w kolejnych technologiach uprawy fasoli szparagowej nie zmieniał istotnie wskaźnika W. Ponownie Presenta razem z Maderą należały do odmian o istotnie najwyższym wskaźniku wykorzystania N z nawozów.

Tabela 4

Ocena ekonomiczna technologii produkcji strąków badanych odmian fasoli szparagowej
Economic evaluation of the tested production technologies for the investigated snap bean cultivars
technologies

Wyszczególnienie Specification	Technologia uprawy — Cultivation technology			
	I	II	III	IV
Wartość produkcji, zł·ha ⁻¹ — Production value, PLN·ha ⁻¹	3740	5582	7823	10166
Koszty bezpośrednie, zł·ha ⁻¹ — Direct costs, PLN·ha ⁻¹				
Materiał siewny — Seeds	900	900	900	900
Nawozy, w tym — Fertilizers, including	72	428	838	963
N	0	114	229	343
P	29	91	158	158
K	43	167	384	384
dolistne - foliar	0	56	67	78
Środki ochrony roślin, w tym — Pesticides, including	0	327	480	906
zaprawy — seed dressing	0	15	21	55
herbicydy — herbicides	0	88	140	394
fungicydy — fungicides	0	205	300	421
insektycydy — insecticides	0	19	19	36
Inne, w tym — Other, including	1520	1820	1900	2200
Nitragina — Nitragine	20	20	0	0
zbiór kombajnowy — combine harvest	1000	1200	1200	1400
praca najemna — hired labour	500	600	700	800
Razem koszty bezpośrednie Total direct costs	2492	3475	4118	4969
Koszty bezpośrednie w % wartości produkcji Direct costs in % of production value	66,6	62,2	52,6	48,8
Nadwyżka bezpośrednia, zł·ha ⁻¹ Direct surplus, PLN·ha ⁻¹	1248	2107	3705	5197
Koszt bezpośredni produkcji 1 t strąków, zł Direct cost of 1 t of pods production in PLN	484	372	369	342

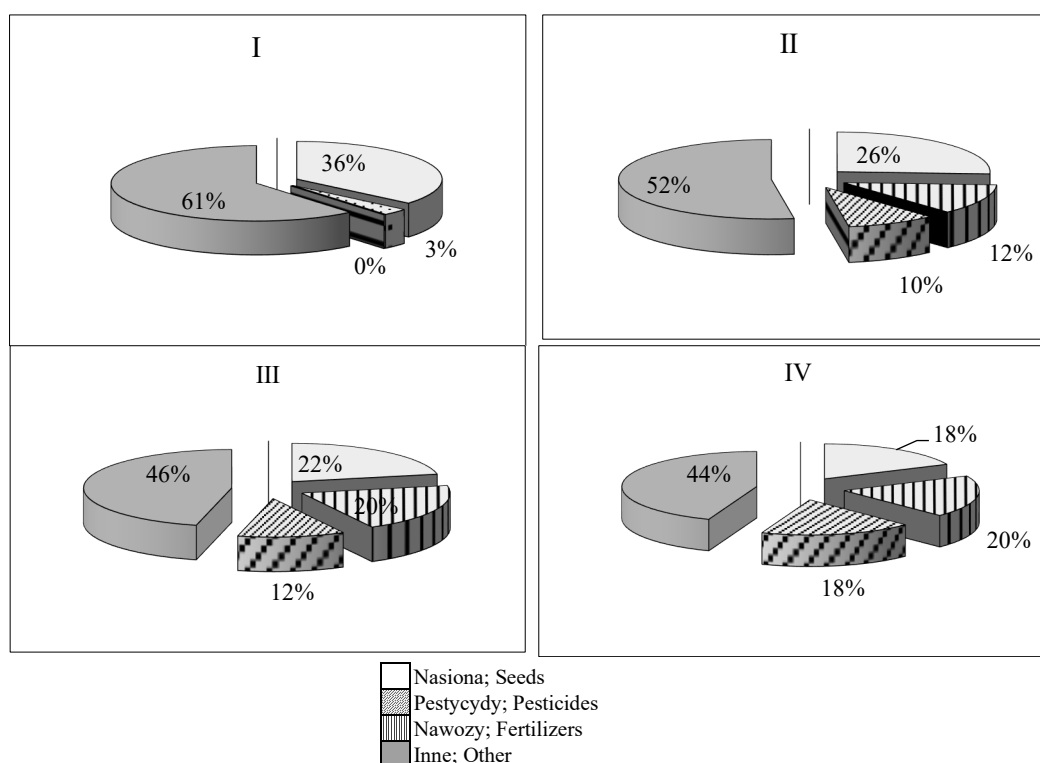
Technologie; Technologies: I — ekstensywna; extensive, II — integrowana; integrated, III — umiarkowanie intensywna; semi-intensive, IV — intensywna; intensive

Każde zwiększenie intensywności uprawy badanych odmian fasoli szparagowej powodowało wzrost wartości plonu zielonych strąków i wysokości ponoszonych kosztów bezpośrednich, a zarazem nadwyżki bezpośredniej (tab. 4).

Wartość plonu strąków zebrana z 1 ha wynosiła średnio od 3740 zł w technologii ekstensywnej do 10166 zł w intensywnej. Największą wartością plonu strąków w technologii ekstensywnej i umiarkowanie intensywnej charakteryzowała się odmiana Madera, a w integrowanej i intensywnej — Presenta.

Udział kosztów bezpośrednich w wartości plonu strąków stanowił w kolejnych technologiach odpowiednio 67,0, 53, 52 i 48,3% wartości produkcji. Intensyfikacji produkcji fasoli szparagowej towarzyszyło znaczne obniżenie bezpośrednich kosztów produkcji 1 t strąków z 484 zł w technologii ekstensywnej do 342 zł w uprawie intensywnej.

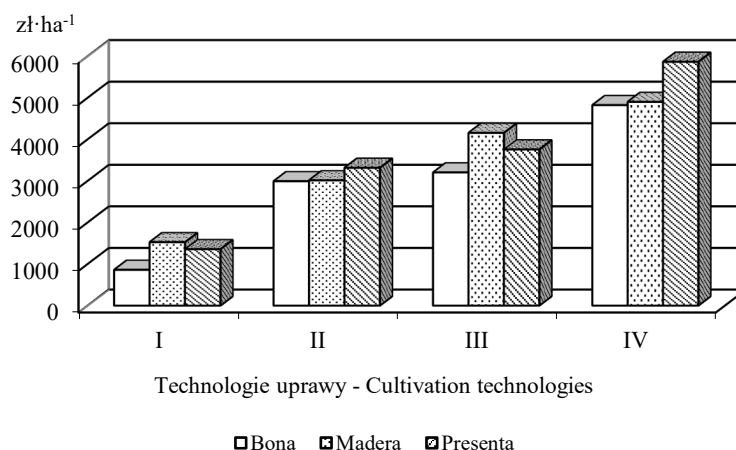
Wraz z intensyfikacją produkcji zmianom ulegała też struktura kosztów bezpośrednich (rys. 1). W technologiach ekstensywnej i integrowanej dominowały koszty związane z zakupem materiału siewnego oraz zbiorem. W technologiach intensywnych w uprawie fasoli szparagowej w dalszym ciągu przeważały koszty związane ze zbiorem (44%), natomiast resztę kosztów — w równych częściach po około 18–19% — stanowiły pozostałe środki produkcji.



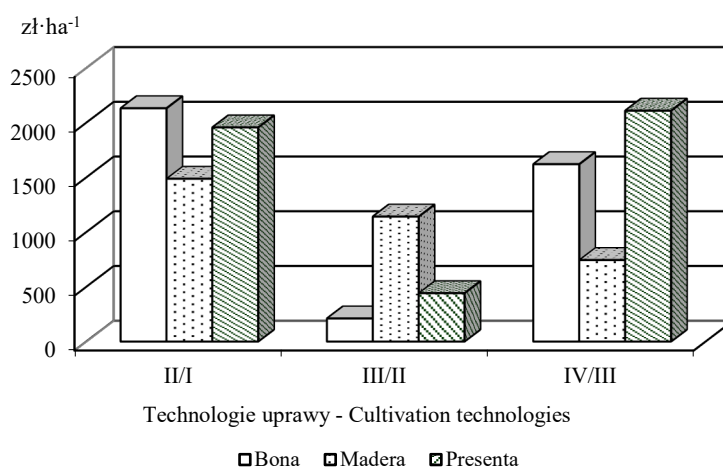
Rys. 1. Struktura kosztów bezpośrednich technologii uprawy fasoli szparagowej (I — ekstensywna, II — integrowana, III — umiarkowanie intensywna, IV — intensywna)

Fig. 1. Direct costs structure for the snap bean cultivation technologies (I — extensive, II — integrated, III — semi-intensive, IV — intensive)

Średnia nadwyżka bezpośrednia uzyskana w technologii ekstensywnej wynosiła 1248 zł·ha⁻¹, integrowanej — 3107 zł·ha⁻¹, umiarkowanie intensywnej — 3705 zł·ha⁻¹ i intensywnej — 5197 zł·ha⁻¹. Najwyższą nadwyżkę bezpośrednią w technologii ekstensywnej i umiarkowanie intensywnej — nieco ponad 1500 i 4100 zł·ha⁻¹ — uzyskano uprawiając fasolę szparagową odmiany Madera, a w technologii integrowanej i intensywnej odpowiednio prawie 3000 i ponad 5800 zł·ha⁻¹ — z uprawy odmiany Presenta (rys. 2).



Rys. 2. Nadwyżka bezpośrednia w uprawie odmian fasoli szparagowej (I — ekstensywna, II — integrowana, III — umiarkowanie intensywna, IV — intensywna)
Fig. 2. Direct surplus for the snap bean cultivars cultivation (I — extensive, II — integrated, III — semi-intensive, IV — intensive)



Rys. 3. Efektywność krańcowa kosztów technologii uprawy dla odmian fasoli szparagowej (I — ekstensywna, II — integrowana, III — umiarkowanie intensywna, IV — intensywna)
Fig. 3. Marginal effectiveness of cultivation technology costs for the snap bean cultivars (I — extensive, II — integrated, III — semi-intensive, IV — intensive)

Tradycyjne podejście do analizy efektywności nakładów poniesionych na produkcję opiera się na koncepcji funkcji produkcji i rachunku marginalnego (krańcowego) (Krasowicz, 2004). W tabeli 5 porównano dane dotyczące efektywności przeciętnej i krańcowej zastosowanych technologii uprawy fasoli na świeże strąki. Największą średnią efektywność krańcową plonu świeżych strąków (2,89) uzyskano po zwiększeniu nakładów z poziomu technologii ekstensywnej do integrowanej. Także przy dalszej intensyfikacji uprawy efektywność krańcowa plonu strąków była stale powyżej 1. Nawet zwiększenie intensywności uprawy z technologii umiarkowanej intensywnej do intensywnej gwarantowało bardzo wysoką efektywność krańcową, największą w przypadku odmiany Presenta i Bona, (odpowiednio 2110 i 1621 zł·ha⁻¹), a najniższą u odmiany Madera (745 zł·ha⁻¹).

Tabela 5

Efektywność przeciętna i krańcowa technologii uprawy fasoli szparagowej na świeże strąki
Average and marginal effectiveness of snap bean cultivation technology for fresh pods

Odmiany Cultivars	Technologia uprawy — Cultivation technology			
	I	II	III	IV
Efektywność przeciętna (wartość produkcji/koszty bezpośrednie) Average effectiveness (production value/direct costs)				
Bona	1,33	1,85	1,77	1,97
Madera	1,59	1,85	2,00	1,98
Presenta	1,53	1,94	1,91	2,18
Średnia — Mean	1,48	1,88	1,89	2,04
Efektywność krańcowa (przyrost wartości produkcji/przyrost kosztów bezpośrednich) Marginal effectiveness (increase of production value/increase of direct costs)				
Bona	—	3,16	1,32	2,90
Madera	—	2,51	2,79	1,87
Presenta	—	2,99	1,68	3,47
Średnia — Mean	—	2,89	1,93	2,75

Przyrosty wartości produkcji i przyrosty kosztów bezpośrednich obliczono dla technologii integrowanej w stosunku do ekstensywnej, umiarkowanej intensywnej w stosunku do integrowanej i intensywnej w stosunku do umiarkowanej intensywnej

Increases of production value and increases of direct costs were calculated for integrated technology as compared to the extensive technology, for semi-intensive as compared to the integrated technology and for the intensive technology as compared to the semi-intensive technology

Technologie; Technologies: I — ekstensywna; extensive, II — integrowana; integrated, III — umiarkowanie intensywna; semi-intensive, IV — intensywna; intensive

DYSKUSJA

Azot nie pobrany przez rośliny lub drobnoustroje glebowe, łatwo przemieszcza się w głąb gleby, skąd może być wymywany do wód gruntowych, dlatego też bardzo ważna jest analiza efektywności zastosowanych nawozów azotowych (Croswell i Goldwin, 1984; Simonis, 1988). W badaniach własnych, zgodnie z wynikami doświadczeń wykonanych na zbożach wiechlinowych (Fotyma, 1997) i kukurydzy (Kruczek, 2000) w miarę zwiększania dawek N (zwiększania intensywności uprawy) obserwowano istotny spadek zarówno efektywności rolniczej, jak i fizjologicznej N mineralnego. Należy podkreślić niski wskaźnik wykorzystania N z nawozów w uprawie fasoli szparagowej (44%), co

wynikało najpewniej z krótkiego okresu wegetacji. Największą zdolnością do wykorzystania N z nawozów charakteryzują się rośliny okopowe (burak cukrowy 90%, a ziemniak 70–80%) (Fotyma, 1997).

Badanie wskaźników efektywności N zastosowanego w nawozach mineralnych pod rośliny strączkowe jest obarczone błędami wynikającymi z ilości N związanego symbiotycznie. Księżak (2005) stwierdził, że każde 10 kg N mineralnego wpływa na zmniejszenie wiązania N_2 o 7–9 kg N, zatem rośliny uprawiane według technologii umiarkowanej intensywnej, a zwłaszcza intensywnej korzystały w zdecydowanie większym stopniu z azotu mineralnego niż w technologii ekstensywnej czy integrowanej. Jensen (1986) w doświadczeniach z grochem i bobikiem, a Hungria i Neves (1987) z fasolą, udowodnili, że w nasionach znajduje się około 60% N pochodzącego z symbiozy. Uzyskana w badaniach własnych kilkakrotnie niższa masa brodawek korzeniowych roślin uprawianych według technologii intensywnych potwierdza niewielką ich efektywność symbiotyczną. Jednocześnie jednak wzrastający na skutek zwiększonego nawożenia i dokarmiania azotowego plon strąków świadczy o korzystnym wpływie dawek N przekraczających 100 kg N na plonowanie fasoli szparagowej. N mineralny jest szczególnie silnie pobierany na początku rozwoju generatywnego (Hungria i Neves, 1987), stąd zapewne tak dobre efekty podziału dawek N i ich opóźnionego stosowania w badaniach własnych.

Oprócz efektywności rolniczej zastosowanego nawożenia mineralnego, ale także innych przemysłowych środków produkcji, o wyborze odpowiedniej dla gospodarstwa technologii decydować będzie jej efektywność ekonomiczna. W rolnictwie intensywnym głównym celem jest maksymalizacja plonu i zysku, bez uwzględniania ewentualnych szkód dla środowiska wywoływanych nadmiernym zużyciem przemysłowych środków produkcji (Kuś, 1999; Prusiński i Skinder, 2002). Jednak przy ich wysokich cenach i ograniczonych zasobach finansowych wielu rolników poszukuje technologii mniej intensywnych, ale zapewniających wysoką efektywność ekonomiczną prowadzonej produkcji (Prusiński i Skinder, 2002). Analiza porównywanych technologii uprawy grochu (Księżak i in., 1998; Szwejkowska, 2004; Borówczak i Grześ, 2005) i bobiku (Księżak i in., 1997; Księżak i Kuś, 2005) oraz łubinu białego (Podleśny, 1999) wykazała, że wyższe nakłady i koszty ponoszone w zalecanych dotychczas technologiach kompleksowych są mniej efektywne ekonomicznie niż technologie niskonakładowe lub oszczędne. Przeprowadzone badania własne wykazały, że nakłady ponoszone na uprawę fasoli na zielony strąk mają duży wpływ na efekty produkcyjne i ekonomiczne. W wyniku przeprowadzonej kalkulacji uproszczonej stwierdzono, iż zwiększenie intensywności uprawy fasoli z poziomu technologii ekstensywnej do integrowanej spowodowało najwyższy przyrost wartości produkcji, średnio o prawie 76% (tj. o 2842 zł·ha⁻¹) i nadwyżki bezpośredniej, średnio aż o 150% (tj. o 1859 zł·ha⁻¹). W wyniku dalszej intensyfikacji uprawy z poziomu technologii integrowanej do umiarkowanej intensywnej, a z niej do intensywnej notowano znacznie niższe przyrosty obu tych wskaźników, odpowiednio o 18,8% (tj. 1241 zł·ha⁻¹) i prawie 30% (tj. 2343 zł·ha⁻¹) oraz o prawie 20% (tj. o 598 zł·ha⁻¹) i 40% (tj. o 1492 zł·ha⁻¹). Uzyskane w badaniach własnych wartości nadwyżki bezpośredniej fasoli uprawianej na zielony strąk są wyższe niż w ankietowych badaniach Artyszaka i Kucińskiej (2004) z tych samych lat.

Ostatecznie z punktu widzenia ekonomicznego o intensyfikacji technologii produkcji decyduje efektywność krańcowa ponoszonych kosztów (Krasowicz, 2004), według której zwiększanie intensywności produkcji jest możliwe i uzasadnione, kiedy przyrost jej wartości jest wyższy od przyrostu ponoszonych na nią kosztów. Przyrost wartości produkcji ponad przyrost jej kosztów uzyskany w technologii intensywnej (w stosunku do umiarkowanej intensywnej) był stale wysoki i wynosił od 745 zł·ha⁻¹ (Madera) do 2110 zł·ha⁻¹ (Presenta).

WNIOSKI

1. Najwyższe bezwzględne i względne przyrosty plonów i wartości strukturalnych elementów plonowania stwierdzono po zwiększeniu intensywności uprawy fasoli z poziomu technologii ekstensywnej do integrowanej.
2. Obsada strąków na 1 m² miała największy udział w zwiększaniu świeżej i suchej masy strąków w miarę intensyfikacji technologii uprawy fasoli.
3. Intensyfikacja uprawy fasoli powodowała wzrost wartości plonu nasion i strąków, a także kosztów bezpośrednich i nadwyżki bezpośredniej.
4. Największy przyrost nadwyżki bezpośredniej, wynoszący średnio dla fasoli szparagowej aż 150%, uzyskano po zwiększeniu intensywności jej uprawy z poziomu technologii ekstensywnej do integrowanej.
5. Analiza marginalna kosztów wskazuje na ekonomicznie uzasadnione zwiększanie nakładów na przemysłowe środki produkcji w uprawie fasoli szparagowej do poziomu technologii intensywnej.

LITERATURA

- Artyszak A., Kucińska K. 2004. Kształtowanie się nadwyżki bezpośredniej w produkcji fasoli zwykłej (*Phaseolus vulgaris* L.) i wielokwiatowej (*Phaseolus multiflorus* Lmk.) na suche nasiona w gminach Mircze, Tyszwice i Werbkowice. Stow. Ekonom. Rol. i Agrobiznesu, Roczn. Nauk. VI (1): 7 — 12.
- Borówczak F., Grześ S. 2005. Produkcyjne i ekonomiczne efekty różnej intensywności uprawy grochu siewnego. Mat. konf. Efektywne i bezpieczne technologie produkcji roślinnej. IUNG Puławy: 151 — 152.
- Croswell E. T., Goldwin D. C. 1984. The efficiency of nitrogen fertilizer applied to cereals in different climates. In: Adv. in plant nutrition 1. Eds. P. B. Tinker and A. Lauchli. Ptaeger Publ. New York.
- Fotyma E. 1997. Efektywność nawożenia azotem podstawowych roślin uprawy polowej. Fragn. Agron. 1: 46 — 66.
- Głowacki M. 2002. Regionalne zróżnicowanie intensywności rolnictwa w Polsce. Pam. Puł. 130 (I): 213 — 221.
- Hungria M., Neves M. C. P. 1987. Partitioning of nitrogen from biological fixation and fertilizer in *Phaseolus vulgaris* L. Physiol. Plant. 69: 55 — 63.
- Jensen E. S. 1986. Symbiotic N₂ fixation in pea and field bean estimated by ¹⁵N fertilizer dilution in field experiments with barley as a reference crop. Plant and Soil 92: 3 — 13.
- Krasowicz S. 2004. Znaczenie oceny ekonomicznej w badaniach rolniczych. Stow. Ekonom. Rol. i Agrobiznesu, Roczn. Nauk. VI (5): 65 — 70.
- Kruczek A. 2000. Wpływ wielkości dawki azotu i dolistnego dokarmiania kukurydzy azotem i mikroelementami na wybrane wskaźniki efektywności nawożenia. Fragn. Agron. 3: 5 — 17.
- Księżak J. 2005. Ocena plonowania mieszanki grochu z pszenicą jarą w zależności od nawożenia azotem. Bibl. Fragn. Agron. 5: 91 — 92.

- Księżak J., Kuś J. 2005. Plonowanie bobiku w różnych systemach produkcji roślinnej. *Annales UMCS, Sec. E*, 60: 195 — 205.
- Księżak J., Lenartowicz W., Ufnowska J. 1997. Ocena ekonomiczna trzech technologii produkcji nasion bobiku. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 446: 227 — 230.
- Księżak J., Lenartowicz W., Ufnowska J. 1998. Efektywność ekonomiczna wybranych technologii produkcji nasion grochu. *Rocz. AR Poznań CCCVII, Rolnictwo* 52: 5 — 11.
- Kuś J. 1999. Porównanie różnych systemów produkcji roślinnej (konwencjonalny, integrowany i ekologiczny). IUNG Puławy.
- Kukuła S., Krasowicz S. 1995. Porównywanie technologii uprawy pszenicy ozimej o różnej intensywności produkcji. *Fragm. Agron.* 4: 96 — 105.
- Noworolnik K., Kozłowska-Ptaszyńska Z. 1997. Wpływ różnej intensywności technologii uprawy na plonowanie jęczmienia ozimego. *Fragm. Agron.* 1: 19 — 25.
- Podleśny J. 1999. Porównanie produkcyjnej i ekonomicznej efektywności różnych technologii uprawy łubinu białego. *Mat. konf. „Lupin in Polish and European Agriculture”*. Przysiek: 101 — 105.
- Prusiński J., Olach T. 2007. Plonowanie fasoli szparagowej (*Phaseolus vulgaris* L.) w zależności od intensywności technologii uprawy. *Cz. I. Wysokość i jakość plonu strąków oraz ich agrotechniczne uwarunkowania*. *Biul. IHAR* 243 243: 251 — 266.
- Prusiński J., Skinder Z. 2002. Analiza technologii rolnych stosowanych w rejonach intensywnego rolnictwa w powiązaniu z przyrodniczą jakością rolniczej przestrzeni produkcyjnej. W: *Uwarunkowania rozwoju i koncepcje monitoringu rejonów intensywnego rolnictwa*. Red. S. Łojewski i Z. Skinder. ATR Bydgoszcz: 135 — 159.
- Rudnicki F. 2000. Wyznaczanie wpływu poszczególnych elementów plonowania na różnice plonów między obiektami doświadczalnymi. *Fragm. Agron.* 3: 53 — 65.
- Simonis A. D. 1988. Studies on nitrogen use efficiency in cereals. In: *Nitrogen Efficiency in Agricultural Soils*. Elsevier Appl. Sci., London.
- Szmigiel A. 1999. Wpływ technologii uprawy na plonowanie pszenicy ozimej. *Pam. Puł.* 118: 423 — 429.
- Szwejkowska B. 2004. Wpływ sposobu uprawy na plonowanie grochu siewnego. *Fragm. Agron.* 3: 120 — 126.
- Ziętara W. 2002. Konkurencyjność różnych kierunków produkcji roślinnej. *Pam. Puł.* 130: 809 — 816.

PAWEŁ CZ. CZEMBOR
MAGDALENA RADECKA
EDWARD ARSENIUK

Zakład Fitopatologii, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Mapa molekularna pszenicy (*Triticum aestivum* L.)*

A molecular map of wheat (*Triticum aestivum* L.)

Utworzono wstępną mapę molekularną pszenicy zwyczajnej wykorzystując populację podwojonych haploidów wyprowadzonych z kombinacji krzyżówkowej odmian Liwilla i Begra. Odmiany rodzicielskie i linie potomne genotypowano stosując markery SSR i DArT. W wyniku przeprowadzonych analiz zidentyfikowano 269 polimorficznych markerów DArT. Z 328 analizowanych markerów SSR tylko 137 było polimorficznych, a dla 103 uzyskano pełne dane o ich segregacji. Przeprowadzona analiza sprzężeń pozwoliła na przypisanie 235 markerów do 18 grup sprzężeniowych i utworzenie mapy o łącznej długości 1705cM. Nie ustalono grup sprzężeniowych dla chromosomów 1A, 7B i 4D. W przypadku 137 markerów DArT po raz pierwszy podano ich lokalizację w genomie pszenicy. Genom A otrzymanej mapy zawierał 105 markerów, genom B 78 markerów, a najmniej 52 markery przypisano do genomu D. Ostatni z wymienionych genomów zawierał liczne i rozległe przerwy między markerami na chromosomach. W przypadku pozostałych chromosomów, większość markerów była rozmieszczona w sposób nieregularny z tendencją do tworzenia skupień.

Słowa kluczowe: mapa genetyczna sprzężeń, markery molekularne, pszenica

A preliminary molecular map of common wheat was established using doubled haploid population derived from a cross between cultivars Liwilla and Begra. Parental cultivars and offspring lines were genotyped with SSRs and DArT markers. Molecular analyses resulted in identification of 269 polymorphic DArT markers. Of the 328 SSRs analyzed only 137 were polymorphic and for 103 SSRs segregation data were generated. Linkage analysis assigned 235 markers to 18 linkage groups resulting in map of 1705cM length in total. Linkage groups for chromosomes 1A, 7B and 4D could not be established. For the first time map position of 137 DArT markers in wheat genome is presented. The A genome consisted of 105 markers, the B genome 78, and the D genome only 52. On the D genome many large sized gaps between markers on chromosomes were observed. The other chromosomes in most cases were covered by markers irregularly with tendency to form clusters.

Key words: genetic linkage map, molecular markers, wheat

* Pracę wykonano w ramach projektów badawczych 2 P06A 006 26 (Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego) oraz Bioexploit (Sixth Framework Programme, Priority (5) Food Quality and Safety, Integrated Project, FOOD-CT-2005-513959)

WSTĘP

Pszenica heksaploidalna (*Triticum aestivum* L. em. Thell) jest jednym z najważniejszych gatunków rolniczych na świecie. W skali globalnej dostarcza blisko 55% spożywanych węglowodanów (Gupta i in., 1999). Podobnie jak w przypadku innych roślin uprawnych, postęp hodowlany pszenicy opiera się na efektywnym wykorzystaniu dostępnej zmienności genetycznej. W ostatnich trzech dekadach dodatkowe wsparcie w pracach hodowlanych uzyskano ze strony nowych technologii DNA, zwłaszcza markerów molekularnych. W ciągu tego okresu opracowano liczne markery DNA, z których najpopularniejsze to: RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism), RAPD (Randomly Amplified Polymorphic DNA), AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism), SSR (Simple Sequence Repeats lub microsatelity) i SNP (Single Nucleotide Polymorphism) (Botstein i in., 1980; Weber i May, 1989; Williams i in., 1990; Vos i in., 1995; Chee i in., 1996). W ostatnich latach został opracowany nowy typ markera DArT (Diversity Arrays Technology) wykorzystujący mikromacierze DNA, który pozwala na jednoczesną analizę kilku tysięcy loci rozproszonych po całym genomie, bez potrzeby wcześniejszej znajomości sekwencji. Markery DArT zostały ostatnio zastosowane do konstrukcji map genetycznych jęczmienia (Wenzel i in., 2004) i pszenicy (Akbari i in., 2006).

W ciągu minionego okresu skonstruowano niewiele map genetycznych pokrywających cały genom pszenicy (Liu i Tsunewaki, 1991; Gale i in., 1995; Röder i in., 1998; Messmer i in., 1999; Gupta i in., 2002; Paillard i in., 2003; Somers i in., 2004; Song i in., 2005; Akbari i in., 2006). Większość z wymienionych powyżej map genetycznych powstała w oparciu o populacje potomne wyprowadzone po skrzyżowaniu odmian lub linii bardzo odległych filogenetycznie. Wynika to z niskiego poziomu polimorfizmu DNA obserwowanego w pszenicy (Chao i in., 1989). W związku z tym, zdecydowanie rzadziej krzyżuje się blisko spokrewnione odmiany lub linie o dobrych cechach użytkowych i przystosowane do lokalnych warunków glebowo-klimatycznych. Odmiany Liwilla i Begra występowały w Rejestrze Odmian odpowiednio w latach 1982–1990 i 1982–2003 (Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, Słupia Wielka). Liwilla charakteryzuje się wysokim poziomem odporności na septoriozy zbóż i fuzariozę kłosa, a Begra podatnością (Arseniuk i in., 1995; Góral, 2006).

Celem pracy było skonstruowanie wstępnej mapy molekularnej pszenicy w oparciu o populację wyprowadzoną po skrzyżowaniu polskich odmian o skrajnych reakcjach na porażenie przez niektóre patogeny.

MATERIAŁ I METODY

W pracy wykorzystano wcześniej uzyskaną populację mieszańcową odmian pszenicy ozimej Liwilla i Begra (Czembor i in., 2003). Z pokolenia F₁ drogą androgenezy (pylniki) w kulturach *in vitro* wyprowadzono 154 podwojone haploidy (DH).

Na potrzeby analiz molekularnych wyizolowano DNA przy użyciu Plant DNeasy Mini kit (Qiagen Inc., 27220 Turnberry Lane, Valencia, CA 91355, USA) z 94 linii DH i dwóch

odmian rodzicielskich Liwilli i Begry. Próbkę DNA analizowano przy użyciu markerów DArT i SSR. Dysponowano 328 parami starterów amplifikujących w reakcji PCR loci mikrosatelitarne (Röder i in., 1998; Pestsova i in., 2000; Somers i in., 2004; Song i in., 2005). Jeden z pary stosowanych starterów mikrosatelitarnych był znakowany na końcu 5' jednym z barwników fluorescencyjnych (6-FAM, HEX lub TET). Reakcję zawsze prowadzono w niskoprofilowanych cienkościennych probówkach (MJResearch, Inc., 149 Grove Street, Watertown, MA 02172, USA) przy wykorzystaniu termocyklerów Mastercykler ep Gradient (Eppendorf AG, 22331, Hamburg, Niemcy) oraz UNO II i T3 (Biometra GmbH, Rudolf-Wissell-Str. 30, D-37079 Göttingen, Niemcy). Mieszanina reakcyjna o objętości 8 µl zawierała następujące komponenty: 1 × buforu z dodatkiem (NH₄)₂SO₄ (MBI Fermentas, V. Graiciuno g. 8, 02241 Wilno, Litwa), 2,5mM MgCl₂, 0,2mM każdego z deoksynukleotydów, 0,5µM każdego startera, 1 jednostkę Taq polimerazy (Fermentas) i około 24ng DNA. Program PCR realizował etapy: 94°C/2 min. wstępnej denaturacji, następnie 10 cykli składających się z etapów 94°C/30 sek., temperatura 'przyklejania' starterów wg danych literaturowych (Röder i in., 1998; Pestsova i in., 2000; Somers i in., 2004; Song i in., 2005) przez 30 sek. i 72°C/1 min. oraz 30 (lub 20) cykli 90°C/30 sek., temperatura przyklejania starterów jak w poprzednich etapach przez 30 sek. i 72°C/1 min. Końcowy etap polimeryzacji przy temperaturze 72°C przedłużono do 5 min. Rozdział i detekcję produktów PCR prowadzono przy użyciu Analizatora DNA ABI 377 (Applied Biosystems, Foster City, CA 94404, USA) stosując w zależności od potrzeb 4,5% lub 4,75% denaturujący żel poliakryloamidowy (Long Ranger, Cambrex Bio Science, Rockland, ME 04841, USA).

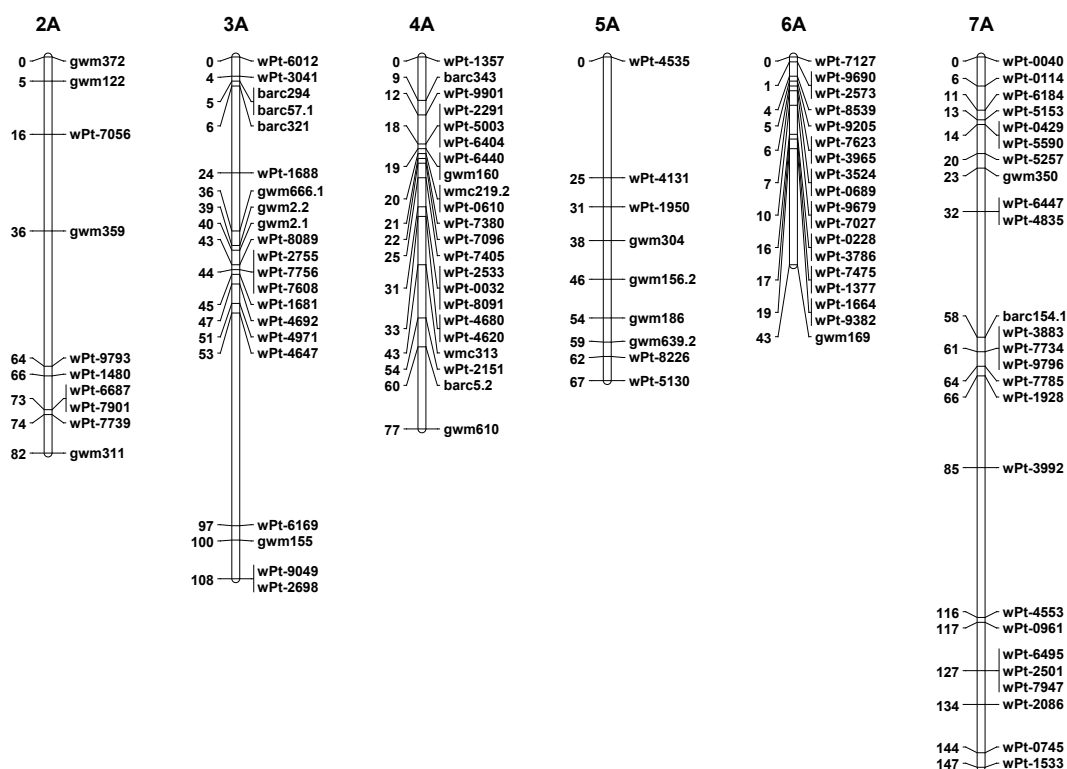
Analiza próbek DNA przy użyciu markerów DArT została wykonana przez Triticarte (Diversity Arrays Technology P/L -Triticarte P/L, 1 Wilf Crane Crescent, Yarralumla ACT 2600, Australia). W tej technologii opartej o mikromacierze DNA, analizowano wynik hybrydyzacji wybranych 5137 wysoce polimorficznych loci pszenicy (Jaccoud i in., 2001; Akbari i in., 2006).

Analizę sprzężeń przeprowadzono przy użyciu programu komputerowego JoinMap 4 (Van Ooijen, 2006), stosując wartość minimalną LOD = 3,0 dla grupowania markerów oraz metodę regresji do ustalenia sprzężeń wewnątrz grupy. Pozycję markerów na mapie weryfikowano z opublikowanymi mapami genetycznymi pszenicy (Röder i in., 1998; Pestsova i in., 2000; Somers i in., 2004; Song i in., 2005; Akbari i in., 2006). Na otrzymanej mapie markery DArT oznaczono prefiksem „wPt”, mikrosatelity prefiksami „gwm” (Röder i in., 1998), „gdm” (Pestsova i in., 2000), „wmc” (Wheat Microsatellite Consortium, <http://wheat.pw.usda.gov>) oraz „barc” (Song i in., 2005).

WYNIKI

W wyniku przeprowadzonych analiz molekularnych zidentyfikowano 269 polimorficznych markerów DArT, dla których otrzymano dane o segregacji w populacji potomnej. Natomiast z 328 markerów SSR, tylko 137 było polimorficznych i dla 103 określono pełną segregację. Wyłonione markery polimorficzne pozwoliły na wykluczenie z dalszej analizy 20 linii DH wykazujących podobieństwo powyżej 99% do innych linii potomnych.

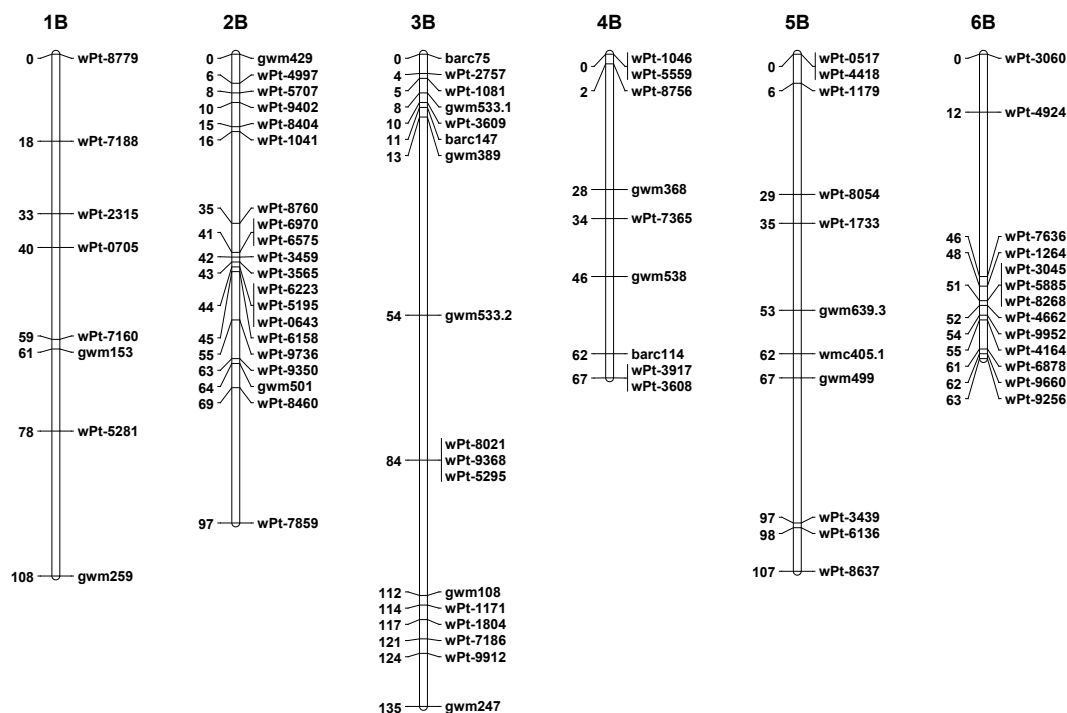
Wskazuje to na wyprowadzenie w trakcie androgenezy w kulturach *in vitro* linii DH będących klonami innych linii. Polimorficzne markery molekularne o pełnych danych o segregacji w populacji potomnej w liczbie 372 zostały wykorzystane do konstrukcji mapy genetycznej. Ponieważ markery DArT i SSR w znakomitej większości przypadków są specyficzne dla danego chromosomu, można było otrzymane grupy sprzężeniowe przypisać do poszczególnych chromosomów. W rezultacie otrzymano mapę genetyczną długości 1705cM złożoną z 235 markerów molekularnych przypisanych do 18 grup sprzężeniowych (nie wyłoniono grup sprzężeniowych dla chromosomów 1A, 7B i 4D) (rys. 1, 2 i 3).



Rys. 1. Mapa molekularna genomu A pszenicy skonstruowanej w oparciu o populację Liwilla × Begra. Na mapie markery DArT oznaczono prefiksem „wPt”. Natomiast mikrosatelity wyróżniono oznaczeniem „gwm” (Röder i in., 1998), „gdm” (Pestsova i in., 2000), „wmc” (Wheat Microsatellite Consortium, <http://wheat.pw.usda.gov>) oraz „barc” (Song i in., 2005)

Fig. 1. Molecular map of wheat A genome developed for population Liwilla × Begra. On the map DArT markers are indicated by prefix „wPt”. Microsatellite markers are designated „gwm” (Röder *et al.*, 1998), „gdm” (Pestsova *et al.*, 2000), „wmc” (Wheat Microsatellite Consortium, <http://wheat.pw.usda.gov>) and „barc” (Song *et al.*, 2005)

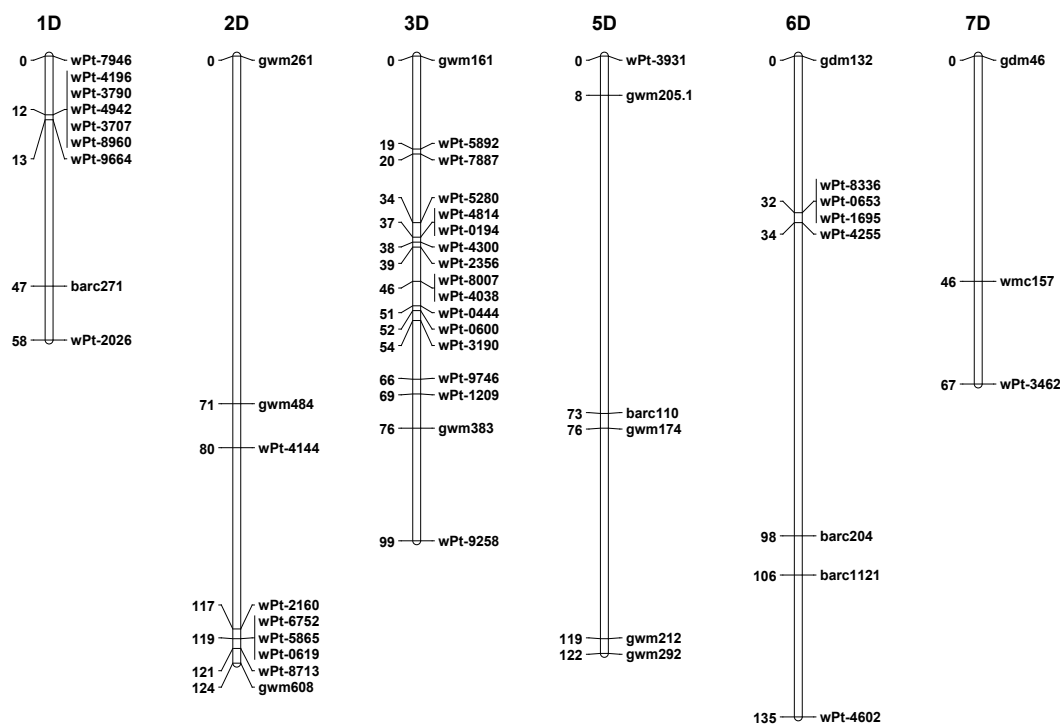
Większość ze 137 niezmapowanych markerów usunięto z analizy z powodu znacznych zaburzeń segregacji odbiegających od modelu 1:1. Genom A otrzymanej mapy zawierał 105 markerów (w tym 24 SSR), genom B 78 markerów (w tym 17 SSR), a najmniej 52 markery (w tym 16 SSR) przypisano do genomu D (tab. 1). Z pośród 178 zmapowanych markerów DArT, dla 137 podajemy w naszej pracy po raz pierwszy pozycję na mapie genomu pszenicy. Pozostałe 41 markerów DArT zlokalizowano na mapach opisanych przez Akbari i wsp. (2006) lub Semagn i wsp. (2006).



Rys. 2. Mapa molekularna genomu B pszenicy skonstruowanej w oparciu o populację Liwilla × Begra.

Na mapie markery DArT oznaczono prefiksem „wPt”. Natomiast mikrosatelity wyróżniono oznaczeniem „gwm” (Röder i in., 1998), „gdm” (Pestsova i in., 2000), „wmc” (Wheat Microsatellite Consortium, <http://wheat.pw.usda.gov>) oraz „barc” (Song i in., 2005)

Fig. 1. Molecular map of wheat B genome developed for population Liwilla × Begra. On the map DArT markers are indicated by prefix „wPt”. Microsatellite markers are designated „gwm” (Röder *et al.*, 1998), „gdm” (Pestsova *et al.*, 2000), „wmc” (Wheat Microsatellite Consortium, <http://wheat.pw.usda.gov>) and „barc” (Song *et al.*, 2005)



Rys. 3. Mapa molekularna genomu D pszenicy skonstruowanej w oparciu o populację Liwilla × Begra.
Na mapie markery DArT oznaczono prefiksem „wPt”. Natomiast mikrosatelity wyróżniono oznaczeniem „gwm” (Röder i in., 1998), „gdm” (Pestsova i in., 2000), „wmc” (Wheat Microsatellite Consortium, <http://wheat.pw.usda.gov>) oraz „barc” (Song i in., 2005)

Fig. 1. Molecular map of wheat D genome developed for population Liwilla × Begra. On the map DArT markers are indicated by prefix „wPt”. Microsatellite markers are designated „gwm” (Röder *et al.*, 1998), „gdm” (Pestsova *et al.*, 2000), „wmc” (Wheat Microsatellite Consortium, <http://wheat.pw.usda.gov>) and „barc” (Song *et al.*, 2005)

Kolejność markerów SSR na poszczególnych chromosomach była zgodna z danymi opublikowanymi przez Somers i wsp. (2004) oraz Song i wsp. (2005). Natomiast regionach dużych skupień markerów DArT na chromosomach 4A i 6A stwierdzono pojedyncze przypadki występowania odmiennej kolejności markerów w porównaniu do map opisanych przez Akbari i wsp. (2006) i Semagn i wsp. (2006). Wspomniana niezgodność dotyczy następujących markerów: wPt-2151, wPt-0610, wPt-7027 i wPt-3524 (rys. 1). Dodatkowo dwa markery z adnotacją Triticarte odnośnie przynależności do chromosomu wPt-6012 na 1B i wPt-0610 na 3B w naszej analizie zostały zmapowane odpowiednio na chromosomach 3A i 4A (rys. 1).

Większość markerów była rozmieszczona w sposób nieregularny na chromosomach. Skonstruowana przez nas mapa zawiera 19 przerw rozmiarów 20-40cM i 7 odcinków

większych niż 40cM (rys. 1, 2 i 3). Szczególnie genom D, wykazywał liczne (11) i rozległe przerwy między markerami na mapach chromosomów.

Tabela 1

Charakterystyka mapy genetycznej chromosomów pszenicy (długość i liczba markerów) otrzymanych w populacji mapującej Liwilla × Begra
Features of genetic map of wheat chromosomes (length and number of markers) revealed for mapping population Liwilla × Begra

Chr.	Długość genetyczna chromosomu (cM)/liczba przypisanych markerów Chromosome length (cM)/number of markers	Chr.	Długość genetyczna chromosomu (cM)/liczba przypisanych markerów Chromosome length (cM)/number of markers	Chr.	Długość genetyczna chromosomu (cM)/liczba przypisanych markerów Chromosome length (cM)/number of markers
1A	— ^a	1B	107/8	1D	58/9
2A	82/10	2B	97/20	2D	124/9
3A	108/21	3B	135/17	3D	98/17
4A	76/22	4B	67/9	4D	—
5A	67/9	5B	107/11	5D	121/6
6A	43/18	6B	63/13	6D	134/8
7A	147/25	7B	—	7D	66/3

^a — Brak, Absencje

Chr. — Chromosom; Chromosome

DYSKUSJA

Opisywane w literaturze mapy genetyczne w celu otrzymania jak największej zmienności w populacji, zwykle opierają się na populacji potomnej wyprowadzonej z krzyżówki międzygatunkowej (Messmer i in., 1999), z udziałem linii syntetycznych pszenicy (Röder i in., 1998) lub odmian dalece spokrewnionych (Akbari i in., 2006; Semagn i in., 2006). W naszym przypadku, użyte odmiany są blisko spokrewnione, ponieważ w rodowodach Liwilla i Begry występuje francuska odmiana Etoile de Choisy. W związku z tym, wiele rejonów genomu osobników populacji potomnej nie było polimorficznych, a wykrycie regionów polimorficznych było ograniczone możliwościami użytych markerów. Poprzednie próby wykrycia polimorfizmu w populacji Liwilla × Begra (Czembor i in., 2003) przy użyciu markerów SSR napotykały na wiele trudności, dlatego też skorzystano z możliwości zastosowania markerów nowej generacji DArT. Markery DArT w większym stopniu były zdolne do wykrycia polimorfizmu DNA i stąd większa ich liczba została umieszczona na mapie genetycznej w porównaniu do markerów SSR. Otrzymana w naszych badaniach liczba polimorficznych loci DArT (269), jest bardzo zbliżona do liczby polimorficznych markerów DArT (271) zidentyfikowanych w populacji Arina (szwajcarska odmiana pszenicy ozimej) × NK93604 (norweska odmiana pszenicy jarej) (Semagn i in., 2006).

Prezentowana w pracy mapa Liwilla × Begra jest stosunkowo krótka. Jeżeli przyjmiemy, że całkowita długość mapy genetycznej pszenicy wynosi około 4000cM (Sourdille i in., 2003), to nasza mapa stanowi zaledwie 42% tej długości. Niemniej jednak, opublikowane ostatnio mapy pszenicy utworzone przy zastosowaniu markerów RFLP,

AFLP, SSR i DArT miały długość 2937cM (Akbari i in., 2006) i 2595,5cM (Semagn i in., 2006). Być może zidentyfikowanie dodatkowych markerów AFLP i SSR w populacji Liwilla × Begra przyczyniłoby się do wydłużenia mapy genetycznej.

W trakcie konstruowania mapy część markerów została wykluczona z dalszej analizy z powodu znacznych zaburzeń w segregacji odbiegających od modelu 1:1. Zaburzenia w segregacji markerów mogą prowadzić do powstawania fałszywych sprzężeń i obniżenia wartości rekombinacji (Kammholz i in., 2001). Często napotyka się na ten problem w trakcie budowania mapy genetycznej i może on dotyczyć nawet 20,4% segregujących markerów (Semagn i in., 2006). Przypisuje się występowanie tego zjawiska różnym procesom o podłożu genetycznym uaktywnianym w trakcie kultur *in vitro*, np. aktywność genów gametocydalnych (*Gc*), czy też genu powodującego nieżywotność pyłku (pollen killer, *Ki*) (McIntosh i in., 1998).

Stwierdzono zdecydowanie mniejszą liczbę markerów zmapowanych w genomie D w porównaniu do dwóch pozostałych genomów. Znacząco mniejszą liczbę markerów DArT przypisaną do genomu D również odnotował Akbari i wsp. (2006) oraz Semagn i wsp. (2006). We wcześniejszych badaniach odnotowano tę samą prawidłowość przy zastosowaniu markerów SSR (Röder i in., 1998; Song i in., 2005), co stało się impulsem do opracowania dodatkowych markerów wyłącznie dla genomu D (Pestsova i in., 2000). Wśród trzech chromosomów 1A, 7B i 4D, dla których nie udało się utworzyć grup sprzężeń przy użyciu markerów DArT i SSR, chromosom 4D nie występował również na mapie ustalonej (przy użyciu tego samego typu markerów) przez Akbari i wsp. (2006), a grupa sprzężeń korespondująca z tym chromosomem na mapie utworzonej przez Semagn i wsp. (2006) była najkrótsza.

Utworzona mapa posiada pełną zgodność pozycji markerów SSR z mapami opublikowanymi przez Somers i wsp. (2004) i Song i wsp. (2005), które są uznawane za najbardziej wiarygodne. W przypadku markerów DArT w kilku przypadkach stwierdzono niezgodność pozycji w porównaniu do wcześniej opublikowanych map (Akbari i in., 2006; Semagn i in., 2006). Dotyczy to głównie rejonów o dużym skupieniu markerów na krótkim odcinku mapy. Przy stosunkowo małej liczebności populacji mapującej (74 osobników) wydajność algorytmu ustalającego pozycję markera względem pozostałych maleje wraz z ograniczeniem dostępności liczby przypadków o odmiennym genotypie. Stąd możliwe jest ustalenie innej kolejności markerów w danym rejonie w porównaniu do opisywanych w literaturze. Niezgodności między mapami dotąd opublikowanymi (Liu i Tsunewaki, 1991; Gale i in., 1995; Röder i in., 1998; Messmer i in., 1999; Gupta i in., 2002; Paillard i in., 2003; Somers i in., 2004; Song i in., 2005) w pozycji markerów nie są niczym niezwykłym i można je stwierdzić porównując wspomniane mapy przy użyciu aplikacji CMap na stronie GrainGenes (<http://wheat.pw.usda.gov/GG2/index.shtml>). Należy pamiętać, że proces tworzenia mapy jest oparty o metody statystyczne (obarczone również pewnym poziomem błędu), które podają względną pozycję danego markera odnośnie pozostałych markerów (Van Ooijen, 2006).

Mała liczba zmapowanych markerów w genomie D przyczyniła się również do występowania licznych i rozległych przerw w tym genomie. Podobnych rozmiarów zjawisko obserwowano przy konstrukcji mapy pszenicy przez Röder i wsp. (1998) oraz

Semagn i wsp. (2006). Generalnie niższy poziom zmienności obserwowany w genomie D w porównaniu do A i B, przypisuje się stosunkowo niedawnej introgresji tego genomu do pszenicy uprawnej (Caldwell i in., 2004).

Uzyskana mapa genetyczna Liwilla × Begra pozwoliła na wyłonienie regionów polimorficznych, które w dalszych badaniach będą analizowane pod kątem występowania loci związanych z odpornością na patogeny.

WNIOSKI

1. Wykazano przydatność populacji mieszańcowych odmian pszenicy ozimej blisko spokrewnionych do wyznaczania mapy genetycznej przy zastosowaniu markerów molekularnych.
2. Bliskie pokrewieństwo użytych odmian (ograniczona zmienność genetyczna populacji potomnej) wpłynęło na przeciętne wysycenie mapy genetycznej markerami.
3. Markery DArT potwierdziły swoje walory jako system wykrywania polimorfizmu DNA w sposób szybki i wydajny.

LITERATURA

- Akbari M., Wenzl P., Caig V., Carling J., Xia L., Yang S., Uszynski G., Mohler V., Lehmensiek A., Kuchel H., Hayden M. J., Howes N., Sharp P., Vaughan P., Rathmell B., Huttner E., Kilian A. 2006. Diversity arrays technology (DArT) for high-throughput profiling of the hexaploid wheat genome. *Theor. Appl. Genet.* 113: 1409 — 1420.
- Arseniuk E., Czembor H. J., Sowa W., Krysiak H., Zimny J. 1995. Genotypic reaction of triticale, wheat and rye to inoculation with *Stagonospora* (= *Septoria*) *nodorum* under field conditions and *S. nodorum* and *S. tritici* under controlled environment. *Biul. IHAR* 195/196: 209 — 246.
- Botstein D., White R., Skolnick M., Davis R. 1980. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. *Am. J. Hum. Genet.* 32: 314 — 331.
- Caldwell K. S., Dvorak J., Lagudah E. S., Akhunov E., Luo M. Ch., Wolters P., Powell W. 2004. Sequence Polymorphism in Polyploid Wheat and Their D-Genome Diploid Ancestor. *Genetics* 167: 941 — 947.
- Chao S., Sharp P. J., Worland A. J., Warham E. J., Koeber R. M. D., Gale M. D. 1989. RFLP-based genetic maps of wheat homoeologous group 7 chromosomes. *Theor. Appl. Genet.* 78: 495 — 504.
- Chee M., Yang R., Hubbell E., Berno A., Huang X. C., Stern D., Winkler J., Lockhart D. J., Morris M. S., Fodor S. P. A. 1996. Accessing genetic information with high-density DNA arrays. *Science* 274: 610 — 614.
- Czembor P. C., Arseniuk E., Czaplicki A., Song Q. J., Cregan P. B., Ueng P. P. 2003. QTL mapping of partial resistance in winter wheat to *Stagonospora nodorum* blotch. *Genome* 46(4): 546 — 554.
- Gale M. D., Atkinson M. D., Chinoy C. N., Harcourt R. L., Jia J., Li Q. Y., Devos K. M. 1995. Genetic maps of hexaploid wheat. *Proceedings of the 8th International Wheat Genetics Symposium*. 20–25 July 1993, Beijing, China. Edited by Li Z. S. and Xin Z. Y. China Agricultural Sciencetech Press, vol. 1, pp. 29 — 40.
- Góral T. 2006. Odporność odmian pszenicy ozimej na fuzariozę kłosów powodowaną przez *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc. *Biul. IHAR* 242: 63 — 78.
- Gupta P. K., Balyan H. S., Edwards K. J., Isaac P., Korzun V., Röder M., Gautier M. F., Joudier P., Schlatter A. R., Dubcovsky J., De la Pena R. C., Khairallah M., Penner G., Hayden M. J., Sharp P., Keller B., Wang R. C. C., Hardouin J. P., Jack P., Leroy P. 2002. Genetic mapping of 66 new microsatellite (SSR) loci in bread wheat. *Theor. Appl. Genet.* 105: 413 — 422.
- Gupta P. K., Varshney R. K., Sharma P. C., Ramesh B. 1999. Molecular markers and their application in wheat breeding: a review. *Plant Breeding* 118: 369 — 390.
- Jaccoud D., Peng K., Feinstein D., Kilian A. 2001. Diversity arrays: a solid state technology for sequence information independent genotyping. *Nucleic Acids Res.* 29: e25.

- Kammholz S. J., Campbell A. W., Sutherland M. W., Hollamby G. J., Martin P. J., Eastwood R. F., Barclay I., Wilson R. E., Brennan P. S., Shepard J. A. 2001. Establishment and characterization of wheat genetic mapping populations. *Aust. J. Agric. Res.* 52: 1079 — 1088.
- Liu Y. G., Tsunewaki K. 1991. Restriction fragment length polymorphism (RFLP) analysis in wheat. II. Linkage maps of the RFLP sites in common wheat. *Jpn. J. Genet.* 66: 617 — 633.
- McIntosh R. A., Hart G. E., Devos K. M., Gale M. D., Rogers W. J. 1998. Catalogue of gene symbols for wheat. Vol. 5. Proceedings of the 9th International Wheat Genetic Symposium, Saskatoon, Sask., Canada, 2–7 August 1998. University Extension Press, University of Saskatchewan, Saskatoon, Sask.: 77 — 83.
- Messmer M. M., Keller M., Zanetti S., Keller B. 1999. Genetic linkage map of a wheat × spelt cross. *Theor. Appl. Genet.* 98: 1163 — 1170.
- Paillard S., Schnurbusch T., Winzeler M., Messmer M., Sourdille P., Abderhalden O., Keller B., Schachermayr G. 2003. An integrative genetic linkage map of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 107: 1235 — 1242.
- Pestsova E., Ganal M. W., Röder M. S. 2000. Isolation and mapping of microsatellite markers specific for the D genome of bread wheat. *Genome* 43: 689 — 697.
- Röder M. S., Korzun V., Wendehake K., Plaschke J., Tixier M. H., Leroy P., Ganal M. W. 1998. A microsatellite map of wheat. *Genetics* 149: 2007 — 2023.
- Semagn K., Bjørnstad Å., Skinnes H., Marøy A. G., Tarkegne Y., William M. 2006. Distribution of DArT, AFLP, and SSR markers in a genetic linkage map of a doubled-haploid hexaploid wheat population. *Genome* 49: 545 — 555.
- Somers D. J., Isaac P., Edwards K. 2004. A high-density microsatellite consensus map for bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 109: 1105 — 1114.
- Song Q. J., Shi J. R., Singh S., Fickus E. W., Costa J. M., Lewis J., Gill B. S., Ward R., Cregan P. B. 2005. Development and mapping of microsatellite (SSR) markers in wheat. *Theor. Appl. Genet.* 110: 550 — 560.
- Sourdille K., Cadalen T., Guyomarc'h H., Snape J. W., Perretant M. R., Charmet G., Boeuf C., Bernard S., Bernard M. 2003. An update of the Courtot × Chinese Spring intervarietal molecular marker linkage map for the QTL detection of agronomic traits in wheat. *Theor. Appl. Genet.* 106: 530 — 538.
- Van Ooijen J. W. 2006. JoinMap 4, Software for the calculation of genetic linkage maps in experimental populations. Kyazma B. V., Wageningen, Netherlands.
- Vos P., Hogers R., Bleeker M., Reijans M., van de Lee T., Homes M., Fritjers A., Pot J., Peleman J., Kuiper M., Zabeau M. 1995. AFLP: a new technique for DNA Fingerprinting. *Nucleic Acids Res.* 23: 4407 — 4414.
- Weber J., May P. 1989. Abundant class of human DNA polymorphisms which can be typed using the polymerase chain reaction. *Am. J. Hum. Genet.* 44: 388 — 396.
- Wenzl P., Carling J., Kudrna D., Jaccoud D., Huttner E., Kleinhofs A., Kilian A. 2004. Diversity arrays technology (DArT) for whole-genome profiling of barley. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 101: 9915 — 9920.
- Williams J., Kubelik A., Livak K., Rafalski J., Tingey S. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Res.* 18: 6531 — 6535.

PAWEŁ CZ. CZEMBOR
MAGDALENA RADECKA
EDWARD ARSENIUK

Zakład Fitopatologii, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Mapowanie loci odporności pszenicy ozimej na septoriozę paskowaną powodowaną przez grzyba *Mycosphaerella graminicola**

Mapping of resistance loci to septoria tritici blotch caused by fungus *Mycosphaerella graminicola* in wheat

W pracy przedstawiono wyniki analizy loci cech ilościowych (QTL) związanych z odpornością liści siewek pszenicy na septoriozę paskowaną powodowaną przez grzyba *Mycosphaerella graminicola* (anamorfa *Septoria tritici*). Badano linie podwojonych haploidów wyprowadzonych z kombinacji krzyżówkowej odmian Liwilla (odporna) i Begra (podatna). Reakcja odporności populacji była badana w warunkach kontrolowanych metodą odciętych liści siewek i na całych siewkach. Rośliny inokulowano mieszaniną izolatów *S. tritici*. W analizie QTL wykryto loci odporności ilościowej (QRL, quantitative resistance loci) na chromosomach: 3A, 7A, 2B, 5B i 3D. Pojedynczy QTL wyjaśniał zmienność fenotypową w zakresie od 8,3% (LOD = 2,70) do 30,0% (LOD = 8,71). W największym stopniu (30,0%) zmienność porażenia liści wyjaśniał locus *QStb.ihar-7A* zlokalizowany na chromosomie 7AS. Jest to pierwsze doniesienie o występowaniu loci odporności na STB na tym chromosomie. Podobnie, lokalizacja na chromosomie 3DL locus *QStb.ihar-3D*, który wyjaśnia 11,8% (LOD = 3,66) zmienności badanej cechy nie została dotąd opisana w literaturze w kontekście odporności na *S. tritici*. QRL wykryte na chromosomach 3A, 2B i 5B zlokalizowano w pobliżu opisanych w literaturze loci odporności na *S. tritici*, tj. *QStb.riso-3A.2*, *QStb.riso-2B* i *Stb1*. Ich wzajemne relacje na tym etapie badań są trudne do określenia. Przedstawione wyniki wskazują na złożony i wielogenowy charakter odporności na septoriozę paskowaną odmiany Liwilla.

Słowa kluczowe: mapowanie QTL, *Mycosphaerella graminicola*, odporność na choroby, stadium siewki, pszenica

We present results on analysis of quantitative trait loci (QTL) associated with resistance on seedlings leaves of wheat to septoria tritici blotch (STB) caused by fungus *Mycosphaerella graminicola* (anamorph *Septoria tritici*). A population of doubled haploid (DH) lines derived from a cross between cultivars Liwilla (resistant) and Begra (susceptible) were investigated in the research. Resistance of the population was evaluated under controlled conditions using seedling detached leaves and whole

* Praca została wykonana w ramach projektu badawczego 2 P06A 006 26, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

seedlings methods. Individuals were inoculated with mixture of *S. tritici* isolates. QTL analysis revealed quantitative resistance loci (QRL) on chromosomes: 3A, 7A, 2B, 5B and 3D. The percentage of phenotypic variance explained by a single QRL ranged from 8.3% (LOD = 2.70) to 30.0% (LOD = 8.71). The highest phenotypic variance (30%) of the resistance reaction of leaves was explained by locus *QStb.ihar-7A* detected on chromosome 7AS. For the first time we report resistance locus on this chromosome. The same holds for chromosome 3DL on which locus *QStb.ihar-3D* explained 11.8% (LOD = 3.66) of the phenotypic variance and this region of wheat genome associated with resistance to STB was not reported previously. QRLs detected on chromosomes 3A, 2B and 5B were localized in vicinity to already described in literature resistance loci to *S. tritici*, namely *QStb.riso-3A.2*, *QStb.riso-2B* and *Stb1*. At this stage of the research we can not establish their relationships accurately. The results indicate on complex and polygenic nature of resistance to STB in cultivar Liwilla.

Key words: disease resistance, *Mycosphaerella graminicola*, QTL mapping, seedling stage, wheat

WSTĘP

Septorioza paskowana (STB, septoria tritici blotch) powodowana przez grzyba *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Shroeter (stadium niedoskonałe *Septoria tritici* Rob. ex Desm.) jest ważną chorobą we wszystkich rejonach uprawy pszenicy. W warunkach sprzyjających rozwojowi choroby, septorioza paskowana może powodować straty w plonie pszenicy sięgające 60% (Eyal, 1981; King i in., 1983; Eyal i in., 1985). *S. tritici* dominuje na obszarach o klimacie śródziemnomorskim, niemniej jednak zanotowano jej występowanie na prawie wszystkich kontynentach (Eyal i in., 1987). W ciągu ostatnich dwudziestu lat wzrosło nasilenie występowania *S. tritici* zwłaszcza w Europie zachodniej (Jones, 1985; Shaw, 1999) jak i w Polsce (Zamorski i Nowicki, 1996, 1998; Gazek i Sikora, 1998).

Hodowla odpornościowa jest powszechnie stosowaną metodą walki z chorobami liści pszenicy i STB nie należy do wyjątków. Uwarunkowana genetycznie odporność na STB wyraża się zmniejszoną powierzchnią nekrozy liścia i powierzchni liścia pokrytej piknidiami (owocnikami grzyba zawierającym zarodniki konidialne) lub tylko jednym z wymienionych elementów odporności. W literaturze są doniesienia o odporności rasowo-specyficznej lub ilościowej. Odporność rasowo-specyficzna jest zwykle prawie całkowita, warunkowana przez pojedyncze geny i zgodna z teorią gen-na-gen (Brading i in., 2002). W ostatnich latach opisano geny główne odporności na *S. tritici*, przyjmując oznaczenie od *Stb1* do *Stb12* oraz *Stb15* (Somasco i in., 1996; Arraiano i in., 2001 b, 2007; Brading i in., 2002; Adhikari i in., 2003; McCartney i in., 2003; Adhikari i in., 2004 a, b, c; Chartrain, 2004; Chartrain i in., 2005 a, b). W przypadku czterech rasowo-specyficznych genów odporności (*Stb10*, *Stb11*, *Stb12* i *Stb15*) do mapowania wykorzystano analizę loci ilościowych (QTL), ponieważ niektóre linie potomne nie mogły być jednoznacznie sklasyfikowane jako odporne lub podatne (Chartrain i in., 2005 a, b; Arraiano i in., 2007). W literaturze opisano również loci o charakterze ilościowym na chromosomach 2B, 3A, 6B i 7B (Eriksen i in., 2003); 1DS, 2DS, 6DS, 3DL i 7BL (Simón i in., 2004) oraz 7D (Arraiano i in., 2007). Większość z wymienionych loci odporności została zidentyfikowana przy użyciu pojedynczych izolatów. Wykorzystywano również obserwacje reakcji odporności w stosunku do naturalnie występującej populacji patogena (Wilson, 1985) jak i mieszaniny izolatów (Eriksen i in., 2003).

Podobnie jak w przypadku innych układów pasożytniczych, również *Septoria tritici* jest zdolna w stosunkowo krótkim czasie (5 lat) przełamać odporność warunkowaną przez geny główne (Ahmed i in., 1996; Mundt i in., 1999). Co więcej, z danych doświadczeń przeprowadzonych przez Mundt i wsp. (1999) wynika, że nawet odporność ilościowa na STB może ulec załamaniu, ale jest znacznie dłużej efektywna w porównaniu do odporności monogenicznej. W Polsce stwierdzono występowanie stadium doskonałego *M. graminicola* (Zamorski i Nowicki, 1996), co może się przyczynić w krótkim czasie do znacznego obniżenia poziomu odporności uprawianych odmian pszenicy na skutek rekombinacji genów wirulencji i agresywności grzyba (Ahmed i in., 1996; Cowger i in., 2000).

W celu większego zróżnicowania wykorzystywanych w hodowli źródeł odporności podjęto badania nad określeniem markerów molekularnych sprzężonych z loci odporności na porażenie przez *S. tritici* w odmianie pszenicy ozimej Liwilla w stadium siewki.

MATERIAŁ I METODY

Do doświadczeń wykorzystano populację mieszańcową wyprowadzoną z kombinacji krzyżówkowej odmian pszenicy ozimej Liwilla i Begra otrzymanej w ramach wcześniejszych prac badawczych (Czembor i in., 2003). Liwilla charakteryzuje się wysokim poziomem odporności na septoriozy zbóż, a Begra podatnością (Arseniuk i in., 1995). Z kombinacji krzyżówkowej odmian Liwilla i Begra uzyskano pokolenie F₁, z którego drogą androgenezy w kulturach *in vitro* wyprowadzono podwojone haploidy (DH).

W badaniach nad reakcją populacji mapującej na porażenie przez patogena wykorzystano mieszaninę 4 izolatów *Septoria tritici* z kolekcji Zakładu Fitopatologii (IHAR, Radzików), pochodzące z różnych regionów Polski: St1-2, St9-1, St10-1 i St13-1. Izolaty namnażano na pożywce stałej (ekstrakt drożdżowy i maltoza) przez 5–8 dni w ciemności (Eyal i in., 1987), po czym zebrane zarodniki konidialne przechowywano w porcjach w temp. -80°C.

Dwie odmiany rodzicielskie i 154 linie DH badano pod kątem ich reakcji na inokulację *S. tritici*. Doświadczenia przeprowadzono w warunkach kontrolowanych dwiema metodami: na całych siewkach oraz na odciętych liściach siewek w oparciu o metodę opisaną przez Arraiano i wsp. (2001 a). W pierwszej metodzie siewki (osiem dla każdego obiektu) rosły w paletach ogrodniczych w temp. 22°C i fotoperiodzie 16 godz. światła: 8 godz. ciemności. Każda paleta mieściła 108 siewek. Z chwilą osiągnięcia przez siewki stadium drugiego liścia wykonano inokulację zawiesiną zarodników o stężeniu $10 \times 10^6/\text{ml}$ (100 ml zawiesiny na paletę ogrodniczą). Następnie, rośliny umieszczano w namiotach inkubacyjnych wyłożonych bibułą nasiąkniętą wodą w celu utrzymania wilgotności około 90%. Przez pierwsze 48 godzin po inokulacji nie używano światła, utrzymywano temperaturę 22°C. Po tym okresie przywrócono fotoperiod 16 godz. światła: 8 godz. ciemności wciąż utrzymując rośliny w namiocie inkubacyjnym i wysokiej wilgotności powietrza. Po 21 dniach od inokulacji oceniano procent powierzchni liści pokrytej nekrozą. W tym celu osiem liści danego obiektu fotografowano aparatem cyfrowym (Canon EOS 10D, obiektyw makro 50 mm/f2,5). Obraz cyfrowy porażonych liści analizowano przy

pomocy oprogramowania komputerowego WinCam wersja 2004a (Regent Instruments Inc., 2672, Chemin Sainte-Foy, Quebec, Qc G1V 1V4, Kanada).

W metodzie odciętych liści, siewki inokulowano w sposób jak opisano powyżej, a następnie odcinano 4 segmenty liści o długości 3 cm dla każdego obiektu. Segmenty liści umieszczano w pojemnikach pomiędzy dwiema warstwami agaru zawierającego benzimidazol (przeciwdziała starzeniu się tkanki roślinnej) w taki sposób, że pośrodku ułożonego liścia była pusta przestrzeń. Przez pierwsze 48 godzin po inokulacji, pojemniki utrzymywano w ciemności i temp. 22°C, a następnie ustalono fotoperiod 16 godz. światła: 8 godz. ciemności. Po 19 dniach inkubacji, oceniano stopień porażenia segmentów liści. Każdy pojemnik z wyłożonymi segmentami liści fotografowano, a otrzymany obraz analizowano przy pomocy oprogramowania komputerowego WinCam.

W przypadku testu na siewkach doświadczenie przeprowadzono w trzech powtórzeniach metodą losowanych bloków, natomiast dla odciętych liści zastosowano układ bloków niekompletnych również w trzech powtórzeniach. Wszystkie powtórzenia wykonywano w różnym czasie ze względu na ograniczenia dostępnej przestrzeni w komorze fitotronowej. Analizę wariancji, test Dunetta i korelację Pearsona wykonano przy użyciu pakietu statystycznego SAS 9.0 (SAS Institute, 2004).

Otrzymana wcześniej mapa molekularna pszenicy Liwilla × Begra (Czembor i in., 2007) wraz z danymi fenotypowymi (z doświadczeń przeprowadzonych na całej siewce i na odciętym liściu) zostały poddane analizie loci cech ilościowych (QTL) metodą MQM (Multiple QTL Mapping) w pakiecie MapQTL 5.0 (Van Ooijen, 2004). Ponieważ dane molekularne zostały opracowane dla wybranych 74 linii DH (Czembor i in., 2007), w analizie QTL wykorzystano tylko dane fenotypowe dla tych obiektów. Wartość krytyczną LOD (Logarithmic Odds) dla statystycznie istotnych loci QTL dla danego doświadczenia określono testem permutacji (MapQTL 5).

WYNIKI I DYSKUSJA

Ocena reakcji populacji mapującej na zakażenie mieszaniną izolatów *S. tritici*

Ocena stopnia porażenia liści przez zastosowanie komputerowej analizy obrazu pozwoliła na uzyskanie bardzo precyzyjnych i miarodajnych wyników, bliższych rzeczywistego oszacowania efektu danego loci cechy ilościowej. Dotychczasowe metody oceny wizualnej stopnia porażenia liścia zazwyczaj dokonywano w skali 0–9 (Eyal i in., 1987), co wiązało się z obniżeniem stopnia zróżnicowania między obiektami i obciążone było błędem subiektywnej oceny oceniającego.

W doświadczeniach nad oceną stopnia porażenia obiektów przez mieszaninę izolatów *S. tritici* zastosowano dwie metody. W pierwszym doświadczeniu metoda odciętych liści pozwalała przetestować stosunkowo dużą liczbę obiektów jednocześnie, ale była zdecydowanie bardziej pracochłonna (wykładanie liści na agar). Z analizy wariancji dla doświadczenia wykonanego tą metodą (tab. 1) wynika, że linie DH istotnie różnią się reakcją na inokulację mieszaniną izolatów *S. tritici*. Dużą część zmienności w układzie doświadczenia należy przypisać zmiennej „pojemnik”, która jest znacznie wyższa w porównaniu do zmienności wygenerowanej przez zmienną „odmiana/linia” (średni kwadrat odchylen,

tab. 1). Obydwie odmiany rodzicielskie wykazywały skrajnie odmienną reakcję na inokulację *S. tritici*. Liście odmiany Liwilla (odporna) były pokryte średnio nekrozą w 7,2%, natomiast odmiany Begra (podatna) w 36,6%. Zanotowano występowanie linii DH o większej i mniejszej powierzchni nekrotycznej w porównaniu do odmian rodzicielskich (tab. 1), ale nie różniły się one istotnie statystycznie (test obustronny Dunnetta, wartość krytyczna 3,59).

Tabela 1

Analiza wariancji powierzchni pokrycia nekrozą liści (%) populacji potomnej i odmian rodzicielskich po inokulacji mieszaniną izolatów *S. tritici* (test na odciętych liściach siewki)

Analysis of variance for percentage leaf area covered by necrosis in seedling detached leaf experiment for offspring population and parental cultivars after inoculation with mixture of *Septoria tritici* isolates

Źródła zmienności Source	Stopnie swobody Degrees of freedom	Suma kwadratów odchyłeń Sum of squares	Średni kwadrat odchyłeń Mean square	Wartość F F value
Odmiany/linie DH Cultivars/DH lines	153	154166,60	1007,62	3,68**
Pojemnik Box	24	92535,90	3855,66	14,08**
Błąd Error	1646	549563,55	903,04	
Razem Total	1823	796266,06		
Wybrane wartości z analizy wariancji From ANOVA				
Rodzice — Parents		Populacja potomna — Offspring population		
Liwilla	Begra	Min.	Średnia — Mean	Max.
7,2	36,6	1,2	13,2	44,2

** Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$; Significant at the $\alpha = 0.01$

W drugim doświadczeniu ocenę stopnia porażenia obiektów patogenem wykonano na siewkach w stadium drugiego liścia. Z analizy wariancji (tab. 2) wynika, że linie DH istotnie różniły się reakcją na inokulację mieszaniną izolatów *S. tritici*. Odmiany rodzicielskie wykazały skrajnie odmienną reakcję na inokulację. Odmiana Liwilla wykazała pokrycie liścia nekrozą w 9,5% a odmiana Begra w 66,9% (tab. 2). Odmiana Liwilla wyróżniała się najniższym stopniem porażenia wśród badanych obiektów. Tylko jeden obiekt był w większym stopniu porażony niż odmiana Begra.

Zakres zmienności badanych obiektów w reakcji na inokulację patogenem był prawie dwukrotnie wyższy w doświadczeniu na siewkach w porównaniu do doświadczenia wykonanego na odciętych liściach (tab. 1 i 2). Wydaje się, że układ doświadczalny wykorzystujący segmenty liści układane na agar w pojemnikach jest bardziej wrażliwy na zmiany w warunkach środowiska w porównaniu do doświadczeń prowadzonych na siewkach. Arraiano i wsp. (2001 b) wykorzystując dwa izolaty *S. tritici* IPO323 i IPO94269 wykazali wpływ światła, temperatury i stężenia benzimidazolu na stopień porażenia patogenem w testach na odciętych liściach. Niemniej jednak, w przypadku obu izolatów uzyskano wysokie współczynniki korelacji z testami wykonanymi na siewkach i roślinach dorosłych (Arraiano i in., 2001 a). W przypadku doświadczeń przeprowa-

dzonych w naszych warunkach, uzyskano istotny ($P = 0,0072$), ale niski współczynnik korelacji Pearsona (0,2145) między testem wykonanym na odciętych liściach i siewkach. Z naszych obserwacji wynika, że bliższe naturalnym i bardziej stabilne są warunki doświadczenia wykonanego na siewkach niż na odciętych liściach. Co więcej, w przypadku odpowiedzi odpornościowej roślin o charakterze ilościowym, większa powierzchnia liścia (testy na całych siewkach) pozwala na dokładniejszą ocenę zróżnicowania badanych obiektów.

Tabela 2

Analiza wariancji powierzchni pokrycia nekrozą liści (%) populacji potomnej i odmian rodzicielskich po inokulacji mieszaniną izolatów *S. tritici* (test na całej siewce)

Analysis of variance for percentage leaf area covered by necrosis in whole seedling experiment for offspring population and parental cultivars after inoculation with mixture of *Septoria tritici* isolates

Źródła zmienności Source	Stopnie swobody Degrees of freedom	Suma kwadratów odchyleń Sum of squares	Średni kwadrat odchyleń Mean square	Wartość F F value
Odmiany/linie DH Cultivars/DH lines	155	56646,51	365,46	2,00**
Błąd Error	312	56898,24	182,37	
Razem Total	467	113544,74		
Wybrane wartości z analizy wariancji From ANOVA				
Rodzice — Parents		Populacja potomna — Offspring population		
Liwilla	Begra	Min.	Średnia — Mean	Max.
9,5	66,9	11,2	28,5	71,0

** Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$; Significant at the $\alpha = 0.01$

Mapowanie loci odporności

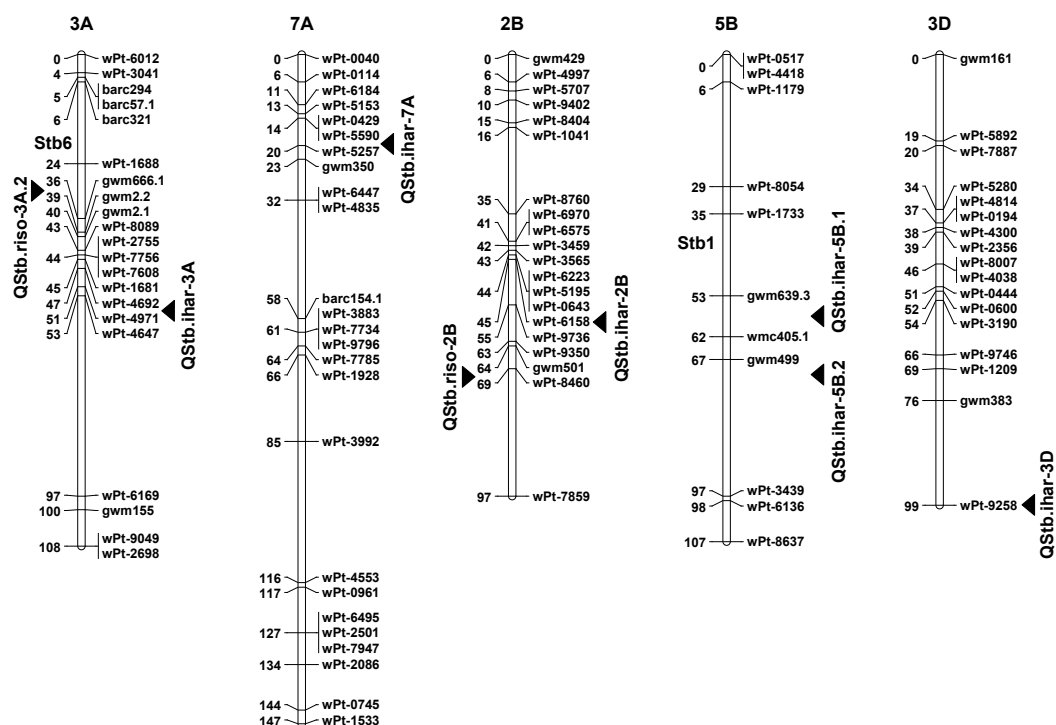
Mapa molekularna Liwilla $\times$ Begra (Czembor i in., 2007) wraz z danymi fenotypowymi z testów fitopatologicznych zostały poddane analizie loci cech ilościowych (QTL) metodą MQM. Wartość krytyczna, dla statystycznie istotnych loci QTL dla danego doświadczenia określono testem permutacji. Wynosił on odpowiednio 2,75 i 2,76 dla testu na odciętych liściach i na całych siewkach. Rzeczywista wartość krytyczna LOD wyliczona dla danych warunków analizy jest nieznacznie niższa od zwykle przyjmowanej wartości LOD = 3,0, co pozwoliło na wykrycie większej liczby istotnych statystycznie QTL (tab. 3). Wykryto QTL związany z odpornością (QRL, Quantitative Resistance Loci) na porażenie liści przez *S. tritici* na chromosomach: 3A, 7A, 2B, 5B, 3D (rys. 1). Zidentyfikowane QRL wyjaśniają reakcję odpornościową roślin w stadium siewki. W dalszych badaniach należy potwierdzić ich efektywność w stadium rośliny dorosłej. W literaturze opisywane są przypadki reakcji odpornościowej na te same izolaty *S. tritici* zarówno w stadium siewki jak i rośliny dorosłej, jak również występowania odporności tylko na siewkach (Kema i Van Silfhout, 1997). Podobnie Eriksen i wsp. (2003) zidentyfikował cztery QTL odporności na porażenie liści przez *S. tritici* w warunkach polowych na chromosomach: 2B, 7B, 3A i 6B, z których dwa ostatnie również były efektywne w stadium siewki.

Tabela 3

Wykryte QTL odporności na septoriozę paskowaną w populacji Liwilla × Begra
QTLs detected for septoria tritici blotch in a Liwilla × Begra population

Marker lub przedział na chromosomie istotnie sprzężony z QTL; wartość LOD i procent zmienności wyjaśniany przez dany QTL Marker or interval significantly associated with QTL; LOD value and percentage of phenotypic variance explained by a QTL	Doświadczenie: odcięty liść siewki (Wartość progowa LOD = 2,75) Experiment: seedling detached leaf (LOD threshold = 2.75)	Doświadczenie: całe siewki (Wartość progowa LOD = 2,76) Experiment: whole seedlings (LOD threshold = 2.76)
<i>QStb.ihar-3A</i> (wPt-4692÷wPt-4971)	LOD %expl	4,27 16,27
<i>QStb.ihar-7A</i> (wPt-5590÷wPt-5257)	LOD %expl	8,71 30,0
<i>QStb.ihar-2B</i> (wPt-6158)	LOD %expl	2,70 8,3
<i>QStb.ihar-5B.1</i> (wms639.3÷wmc405.1)	LOD %expl	3,04 20,6
<i>QStb.ihar-5B.2</i> (wms499÷wPt-3439)	LOD %expl	2,84 13,0
<i>QStb.ihar-3D</i> (wPt-9258)	LOD %expl	3,66 11,8

Poszczególne QTL wyjaśniały zmienność w stopniu porażenia liści w zakresie od 8,3% (LOD = 2,7) do 30,0% (LOD = 8,71) (tab. 3). Największy zakres zmienności (30,0%) w porażeniu liści wyjaśniał *QStb.ihar-7A* zlokalizowany na chromosomie 7AS. Jest to pierwsze doniesienie o występowaniu loci odporności na STB na tym chromosomie. Podobnie, zlokalizowany na chromosomie 3DL locus *QStb.ihar-3D*, który wyjaśnia 11,8% zmienności badanej cechy nie został dotąd opisany w literaturze w kontekście odporności na *S. tritici*. *QStb.ihar-3A* zidentyfikowany na chromosomie 3A został zmapowany około 10cM od loci odporności na STB warunkowanym przez QTL wykryty przez Eriksen i wsp. (2003) *QStb.riso-3A.2* oraz gen rasowo-specyficzny *Stb6* (Brading i in., 2002) (rys. 1). Wzajemne relacje opisanych loci odporności na chromosomie 3A na tym etapie badań trudno określić. Można jedynie przypuszczać, że mamy do czynienia z różnymi loci blisko sprzężonymi lub różnymi allelami tego samego locus (Eriksen i in., 2003). Na chromosomie 5B zlokalizowano dwa loci QTL, tj. *QStb.ihar-5B.1* i *QStb.ihar-5B.2* (rys. 1), które prawdopodobnie dotyczą tego samego locus odporności. Jest to tym bardziej prawdopodobne, że obydwa QTL zostały wykryte na podstawie danych fenotypowych z dwóch różnych doświadczeń (na odciętym liściu i na całych siewkach). Dodatkowo w pobliżu tych loci zmapowano gen rasowo-specyficzny *Stb1* (Adhikari i in., 2004 c) i ponownie nie można wykluczyć allelizmu między tymi genami. Podobnie sytuacja wygląda na chromosomie 2B (rys. 1), gdzie *QStb.ihar-2B* sąsiaduje z *QStb.riso-2B* (Eriksen i in., 2003).



Rys. 1. Loci QTL sprzężone z odpornością na septoriozę paskowaną na całych siewkach i odciętych liściach w populacji Liwilla × Begra (wskazano po prawej stronie chromosomu) oraz znanych loci odporności na STB w pszenicy (wskazano po lewej stronie chromosomu). Mapy sprzężeniowe chromosomów pochodzą z publikacji Czembor i wsp. (2007)

Fig. 1. QTLs associated with resistance to septoria tritici blotch on whole seedlings and detached leaves in population Liwilla × Begra (indicated on the left side of the chromosome) and position of already know resistance loci to STB in wheat (indicated on the right side of the chromosome). Linkage maps of chromosomes are adapted from map published by Czembor *et al.* (2007)

Niemniej jednak, prawdopodobieństwo występowania QRL na chromosomie 2B jest mniejsze w porównaniu do pozostałych QRL, ponieważ wartość $LOD = 2,7$ była nieznacznie poniżej przyjętego poziomu krytycznego $LOD = 2,76$ (tab. 3). W rejonie lokalizacji *QStb.ihar-2B* oraz *QStb.ihar-5B.2* zostały wcześniej na tej samej populacji zmapowane QTL odporności na *Stagonospora nodorum* (Czembor i in., 2003). Być może obydwa loci odporności na STB należą do bloku genów odporności na różne choroby, podobnie jak to ma miejsce w przypadku genu *Stb2* (Adhikari i in., 2004 b) zmapowanym na chromosomie 3BS w rejonie występowania licznych genów odporności na patogeny: *S. nodorum* (Czembor i in., 2003; Schnurbush i in., 2003), *Puccinia graminis* (Spielmeyer i in., 2003), *Fusarium graminearum* (Buerstmayr i in., 2003), *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* (Faris i in., 1999) i *Puccinia striiformis* (Maniñal i in., 2003).

Wyniki przeprowadzonych badań potwierdzają złożoność genetyki odporności na STB w odmianie Liwilla, jednocześnie zidentyfikowane QTL odporności o dużych efektach jak *QStb.ihar-7A* mogą posłużyć jako źródło odporności na septoriozę paskowaną w programach hodowlanych pszenicy.

WNIOSKI

1. Uzyskano dokładniejszą ocenę zróżnicowania obiektów w reakcji na porażenie przez patogena w doświadczeniach przeprowadzonych na całych siewkach niż na odciętych liściach.
2. Odporność odmiany Liwilla w stadium siewki na porażenie przez *S. tritici* może być warunkowana przez pięć loci cech ilościowych.
3. Locus *QStb.ihar-7A* zlokalizowany na chromosomie 7AS wyjaśniający zmienność porażenia liści w 30,0% może być wykorzystany w hodowli pszenicy o podwyższonej odporności na *S. tritici*.

LITERATURA

- Adhikari T. B., Anderson J. M., Goodwin S. B. 2003. Identification and molecular mapping of a gene in wheat conferring resistance to *Mycosphaerella graminicola*. *Phytopathology* 93: 1158 — 1164.
- Adhikari T. B., Cavaletto J. R., Dubcovsky J., Gieco J. O., Schlatter A. R., Goodwin S. B. 2004 a. Molecular mapping of the *Stb4* gene for resistance to septoria tritici blotch in wheat. *Phytopathology* 94: 1198 — 206.
- Adhikari T. B., Wallwork H., Goodwin S. B. 2004 b. Microsatellite markers linked to the *Stb2* and *Stb3* genes for resistance to septoria tritici blotch in wheat. *Crop Science* 44: 1403 — 1411.
- Adhikari T. B., Yang X., Cavaletto J. R., Hu X., Buechley G., Ohm H. W., Shaner G., Goodwin S. B., 2004 c. Molecular mapping of *Stb1*, a potentially durable gene for resistance to septoria tritici blotch in wheat. *Theor. Appl. Genet.* 109: 944 — 953.
- Ahmed H. U., Mundt C. C., Hoffer M. E., Coakly S. M. 1996. Selective influence of wheat cultivars on pathogenicity of *Mycosphaerella graminicola* (anamorph *Septoria tritici*). *Phytopathology* 86: 454 — 458.
- Arraiano L. S., Chartrain L., Bossolini E., Slatter H. N., Keller B., Brown J. K. M. 2007. A gene in European wheat cultivars for resistance to an African isolate of *Mycosphaerella graminicola*. *Plant Pathology* 56: 73 — 78.
- Arraiano L. S., Brading P. A., Brown J. K. M. 2001 a. A detached leaf technique to study resistance to *Mycosphaerella graminicola* (anamorph *Septoria tritici*) in wheat. *Plant Pathology* 50: 339 — 346.
- Arraiano L. S., Worland A. J., Brown J. K. M. 2001 b. Chromosomal location of a gene for resistance to septoria tritici blotch (*Mycosphaerella graminicola*) in the hexaploid wheat Synthetic 6x. *Theor. Appl. Genet.* 103: 758 — 764.
- Arseniuk E., Czembor H. J., Sowa W., Krysiak H., Zimny J. 1995. Genotypic reaction of triticale, wheat and rye to inoculation with *Stagonospora* (= *Septoria*) *nodorum* under field conditions and *S. nodorum* and *S. tritici* under controlled environment. *Biul. IHAR* 195/196: 209 — 246.
- Brading P. A., Verstappen E. C. P., Kema G. H. J., Brown J. K. M. 2002. A gene-for-gene relationship between wheat and *Mycosphaerella graminicola*, the septoria tritici blotch pathogen. *Phytopathology* 92: 439 — 445.
- Buerstmayr H., Steiner B., Hartl L., Griesser M., Angerer N., Lengauer D., Miedaner T., Schneider B., Lemmens M. 2003. Molecular mapping of QTLs for Fusarium head blight resistance in spring wheat. II. Resistance to fungal penetration and spread. *Theor. Appl. Genet.* 107: 503 — 508.
- Chartrain L. 2004. Genes for isolate-specific and partial resistance to septoria tritici blotch (*Mycosphaerella graminicola*) in wheat. Norwich, UK: University of East England, PhD thesis.

- Chartrain L., Berry S. T., Brown J. K. M. 2005 a. Resistance of wheat line Kavkaz-K4500 L.6.A.4 to septoria tritici blotch controlled by isolate-specific resistance genes. *Phytopathology* 95: 664 — 71.
- Chartrain L., Joaquim P., Berry S. T., Arraiano L. S., Azanza F., Brown J. K. M. 2005 b. Genetics of resistance to septoria tritici blotch in the Portuguese wheat breeding line TE 9111. *Theor. Appl. Genet.* 110: 1138 — 44.
- Czembor P. C., Arseniuk E., Czaplicki A., Song Q. J., Cregan P. B., Ueng P. P. 2003. QTL mapping of partial resistance in winter wheat to *Stagonospora nodorum* blotch. *Genome* 46 (4): 546 — 554.
- Czembor P. Cz., Radecka M., Arseniuk E. 2007. Mapa molekularna pszenicy (*Triticum aestivum* L.). *Biul. IHAR* 243: 279 — 288.
- Cowger C., Hoffer M. E., Mundt C. C. 2000. Specific adaptation by *Mycosphaerella graminicola* to a resistant wheat cultivar. *Plant Pathol.* 49: 445 — 451.
- Eriksen L., Borum F., Jahoor A. 2003. Inheritance and localisation of resistance to *Mycosphaerella graminicola* causing septoria tritici blotch and plant height in the wheat (*Triticum aestivum* L.) genome with DNA markers. *Theor. Appl. Genet.* 107: 515 — 527.
- Eyal Z. 1981. Integrated control of Septoria diseases of wheat. *Plant Dis.* 65: 763 — 768.
- Eyal Z., Scharen A. L., Huffman M. D., Prescott J. M. 1985. Global insights into virulence frequencies of *Mycosphaerella graminicola*. *Phytopathology* 75: 1456 — 1462.
- Eyal Z., Scharen A. L., Prescott J. M., van Ginkel M. 1987. The Septoria diseases of wheat: concepts and methods of disease management. Mexico, D.F.:CIMMYT: 46 pp.
- Faris J. D., Li W. L., Liu D. J., Chen P. D., Gill B. S. 1999. Candidate gene analysis of quantitative disease resistance in wheat. *Theor. Appl. Genet.* 98: 219 — 225.
- Gazek M., Sikora H. 1998. The occurrence of *Septoria tritici* and its teleomorph *Mycosphaerella graminicola* in the region of Upper Silesia in 1996. *Journal of Plant Protection Research* 38: 23 — 29.
- Jones D. G. 1985. Partial resistance, cultivar mixture and epidemic development in the *Septoria nodorum*-wheat association. In: Scharen A.L. (ed.) *Proceedings 2nd International Septoria of Cereals Workshop*. Montana State University, Bozeman, USA: 1 — 8.
- Kema G. H. J., Van Silfhout C. H. 1997. Genetic variation for virulence and resistance in the wheat *Mycosphaerella graminicola* pathosystem III. Comparative seedling and adult plant experiments. *Phytopathology* 87: 266 — 272.
- King J. E., Cook R. J., Melville S. C. 1983. A review of Septoria diseases of wheat and barley. *Ann. Appl. Biol.* 102: 345 — 373.
- Manilal H. W., Singh R. P., Huerta-Espino J., Palacios G., Rajaram S., Hoisington D. H. 2003. Characterization of genes for durable resistance to leaf rust and yellow rust in CIMMYT spring wheats. *Plant & Animal Genomes XI Conference*, abstract P383.
- McCartney C. A., Brule-Babel A. L., Lamari L., Somers D. J. 2003. Chromosomal location of a race-specific resistance gene to *Mycosphaerella graminicola* in the spring wheat ST6. *Theor. Appl. Genet.* 107: 1181 — 6.
- Mundt C. C., Hoffer M. E., Ahmed H. U., Coakley S. M., Dileone J. A., Cowger C. 1999. Population genetics and host resistance. In: Lucas J. A., Bowyer P., Anderson H. M. (eds.) *Septoria on cereals: a study of pathosystems*. CABI Publishing, Oxon, UK, pp. 115 — 130.
- SAS Institute. 2004. The SAS system for Windows. Release 9.1.3. SAS Inst., Cary, NC, USA.
- Schnurbusch T., Paillard S., Fossati D., Messmer M., Schachermayr G., Winzeler M., Keller B. 2003. Dissecting quantitative and durable *Stagonospora glume* blotch resistance in Swiss winter wheat. *Theor. Appl. Genet.* 107: 1226 — 1234.
- Shaw M. W. 1999. Population dynamics of Septoria in the crop ecosystem. In: Lucas J. A., Bowyer P. and Anderson H. M. (eds.) *Septoria on cereals: a study of pathosystems*. CABI Publishing, Oxon, UK: 82 — 95.
- Simón M. R., Ayala F. M., Cordo C. A., Röder M. S., Börner A. 2004. Molecular mapping of quantitative trait loci determining resistance to septoria tritici blotch caused by *Mycosphaerella graminicola* in wheat. *Euphytica* 138: 41 — 48.
- Somasco O. A., Qualset C. O., Gilchrist D. G. 1996. Single-gene resistance to septoria tritici blotch in the spring wheat cultivar Tadinia. *Plant Breeding* 115: 261 — 7.

- Spielmeyer W., Sharp P. J., Lagudah E. S. 2003. Identification and validation of markers linked to broad-spectrum stem rust resistance gene *Sr2* in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop Sci.* 43: 333 — 336.
- Van Ooijen J. W. 2004. MapQTL 5, Software for mapping of quantitative loci in experimental populations. Kyazma B. V., Wageningen, Netherlands.
- Wilson R. E. 1985. Inheritance of resistance to *Septoria tritici* in wheat. *Septoria of Cereals: Proceedings of the Workshop*. A. L. Scharen (ed.), Montana State University, Bozeman, USA: 33 — 35.
- Zamorski C., Nowicki B. 1998. Remarks on the occurrence of septoria leaf blotch (*Mycosphaerella graminicola*) on winter wheat in Poland. *Biul. IHAR* 204: 267 — 275.
- Zamorski Cz., Nowicki B. 1996. Teleomorph of *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schroeter in Poland. *Choroby Roślin a Środowisko*: 233 — 237.

SPIS TREŚCI — CONTENTS

Jacek Waga	Katalog bloków białek gliadynowych polskich odmian i rodów pszenicy zwyczajnej (<i>Triticum aestivum</i> L.) Catalogue of gliadin protein blocks occurring in Polish common wheat cultivars and strains (<i>Triticum aestivum</i> L.)	3
Józef Pilch	Efektywność introgresji genów <i>Glu-1</i> wysokocząsteczkowych glutenin w zwiększaniu wartości wypiekowej ziarna zbóż — przegląd literatury Effectiveness of HMW — glutenin gene <i>Glu-1</i> introgressions in bread-making quality improvement of cereals — a review	25
Sebastian Garczyński Katarzyna Sokołowska-Garczyńska	Tolerancja pszenicy twardej na niedobory azotu i fosforu w podłożu w fazie siewki i rośliny dojrzałej The tolerance of durum wheat to nitrogen and phosphorus deficits in substratum in the seedling and maturity phases	47
Krzysztof Klimont	Wpływ herbicydów na wartość siewną i skład chemiczny ziarna pszenicy ozimej i jarej, jęczmienia jarego, pszenżyta jarego The effect of some herbicides on seed quality and grain chemical composition of winter and spring wheat, spring barley and spring triticale	57
Krzysztof Klimont	Wpływ herbicydów na plon ziarna i strukturę plonu zbóż The influence of some herbicides on grain yield and yield components of some cereals	69
Barbara Wiewióra	Wpływ zaprawiania na wartość siewną ziarna jęczmienia jarego The effect of seed treatment on sowing value of spring barley	83
Aneta Stawiana-Kosiorek Janusz Gołaszewski Dariusz Załuski	Efekty konkurencyjności roślin pszenżyta ozimego w doświadczeniach polowych Competition effects of winter triticale plants in field trials	97
Renata Wołoch Mirosław Pysz Renata Biezanowska-Kopeć	Potencjał antyoksydacyjny owsa badany trzema różnymi metodami Antioxidant potential assessed with three different methods	109
Grzegorz Żurek	Ocena krajowych odmian trawnikowych w użytkowaniu ekstensywnym Turf quality evaluation of national varieties in low-maintenance conditions	119
Jacek Sikorra	Wpływ intensywności użytkowania runi na zadarnienie nowo obsianego użytku zielonego The influence of utilization intensity on the coverage rate of newly sown grassland	133
Małgorzata Lesińska Danuta Sekrecka	Czynniki indukujące tuberyzację ziemniaka w warunkach <i>in vitro</i> — przegląd literatury Factors inducing <i>in vitro</i> tuberization in potato — a review	141

Włodzimierz Przewodowski Jerzy Lewosz Krzysztof Treder Agnieszka Barnyk Tomasz Pilecki	Identyfikacja odmian ziemniaka metodą elektroforetyczną Identification of potato cultivars with an electrophoretic method	151
Tomasz Maciejewski Jerzy Szukała Stanisław Grześ	Wpływ następstwa deszczowania, niszczenia naci i nawożenia azotem na potencjał plonotwórczy sadzeniaków ziemniaka Residual effects of irrigation, haulm destruction and nitrogen fertilization on yielding potential of seed-potatoes	159
Wojciech Kozera Bożena Barczak	Wpływ dolistnego nawożenia mikroelementami roślin ziemniaka na skład frakcyjny białka bulw Effects of leaf fertilization of potato plants with microelements on fractional composition of proteins in tubers	167
Joanna Sztangret- Wiśniewska	Hodowla odpornościowa ziemniaka na mątwiki <i>Globodera rostochiensis</i> Woll. i <i>Globodera pallida</i> Stone — przegląd literatury Breeding of potato for resistance to potato cyst nematode <i>Globodera rostochiensis</i> Woll. and <i>Globodera pallida</i> Stone — a review	179
Hanna Gawińska- Urbanowicz	Ocena występowania chorób grzybowych i bakteryjnych ziemniaka w warunkach polowych Evaluation of the incidence of fungal and bacterial diseases in potatoes under field conditions	191
Edward Bernat	Możliwości zapobiegania rizoktoniozie ziemniaka w warunkach Pomorza Zachodniego A way of controlling the occurrence of <i>Rhizoctonia solani</i> under conditions of Western Pomerania	199
Elżbieta Malinowska Janina Butrymowicz	Patotypy <i>Synchytrium endobioticum</i> (Schilb.) Perc. występujące na terenie Polski Pathotypes of <i>Synchytrium endobioticum</i> (Schilb.) Perc. occurring in Poland	205
Jerzy Osowski	Wpływ stężeń wybranych fungicydów na wzrost grzybnii <i>Alternaria solani</i> i <i>A. alternata</i> w warunkach laboratoryjnych The effectiveness of some fungicides in reducing the mycelial growth of <i>Alternaria solani</i> and <i>A. alternata</i> under laboratory conditions	219
Helena Zagórska Mirosława Chrzanowska	Analiza wyników badań z lat 1973–2005 nad reakcją odmian ziemniaka na wirus M ziemniaka Analysis of the results of studies conducted in 1973–2005 on reaction of potato cultivars to <i>Potato virus M</i>	227
Jarosław Przetakiewicz Katarzyna Kopera	Porównanie przydatności metod Glynne-Lemmerzahla i Spieckermanna do oceny odporności ziemniaka (<i>Solanum tuberosum</i> L.) na <i>Synchytrium endobioticum</i> (Schilb.) Perc. patotyp 1 (D ₁) dla potrzeb testów masowych Comparison of the usefulness of Glynne-Lemmerzahl and Spieckermann methods to assess resistance of potato (<i>Solanum tuberosum</i> L.) to <i>Synchytrium endobioticum</i> (Schilb.) Perc. pathotype 1 (D ₁) in mass tests	235

Zbigniew Czerko	Straty podczas przechowywania ziemniaków w przechowalni z nawilżaniem i bez nawilżania Losses in potato tubers stored in a storehouse with or without a humidification system	245
Janusz Prusiński Tomasz Olach	Plonowanie fasoli szparagowej (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) w zależności od intensywności technologii uprawy Część I. Wysokość i jakość plonu strąków Snap bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) yielding affected by intensity of cultivation technology Part I. Pod yielding and quality	251
Janusz Prusiński Tomasz Olach	Plonowanie fasoli szparagowej (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) w zależności od intensywności technologii uprawy Część II. Analiza rolnicza i ekonomiczna Snap bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) yielding affected by intensity of cultivation technology Part II. Agricultural and economic evaluation	267
Paweł Cz. Czembor Magdalena Radecka Edward Arseniuk	Mapa molekularna pszenicy (<i>Triticum aestivum</i> L.) A molecular map of wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.)	279
Paweł Cz. Czembor Magdalena Radecka Edward Arseniuk	Mapowanie loci odporności pszenicy ozimej na septoriozę paskowaną powodowaną przez grzyba <i>Mycosphaerella graminicola</i> Mapping of resistance loci to septoria tritici blotch caused by fungus <i>Mycosphaerella graminicola</i> in wheat	289