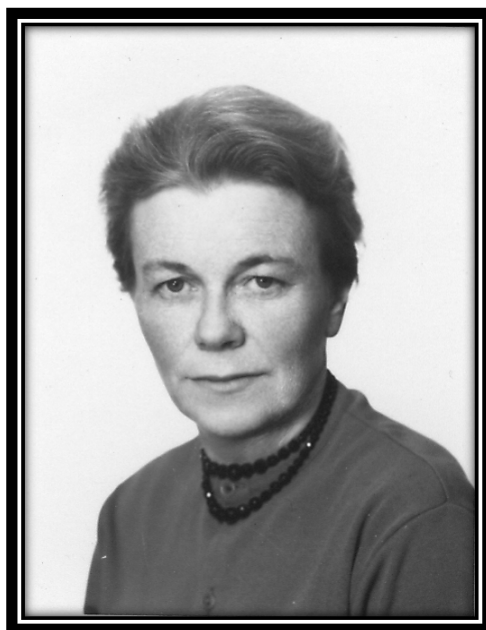




Pszenżyto odm. Borwo w Borowie (HR Strzelce Sp. z o.o.)

Fot. G. Wodzyńska-Lapińska

Dr inż. Wiesława Szkiłłądź-Porowska (1922–2009)



WSPOMNIENIE

Ś.P. Pani doktor Wiesława z Milewskich primo voto Szkiłłądziowa secundo Porowska wychowała się wraz ze swoim bratem Zbigniewem w Lublinie w ciepłej rodzinnej atmosferze tworzonej przez matkę Henrykę i ojca Kazimierza Milewskiego architekta.

Po ukończeniu studiów na SGGW w latach tuż powojennych, uzyskała stopień magistra nauk ogrodniczych.

Pracę rozpoczęła w Zakładzie Higieny i Fizjologii Żywienia Państwowego Zakładu Higieny, w Pracowni kierowanej przez doktor chemii Jadwigę Rudowską, gdzie przeszła solidne przeszkolenie w analizie chemicznej żywności. Pracę doktorską wykonała pod kierunkiem prof. dr Aleksandra Szczygła. Dotyczyła ona wpływu wysokiego spożycia ziemniaków w celu obserwacji jego fizjologicznych efektów w kilku pokoleniach zwierząt doświadczalnych. Obok danych dotyczących zawartości składników mineralnych w ziem-

niakach oraz zawartości w nich witaminy C i wpływu kulinarnych i technologicznych procesów na jej zachowanie, w badaniach stwierdzono, że ziemniaki są także bogatym źródłem potasu. Ponadto ich białko o korzystnym składzie aminokwasowym, mimo niskiej jego procentowej zawartości przy wysokim spożyciu, spełnia bardzo korzystną rolę fizjologiczną. W owym czasie ziemniaki spożywane świeżo po ugotowaniu były znaczącym źródłem witaminy C i innych składników, uzupełniając niedobory warzyw i owoców w żywieniu ludności. Jest autorką rozdziału „Ziemniak w żywieniu człowieka, w książce poświęconej tylko temu gatunkowi pod zbiorową redakcją prof. Wojciecha Gabriela (1974).

Dzięki szczególnym cechom charakteru, ogromnej życzliwości dla wszystkich ludzi, łagodności i pogody usposobienia Pani Wiesia spełniała nieocenioną rolę w życiu zespołu pracowników ówczesnego Zakładu oraz później w rozszerzonym zespole Instytutu Żywności i Żywienia. Była zawsze przez wszystkich wybierana jako mąż zaufania do łagodzenia konfliktów i „higieny” pracy w całym tego słowa znaczeniu. Tę nieocenioną rolę spełniała również w życiu i wychowaniu własnych dzieci starając się stworzyć im ciepły i dobrze zorganizowany dom rodzinny.

W Instytucie Żywności i Żywienia pracowała od jego utworzenia, tj. 1963 do 1974 roku jako kierownik Pracowni Oceny Biologicznej Żywności. Prowadziła badania wartości odżywczej białka wielu produktów spożywczych, takich jak mleczne produkty dla niemowląt, izolowane białka roślinne soi, rzepaku, mąki z różnych przemiałów czy różne rodzaje pieczywa, a także mięsa różnych klas oraz ocenę białka całodziennych diet.

Po 25 latach pracy w zakresie fizjologii żywienia człowieka dr Szkiłłądziowa była od 1975 roku współorganizatorem Zakładu Biologicznej Oceny Produktów Roślinnych w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie, wspieranym przez fundusz ONZ/FAO. Zakład zajmował się m.in. oceną wartości pokarmowej nowych odmian roślin uprawnych. Była niestrudzoną i zawsze oddaną współpracownicą i przyjacielem Pani Profesor Marii Rakowskiej, z którą ten nowy kierunek badań wprowadzała. Badania zastosowane głównie do zbóż, w tym nowego zboża pszenżyta, oraz podwójnie ulepszonego rzepaku we wczesnych fazach procesów hodowlanych zdobyły uznanie szeregu placówek naukowych europejskich, Kanady i Australii. Prace te pozwoliły na wyszkolenie w kraju i na stypendiach zagranicznych zespołu młodych pracowników.

Doktor Szkiłłądziowa szczególnie dużo uwagi poświęciła przekazywaniu młodym swego bogatego doświadczenia w prowadzeniu testów biologicznych krótkotrwałych i wielopokoleniowych. Prace te są nadal kontynuowane i aktualnie rozwijane, a także popierane przez Komisję Unii Europejskiej.

Ostatnie lata swego pracowitego życia Pani Wiesława Szkiłłądź-Porowska w pełni poświęciła najbliższemu i rodzinie, darząc ich swoimi talentami i wspaniałym usposobieniem.

Pani Doktor, nasza kochana Wiesia, będzie żyć we wdzięcznej pamięci rodziny i licznych przyjaciół.

Warszawa, 2009

Prof. Maria Rakowska

EWA BAKINOWSKA
JAN BOCIANOWSKI
ANNA BUDKA
WIESŁAW PILARCZYK
BOGNA ZAWIEJA
KATARZYNA AMBROŹY

Katedra Metod Matematycznych i Statystycznych
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Estymacja wariancji błędu w hodowlanych doświadczeniach jednopowtórzeniowych z replikowanymi obiektami wzorcowymi

Estimation of error variance in unreplicated plant breeding trials with replicated standard treatments

W pracy, wykorzystując wyniki pięciu rzeczywistych doświadczeń hodowlanych, opisane są różne możliwe podejścia do analizy jednopowtórzeniowych doświadczeń stosowanych w hodowli roślin. Proponuje się różne metody analizy wyników ukierunkowane na zmniejszenie wariancji błędu. Dodatkowo, przy zastosowaniu współczynnika korelacji wewnątrzblokowej, rozważa się możliwość poprawy precyzji wnioskowania poprzez zmianę powierzchni poletek oraz pojemności bloków.

Słowa kluczowe: doświadczenia jednopowtórzeniowe, korelacja wewnątrzblokowa, układy blokowe, wariancja błędu

The paper describes based on the results of five breeding experiments, different approaches to the analysis of unreplicated trials. Various methods of statistical analysis aimed at the reduction of error variance are proposed. Additionally, use of the intra-block coefficient of correlation to the improve trial precision by changing the plot size and block capacity is considered.

Key words: block design, error variance, intrablock correlation, unreplicated trial

WSTĘP

Doświadczenia na wczesnym etapie hodowli prowadzone są przy użyciu dużej liczby badanych linii (często przekraczającej 1000). Ze względu na dużą liczbę badanych obiektów oraz z powodu ograniczonej ilości dostępnego materiału nasienneho doświadczenia takie zakładane są często w jednym powtórzeniu, z użyciem obiektów wzorcowych powtarzanych wielokrotnie. Po pierwszym roku badań, dysponując zazwyczaj jednym pomiarem, dokonuje się bardzo ostrej selekcji odrzucając od 70% do 80% badanych

genotypów. Wyboru „najlepszych” genotypów można dokonać za pomocą różnych metod (m.in. Ceranka i Chudzik, 1977; Cullis i Gleeson, 1989; Kempton i Fox, 1997; Ambroży i in., 2008).

Jedną z miar oceny skuteczności metody analizy wyników jest stosunek wariancji błędu doświadczenia w układzie bloków losowanych kompletnych do wariancji błędu doświadczalnego (obliczonej z obserwacji dla wzorców) w rozważanej metodzie. Metoda, która gwarantuje mniejszą wariancję jest metodą skuteczniejszą. Ma ona jednak ograniczone zastosowanie przy analizie doświadczeń jednopowtórzeniowych z jednym lub kilkoma wzorcami. Cała bowiem informacja o wielkości wariancji błędu pochodzi od obiektów replikowanych, czyli od wzorców. Zależy zatem od doboru odmian wzorcowych.

W rozważanych tu doświadczeniach jednopowtórzeniowych oblicza się m.in. wariancję błędu doświadczalnego i wariancję badanych linii (wariancję genotypową). Im większa jest wariancja genotypowa w stosunku do wariancji błędu, tym większa jest szansa na przeprowadzenie skutecznej selekcji.

W przypadku idealnego wyrównania pola doświadczalnego wariancja błędu nie powinna być obciążona żadną dodatkową zmiennością. Jednak pola doświadczalne zazwyczaj nie są jednorodne. W praktyce często obserwuje się ukierunkowaną (występowanie trendu) lub „plackowatą” zmienność glebową. Jeżeli zastosowany układ doświadczalny nie uwzględni charakteru zmienności różnicującej jednostki doświadczalne (poletka), można oczekiwać, że wariancja błędu będzie duża. W takim przypadku wybór odpowiedniej analizy wariancji pozwoli zmniejszyć wariancję błędu poprzez np. wyeliminowanie trendu (zmienności kierunkowej).

Celem pracy było przedstawienie różnych wersji analizy wariancji modyfikowanych w zależności od zaobserwowanej zmienności glebowej oraz ich porównanie. Rozważania ilustrowane są wynikami analizy rzeczywistych danych pochodzących z pięciu doświadczeń hodowlanych. Ponadto, pokazano jaki wpływ na precyzję wyników doświadczalnych ma dobór odpowiedniej wielkości poletek i liczby poletek w bloku.

MATERIAŁ

Materiał do badań stanowiły wyniki pięciu hodowlanych doświadczeń jednopowtórzeniowych z wzorcem (wzorcami). Podstawowe parametry tych doświadczeń podano w tabeli 1. W roku 2006 spośród wszystkich linii badanych w doświadczeniach jednopowtórzeniowych, przeprowadzonych w Modzurowie, Kobierzycach i Choryni, wylosowano podzbiory składające się odpowiednio z 30, 37 i 49 obiektów. Na tych samych polach doświadczalnych, stosując wylosowane podzbiory obiektów, założono doświadczenia blokowe w dwóch lub trzech powtórzeniach. W doświadczeniach tych zastosowano tę samą metodykę, jaką stosowano w odpowiednim doświadczeniu jednopowtórzeniowym (dotyczy to w szczególności wielkości i kształtu poletka). Doświadczenia te zakładano bądź to w układzie bloków losowanych kompletnych, bądź w układzie rozkładalnym o blokach niekompletnych (czyli takim, w którym kilka bloków niekompletnych składa się na kompletny superblok równoważny powtórzeniu). W roku 2007 wylosowano odpowiednio 36 i 25 obiektów do doświadczeń wielopowtórzeniowych z Choryni i

Kobierzyc. Parametry doświadczeń przeprowadzonych w roku 2006 i 2007 zestawiono w tabeli 2. Przeprowadzenie wielopowtórzeniowych doświadczeń blokowych umożliwiło porównanie estymatorów wariancji błędu w doświadczeniu jednopowtórzeniowym, obliczonej przy użyciu pomiarów dla obiektów wzorcowych, z wariancją błędu w doświadczeniu wielopowtórzeniowym (tab. 3). Wszystkie obliczenia wykonano dla plonu ziarna wyrażonego w kilogramach z poletek.

Tabela 1

Parametry doświadczeń jednopowtórzeniowych
Parameters of unreplicated trials

Rok Year	Miejscowość Location	Gatunek Species	Pow. poletka Plot size (m ²)	Liczba linii Number of lines	Liczba wzorców Number of standards	Liczba poletek między wzorcami Number of plots between standards	Liczba wierszy Number of rows	Liczba pasów Number of columns
2006	Choryń	pszenica jara spring wheat	5	231	1	5	37	8
	Kobierzyc	pszenica jara spring wheat	7	997	2	7	97	12
	Modzurów	jęczmień jary spring barley	10	410	1	5	127	9
2007	Choryń	pszenica jara spring wheat	5	231	1	5	37	8
	Kobierzyc	pszenica ozima winter wheat	7	1092	2	7	97	13

Tabela 2

Parametry doświadczeń wielopowtórzeniowych
Parameters of replicated trials

Rok Year	Miejscowość Location	Gatunek Species	Liczba wylosowanych linii Number of chosen lines	Liczba bloków Number of blocks	Pojemność bloku Block size	Liczba replikacji Number of replications
2006	Choryń	pszenica jara spring wheat	37	2	37	2
	Kobierzyc	pszenica jara spring wheat	49	21	7	3
	Modzurów	jęczmień jary spring barley	30	9	10	3
2007	Choryń	pszenica jara spring wheat	36	3	36	3
	Kobierzyc	pszenica ozima winter wheat	25	10	5	2

Tabela 3

Analiza wariancji dla doświadczenia wielopowtórzeniowego
Analysis of variance for replicated trial

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Sumy kwadratów Sum of squares	Średnie kwadraty Mean squares	Statystyka Statistic
Obiekty — Treatments	$t-1$	SST	$MST=SST/(t-1)$	F_0
Bloki — Blocks	$b-1$	SSB	$MSB=SSB/(b-1)$	—
Błąd — Error	$(t-1)(b-1)$	SSE	$MSE=SSE/[(t-1)(b-1)]$	—
Ogółem — Total	$tb-1$	SSG	—	—

METODY

W analizie jednopowtórzeniowych doświadczeń hodowlanych, z jednym lub wieloma wzorcami, powinno się stosować metody eliminujące trendy (jeżeli one występują) w żyzności gleby na polach doświadczalnych. W celu wykrycia zmienności kierunkowej pola doświadczalnego można na przykład przeprowadzić analizę regresji (tab. 4), sprawdzając występowanie trendów liniowych wzdłuż kolumn i wierszy. Jeśli zatem pole doświadczalne zostało podzielone na s wierszy (z których r zostało obsianych odmianami wzorcowymi) i c kolumn, to wyznacza się równanie regresji liniowej przy modelu:

$$\mathbf{y} = a_0 + a_1 \mathbf{x},$$

gdzie: $\mathbf{y}$ jest r -wymiarowym wektorem obserwacji plonu dla wzorca, gdy sprawdzamy występowanie trendu wierszowego (lub c -wymiarowym wektorem obserwacji plonu dla wzorca, gdy sprawdzamy występowanie trendu kolumnowego), $\mathbf{x}$ jest wektorem złożonym z numerów wierszy lub kolumn w zależności od kierunku badanego trendu, a_0 stałą regresji, a_1 współczynnikiem kierunkowym.

Istnienie znacznego trendu kolumnowego (lub wierszowego) sugeruje, że w celu zmniejszenia wariancji błędu można zastosować analizę wariancji z eliminacją zmienności kolumnowej lub wierszowej.

Analiza wariancji dla wzorców (eliminacja wierszowa, kolumnowa, wierszowo-kolumnowa)

Skuteczność analizy wierszowej lub kolumnowej zależy od właściwego rozpoznania kierunku zmienności, jakiej podlegają jednostki doświadczalne. Jeśli zmienność jednostek jest tego rodzaju, że może mieć ona wpływ na cechę obserwowaną w eksperymencie, to rozpoznanie kierunku zmienności pozwala zastosować właściwą analizę tak, aby istotnie eliminowała dużą część zmienności z wariancji błędu. Analiza wierszowa lub kolumnowa może być skuteczna, jeśli zmienność żyzności pola jest jednokierunkowa — wzdłuż wierszy lub kolumn (pasów).

Model obserwacji umożliwiający eliminację efektów wierszowych ma postać:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \alpha_j + e_{ij} \quad (i = 1, \dots, v; j = 1, \dots, r),$$

gdzie: y_{ij} oznacza obserwację dotyczącą i -tego wzorca w j -tym wierszu, μ jest średnią ogólną, τ_i — efektem głównym i -tego wzorca, α_j — efektem głównym j -tego wiersza, e_{ij} — błędem losowym.

Analogiczny model obserwacji dla eliminacji efektów kolumnowych ma postać:

$$y_{ik} = \mu + \tau_i + \beta_k + e_{ik} \quad (i = 1, \dots, v; k = 1, \dots, c),$$

gdzie: y_{ik} oznacza obserwację dotyczącą i -tego wzorca w k -tej kolumnie, μ jest średnią ogólną, τ_i — efektem głównym i -tego wzorca, β_k — efektem głównym k -tej kolumny, e_{ik} — błędem losowym.

Analiza wierszowo-kolumnowa pozwala wyeliminować zmienność między poletkami biegnącą w dwóch prostopadłych do siebie kierunkach, wzdłuż jednego i drugiego boku poletka. Jeśli którykolwiek z tych dwóch kierunków zmienności wywiera istotny wpływ na cechę obserwowaną w doświadczeniu, jego efekt może być wyłączony ze zmienności składającej się na błąd doświadczenia.

Model obserwacji stosowany w analizie wierszowo-kolumnowej ma postać:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \alpha_j + \beta_k + e_{ijk} \quad (i = 1, \dots, v; j = 1, \dots, r; k = 1, \dots, c),$$

gdzie: y_{ijk} oznacza obserwację dotyczącą i -tego wzorca w j -tym wierszu i k -tej kolumnie, μ jest średnią ogólną, τ_i — efektem głównym i -tego wzorca, α_j — efektem głównym j -tego wiersza, β_k — efektem głównym k -tej kolumny, e_{ijk} — błędem losowym

Wariancja błędu dla wzorców

Gdy wstępna analiza nie wskazuje na występowanie trendów na polu, wystarczy obliczyć wariancję błędu wykorzystując obserwacje dla wzorca:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n y_i^2 - n\bar{y}^2 \right),$$

gdzie y_i oznacza i -tą obserwację wzorca, a n jest liczbą obserwacji wzorca w doświadczeniu. W przypadku, gdy wzorców jest więcej niż jeden w celu wyeliminowania efektów obiektowych, wartości wzorców są „poprawiane” (zestandaryzowane). Polega to na tym, że od każdej obserwacji wzorca odejmuje się średnią odpowiednią dla danego wzorca. A następnie dla uzyskanych w ten sposób „poprawionych obserwacji” oblicza się wariancję błędu doświadczalnego.

Wariancja błędu w doświadczeniu wielopowtórzeniowym

Na wielkość wariancji błędu składa się wiele przyczyn. Wśród nich wymienić można niedokładności pomiaru badanej cechy, niedokładności w stosowaniu zabiegów agrotechnicznych, ale także niejednorodność jednostek eksperymentalnych, np. niejednakową żyzność poletek w doświadczeniach polowych. Każda z tych przyczyn, jeśli powoduje znaczną zmienność obserwacji, może uniemożliwić dostrzeżenie różnic między badanymi obiektami. Stąd eksperyment należy zaplanować i prowadzić tak, aby wpływy tych przyczyn ograniczyć.

Ta idea leży u podstaw tzw. układów blokowych, w których jednostki eksperymentalne grupuje się w bloki. Grupowanie to podporządkowane jest zasadzie, zgodnie z którą naturalna zmienność jednostek wewnątrz każdego bloku powinna być mała, możliwie najmniejsza, podczas gdy zmienność jednostek pochodzących z różnych bloków może być duża (Kala, 1997).

Model matematyczny doświadczenia wielopowtórzeniowego założonego w układzie blokowym ma następującą postać:

$$y_{il} = \mu + \tau_i + \gamma_l + e_{il} \quad (i = 1, \dots, t; l = 1, \dots, b),$$

gdzie: y_{il} oznacza obserwację i -tego obiektu w l -tym bloku, μ — jest średnią ogólną, τ_i — efektem głównym i -tego obiektu, γ_l — efektem głównym l -tego bloku, e_{il} — błędem losowym. Analiza wariancji takiego doświadczenia obejmuje trzy źródła zmienności. Są one uwidocznione w tabeli 3 (Kala, 1997).

Wpływ wielkości poletek i liczby poletek w bloku na wariancję błędu

W celu zbadania jaki jest wpływ zmiany wielkości jednostek doświadczalnych (poletek) i bloków na precyzję wyników doświadczenia zastosowano metodę opisaną między innymi przez Pilarczyka (1988). W tym celu wykorzystuje się współczynnik korelacji

wewnątrzblokowej (ρ_t), który w doświadczeniu wielopowtórzeniowym z t obiektami oblicza się według wzoru:

$$\rho_t = \frac{(MSB - MSE) / t}{MSE + (MSB - MSE) / t}.$$

Reguły postępowania przy wykorzystaniu tego współczynnika są następujące:

(i) gdy obliczona wartość $\rho_t > 0,5$, to zwiększenie powierzchni poletka nie prowadzi do poprawy skuteczności doświadczenia. Jedyną możliwością jaka pozostaje w tej sytuacji, to użycie mniejszej liczby poletek w bloku lub zredukowanie wielkości poletek i zwiększenie liczby powtórzeń;

(ii) gdy $\rho_t < 0,1$, to zwiększenie powierzchni poletka jest skuteczne, natomiast redukcja pojemności bloku nie daje efektu;

(iii) gdy $0,1 \leq \rho_t \leq 0,5$, to należy połączyć obydwa postępowania, czyli należy równocześnie zmienić powierzchnię poletka i liczbę poletek w bloku (Pilarczyk, 1988).

W celu określenia, czy zmiana wielkości poletek prowadzi do poprawy precyzji wnioskowania, policzono współczynnik F według wzoru (Binns, 1982)

$$F = (w/w_a)^{-2/d},$$

gdzie: w oznacza docelowy (taki, jaki doświadczałnik chciałby uzyskać) współczynnik zmienności, w_a — aktualny (uzyskany w analizowanym doświadczeniu) współczynnik zmienności, natomiast d jest współczynnikiem jednorodności pola doświadczalnego obliczanym ze wzoru (Binns, 1982)

$$d = 1 - \log[t - (t-1)(1 - \rho_t)] / \log t.$$

Decyzję o zmianie pojemności bloków można podjąć np. w oparciu o wartość względną efektywności bloków (RE) zawierających n poletek w stosunku do bloków zawierających t poletek ($n < t$), gdzie t oznacza pojemność bloków zastosowaną w rozważanym doświadczeniu (Smith, 1938)

$$RE = [t(1 - t^{-d}) / (t-1)] / [n(1 - n^{-d}) / (n-1)].$$

Reguły postępowania przy wykorzystaniu współczynnika RE są następujące:

(j) jeżeli $RE < 1$, to bardziej efektywny jest układ o większej pojemności bloków (dla $d > 1$),

(jj) jeżeli $RE = 1$, to obydwa układy są jednakowo skuteczne (dla $d = 1$),

(jjj) jeżeli $RE > 1$, to redukcja wielkości bloku daje skuteczny efekt (dla $d < 1$, $d \neq 0$).

Warto jednak pamiętać, że w przypadku stosowania układów o blokach niekompletnych przy obliczaniu względnej efektywności RE , powinien być uwzględniony współczynnik efektywności układu doświadczalnego (Pilarczyk, 1988).

Doświadczenia rozważane w niniejszej pracy były zakładane zarówno w układzie bloków losowanych kompletnych, jak i w układach rozkładalnych o blokach niekompletnych. Dla obliczenia powyższych współczynników wszystkie doświadczenia zostały przeanalizowane jak doświadczenia przeprowadzone w układzie bloków losowanych kompletnych. Jednakże pominięto wyznaczanie współczynnika RE dla doświadczeń założonych w układach rozkładalnych o blokach niekompletnych.

WYNIKI I DYSKUSJA

W roku 2006 w miejscowości Choryń stwierdzono występowanie trendu kolumnowego na poziomie istotności 0,05 (tab. 4). Zastosowanie analizy wariancji z eliminacją efektów kolumnowych powinno zatem wyeliminować ten trend i zmniejszyć wariancję błędu. Jednakże w analizowanym doświadczeniu wariancja błędu po eliminacji efektów kolumnowych nie zmieniła się w stosunku do wariancji błędu dla wzorców (tab. 5). Mogło to być spowodowane tym, że część zmienności wynikająca z uwzględnienia efektów kolumnowych, była na tyle niewielka, że nie rekompensowała liczby stopni swobody użytych do estymacji tych efektów. Natomiast zastosowanie analizy z eliminacją efektów wierszowych i kolumnowych pozwoliło uzyskać najmniejszą wariancję błędu, eliminując dużą część zmienności pola doświadczalnego. W roku 2007 stwierdzono istotny trend wierszowy (tab. 4). Analiza wierszowa i wierszowo-kolumnowa wyraźnie zmniejszyła wariancję błędu (tab. 6), co wskazuje na to, że stosowanie tego typu analiz jest uzasadnione.

Tabela 4

Współczynniki kierunkowe regresji dla trendów wierszowych i kolumnowych
Slope of regression for row and column trends

Rok — Year	2006				2007		
Miejscowość — Location	Choryń	Kobierzyce		Modzurów	Choryń	Kobierzyce	
Wzorzec — Standard	Tybałt	Hewilla	Tybałt	Stratus	Tybałt	Clever	Tonacja
Trend wierszowy	0,0002	-0,0073	-0,0256	0,0110***	0,0120*	-0,0028	-0,0004
Row trend							
Trend kolumnowy	-0,0233*	0,0050*	0,0041	-0,3150***	-0,0495	0,0273	-0,0071
Column trend							

*Istotność współczynnika kierunkowego regresji na poziomie 0,05; *Significance of slope of regression at 0.05 level

***Istotność współczynnika kierunkowego regresji na poziomie 0,001; ***Significance of slope of regression at 0.001 level

Tabela 5

Wariancja błędu obliczona przy użyciu wzorców w roku 2006
Error variance in the year 2006 estimated with the use of standard treatments

Miejscowość — Location		Choryń	Kobierzyce		Modzurów
Wzorzec — Standard		Tybałt	wzorce łącznie standards jointly	Hewilla	Stratus
Analiza Analysis	wierszowo-kolumnowa — row-column	0,031	0,357	0,195	0,490
	wierszowa — row	0,037	0,351	0,209	0,474
	kolumnowa — column	0,038	0,355	0,220	0,511
	wariancja (s^2) — variance (s^2)	0,038	0,361	0,230	0,493

Tabela 6

Wariancja błędu obliczona przy użyciu wzorców w roku 2007
Error variance in the year 2007 estimated with the use of standard treatments

Miejscowość — Location		Choryń	Kobierzyce	
Wzorzec — Standard		Tybałt	wzorce łącznie standards jointly	Clever
Analiza Analysis	wierszowo-kolumnowa — row-column	0,175	0,572	0,681
	wierszowa — row	0,189	0,654	0,801
	kolumnowa — column	0,236	0,952	0,815
	wariancja (s^2) — variance (s^2)	0,242	1,071	0,906

W doświadczeniu wielopowtórzeniowym przeprowadzonym w roku 2006 wariancja błędu była ponad dwukrotnie większa od wariancji w doświadczeniu jednopowtórzeniowym (tab. 7). Spowodowane mogło to być tym, że pole doświadczalne dla eksperymentu jednopowtórzeniowego miało wymiary 37 m × 40 m. Z kolei pole dla eksperymentu wielopowtórzeniowego miało wymiary 37 m × 10 m (cały pas był traktowany jak jeden blok). Ponieważ blok był długi, trudno było zachować jednorodność poletek, tym bardziej, że analiza regresji wykazała istnienie trendu kolumnowego na tym polu.

Z kolei w roku 2007 pole dla eksperymentu wielopowtórzeniowego miało wymiary 36 m × 15 m. Jednak nie miało to wpływu na wartość wariancji błędu (tab. 7), gdyż w tym roku na polu doświadczalnym wykryto trend wierszowy.

Tabela 7

Średnie kwadraty dla błędu w doświadczeniach wielopowtórzeniowych
Mean squares of error in replicated trials

Rok — Year	2006		2007	
Choryń	Kobierzyce	Modzurów	Choryń	Kobierzyce
0,082	0,114	0,173	0,069	0,068

W doświadczeniu wielopowtórzeniowym w roku 2006 średni kwadrat dla bloków (pasów) był mniejszy od średniego kwadratu dla błędu. A zatem bloki nie różniły się między sobą, natomiast zmienność wewnątrzblokowa była duża, co sugeruje że bloki nie zostały dobrze wybrane (Elandt, 1964). Współczynnik korelacji wewnątrzblokowej był równy zero, zatem na podstawie (ii), w celu odpowiedniego zmniejszenia współczynnika zmienności od wartości 12,67% do wielkości 10%, należałoby szukać poprawy skuteczności poprzez zwiększanie powierzchni poletka (w przybliżeniu dwukrotnie, bo $F = 1,6$).

W doświadczeniu wielopowtórzeniowym w roku 2007 średni kwadrat dla bloków (pasów) był większy od średniego kwadratu dla błędu. A zatem układ doświadczalny został dobrze dopasowany do charakteru zmienności glebowej (Elandt, 1964). Współczynnik korelacji wewnątrzblokowej był równy 0,083, zatem na podstawie (ii) w celu odpowiedniego zmniejszenia współczynnika zmienności od wartości 24,84% do na przykład wielkości 20%, należałoby zwiększyć powierzchnię poletka w przybliżeniu dwukrotnie ($F = 2,01$).

W roku 2006 w miejscowości Kobierzyce stwierdzono występowanie trendu kolumnowego, lecz tylko dla jednego ze wzorców — Hewilla (tab. 4). Podobnie jak w Choryni najmniejszą wariancję błędu obliczoną przy wykorzystaniu tego wzorca uzyskano w analizie wierszowo-kolumnowej (tab. 5). Dla drugiego wzorca Tybalt i dla obu wzorców łącznie najmniejszą wartość wariancji błędu otrzymano w analizie wierszowej. Podobnie jak wyżej, sugeruje to nieliniową niejednorodność pola — „plackowatą”. Widać dużą różnicę pomiędzy wariancją błędu dla wzorców Hewilla i Tybalt, co może oznaczać mniejszą przydatność drugiego wzorca do odzwierciedlania zmienności glebowej.

Natomiast w roku 2007 nie wykryto trendów liniowych (tab. 4). Duże zróżnicowanie między wariancjami dla wzorców (tab. 6) spowodowane było niekorzystnymi warunkami wegetacyjnymi.

W doświadczeniu wielopowtórzeniowym (tab. 7) wariancja błędu była mniejsza od wariancji w doświadczeniu jednopowtórzeniowym zarówno w roku 2006, jak i w roku 2007.

Współczynnik korelacji wewnątrzblokowej w roku 2006 był równy 0,336, zatem, w celu odpowiedniego zmniejszenia współczynnika zmienności od wartości 7,30% do wielkości 7%, na podstawie (iii) należałoby zwiększyć powierzchnię poletka w przybliżeniu 1,36-krotnie (tab. 8).

Tabela 8

Współczynniki korelacji wewnątrzblokowej i stosunek proponowanej do aktualnej wielkości poletek w zależności od pożądanego współczynnika zmienności
Intra-block coefficients of correlation and ratio of suggested to actual plot sizes as dependent on postulated coefficient of variation

Rok Year	Miejscowość Location	ρ_t	w_a (%)	w (%)	F	RE
2006	Choryń	0,000	12,67	10	1,61	1,0
	Kobierzycy	0,336	7,30	7	1,36	x
	Modzurów	0,314	15,44	13	2,92	x
2007	Choryń	0,083	24,84	20	2,01	1,0
	Kobierzycy	0,000	12,11	10	1,47	x

x — W tych miejscowościach nie wyznaczano RE

x — RE was not determined in these locations

Z kolei w roku 2007 w doświadczeniu wielopowtórzeniowym współczynnik korelacji wewnątrzblokowej wynosił 0. A zatem na podstawie (ii) zwiększenie powierzchni poletka byłoby skuteczne.

Analiza regresji przeprowadzona na wynikach z miejscowości Modzurów wykazała trend dwukierunkowy (tab. 4). Analiza wierszowo-kolumnowa wyeliminowała znacznie tę zmienność (tab. 5). Ponieważ jest więcej punktów podparcia (poletek, na których występowały wzorce) dla regresji wzdłuż wierszy niż wzdłuż kolumn, to zastosowanie wierszowej analizy wariancji było bardziej skuteczne niż kolumnowej. Podobnie jak w Kobierzycach średni kwadrat dla błędu w doświadczeniu wielopowtórzeniowym był mniejszy od wariancji błędu w doświadczeniu jednopowtórzeniowym. Należy zwrócić uwagę, że zarówno analiza wierszowo-kolumnowa, jak i wierszowa pozwoliły uzyskać wariancję błędu porównywalną z wariancją błędu wielopowtórzeniowego (tab. 7).

Współczynnik korelacji wewnątrzblokowej w roku 2006 był równy 0,314, zatem na podstawie (iii), w celu np. redukcji współczynnika zmienności z 15,44% do 13% należałoby zwiększyć powierzchnię poletka w przybliżeniu 3-krotnie ($F = 2,92$, tab. 8).

WNIOSKI

Przeprowadzone wielokierunkowe analizy pięciu doświadczeń jednopowtórzeniowych z wzorcami i trzech doświadczeń wielopowtórzeniowych (blokowych) z wylosowanym podzbiorem linii pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. skuteczność różnych metod analizy statystycznej wyników z doświadczeń jednopowtórzeniowych zależy od charakteru zmienności pola doświadczalnego;
2. w analizowanych w tym opracowaniu doświadczeniach zazwyczaj najskuteczniejsza była analiza, w której eliminowano zarówno efekty wierszowe jak i kolumnowe;
3. zalecaną metodą praktycznego podejścia do analizy wyników doświadczeń jednopowtórzeniowych może być wykonanie wstępnej analizy danych z użyciem pełnego modelu wierszowo-kolumnowego, a następnie ewentualne pominięcie efektów wierszowych lub kolumnowych, jeśli ich uwzględnienie nie prowadzi do poprawy skuteczności analizy.

LITERATURA

- Ambroży K., Bakinowska E., Bocianowski J., Budka A., Pilarczyk W., Zawieja B. 2008. Statystyczne wspomaganie decyzji selekcyjnych na wczesnych etapach hodowli zbóż. I. Metody oceny efektów obiektowych. *Biul. IHAR* 250: 21 — 28.
- Binns M. R. 1982. The choice of plot size in randomized block experiments. *Journal of American Society for Horticulture Science* 107: 17 — 19.
- Ceranka B., Chudzik H. 1977. Doświadczenia jednopowtórzeniowe z wzorcami. *Siódme Colloquium Metodologiczne z Agro-Biometrii*, PAN, Warszawa: 318 — 331.
- Cullis B. R., Gleeson A. C. 1989. The efficiency of neighbour analysis for replicated variety trials in Australia. *Journal of Agricultural Science* 113: 223 — 239.
- Elandt R. 1964. *Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczalnictwa rolniczego*. PWN, Warszawa: 210 — 212.
- Kala R. 1997. *Elementy wnioskowania parametrycznego dla przyrodników*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu: 89 — 91.
- Kempton R. A., Fox P. N. 1997. *Statistical methods for plant variety evaluation*. Chapman & Hall: 86 — 99.
- Pilarczyk W. 1988. Planowanie i analiza doświadczeń. *Teoria i praktyka. Wiadomości Odmianoznawcze* 6/28, str. 3 — 58.
- Smith H. F. 1938. An empirical law describing heterogeneity in the yields of agricultural crops. *Jour. Agric. Sci., Camb.* 28: 1 — 23.

JÓZEF STARCZEWSKI
MAGDA TOCZYSKA
GRAŻYNA WIELOGÓRSKA
ELŻBIETA TURSKA

Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin, Akademia Podlaska, Siedlce

Produkcja kwalifikowanego materiału siewnego i jego wpływ na plonowanie zbóż w województwie mazowieckim

Production of certified seed material and its impact on cereal yielding in the Mazovia Province

Celem pracy była ocena wykorzystania kwalifikowanego materiału siewnego i jego wpływ na plonowanie zbóż w warunkach produkcyjnych województwa mazowieckiego oraz wykazanie zmian w produkcji kwalifikowanego materiału siewnego w tym rejonie. Do realizacji tego celu wykorzystano badania ankietowe przeprowadzone w 2006 roku, w 7 powiatach: garwolińskim, łosickim, mińskim, ostrowskim, siedleckim, sokołowskim i węgrowskim. W badaniach uczestniczyły gospodarstwa rolnicze o różnych kierunkach produkcji, posiadające od 5 ha do 300 ha użytków rolnych, w których działalność rolnicza była podstawowym źródłem dochodu. Gospodarstwa wytypowano w drodze losowania. W pracy porównano plonowanie poszczególnych zbóż uprawianych w tym rejonie w gospodarstwach niestosujących i stosujących kwalifikowany materiał siewny. Produkcję kwalifikowanego materiału siewnego w kraju i w województwie mazowieckim scharakteryzowano wykorzystując dane Głównego oraz Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Roślin i Nasiennictwa z lat 2003–2006. Powierzchnia upraw nasiennych w kraju oraz w województwie mazowieckim na przestrzeni ostatnich lat systematycznie się zmniejsza. Przeprowadzona kwalifikacja polowa w latach 2003–2006 wykazała 30% spadek powierzchni upraw nasiennych roślin zbożowych. Największy regres zauważono dla plantacji nasiennych żyta ozimego (50% w kraju i 62% w województwie mazowieckim). W województwie mazowieckim kwalifikowany materiał siewny stosowało 18,6% producentów zbóż podstawowych i 97,4% producentów kukurydzy. W badanych gospodarstwach kwalifikowany materiał siewny stosowano na lepszych glebach i przy stosowaniu wyższego nawożenia mineralnego NPK. Współdziałanie tych czynników wpłynęło na wzrost plonów ziarna. Największy wzrost plonu zanotowano dla pszenicy jarej (26%), pszenżyta jarego (16%) i jęczmienia ozimego (17%) w porównaniu do średnich plonów otrzymywanych w gospodarstwach, w których nie stosowano kwalifikowanego materiału siewnego.

Słowa kluczowe: kwalifikowany materiał siewny, kwalifikacja polowa, ocena laboratoryjna, zboża, plonowanie

The work's objective was to evaluate certified seed material and its impact on cereal yielding under production conditions of the Mazovia Province, as well as present changes in certified seed production

in the aforementioned region. In order to achieve the aim a survey was carried out among farmers in the year 2006. The study focused on farms characterized by various production directions, with an area of at least 5 ha and owned by farmers whose sole occupation was farming. The farms were decided by a draw. In the work, yielding of individual cereals grown in the examined region was analyzed. Moreover, an influence of certified seed material on yielding of cereals was found at the scale of the whole country and the Mazovia Province. Certified seed production was characterized using data of the Main Statistical Office as well as Province Inspectorate for Plant Health and Seed Inspection from the years 2003-2006. The area of cultivation of cereals for seed in Poland and in the Mazovia Province has been consistently decreasing over the last years. Field classification carried out in the years 2003-2006 showed a 30-percent decrease in the area of land under seed cereal crops. There has been observed the highest slump in production of winter rye seed (50% for Poland, and 62% for the Mazovia Province). In the Mazovia Province certified seed material was applied by 18.6% and 97.4% producers of basic cereals and maize, respectively. Seeding certified seed material increased cereal grain yields. The highest increase was recorded for spring wheat (26%), spring triticale (16%) and winter barley (17%) when compared with average yields produced on farms where no certified seed was used.

Key words: certified seed material, field classification, laboratory assessment, cereals, yielding

WSTĘP

Materiał siewny o wysokiej jakości i zdrowotności wytwarzany przez przemysł nasienny, jest jednym z ważniejszych czynników plonotwórczych przyczyniających się do zwiększania produkcji roślinnej, a pośrednio także i zwierzęcej. Światowa produkcja nie pokrywa zapotrzebowania na ziarno, a długoterminowe prognozy wskazują, że do 2025 roku zapotrzebowanie na ziarno zbóż wzrośnie do 2600 mln ton, czyli o 45% (Duczmał, 2005). Dlatego coraz większego znaczenia nabiera postęp biologiczny oraz stosowanie w uprawie kwalifikowanego materiału siewnego.

Największy rynek nasienny roślin zbożowych w krajach Unii Europejskiej ma Francja 25%, następnie Niemcy 12%, Włochy 9%, dobre miejsce zajmuje także Polska, Węgry, Wielka Brytania, Czechy i Dania (Oleksiak, 2003). W Polsce plantacje nasienne zbóż zlokalizowane są głównie w części zachodniej i północnej kraju (38% ogólnej powierzchni nasiennej), w byłych województwach: szczecińskim, gorzowskim, poznańskim, opolskim i wrocławskim (Oleksiak, 1999).

Celem pracy było wykazanie zmian w produkcji kwalifikowanego materiału siewnego roślin zbożowych w województwie mazowieckim, oraz ocena wykorzystania kwalifikowanego materiału siewnego i jego wpływ na plonowanie zbóż w warunkach produkcyjnych.

MATERIAŁ I METODY

W pracy przedstawiono wyniki badań ankietowych przeprowadzonych w 2006 roku, dotyczące stosowania kwalifikowanego materiału siewnego zbóż w 7 powiatach województwa mazowieckiego: garwolińskim, łosickim, mińskim, ostrowskim, siedleckim, sokołowskim i węgrowskim. Gospodarstwa wytypowano w drodze losowania. Badania prowadzono w sposób bezpośredni, rozmówcami byli właściciele lub współwłaściciele gospodarstw rolnych. Wobec respondentów przestrzegano poszanowania prawa dobrovolności i anonimowości rozmówców. W badaniach uczestniczyły gospodarstwa rolne

o różnych kierunkach produkcji, posiadające od 5 ha do 300 ha użytków rolnych, w których działalność rolnicza była podstawowym źródłem dochodu. Średnia powierzchnia użytków rolnych wynosiła 21,4 ha, a gruntów ornych 14,3 ha. Badane gospodarstwa charakteryzowały się dużym średnim udziałem zbóż w strukturze zasiewów (81,6%). Najczęściej uprawianymi zbożami były pszenżyto, żyto, pszenica ozima, owies i jęczmień jary. Pozostałe zboża były uprawiane znacznie rzadziej.

W pracy porównano plonowanie poszczególnych zbóż uprawianych w tym rejonie w gospodarstwach niestosujących i stosujących kwalifikowany materiał siewny. Zależność tę wykazano obliczając średnie plony zbóż, nawożenie mineralne i wskaźnik bonitacji gruntów ornych w badanych grupach gospodarstw. Obliczono również współczynniki zmienności tych cech. Rejon scharakteryzowano pod względem produkcji kwalifikowanego materiału siewnego wykorzystując dane Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Roślin i Nasiennictwa z lat 2003–2006. Na podstawie danych przeanalizowano produkcję kwalifikowanego materiału siewnego obejmującą kwalifikację polową plantacji nasiennej oraz ocenę laboratoryjną uzyskanego materiału siewnego. Dane dla województwa mazowieckiego skonfrontowano z danymi dla kraju z Głównego Inspektoratu Ochrony Roślin i Nasiennictwa z lat 2003–2006.

WYNIKI

Produkcja materiału siewnego zbóż w ostatnich latach uległa gwałtownemu zmniejszeniu. Zaopatrzenie rolnictwa w materiał siewny zbóż w Polsce w latach 2003–2006 przedstawia tabela 1.

W sezonie wegetacyjnym 2005/2006 skupiono tylko 44148 ton kwalifikowanego materiału siewnego zbóż, tj. o 46% mniej niż rok wcześniej. Sprzedaż materiału siewnego w tym sezonie była również mniejsza o 12,1% w porównaniu do sezonu poprzedniego. W produkcji materiału siewnego największy udział od wielu lat stanowi pszenica, największa jest też powierzchnia uprawy i udział tego zboża w zbiorach w skali kraju (rys. 1, 2). Najmniej natomiast wytwarza się i sprzedaje kwalifikowanego ziarna owsa. Dane GUS wskazują, że w latach 2003–2006 w Polsce zmniejszeniu uległa powierzchnia zasiewów pszenicy i żyta (rys. 2). Zwiększyła się powierzchnia uprawy jęczmienia i pszenżyta, natomiast na stałym, niskim poziomie utrzymała się powierzchnia uprawy owsa.

Plantacje nasienne i uzyskany z nich materiał siewny musi odpowiadać obowiązującym normom i wymaganiom jakościowym, konieczna jest więc urzędowa ocena i kontrola, która wynika z Ustawy o nasiennictwie (Ustawa z dnia 26 czerwca 2003 roku o nasiennictwie). W latach 2003–2006 w kraju powierzchnia kwalifikowanych upraw nasiennych roślin zbożowych zmniejszyła się o 30% i osiągnęła w roku 2006 — 44803 ha (tab. 2).

Tabela 1

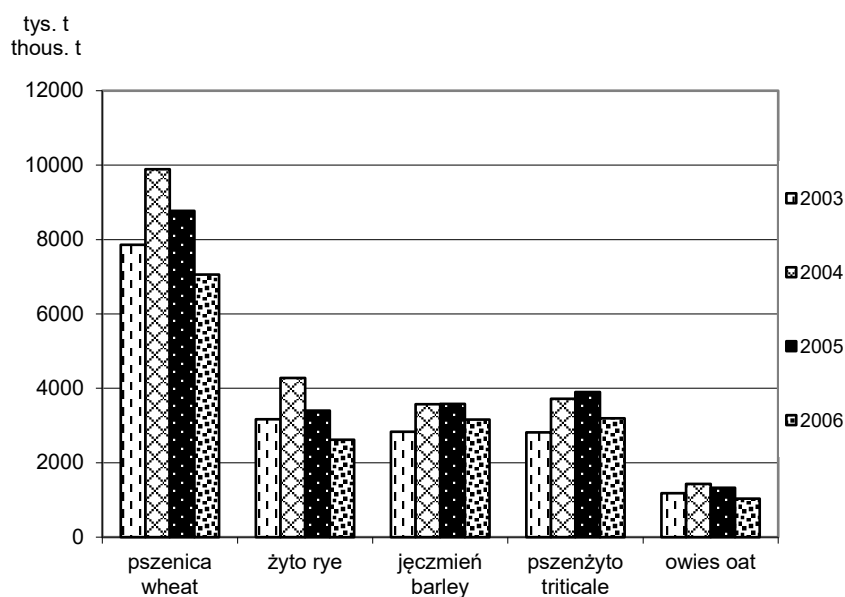
Zaopatrzenie rolnictwa w kwalifikowany materiał siewny roślin zbożowych w Polsce w latach 2003–2006 (Rocznik Statystyczny 2006, oraz analiza własna)

**Supply of agriculture with qualified seed material of cereals in Poland in the years 2003–2006
(Statistical Yearbook 2006, and personal analysis)**

Gatunek Plant species	2003/2004 w tonach — in tones	2004/2005 w tonach — in tones	2005/2006 w tonach — in tones	Spadek w stosunku do sezonu 2004/2005 (%) Decrease in relation to the season (%)
Skup materiału siewnego — Procurement of seeds				
Pszenica — Wheat	28738	36155	16425	55,0
Żyto — Rye	8431	12164	5252	56,8
Owies — Oat	5775	6658	3693	44,5
Pszenżyto — Triticale	9090	11437	9085	20,6
Jęczmień — Barley	13870	15292	9693	36,6
Ogółem — Total	65905	81706	44148	46,0
Sprzedaż materiału siewnego* — Sales of seeds*				
Pszenica — Wheat	84394	77219	67471	12,6
Żyto — Rye	15932	12912	10089	21,9
Owies — Oat	12944	11672	8498	27,2
Pszenżyto — Triticale	25909	24819	22783	8,2
Jęczmień — Barley	33828	31072	29720	4,3
Ogółem Total	173007	157694	138561	12,1

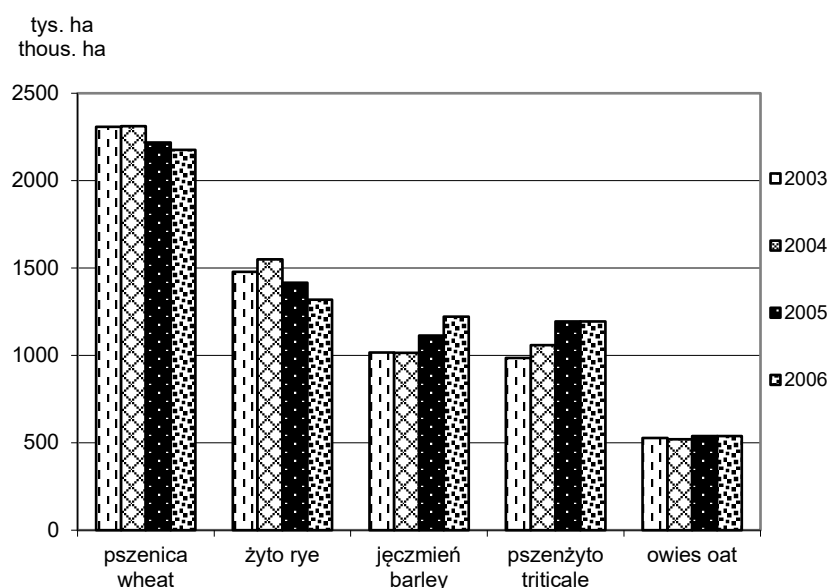
* Dane według szacunków rzeczoznawców GUS

* Data by estimates of CSO experts



Rys.1. Zbiory głównych gatunków zbóż w Polsce w latach 2003–2006 (Rocznik Statystyczny, 2006)

Fig. 1. Crops of basic cereal species in Poland in the years 2003–2006 (Statistical Yearbook, 2006)



Rys. 2. Powierzchnia zasiewów głównych gatunków zbóż w Polsce w latach 2003–2006 (Rocznik Statystyczny, 2006)

Fig. 2. Acreage of land under cultivation of basic cereals in Poland in the years 2003–2006 (Statistical Yearbook)

Tabela 2

Powierzchnia upraw nasiennych roślin zbożowych zakwalifikowanych w ocenie połowej w Polsce w latach 2003–2006 (dane GIORIN w Warszawie, oraz analiza własna)

Acreage of land under seed production of cereals classified during field assessment in Poland in the years 2003–2006 (data from the Main Inspectorate of Plant Health and Seed Inspection, Warsaw, and personal analysis)

Gatunek Plant species	2003 (ha)	2004 (ha)	2005 (ha)	2006 (ha)	Różnica w stosunku do 2003 roku (%) Difference in relation to 2003
Jęczmień jary — Spring barley	12271	12474	11236	10018	-18
Jęczmień ozimy — Winter barley	962	1810	2007	1653	+42
Kukurydza — Maize	1459	1999	2671	2426	+40
Owies — Oat	4717	4683	3225	3801	-19
Pszenica jara — Spring wheat	8085	5957	3840	3769	-53
Pszenica ozima — Winter wheat	20259	19984	15593	12956	-36
Pszenżyto jare — Spring triticale	1184	1124	982	1135	-4
Pszenżyto ozime — Winter triticale	7925	8622	6793	5569	-30
Żyto jare — Spring rye	2	2	14	83	+98
Żyto ozime — Winter rye	6788	6566	4029	3392	-50
Ogółem Total	63652	63225	50391	44803	-30

W latach 2003–2004 ogólna powierzchnia upraw nasiennych zakwalifikowanych w ocenie polowej utrzymywała się na podobnym poziomie, natomiast w 2005 i 2006 zmniejszyła się. Wśród plantacji nasiennych największy udział od lat stanowi pszenica ozima, pomimo iż w roku 2006 powierzchnia zakwalifikowana w ocenie polowej zmniejszyła się o 36%, w porównaniu z rokiem 2003. W latach 2003–2006 zaobserwowano duży spadek powierzchni upraw nasiennych pszenicy jarej (o 53%), żyta ozimego (o 50%), pszenżyta ozimego (o 30%), jęczmienia jarego i owsa (odpowiednio o 18 i 19%). W ostatnich latach wzrosły powierzchnie uprawy kwalifikowanych plantacji jęczmienia ozimego (o 42%), kukurydzy (o 40%) oraz wchodzącego do uprawy żyta jarego (z 2 ha do 83 ha). Na stałym poziomie utrzymuje się powierzchnia uprawy pszenżyta jarego (w 2006 roku 1135 ha). Uprawa zbóż ozimych zakwalifikowanych w ocenie polowej w latach 2003–2006 zmniejszyła się o 34%, a zbóż jarych o 23% (tab. 2).

W województwie mazowieckim w latach 2003–2006 zmniejszała się ogólna powierzchnia plantacji nasiennych zbóż (tab. 3).

Tabela 3

Powierzchnia upraw nasiennych roślin zbożowych poddana ocenie polowej w województwie mazowieckim w latach 2003–2006 (dane WIORIN w Warszawie)
Area of land under cereals cultivated for seed which were classified under field assessment in the Mazovia Province (data from the Province Inspectorate of Plant Health and Seed Inspection, Warsaw, and personal analysis)

Gatunek Plant species	2003 (ha)	2004 (ha)	2005 (ha)	2006 (ha)	Różnica w stosunku do 2003 roku (%) Difference in relation to 2003
Jęczmień jary — Spring barley	247	196	152	166	-33
Jęczmień ozimy Winter barley	7	8	27	23	+70
Kukurydza — Maize	10	14	14	0	-
Owies — Oat	149	164	130	159	+6
Pszenica jara Spring wheat	346	256	193	197	-43
Pszenica ozima — Winter wheat	382	407	351	214	-44
Pszenżyto ozime — Winter tritiale	243	356	240	262	-8
Żyto ozime — Winter rye	154	150	90	59	-62
Ogółem Total	1538	1551	1197	1080	-30

Zauważyć można, że w 2003 i 2004 roku ogólna powierzchnia tych plantacji była na porównywanym poziomie, natomiast wyraźne zmniejszenie powierzchni plantacji nasiennych nastąpiło w 2005 roku. Największy spadek zaobserwowano dla upraw żyta ozimego (o 62%), najmniejszy dla pszenżyta ozimego (o 8%). Na stałym poziomie utrzymała się powierzchnia upraw nasiennych owsa (w 2006 roku — 159 ha). Zaobserwowano również wzrost powierzchni uprawy jęczmienia ozimego z 7 do 23 ha. W województwie mazowieckim nie prowadzono w tych latach plantacji nasiennych żyta jarego. Ze względu na niekorzystne warunki dojrzewania kukurydzy w województwie mazowieckim produkcja materiału siewnego tej rośliny w latach 2003–2005 była niewielka, natomiast w 2006 roku nie było plantacji nasiennych kukurydzy w tym rejonie.

Dane dotyczące laboratoryjnej oceny nasion roślin zbożowych w Polsce zostały przedstawione w tabeli 4. W latach 2003–2006 w związku ze spadkiem powierzchni upraw

nasiennych zaobserwowano spadek liczby ocenianych partii nasion w laboratoriach o 28% (z 7666 do 5497). W sezonie wegetacyjnym 2005/2006 oceniono najmniejszą liczbę partii. Na tle trzech sezonów wegetacyjnych liczba zakwalifikowanych partii zmniejszyła się dla: jęczmienia jarego, owsa, pszenicy jarej, pszenicy ozimej, pszenżyta jarego, pszenżyta ozimego i żyta ozimego. Natomiast wyraźny wzrost zauważono dla kukurydzy. Analiza oceny laboratoryjnej wykazała, że w sezonie wegetacyjnym 2005/2006 zdyskwalifikowano najwięcej badanych partii (7,2% czyli 394 partie materiału siewnego). W sezonach wegetacyjnych 2003/2004 oraz 2004/2005 udział zdyskwalifikowanego materiału siewnego kształtował się na podobnym poziomie i wynosił odpowiednio 6,6% i 5,7%. Największą liczbę negatywnie ocenionych partii, stwierdzono w przypadku pszenżyta ozimego i żyta ozimego.

Tabela 4

Ocena laboratoryjna materiału siewnego roślin zbożowych w Polsce w latach 2003-2006 (dane GIORIN w Warszawie)

Laboratory assessment of seed material of cereals in Poland in the years 2003-2005 (data from the Main Inspectorate of Plant Health and Seed Inspection, Warsaw)

Gatunek Plant species	2003/2004		2004/2005		2005/2006	
	ocenione partie number of assessed lots	zakwalifikowane partie number of classified lots	ocenione partie number of assessed lots	zakwalifikowane partie number of classified lots	ocenione partie number of assessed lots	zakwalifikowane partie number of classified lots
Jęczmień jary Spring barley	1394	1312	1645	1571	1007	926
Jęczmień ozimy Winter barley	123	107	282	275	214	201
Kukurydza Maize	128	124	226	213	250	243
Owies Oat	512	453	541	497	379	342
Pszenica jara Spring wheat	1020	993	695	640	517	503
Pszenica ozima Winter wheat	2478	2435	2362	2290	1695	1597
Pszenżyto jare Spring tritcale	140	124	130	115	125	105
Pszenżyto ozime Winter tritcale	1073	956	1227	1103	914	824
Żyto jare Spring rye	1	1	1	1	5	5
Żyto ozime Winter rye	773	627	703	661	391	357
Ogółem Total	7666	7156	7812	7366	5497	5103

Ocenę laboratoryjną materiału siewnego roślin zbożowych w województwie mazowieckim przedstawia tabela 5. W czasie trzech sezonów wegetacyjnych liczba ocenianych partii nasion zmniejszyła się z 214 do 144 (o 33%). W analizowanym okresie na terenie woj. mazowieckiego najbardziej korzystny okazał się sezon 2003/2004, w którym zdyskwalifikowano najmniej partii (6 partii co stanowiło 2,8%) badanego materiału

siewnego, natomiast największą liczbę zdyskwalifikowanego materiału siewnego zanotowano w sezonie wegetacyjnym 2005/2006 (8,3% — 12 partii). W województwie mazowieckim, jak również w kraju najwięcej zdyskwalifikowanych partii w czasie 3 sezonów wegetacyjnych zanotowano dla pszenżyta ozimego (tab. 4, 5).

Tabela 5

Ocena laboratoryjna materiału siewnego roślin zbożowych w województwie mazowieckim w latach 2003–2006 (dane WIORIN w Warszawie)
Laboratory assessment of seed material of cereals in the Mazovia Province in the years 2003–2006 (data from the Province Inspectorate of Plant Health and Seed Inspection, Warsaw, and personal analysis)

Gatunek Plant species	2003/2004		2004/2005		2005/2006	
	ocenione partie number of assessed lots	zakwalifikowane partie number of classified lots	ocenione partie number of assessed lots	zakwalifikowane partie number of classified lots	ocenione partie number of assessed lots	zakwalifikowane partie number of classified lots
Jęczmień jary Spring barley	25	25	27	23	26	24
Jęczmień ozimy Winter barley	1	1	1	1	2	2
Kukurydza Maize	9	8	3	3	3	3
Owies Oat	14	14	10	9	14	12
Pszenica jara Spring wheat	38	38	26	25	22	22
Pszenica ozima Winter wheat	50	50	27	26	21	19
Pszenżyto jare Spring triticale	6	6	4	4	4	3
Pszenżyto ozime Winter triticale	46	42	42	41	37	33
Żyto jare Spring rye	0	0	0	0	0	0
Żyto ozime Winter rye	25	24	16	15	15	14
Ogółem Total	214	208	156	147	144	132

W ostatnich latach produkcja nasion kwalifikowanych znacznie przewyższała wielkość popytu i sprzedaży, co dowodziło, iż przyczyną tendencji spadkowych jest słabnący popyt na materiał siewny kwalifikowany. Różnice między produkcją a sprzedażą są coraz mniejsze. Wynika to z coraz lepszej oceny chłonności rynku przez przedsiębiorstwa nasienne, jak i z dostosowania produkcji do możliwości sprzedaży (Oleksiak, 2004). W dalszym ciągu na bardzo niskim poziomie utrzymuje się udział nasion kwalifikowanych w produkcji.

Z przeprowadzonych badań ankietowych wynika, że na terenie województwa mazowieckiego najbardziej popularnym zbożem było pszenżyto ozime, uprawiane w 74,3% ogółu badanych gospodarstw (tab. 6). Ze względu na przewagę gleb słabych i średnich w badanym rejonie duży udział procentowy stanowiły gospodarstwa, w których

uprawiano żyto ozime (53,7%) i owies (64,4%). Pszenica ozima uprawiana była w 38,0%, jęczmień jary w 24,0%, natomiast pszenica jara tylko w 13,0% gospodarstw. Należy jednak zaznaczyć, że badane gospodarstwa były to gospodarstwa średnie i większe (powierzchnia UR co najmniej 5 ha), a średnia powierzchnia UR w województwie mazowieckim wynosi 6,9 ha (Rocznik Statystyczny, 2006). Z tego też wynika większa popularność uprawy pszenżyta (zboża paszowego) niż żyta. Na badanym terenie coraz częściej uprawia się kukurydzę na kiszonkę (26,0% gosp.). W przypadku tej rośliny rolnicy wysiewają głównie kwalifikowany materiał siewny (97,4% gosp.). Na terenie województwa mazowieckiego kwalifikowany materiał siewny w produkcji zbóż (oprócz kukurydzy) stosowany był w niewielkiej liczbie gospodarstw. Najczęściej nasiona kwalifikowane stosowano w uprawie jęczmienia ozimego (29,0%), pszenicy ozimej (22,8%) oraz jęczmienia jarego (25,0%) i pszenżyta jarego (22,7%). Najmniej kwalifikowanego materiału siewnego stosowano w siewie owsa (8,8%). Na niski udział kwalifikowanego materiału siewnego (12,5%) w praktyce rolniczej wskazuje również Oleksiak (2004). W jego badaniach najwięcej nasion kwalifikowanych stosowanych było w uprawie pszenicy jarej i jęczmienia jarego.

Tabela 6

**Stosowanie materiału siewnego w badanych gospodarstwach województwa mazowieckiego w %
(badania własne)**

Application of seed material at the farms examined in the Mazovia Province in % (personal studies)

Gatunek Plant species	Gosp. uprawiające poszczególne gatunki Farms where species are grown		Gosp. stosujące materiał niekwalifikowany Farms applying non-certified seed material		Gosp. stosujące materiał kwalifikowany Farms applying certified material	
	gosp/farm	%	gosp/farm	%	gosp/farm	%
Pszenica ozima Winter wheat	114	38,0	88	77,2	26	22,8
Pszenżyto ozime Winter triticale	223	74,3	180	80,7	43	19,3
Żyto ozime Winter rye	161	53,7	141	87,6	20	12,4
Jęczmień ozimy Winter barley	38	12,7	27	71,0	11	29,0
Pszenica jara Spring wheat	39	13,0	34	87,2	5	12,8
Pszenżyto jare Spring triticale	22	7,3	17	77,3	5	22,7
Owies Oat	193	64,4	176	91,2	17	8,8
Jęczmień jary Spring barley	72	24,0	54	75,0	18	25,0
Kukurydza na kiszonkę Maize for silage	78	26,0	2	2,6	76	97,4

Tabela 7

**Nawożenie i jakość gleb na plantacjach zbóż ozimych w zależności od jakości materiału siewnego
w województwie mazowieckim (badania własne)**
**Fertilization and soil quality of winter cereals plantations according to the quality of seed material in
the Mazovia Province (personal studies)**

Gatunek Plant species		Materiał siewny niekwalifikowany Non-certified seed material		Materiał siewny kwalifikowany Certified material	
		NPK w kg·ha ⁻¹ NPK in kg·ha ⁻¹	Wbgo* Value index	NPK w kg·ha ⁻¹ NPK in kg·ha ⁻¹	Wbgo* Value index
Pszenica ozima Winter wheat	średnia — mean	150,2	0,87	166,3	0,97
	min.	0,0	0,43	41,0	0,70
	max.	360,0	1,42	302,0	1,50
	V%	55,0	25,8	42,1	19,6
Pszenżyto ozime Winter tritcale	średnia — mean	122,9	0,82	152,0	0,81
	min.	0,0	0,28	0,0	0,49
	max.	321,0	1,50	385,0	1,39
	V%	63,0	29,5	47,0	23,1
Żyto ozime Winter rye	średnia — mean	103,0	0,78	118,1	0,85
	min.	0,0	0,28	0,0	0,44
	max.	400,0	1,44	220,0	1,39
	V%	70,1	27,8	55,5	31,3
Jęczmień ozimy Winter barley	średnia — mean	113,4	0,87	135,1	0,94
	min.	0,0	0,54	40,0	0,70
	max.	210,0	1,29	240,0	1,40
	V%	53,9	21,2	41,9	22,5

*Wbgo — Wskaźnik bonitacji gruntów ornych; Soil value index

Tabela 8

**Nawożenie i jakość gleb na plantacjach zbóż jarych w zależności od jakości materiału siewnego
w województwie mazowieckim (badania własne)**
**Fertilization and soil quality of spring cereals plantations according to the quality of seed material in
the Mazovia Province (personal studies)**

Gatunek Plant species		Materiał siewny niekwalifikowany Non-certified seed material		Materiał siewny kwalifikowany Certified material	
		NPK w kg·ha ⁻¹ NPK in kg·ha ⁻¹	Wbgo* Value index	NPK w kg·ha ⁻¹ NPK in kg·ha ⁻¹	Wbgo* Value index
Pszenica jara Spring wheat	średnia — mean	132,3	0,82	185,0	0,90
	min.	0,0	0,29	148,0	0,44
	max.	300,0	1,44	250,0	1,29
	V%	63,2	34,3	22,1	34,4
Pszenżyto jare Spring tritcale	średnia — mean	124,9	0,92	181,8	0,94
	min.	0,0	0,52	120,0	0,75
	max.	324,0	1,29	219,0	1,30
	V%	72,2	26,4	20,6	22,5
Owies Oat	średnia — mean	110,6	0,77	141,8	0,70
	min.	0,0	0,28	34,0	0,37
	max.	300,0	1,44	285,0	1,09
	V%	62,1	30,1	49,5	30,1
Jęczmień jary Spring barley	średnia — mean	131,6	0,83	175,0	0,84
	min.	0,0	0,37	70,0	0,34
	max.	350,0	1,42	290,0	1,29
	V%	56,2	29,1	39,3	25,9

*Wbgo — Wskaźnik bonitacji gruntów ornych; Soil value index

O poziomie plonowania zbóż decyduje wiele czynników, a wśród nich nawożenie, jakość gleby i materiału siewnego. Na plantacjach zbóż średnie nawożenie wynosiło około 130 kg NPK·ha⁻¹ i było wyższe na polach zbóż jarych niż ozimych. Dla wszystkich uprawianych gatunków zbóż w gospodarstwach, w których wysiewano kwalifikowany materiał siewny stosowano również wyższe średnie nawożenie (tab. 7, 8). Nawożenie mineralne na tych plantacjach charakteryzowało się mniejszą zmiennością niż na plantacjach, na których stosowano materiał siewny niekwalifikowany. W badanych gospodarstwach jakość gleb była średnia i niska. Jednak kwalifikowany materiał siewny był stosowany na lepszych glebach. Świadczą o tym wyższe średnie wskaźniki bonitacji gruntów ornych dla wszystkich zbóż ozimych oraz pszenicy i pszenżyta jarego. Tylko w przypadku owsa i jęczmienia jarego wskaźniki bonitacji gruntów ornych były zbliżone w obu badanych grupach gospodarstw. Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że materiał kwalifikowany wysiewany był na polach o lepszych glebach i wyższym nawożeniu mineralnym NPK, co wpłynęło na wzrost plonu uprawianych zbóż (tab. 9, 10).

Tabela 9

**Plonowanie zbóż ozimych w zależności od jakości materiału siewnego w województwie mazowieckim
(badania własne)**

Yielding of winter cereals according to the quality of seed material in the Mazovia Province (personal studies)

Gatunek Plant species	Plon w t·ha ⁻¹ — Yield in t·ha ⁻¹	
	materiał siewny niekwalifikowany non-certified seed material	materiał siewny kwalifikowany certified material
Pszenica ozima Winter wheat	średnia — mean	4,2
	min.	1,5
	max.	7,0
	V%	29,3
Pszenżyto ozime Winter tritcale	średnia — mean	4,0
	min.	1,0
	max.	6,4
	V%	27,1
Żyto ozime Winter rye	średnia — mean	2,9
	min.	1,0
	max.	6,0
	V%	33,9
Jęczmień ozimy Winter barley	średnia — mean	3,9
	min.	1,5
	max.	5,5
	V%	23,0

Największy wzrost plonu zbóż ozimych zanotowano dla jęczmienia ozimego. W gospodarstwach, w których nie stosowano kwalifikowanego materiału siewnego otrzymywano średni plon 3,9 t·ha⁻¹ (przy nawożeniu 113,4 kg·ha⁻¹ NPK i Wbgo = 0,87), natomiast w stosujących 4,7 t·ha⁻¹ (przy wyższym nawożeniu -135,1 kg·ha⁻¹ NPK i Wbgo = 0,94). Plony zbóż ozimych w gospodarstwach stosujących kwalifikowany materiał siewny charakteryzowały się mniejszą zmiennością w porównaniu do plonów w pozostałych gospodarstwach. Największe różnicowanie plonów zanotowano w uprawie żyta

(współczynnik zmienności plonów w gospodarstwach stosujących kwalifikowany materiał siewny wynosił $V = 21,5\%$, a w przypadku niekwalifikowanego materiału $V = 33,9\%$).

Plony zbóż jarych w gospodarstwach stosujących kwalifikowany materiał siewny charakteryzowały się małą zmiennością (od $V = 9,5\%$ dla pszenżyta jarego, do $V = 18,7\%$ dla pszenicy jarej), (tab. 10).

Tabela 10

**Plonowanie zbóż jarych w zależności od jakości materiału siewnego w województwie mazowieckim
(badania własne)**

Yielding of spring cereals according to the quality of seed material in the Mazovia Province (personal studies)

Gatunek Plant species		Plon w t·ha ⁻¹ — Yield in t·ha ⁻¹	
		materiał siewny niekwalifikowany non-certified seed material	materiał siewny kwalifikowany certified material
	średnia — mean	3,7	5,0
Pszenica jara Spring wheat	min.	1,0	4,0
	max.	6,3	6,0
	V%	29,9	18,7
	średnia — mean	3,7	4,4
Pszenżyto jare Spring triticale	min.	2,3	4,0
	max.	4,5	5,0
	V%	18,8	9,5
	średnia — mean	3,3	3,6
Owies Oat	min.	1,0	2,5
	max.	4,5	4,5
	V%	22,9	15,0
	średnia — mean	4,0	4,2
Jęczmień jary Spring barley	min.	2,0	3,2
	max.	6,5	5,0
	V%	25,5	15,1

Rolnicy wysiewający niekwalifikowany materiał siewny uzyskiwali większe zróżnicowanie plonów, największą zmienność zanotowano dla pszenicy jarej ($V = 29,9\%$), a wartości ekstremalne wynosiły 1 i 6,3 t·ha⁻¹. W największym stopniu jakość materiału siewnego oraz współdziałanie tego czynnika z nawożeniem mineralnym i jakością gleby wpłynęło na plony pszenicy i pszenżyta jarego. W gospodarstwach, w których nie stosowano kwalifikowanego materiału siewnego rośliny te plonowały na poziomie 3,7 t·ha⁻¹, a w stosujących o 16% (pszenżyto jare) do 26% (pszenica jara) wyżej. Zaznaczyć jednak należy, że w przypadku obu zbóż na plantacjach wysiewanych materiałem niekwalifikowanym stosowano niższe nawożenie mineralne (odpowiednio o 28,5 i 31,3%). Wyniki badań wskazują, że średnie plony pszenicy i pszenżyta ozimego oraz jęczmienia jarego i owsa były tylko nieznacznie wyższe w gospodarstwach stosujących kwalifikowany materiał siewny. Mogło to być spowodowane nieodpowiednim dobraniem odmiany do warunków glebowych, niekorzystnym przebiegiem warunków pogodowych w okresie wegetacyjnym (brak odpowiedniej ilości opadów), jak również niskim poziomem agrotechniki w tym rejonie. Na ścisły związek między stosowaniem kwalifikowanego materiału siewnego a poziomem nakładów na agrotechnikę (wysokość nawożenia, intensywność chemicznej ochrony roślin) wskazuje również Oleksiak (1999).

Według autora decyzja o zakupie kwalifikowanego materiału siewnego jest jednoznaczna z przyjęciem intensywnego modelu produkcji.

WNIOSKI

1. Powierzchnia upraw nasiennych w kraju oraz w województwie mazowieckim na przestrzeni ostatnich lat ulega systematycznemu zmniejszaniu. Przeprowadzona kwalifikacja polowa w latach 2003–2006 wykazała 30 procentowy spadek powierzchni upraw nasiennych roślin zbożowych. Największy regres zauważono dla plantacji nasiennych żyta ozimego (50% w kraju i 62% w województwie mazowieckim).
2. W badanym rejonie kwalifikowany materiał siewny stosowało 18,6% producentów zbóż podstawowych i 97,4% producentów kukurydzy. Na plantacjach, na których stosowano kwalifikowany materiał siewny średnie plony zbóż były wyższe i charakteryzowały się mniejszą zmiennością. Największy wzrost plonu zanotowano dla pszenicy jarej (26%), pszenżyta jarego (16%) i jęczmienia ozimego (17%) w porównaniu do średnich plonów otrzymywanych na plantacjach obsiewanych niekwalifikowanym materiałem siewnym.
3. Wysokie i stabilne plony ziarna zbóż można otrzymać tylko w warunkach wysokiej agrotechniki. W badanych gospodarstwach kwalifikowany materiał siewny stosowano na lepszych glebach i przy stosowaniu wyższego nawożenia mineralnego NPK. Współdziałanie tych czynników wpłynęło na wzrost plonów ziarna.

LITERATURA

- Duczmał K. 2005. Perspektywa rozwoju przemysłu nasiennego a wyżywienie ludzkości. *Hodowla Roślin i Nasiennictwo*: 4: 6 — 12.
- GIORIN. 2007. Dane dotyczące oceny polowej i laboratoryjnej kwalifikowanego materiału siewnego z lat 2003–2006.
- Oleksiak T. 1999. Efektywność polskiego systemu hodowli i nasiennictwa zbóż. *Hodowla Roślin i Nasiennictwo*: 4:5 — 10.
- Oleksiak T. 2004. Rynek Nasion. *Hodowla Roślin i Nasiennictwo* 4/2004.
- Oleksiak T. 2003. Rynek nasienny w państwach Unii Europejskiej. 2/2003.
- Rocznik Statystyczny 2006. GUS. Wydawnictwo Statystyczne, Warszawa.
- Ustawa z dnia 26 czerwca 2003 r. o nasiennictwie. *Dziennik Ustaw* z dnia 6 sierpnia 2003 r.
- WIORIN. 2007. Sprawozdania dotyczące oceny polowej i laboratoryjnej z lat 2003–2006.

BARBARA WIEWIÓRA¹**DARIUSZ R. MAŃKOWSKI**¹**ZOFIA BULIŃSKA-RADOMSKA**²¹ Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików² Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Zdrowotność ziarna zbóż pochodzącego z ekologicznej produkcji nasiennej*

Health of cereals seed originated from ecological seed production

Badano zdrowotność ziarniaków czterech odmian jęczmienia jarego (Rataj, Atol, Rodos i Stratus), czterech odmian pszenicy jarej (Torka, Koksa, Korynta i Nawra) oraz czterech odmian owsa (Polar, Chwat, Sławko i Szakal) pochodzących z gospodarstw ekologicznych, ze zbioru w latach 2004–2006. Stwierdzono, że badane ziarno zbóż jest licznie zasiedlone przez grzyby. Spośród wyizolowanych z ziarniaków badanych zbóż gatunków, największy udział w ogólnej populacji grzybów miały saprotrofy, zwłaszcza *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Nigrospora oryzae* i *Papularia arundinis*. Najczęściej izolowanymi patogenami były grzyby z rodzaju *Fusarium* (średnio od 1,5 do 43,7% wszystkich grzybów w zależności od gatunku, odmiany i roku zbioru) oraz z ziarna jęczmienia *Bipolaris sorokiniana* (średnio od 0,3 do 48,4%). Porażenie ziarniaków owsa przez grzyby z rodzaju *Fusarium* w zależności od roku zbioru kształtowało się średnio od 14,4 do 51,6%, pszenicy od 14,2 do 25,0%, a jęczmienia od 9,0 do 35,0%. Ziarniaki jęczmienia były ponadto silnie porażone przez *B. sorokiniana* (średnio od 13,5 do 45,6% w zależności od roku zbioru).

Słowa kluczowe: grzyby, jęczmień, owies, produkcja nasienna, pszenica, rolnictwo ekologiczne, zdrowotność

Seed health of four cultivars of spring barley (Rataj, Atol, Rodos and Stratus), four cultivars of spring wheat (Torka, Koksa, Korynta and Nawra) and four cultivars of oat (Polar, Chwat, Sławko and Szakal) originated from organic farming and harvested in the years 2004–2006 was tested. The studies showed that barley grains were infested by numerous fungi. Among them, most frequent were the saprophytic fungi: *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Nigrospora oryzae*, *Papularia arundinis* and the pathogens: *Fusarium* spp. (mean from 1.5 to 43.7% of all fungi depending on species, cultivar and year of harvest) and *Bipolaris sorokiniana* (mean from 0.3 to 48.4%). All the examined seeds were infected to a large degree by *Fusarium* fungi (depending on year of harvest, mean 14.4–51.6% infected oat seeds, 14.2–25.0% infected wheat seeds and 9.0–35.0% infected barley seeds). Besides, barley seeds were often infected by *B. sorokiniana* — mean from 13.5 to 45.6%, depending on year of harvest.

Key words: barley, fungi, oat, organic farming, seed health, seed production, wheat

* Badania prowadzone w ramach projektu badawczego MRiRW Nr HORre-401-175

WSTĘP

Materiał siewny o wysokiej jakości, w tym zdrowotności, jest jednym z ważniejszych czynników plonotwórczych, przyczyniających się do zwiększenia produkcji roślinnej. W ostatnich latach w Polsce tylko 10% powierzchni zbóż obsiewane jest kwalifikowanym materiałem siewnym, a to oznacza, że rolnicy najczęściej używają do siewu materiału z własnych rozmnożeń.

Rolnictwo ekologiczne jest systemem gospodarowania o możliwie zrównoważonej produkcji roślinnej i zwierzęcej w ramach gospodarstwa, wykluczającym stosowanie syntetycznych środków ochrony roślin. W Polsce w 1999 roku było 513 kontrolowanych gospodarstw ekologicznych, a ich łączna powierzchnia obejmowała około 6 tys. ha, co stanowiło 0,03% użytków rolnych (Kuś i Stalenga, 2006). Od 2001 roku liczba tych gospodarstw systematycznie wzrasta, gdyż wprowadzona „Ustawa o rolnictwie ekologicznym” pozwala na dotowanie tych upraw. W przypadku ekologicznego systemu gospodarowania stosowanie wysokiej jakości materiału siewnego staje się priorytetem. Ustawodawstwo polskie dopuszcza warunkowo w gospodarstwach ekologicznych stosowanie materiału siewnego wytworzonego w gospodarstwach konwencjonalnych. Obecnie kwalifikowany, ekologiczny materiał siewny podstawowych zbóż jest wytwarzany jedynie w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie.

Wobec intensywnie rozwijającego się rolnictwa ekologicznego, prowadzone są badania nad porównaniem zdrowotności nasion i roślin pochodzących z upraw konwencjonalnych i ekologicznych (Lisowicz, 1999; Baturó-Czajkowska, 2000). Wyniki tych badań nie pozwalają jednak na jednoznaczne stwierdzenie, który system uprawy w aspekcie fitopatologicznym jest korzystniejszy dla materiału siewnego, bowiem badania nie były prowadzone na plantacjach nasiennych w rozumieniu Ustawy o nasiennictwie (Dz. U. 2003). Jednocześnie ze względu na dużą liczebność grzybów patogenicznych z rodzaju *Fusarium* i *Bipolaris sorokiniana* w ziarnie pochodzącym z upraw ekologicznych, należy zwrócić większą uwagę na jakość ziarna uzyskiwanego w tych gospodarstwach. Chodzi tu szczególnie o zdrowotność ziarniaków stosowanych jako materiał siewny, który w konsekwencji może być przyczyną infekcji siewek (Baturó, 2002). Ma to duże znaczenie, gdyż z dniem 1 stycznia 2009 roku zacznie obowiązywać rozporządzenie Rady WE nr 834/2007 z dnia 28 czerwca 2007 r. w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych. Dokument ten nakłada na rolników obowiązek stosowania w gospodarstwach ekologicznych materiału siewny wyprodukowany w systemie ekologicznym. W tej sytuacji podjęcie badań dotyczących oceny wartości siewnej materiału siewnego pochodzącego z ekologicznych plantacji nasiennych wydaje się niezbędne i w pełni uzasadnione.

Celem pracy była ocena zdrowotności ziarniaków zbóż pochodzących z ekologicznej produkcji nasiennej, ze szczególnym uwzględnieniem patogenów wytwarzających mikotoksyny tj. *Fusarium* spp. i *Bipolaris sorokiniana*.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły ziarniaki czterech odmian jęczmienia jarego (Rataj, Atol, Rodos i Stratus), czterech odmian pszenicy jarej (Torka, Koksa, Korynta i Nawra) oraz czterech odmian owsa (Polar, Chwat, Sławko i Szakal) zebrane z ekologicznych plantacji nasiennych założonych zgodnie z wymaganiami Ustawy o nasiennictwie (Dz. U. 2003) w latach 2004–2006.

Badania zdrowotności przeprowadzono z użyciem 200 sztuk ziarniaków odkażanych powierzchniowo. Odkazanie wykonano płuczac ziarno przez 10 minut w 1% NaClO, następnie trzykrotnie przemywano sterylną wodą i wykładano po 10 sztuk na płytki Petriego o średnicy 9 cm z pożywką agarowo-ziemniaczaną (PDA). Inkubację przeprowadzano w termostacie o stałej temperaturze 20°C i oświetleniu NUV 360 nm 12/12 godzin. Wyrosłe kolonie grzybów oznaczano po 15–20 dniach od przeszczepienia kultur na pożywkę agarowo-ziemniaczaną i inkubacji w podanych wyżej warunkach, stymulujących zarodnikowanie. Identyfikowano wyosobnione grzyby do gatunków posługując się opisami zawartymi w opracowaniach: Barnett (1960), Chidambaram i wsp. (1972), Ellis (1971), Kwaśna i wsp. (1991), Malone i Muskett (1997).

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza mikologiczna wykazała, że ziarno badanych gatunków zbóż pochodzące z uprawy ekologicznej było licznie zasiedlone przez grzyby. Na ziarniakach zidentyfikowano 26 gatunków grzybów należących do 16 rodzajów. Wśród izolowanych grzybów najczęściej występowały saprotrofy: *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Nigrospora oryzae* i *Papularia arundinis*. Oprócz grzybów saprotroficznych z ziarniaków owsa, pszenicy i jęczmienia licznie izolowano także grzyby patogeniczne zwłaszcza z rodzaju *Fusarium* i gatunek *Bipolaris sorokiniana*.

Na ziarniakach owsa grzyby najliczniej występowały w 2005 roku (średnio 170,6 kolonii na 100 ziarniaków), a najmniejszą ich liczbę wyizolowano z ziarniaków w roku 2006 (średnio 91,5 kolonii na 100 ziarniaków). Stwierdzono różnice pomiędzy odmianami w liczbie kolonii grzybów przypadających na 100 ziarniaków. Najwięcej mikroorganizmów obserwowano na ziarnie odmiany Chwat w 2005 roku (188,0 kolonii/100 ziarniaków). Najmniejsze zasiedlenie przez mikroflorę stwierdzono na ziarniakach odmiany Polar w 2006 roku (51,5 kolonii/100 nasion). W przypadku materiału siewnego pszenicy i jęczmienia różnice dotyczące wyosobnionych grzybów były mniejsze, a liczba kolonii na 100 ziaren w zależności od odmiany i roku zbioru wahała się od 93,5 do 156,5 dla ziarna pszenicy i od 121,0 do 180,5 kolonii/100 nasion dla ziarniaków jęczmienia (rys. 1).

Podobnie jak w badaniach Knudsen i wsp. (1995) najczęściej izolowanym grzybem saprotroficznym występującym na ziarnie był *Alternaria alternata*. Grzyb ten uznawany jest za potencjalnie niebezpieczny ze względu na możliwość produkowania toksyn, które mogą powodować wydłużanie się korzeni i opóźnianie rozwoju siewek (Baturo, 2002). Gatunek ten miał największy udział w ogólnej populacji grzybów, który w zależności od

odmiany i roku zbioru wynosił średnio od 22,8 do 49,5% dla owsa, od 23,5 do 69,0% dla pszenicy i od 27,4 do 55,8% dla jęczmienia (tab. 1, 2 i 3). Z niektórych prób ziarna często izolowano również grzyby z rodzaju *Penicillium*, chociaż należą one do grzybów przechowalniczych (Narkiewicz-Jodko, 1979). Udział tych grzybów w ogólnej populacji dochodził nawet do 37,0% (dla ziarna pszenicy odmiany Torka z roku zbioru 2006).

Tabela 1

Zasiedlenie ziarna pszenicy przez grzyby (procentowy udział poszczególnych gatunków w ogólnej populacji grzybów)
Contamination of wheat seeds by fungi (percentage part of each species in total population of fungi)

Gatunek Species	Odmiana — Cultivar											
	Torka			Nawra			Koksa			Korynta		
	rok zbioru — year of harvest											
	2004	2005	2006	2004	2005	2006	2004	2005	2006	2004	2005	2006
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissler	60,2	54,4	23,5	42,5	*	54,7	52,4	69,0	*	41,0	51,2	38,0
<i>Aspergillus</i> spp.	-	1,0	1,8	-	*	5,9	-	-	*	0,3	0,8	8,4
<i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary) Arn.	0,7	-	-	-	*	0,5	1,0	0,4	*	-	-	4,2
<i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoem.	3,2	0,7	1,4	-	*	1,1	-	0,4	*	-	13,6	0,4
<i>Botrytis cinerea</i> Pers. ex Fr.	1,4	-	-	-	*	2,1	0,3	-	*	0,3	0,4	1,0
<i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.) Link ex Fr.	3,2	1,3	1,8	0,3	*	7,5	5,2	3,4	*	-	1,9	4,6
<i>Drechslera siccans</i> (Drechs.) Shoem.	-	1,0	0,4	-	*	5,3	-	1,1	*	-	0,8	0,4
<i>Epicoccum nigrum</i> Link.	3,8	3,7	-	5,8	*	-	3,8	1,5	*	11,3	3,9	1,4
<i>Fusarium avenaceum</i> (Fr.) Sacc.	-	-	-	-	*	-	-	-	*	-	0,4	-
<i>F. culmorum</i> (W.G.Smith) Sacc.	0,4	-	-	4,5	*	-	0,7	-	*	3,2	-	-
<i>F. equiseti</i> (Corda) Sacc.	-	0,7	-	-	*	-	1,4	-	*	0,3	-	2,1
<i>F. graminearum</i> Schwabe	0,7	-	-	10,9	*	-	-	-	*	8,1	-	-
<i>F. oxysporum</i> Schlecht. emend. Snyd et Hans.	-	0,3	-	-	*	-	-	-	*	0,3	0,4	1,0
<i>F. poae</i> (Peck) Wollenw.	0,7	16,4	8,2	5,4	*	9,6	4,2	1,5	*	14,5	4,3	9,5
<i>F. semitectum</i> Berk. et Rav.	-	-	-	1,6	*	-	0,3	-	*	-	-	-
<i>F. solani</i> (Mart) Sacc. (G,B,J)	-	-	2,3	1,3	*	0,5	-	-	*	0,3	1,2	2,1
<i>F. sporotrichioides</i> Sherb.	-	-	0,5	0,6	*	-	-	-	*	1	0,4	-
<i>F. tricinctum</i> (Corda) Sacc.	-	0,7	-	1,9	*	-	1,0	-	*	1,6	6,2	-
Razem — Total <i>Fusarium</i> spp.	1,8	17,7	11,0	26,2	*	10,1	7,6	1,5	*	29,3	12,5	14,7
<i>Nigrospora oryzae</i> (Berk & Br.) Petch	4,2	3,1	16,0	0,6	*	3,7	2,8	6,1	*	1,6	-	2,1
<i>Papularia arundinis</i> (Corda) Fr.	0,4	1,0	0,4	5,1	*	2,7	2,8	2,6	*	0,6	-	3,9
<i>Penicillium</i> spp.	1,4	5,7	37,0	-	*	1,1	-	1,5	*	-	1,2	15,5
<i>Rhizoctonia solani</i> Kühn.	-	-	-	6,7	*	-	0,3	-	*	4,5	-	-
<i>Rhizopus</i> sp.	-	-	5,5	-	*	1,1	-	-	*	-	-	2,5
<i>Stemphylium botryosum</i> Wallr.	1,8	1,7	-	1,3	*	2,1	3,5	3,0	*	0,3	3,5	0,4
<i>Ulocladium consortiale</i> (Thüem.)E. Simmons	8,5	6,0	-	4,5	*	1,1	6,9	7,6	*	4,2	4,6	0,4
Inne	8,3	2,0	1,2	5,4	*	1,0	6,5	1,1	*	4,4	3,6	2,1
Other												
Kolonie niezarodnikujące Colonies non sporulating	1,1	0,3	-	1,6	*	-	6,9	0,8	*	2,2	1,6	-
Ogółem Total	100	100	100	100	*	100	100	100	*	100	100	100

Spośród głównych patogenów zbóż na ziarniakach wszystkich badanych gatunków najczęściej obserwowano grzyby z rodzaju *Fusarium*. Grzyby te wyizolowane z ziarniaków badanych odmian pszenic stanowiły od 1,5% (dla odmiany Koksa ze zbioru 2005) do 29,3% (dla odmiany Korynta ze zbioru w 2004 roku) wszystkich oznaczonych

gatunków (tab. 1). W przypadku odmian jęczmienia udział ten wynosił od 3,9% dla odmiany Rataj ze zbioru 2006 do 33,5% wszystkich oznaczonych grzybów dla odmiany Stratus ze zbioru w 2004 roku (tab. 2). Dla ziarniaków badanych odmian owsa gatunki *Fusarium* stanowiły od 7,7% dla odmiany Polar o ziarnie nieoplewionym ze zbioru 2006 do 43,7% dla odmiany oplewionej Chwat ze zbioru w 2004 roku (tab. 3). Patogeny te obok *B. sorokiniana* są główną przyczyną chorób podsuszkowych w Polsce (Truszkowska i in., 1983).

Tabela 2

Zasiedlenie ziarna jęczmienia przez grzyby (procentowy udział poszczególnych gatunków w ogólnej populacji grzybów)

Contamination of barley seeds by fungi (percentage part of each species in total population of fungi)

Gatunek Species	Odmiana — Cultivar											
	Rataj			Atol			Rodos			Stratus		
	rok zbioru — year of harvest											
	2004	2005	2006	2004	2005	2006	2004	2005	2006	2004	2005	2006
<i>Acremonium</i> spp.	0,6	1,2	1,2	-	-	*	1,7	-	*	3,1	0,8	0,4
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissler	38,7	27,4	55,6	49,7	38,3	*	38,2	55,8	*	32,8	29,6	45,8
<i>Aspergillus</i> spp.	-	4,8	5,5	-	0,9	*	-	-	*	-	-	-
<i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary) Arn.	1,0	-	9,0	0,9	-	*	-	0,7	*	0,6	-	7,4
<i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoem.	48,4	1,2	10,5	15,3	22,9	*	26,3	9,8	*	23,0	0,3	20,2
<i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.) Link ex Fr.	-	0,6	2,7	1,5	-	*	-	4,5	*	0,9	1,9	3,3
<i>Drechslera teres</i> (Sacc.) Shoem.	-	0,3	1,6	-	0,6	*	-	0,7	*	-	1,7	2,5
<i>Epicoccum nigrum</i> Link.	-	0,6	0,8	3,5	3,4	*	1,2	1,0	*	0,3	1,1	0,4
<i>Fusarium avenaceum</i> (Fr.) Sacc.	-	2,1	-	0,6	1,2	*	2,3	0,3	*	6,5	1,1	-
<i>F. culmorum</i> (W.G.Smith) Sacc.	-	-	-	0,6	-	*	1,4	-	*	1,6	-	-
<i>F. equiseti</i> (Corda) Sacc.	0,3	1,5	0,4	-	0,3	*	0,9	0,3	*	0,3	-	1,6
<i>F. graminearum</i> Schwabe	-	-	-	2,1	0,9	*	2,9	1,4	*	0,9	0,8	-
<i>F. moniliforme</i> Sheldon (W&R,B,J)	-	-	-	-	-	*	-	0,3	*	0,3	-	-
<i>F. oxysporum</i> Schlecht. emend. Snyder et Hans.	1,0	0,3	0,8	1,2	2,7	*	0,3	0,7	*	-	-	0,8
<i>F. poae</i> (Peck) Wollenw.	2,6	6,6	2,3	5,6	8,5	*	12,4	8,0	*	19,2	8,6	4,1
<i>F. semitectum</i> Berk. et Rav.	0,3	-	-	0,3	0,6	*	0,9	-	*	-	0,3	-
<i>F. solani</i> (Mart) Sacc. (G,B,J)	-	0,6	0,4	1,2	0,3	*	-	0,7	*	0,3	0,6	3,7
<i>F. sporotrichioides</i> Sherb.	-	-	-	1,5	0,6	*	1,4	0,3	*	2,2	0,8	0,4
<i>F. tricinctum</i> (Corda) Sacc.	1,6	1,2	-	2,6	14,0	*	6,6	0,3	*	2,2	0,3	-
Razem — Total <i>Fusarium</i> spp.	5,8	12,3	3,9	15,7	29,4	*	29,1	12,3	*	33,5	11,7	10,6
<i>Nigrospora oryzae</i> (Berk & Br.) Petch	-	13,2	0,4	1,5	0,3	*	-	1,7	*	1,6	13,3	-
<i>Papularia arundinis</i> (Corda) Fr.	-	2,4	0,8	-	-	*	0,3	4,5	*	0,9	3,6	5,0
<i>Penicillium</i> spp.	0,3	31,5	0,4	-	0,9	*	-	-	*	0,9	31,9	-
<i>Phoma</i> sp.	-	-	2,0	0,6	-	*	-	4,5	*	-	-	1,6
<i>Sordaria fimicola</i> (Rob.) Ces. & deNot	0,3	-	1,2	0,6	0,3	*	-	0,7	*	-	-	-
<i>Stemphylium botryosum</i> Wallr.	-	-	0,8	0,3	1,2	*	-	0,7	*	-	0,3	-
<i>Ulocladium consortiale</i> (Thüem.)E. Simmons	3,6	-	1,2	4,4	1,2	*	2,0	3,1	*	1,2	0,8	0,8
Inne	0,3	4,2	1,6	3,6	0,9	*	1,2	-	*	0,3	2,2	2,0
Other												
Kolonie niezarodnikujące/ Colonies non sporulating	1,0	0,3	0,8	2,4	-	*	-	-	*	0,9	-	-
Ogółem	100	100	100	100	100	*	100	100	*	100	100	100
Total												

Tabela 3

Zasiedlenie ziarna owsa przez grzyby (procentowy udział poszczególnych gatunków w ogólnej populacji grzybów)
Contamination of oat seeds by fungi (percentage part of each species in total population of fungi)

Gatunek Species	Odmiana — Cultivar											
	Polar			Chwat			Sławko			Szakal		
	rok zbioru — year of harvest											
	2004	2005	2006	2004	2005	2006	2004	2005	2006	2004	2005	2006
<i>Acremonium</i> spp.	0,3	-	-	2,2	2,9	1,2	2,0	-	-	11,0	10,4	-
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissler	36,7	23,3	44,7	36,9	44,1	32,6	46,3	22,8	28,8	49,5	41,5	45,8
<i>Aspergillus</i> spp.	-	5,8	3,9	-	-	0,4	-	26,4	10,6	-	0,6	-
<i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary) Arn.	-	-	-	0,6	-	10,0	0,8	0,3	8,6	1,2	0,6	0,6
<i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoem.	3,3	-	-	-	0,5	0,4	0,6	0,3	-	0,9	0,3	-
<i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.) Link ex Fr.	8,1	10,2	7,8	0,9	0,5	15,8	1,7	0,3	6,2	5,8	9,3	13,9
<i>Epicoccum nigrum</i> Link.	2,4	0,7	1,9	1,5	0,5	1,6	3,1	0,3	0,6	4,9	3,4	0,6
<i>Fusarium avenaceum</i> (Fr.) Sacc.	1,2	-	-	3,1	2,4	0,4	3,4	-	-	0,6	3,1	-
<i>F. culmorum</i> (W.G. Smith) Sacc.	-	-	-	0,9	0,8	0,4	2,0	-	-	-	-	0,6
<i>F. equiseti</i> (Corda) Sacc.	0,9	-	-	0,3	0,8	0,4	-	0,3	-	5,5	2,0	1,7
<i>F. graminearum</i> Schwabe	-	-	-	0,3	-	-	1,4	-	-	-	-	-
<i>F. moniliforme</i> Sheldon (W&R,B,J)	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-
<i>F. oxysporum</i> Schlecht. emend. Snyd et Hans.	-	-	1,9	-	2,4	0,8	-	0,6	1,4	0,3	0,3	0,6
<i>F. poae</i> (Peck) Wollenw.	20,2	21,8	4,8	27,7	10,4	12,9	23,4	15,4	13,0	11,8	19,9	11,7
<i>F. semitectum</i> Berk. et Rav.	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-
<i>F. solani</i> (Mart.) Sacc.(G,B,J)	-	-	1,0	-	1,3	2,1	0,3	-	1,0	0,3	-	2,2
<i>F. sporotrichioides</i> Sherb.	3,3	8,0	-	0,6	0,8	-	1,1	-	0,5	-	0,3	0,6
<i>F. tricinctum</i> (Corda) Sacc.	0,3	-	-	10,8	1,3	-	0,8	1,7	-	2,0	1,1	1,1
Razem — Total <i>Fusarium</i> spp.	25,9	29,8	7,7	43,7	20,8	17,0	11,3	18,0	15,9	20,5	26,7	18,5
<i>Mucor</i> spp.	-	-	-	-	3,8	0,4	2,8	10,6	-	0,9	-	-
<i>Nigrospora oryzae</i> (Berk & Br.) Petch	1,5	5,8	9,7	4,7	0,5	0,8	1,1	1,1	2,9	-	2,2	3,3
<i>Papularia arundinis</i> (Corda) Fr.	10,4	11,2	7,8	0,3	1,1	6,2	1,4	1,1	1,9	-	0,8	5,6
<i>Penicillium</i> spp.	0,9	10,2	2,9	2,2	17,8	3,3	-	15,4	13,0	-	0,8	2,2
<i>Phoma</i> sp.	-	-	1,0	-	1,6	5,8	0,3	-	2,4	-	0,3	1,1
<i>Pyrenophora avenae</i> Ito & Kuribay	2,1	0,4	3,9	-	-	3,3	-	0,3	0,5	0,6	-	1,7
<i>Stemphylium botryosum</i> Wallr.	0,3	-	2,9	0,3	-	-	-	-	-	-	-	1,7
<i>Ulocladium consortiale</i> (Thüem.) E. Simmons	2,7	0,4	-	3,1	0,5	-	6,6	-	-	3,5	1,1	0,6
Inne	3,3	2,2	3,9	3,3	5,1	1,2	0,9	3,1	8,6	0,9	1,7	4,4
Other	3,3	2,2	3,9	3,3	5,1	1,2	0,9	3,1	8,6	0,9	1,7	4,4
Kolonie niezarodnikujące Colonies non sporulating	2,1	-	1,9	0,3	0,3	-	-	-	-	0,3	0,3	-
Ogółem Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Wśród oznaczonych gatunków największy udział miały *F. poae* i *F. tricinctum*, a ponadto na ziarnie owsa *F. sporotrichioides* i *F. avenaceum*, na ziarnie jęczmienia *F. avenaceum*, a na ziarnie pszenicy *F. graminearum*. Podobne obserwacje poczynili w swoich badaniach Łacicowa i Orlikowski (1973), a także Batur (2002) w badaniach jęczmienia jarego uprawianego w systemie ekologicznym, zintegrowanym i konwencjonalnym. Autorka ta stwierdziła, że na ziarniakach zebranych w uprawie ekologicznej wystąpiło od 131 do 199 kolonii/100 ziaren, a najczęściej występowały: *B. sorokiniana*, *A. alternata*, *Epicoccum purpurascens* i *Fusarium* spp. Łacicowa w swoich badaniach (1990) stwierdziła ponadto, że ze względu na dużą szkodliwość i częste występowanie w materiale

roślinnym, największe znaczenie wydają się mieć *F. avenaceum*, *F. culmorum* i *F. graminearum*. *Fusarium graminearum* należy do ważnych patogenów roślin zbożowych, który może obniżać kiełkowanie nawet o 25%. Często jest izolowany z łodyg, kłosów i ziarna, szczególnie w latach ciepłych i wilgotnych. Jest uznany za silnie toksynotwórczy z powodu produkowania znacznych ilości zearalenonu i trichotecenów grupy B (Mańka i in., 1989).

W obrębie wyosobnionych grzybów z rodzaju *Fusarium* na szczególną uwagę, ze względu na częste występowanie na ziarnie, zasługuje również gatunek *F. poae*. Grzyb ten był powszechnie notowany w Polsce na ziarnie zbóż uprawianych na Lubelszczyźnie (Łacicowa, 1973). Częste występowanie *F. poae* w badanym materiale oraz zaliczenie tego grzyba do patogenicznych w stosunku do pszenicy wskazuje, że może on zagrażać zbożom uprawianym w kraju (Łacicowa, 1964).

Mniejsze zasiedlenie nasion przez grzyby obserwowali Błaszowski i Piech (2002) w swoich badaniach nad nagim i oplewionym owsem oraz jęczmieniem uprawianych w warunkach konwencjonalnych. Na ziarniakach owsa stwierdzili oni od około 20 do 79 kolonii/100 nasion. Nagie ziarniaki odmiany Akt i STH 296 były zasiedlone w mniejszym stopniu niż oplewione odmiany Bajka: odpowiednio 54 i 20 dla nagich i 79 dla oplewionego ziarna odmiany Bajka. Grzyby z rodzaju *Fusarium* w badaniach Błaszowskiego i Piecha (2002) wystąpiły na niskim poziomie 1–3% w przypadku oplewionego ziarna odmiany Bajka i rodu STH 296 o ziarnie nieoplewionym. Nie obserwowano w czasie trzech lat badań *Fusarium* spp na nagim ziarnie odmiany Akt, ale wystąpił na nich groźny patogen owsa *Drechslera avenae* (*Pyrenophora avenae*). Najliczniej występującymi grzybami w omawianych badaniach tych autorów były *A. alternata* i *Cladosporium* spp.

W przeprowadzonych badaniach własnych, z użyciem nasion wyprodukowanych w warunkach ekologicznych, najsilniejsze porażenie przez *Fusarium* spp. stwierdzono dla ziarniaków owsa ze zbioru w roku 2004 — średnio 51,6% nasion zainfekowanych. Najmniej licznie patogeny te były izolowane z materiału siewnego jęczmienia ze zbioru w roku 2006, co potwierdza oznaczone porażenie nasion na poziomie zaledwie 9,0% (tab. 4). Ogólnie zauważyć należy, że zdrowotność badanego materiału siewnego wyrażona jako porażenie nasion przez grzyby patogeniczne z rodzaju *Fusarium*, była słaba. Stwierdzono, że w większości przypadków około 30% badanych ziarniaków zarówno owsa, jęczmienia jak i pszenicy było porażonych przez te patogeny.

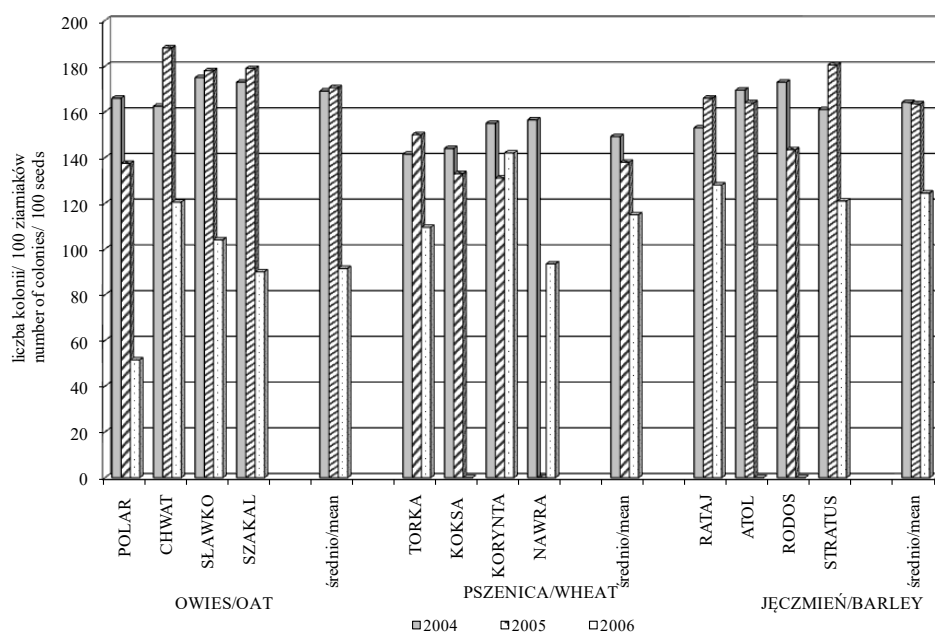
Jednocześnie podkreślić należy, że porażenie przez *Fusarium* spp. uzyskane w doświadczeniu dla ziarna ekologicznego jest niższe w porównaniu do wyników otrzymanych przez Baturo (2002) dla innych systemów uprawy. Autorka ta obserwowała wysokie porażenie przez grzyby z rodzaju *Fusarium* ocenione na poziomie 65,9% w przypadku ziarna pochodzącego z systemu integrowanego i 66,7% dla pochodzącego z uprawy konwencjonalnej. Ponadto donosi ona także, że w zależności od tego czy ziarno pochodziło z pól produkcyjnych, czy z poletok doświadczalnych porażenie to wahało się od 22,2 do 66,7% (Baturo i in., 2004). Sadowski i wsp. (2008) również obserwowali mniej zasiedlonych ziarniaków przez te patogeny w systemie ekologicznym w porównaniu do innych systemów uprawy.

Wcześniejsze badania (Wiewióra, 2007) dotyczące efektywności zaprawiania nasion z upraw konwencjonalnych wykazały zróżnicowane porażenie przez *Fusarium* spp. nasion niezaprawianych, które wahało się od 5,7 do 69,5% i zależało to przede wszystkim od warunków pogodowych panujących w czasie wegetacji. Oprócz wymienionych grzybów patogenicznych na ziarnie jęczmienia obserwowano również *Bipolaris sorokiniana*, który w zależności od odmiany i roku zbioru stanowił od 0,3 do 48,4% wszystkich wyizolowanych grzybów (tab. 2). Jednocześnie obecność tego groźnego patogena stwierdzono na 13,5% nasion ze zbioru w 2005 roku, w 2006 roku porażał on już 19,0% nasion, zaś w 2004 roku porażonych było nawet 45,6% nasion wszystkich badanych odmian jęczmienia (tab. 4). Podobne wyniki dotyczące obecności tego patogena na ziarnie jęczmienia uzyskała Baturo (2002). Autorka ta stwierdziła również, że gatunek ten częściej porażał ziarniaki pochodzące z uprawy ekologicznej (62,8% porażonego ziarna) w porównaniu do ziarna uprawianego w systemie konwencjonalnym (19,7%), czy integrowanym (8,0%). Uzyskane w niniejszej pracy wyniki dotyczące porażenia ziarna przez *B. sorokiniana* potwierdzają spostrzeżenia Baturo (Baturo i in., 2002; Baturo, 2004), że system ekologiczny może być sprzyjający dla rozwoju tego patogena. Jest to niepokojące zwłaszcza w kontekście oceny innych parametrów wartości siewnej materiału siewnego, gdyż badania przeprowadzone przez Łacicową (1982) pokazały, że *B. sorokiniana* może ograniczać kiełkowanie nawet o 25%, lub też zainfekowane ziarniaki dają chore i słabe siewki.

Tabela 4

Procentowe porażenie ziarna przez grzyby patogeniczne
Percentage of seed infection by pathogenic fungi

Gatunek grzyba Species	Owies —Oats			Pszenica —Wheat			Jęczmień jary — Barley		
	rok zbioru —year of harvest								
	2004	2005	2006	2004	2005	2006	2004	2005	2006
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissler	72,0	57,4	33,4	72,5	79,5	43,5	65,5	60,2	63,2
<i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoem.	2,0	0,5	0,4	1,1	6,3	1,0	45,6	13,5	19,0
<i>Drechslera teres</i> (Sacc.) Shoem.	-	-	-	-	-	-	-	1,4	2,5
<i>Fusarium avenaceum</i> (Fr.) Sacc.	3,5	2,5	0,1	-	0,2	-	3,9	2,0	-
<i>F. culmorum</i> (W.G.Smith) Sacc.	1,2	0,4	0,2	3,4	-	-	1,5	-	-
<i>F. equiseti</i> (Corda) Sacc.	2,9	1,4	0,5	0,6	0,3	1,0	0,6	0,9	1,2
<i>F. graminearum</i> Schwabe	0,8	-	-	7,6	-	-	2,5	1,2	-
<i>F. moniliforme</i> Sheldon (W&R,B,J)	-	0,1	-	-	-	-	0,1	0,1	-
<i>F. oxysporum</i> Schlecht. emend. Snyd et Hans.	0,1	1,5	1,0	0,1	0,3	0,5	1,0	1,5	1,0
<i>F. poae</i> (Peck) Wollenw.	35,0	28,1	10,5	9,5	10,7	10,5	16,5	13,0	4,0
<i>F. semitectum</i> Berk. et Rav.	-	0,1	-	0,8	-	-	0,6	0,4	-
<i>F. solani</i> (Mart) Sacc. (G,B,J)	0,2	0,6	1,5	0,6	0,5	2,0	0,6	0,9	2,5
<i>F. sporotrichioides</i> Sherb.	2,1	3,2	0,2	0,6	0,2	0,2	2,1	0,8	0,2
<i>F. tricinctum</i> (Corda) Sacc.	5,8	1,9	0,2	1,8	3,0	-	5,5	6,5	-
Razem — Total <i>Fusarium</i> spp.	51,6	39,8	14,4	25,0	15,2	14,2	35,0	27,2	9,0
<i>Pyrenophora avenae</i> Ito & Kuribay	1,1	0,2	2,0	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizoctonia solani</i> Kühn.	-	-	-	4,5	-	-	-	-	-



Rys. 1. Zasiedlenie ziarna badanych zbóż przez grzyby
Fig. 1. Seed contamination of the examined cereals by fungi

Zdrowotność badanego materiału siewnego wyrażona porażeniem przez patogeny wydaje się być niezadowalająca zwłaszcza, jeżeli chodzi o uprawy ekologiczne. Agarwal i Sinclair (1997) donoszą, że w Norwegii zaleca się zaprawianie nasion, gdy procent porażonych ziarniaków jęczmienia przekroczy poziom 10% dla *B. sorokiniana* i 25% dla *Fusarium* spp. W Danii zaleca się zaprawianie przeciw *Fusarium* spp. przy 15% infekcji dla zbóż ozimych, ale dopuszcza się do 30% porażenie dla jęczmienia jarego (Nielsen, 2000). Z przytoczonych danych wynika, że badany materiał siewny przed wysiewem w niektórych przypadkach powinien być zaprawiony, co jest możliwe jedynie przy zastosowaniu zapraw dopuszczonych do stosowania w takich gospodarstwach. Można przypuszczać, że wysiew materiału siewnego o tak niskiej zdrowotności wpłynie negatywnie na wschody polowe, zdrowotność roślin w czasie wegetacji, a co za tym idzie spowoduje relatywny spadek plonów.

WNIOSKI

1. Spośród wyizolowanych gatunków największy udział w ogólnej populacji grzybów miały saprotrofy, zwłaszcza *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Nigrospora oryzae* i *Papularia arundinis*.
2. Z materiału siewnego pszenicy, jęczmienia i owsa najliczniej wyosobniono grzyby patogeniczne należące do rodzaju *Fusarium* i gatunek *Bipolaris sorokiniana*. Oprócz

- tych grzybów występowały również w niewielkiej liczbie gatunki *Drechslera teres*, *Pyrenophora avenae* i *Rhizoctonia solani*.
3. Zdrowotność badanego materiału siewnego wyrażona procentowym porażeniem nasion przez patogeny była słaba, gdyż grzyby z rodzaju *Fusarium* wystąpiły na około 30% ziarniaków owsa, 18% ziarna pszenicy i około 24% ziarniaków jęczmienia. Ponadto badane ziarno jęczmienia było porażone średnio w 26% przez *B. sorokiniana*.
 4. Badane ziarno zbóż było w znacznym stopniu porażone przez grzyby patogeniczne i należy przypuszczać, że użycie tych nasion jako materiału siewnego może w odpowiednich warunkach pogodowych skutkować spadkiem plonu.

LITERATURA

- Agarwal V. K., Sinclair J. B. 1997. Principles of seed pathology. Second edition CRC Press Inc., Lewis.
- Barnett H. L. 1960. Illustrated genera of imperfect fungi. Burgess Pub. Company. Minneapolis: 1 — 225.
- Baturo A. 2002. Head healthiness and fungus composition of spring barley harvested grain cultivated under organic, integrated and conventional farming systems. *Phytopathol. Pol.* 26: 73 — 83.
- 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.
- Baturo A., Łukanowski A., Kuś J. 2004. Comparison of health status of winter wheat and spring barley grain cultivated in organic, integrated and conventional systems and monoculture. First World Conference on Organic Seed: "Challenges and Opportunities for Organic Agriculture and the Seed Industry". July 5–7, 2004; FAO Headquarters, Rome: 128 — 132.
- Błaszowski J., Piech M. 2002. Comparison of seed-borne fungal communities of naked and husked oats and barley. *Phytopathol. Pol.* 24: 73 — 76.
- Chidambaram S. B., Matur S. B., Neergaard P. 1972. Handbook on seed health testing. The Internat. Seed Testing Association As-NLH. Norway: 1 — 207.
- Dziennik Ustaw z 2003 r. Nr 137, poz. 1299 z 2004 r. Nr 96, poz. 959. Ustawa o Nasiennictwie.
- Ellis M. B. 1971. *Dematiaceous Hyphomycetes*. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey, England.
- 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.
- Kuś J., Stalenga J. 2006. Perspektywy rozwoju różnych systemów produkcji rolniczej w Polsce. *Biul. IHAR* 242: 15 — 25.
- Kwaśna H., Chelkowski J., Zajkowski P. 1991. Flora Polska T. XXII. Grzyby niedoskonałe. Strzępczakowe. Gruźelkowate. Sierpik (*Fusarium*) PAN Warszawa-Kraków: 1 — 158.
- Lisowicz F. 1999. The occurrence of cereal crop diseases depending on the system of farming. *Journal of Plant Protection Research* vol. 39 No. 2: 116 — 131.
- Łacicowa B. 1964. Badania mikroflory materiału siewnego pszenicy na obszarze woj. Lubelskiego, uwzględniające szczególnie grzyby patogeniczne. *Annales UMCS Sec. E* 19 (18): 381 — 406.
- Łacicowa B. 1973. Wzajemne oddziaływanie niektórych grzybów zasiedlających materiał siewny zbóż. *Acta Mycologica* IX (1): 7 — 10.
- Łacicowa B. 1982. Zaprawianie fungicydami systemicznymi ziarna jęczmienia jarego porażonego przez *Helminthosporium sorokinianum* Sacc. *Ochrona Roślin* 6: 6 — 9.
- 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, T. 20, Z. 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.

- 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.
- Mańka M., Chelkowski J., Brayford D., Visconti A., Kwaśna H., Perkowski J. 1989. *Fusarium graminearum* Schwabe (*Telemorph gibberella zeae* Sch. Petch) — Cultural characteristics, pathogenicity towards cereals seedlings and ability to produce mycotoxins. J. Phytopathology 124: 143 — 148.
- 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.
- Nielsen B. J. 2000. Control of seedling blight in cereals. DJF Rapport, Markburg No. 24: 185 — 195.
- Sadowski C., Lenc L., Łukanowski A., Baturo A. 2008. Z badań nad zdrowotnością roślin uprawianych w systemie ekologicznym. Poszukiwanie nowych rozwiązań w ochronie upraw ekologicznych. Streszczenia. Poznań, 8-9 wrzesień 2008: 55 — 56.
- Truszkowska W., Dorenda M., Janiak M., Kutrzeba M., Milewska M.: Badania zagrożenia jęczmienia (*Hordeum sativum* L.) zgorzelą podstawy źdźbła w zależności od uprawy. Roczn. Nauk Rol., 1983, s. E 13 (1-2): 85 — 99.
- Wiewióra B. 2007. Wpływ zaprawiania na wartość siewną ziarna jęczmienia jarego. Biul. IHAR 243: 83 — 96.

BARBARA WIEWIÓRA

Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Wpływ naturalnych zapraw na zdrowotność ziarna zbóż pochodzącego z ekologicznych plantacji nasiennych

Effect of natural methods of treatments on seed health in cereals originated from ecological seed plantations

Celem pracy było określenie wpływu naturalnych zapraw nasiennych na zdrowotność ziarna zbóż jarych zebranego w 2004, 2005 i 2006 roku z urzędowo zakwalifikowanych, ekologicznych plantacji nasiennych. Materiał do badań stanowiły ziarniaki czterech odmian jęczmienia (Rataj, Atol, Rodos i Stratus), czterech odmian pszenicy (Torka, Koksa, Korynta i Nawra) oraz czterech odmian owsa (Polar, Chwat, Sławko i Szakal). Badano materiał siewny w czterech kombinacjach: traktowane gorącą wodą (W), wodną zawiesiną czosnku (C), moczone przez 24 godziny w 10% roztworze sody oczyszczonej (S) oraz zaprawiane mlekiem w proszku (M). Kontrolę stanowiło ziarno niezaprawiane (K). Ziarniaki wszystkich badanych gatunków i odmian były licznie zasiedlone przez grzyby zarówno saprotroficzne: *Alternaria alternata*, *Aureobasidium pullulans*, *Cladosporium herbarum*, *Papularia arundinis* i *Penicillium* spp. jak i patogeny: *Fusarium* spp. oraz na jęczmieniu gatunek *Bipolaris sorokiniana*. Stwierdzono, że zastosowanie gorącej wody i sody wpływa pozytywnie na poprawę zdrowotności wyrażoną procentowym porażeniem ziarna, zwłaszcza przez grzyby z rodzaju *Fusarium*.

Słowa kluczowe: jęczmień, naturalne zaprawy nasienne, owies, pszenica, rolnictwo ekologiczne, zdrowotność

The aim of this study was to determine the effect of non—chemical treatment on seed health of spring cereals produced under organic system in 2004, 2005 and 2006 year and classified by the authorized inspector. Seed health of four cultivars of barley (Rataj, Atol, Rodos and Stratus), four cultivars of wheat (Torka, Koksa, Korynta and Nawra) and four cultivars of oat (Polar, Chwat, Sławko and Szakal) was tested. Five experimental combinations: seeds untreated (C), seeds treated with hot water (W), or with water suspension of garlic, seeds soaked for 24 hours in 10% solution of bicarbonate natrium (S) and seeds coated with milk powder (M) were applied. Contamination of the seeds with numerous species of fungi was found. Among them, the saprophytic fungi: *Alternaria alternata*, *Aureobasidium pullulans*, *Cladosporium herbarum*, *Papularia arundinis*, *Penicillium* spp. and the pathogens: *Fusarium* spp. and *Bipolaris sorokiniana* were most often observed. The study showed that treatment of seeds with hot water and soaking in bicarbonate natrium reduced seed contamination with pathogens (*Fusarium* spp.).

Key words: barley, natural seeds treatment, oat, organic farming, seed health, wheat

WSTĘP

Rolnictwo ekologiczne jest systemem gospodarowania o zrównoważonej produkcji roślinnej i zwierzęcej w obrębie gospodarstwa. Opiera się na środkach naturalnych (biologicznych i mineralnych) nieprzetworzonych technologicznie (Sołtysiak, 1994). W produkcji ekologicznej nie wolno stosować syntetycznych środków ochrony roślin i nawozów sztucznych, zapraw nasiennych, sztucznych koncentratów, organizmów genetycznie modyfikowanych, pasz przemysłowych, promieni jonizujących. Ponadto zgodnie z wymogami ustawy o rolnictwie ekologicznym (Dz. U., 2004) gospodarstwa te są zobowiązane do stosowania w produkcji roślinnej materiału siewnego wyprodukowanego w warunkach ekologicznych. Jednocześnie brak jest badań dotyczących wartości siewnej nasion roślin rolniczych wyprodukowanych w takich warunkach, a co za tym idzie nie ma informacji, czy spełniają one wymagania standardów jakości zamieszczone w Ustawie o nasiennictwie (2003, 2007).

W związku z rosnącym zainteresowaniem rolnictwem ekologicznym wyraźnie wzrasta zapotrzebowanie na dobrej jakości materiał siewny wyprodukowany w sposób ekologiczny. Powszechnie wiadomo, że wiele patogenów przenoszonych jest z nasionami (Arseniuk, 2000; Richardson, 1990), które mogą stanowić poważne zagrożenie dla upraw. Do walki z chorobami i szkodnikami w uprawach ekologicznych stosuje się metody agrotechniczne, tj. odpowiednie następstwo i sąsiedztwo roślin oraz metody biologiczne, które polegają głównie na zastosowaniu organizmów żywych lub ich metabolitów do czynnego i bezpośredniego zmniejszania lub zniszczenia populacji szkodników i patogenów roślin (Campbell, 1989). W metodach biologicznego zwalczania patogenów wykorzystuje się między innymi zjawisko wydzielania przez organizmy związków mających wpływ na wzrost, zdrowotność, zachowanie lub biologię innych organizmów. Takimi substancjami mogą być enzymy o charakterze mikolitycznym, związki toksyczne, kwasy organiczne oraz antybiotyki (Harman i Nelson, 1994). Gerhardson i wsp. (1998) informują o zarejestrowanej w Szwecji i Norwegii bakteryjnej zaprawie Cedemon, której aktywnym składnikiem jest żywa bakteria *Pseudomonas chlororaphis*. Zaprawa jest skuteczna przeciw przenoszonym przez nasiona patogenom z rodzaju *Drechslera*, *Tilletia*, *Septoria*, *Bipolaris* i *Ustilago*. W Danii prowadzone są prace nad zastosowaniem biopreparatów przeciw *Alternaria brassicicola* i *Pythium* sp. w uprawie kapusty oraz nad możliwością wykorzystania grzybów antagonistycznych przeciw *Fusarium culmorum* u zbóż (Tylkowska, 1996).

Równocześnie prowadzone są badania nad porównaniem zdrowotności nasion i roślin pochodzących z upraw konwencjonalnych i ekologicznych, które potwierdzają doniesienia o wysokiej liczebności patogenów na nasionach i natężeniu chorób obserwowanych w uprawach ekologicznych (Lisowicz, 1999; Baturo—Czajkowska, 2000; Baturo i Łukanowski, 2001). Problemy związane z niedostateczną zdrowotnością upraw ekologicznych skłaniają do podjęcia badań dotyczących możliwości szerszego zastosowania w warunkach krajowych substancji naturalnych, które są dostępne w innych krajach i stosowane do ochrony tych upraw, tj. mikroorganizmów antagonistycznych, wyciągów roślinnych, czy też metod fizycznych takich, jak traktowanie nasion gorącą

wodą, czy gorącym, wilgotnym powietrzem, mimo ryzyka uszkodzenia nasion, jakie im towarzyszy (Groot i in., 2004).

Celem pracy była identyfikacja mikroorganizmów zasiedlających ziarniaki zbóż z ekologicznych plantacji nasiennych oraz ocena wpływu wybranych naturalnych zapraw nasiennych na poprawę zdrowotności.

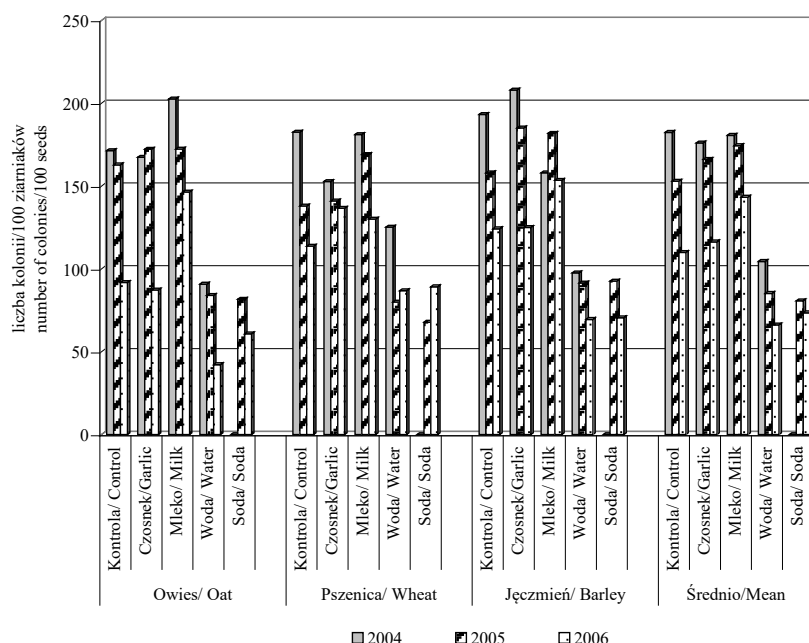
MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły ziarniaki czterech odmian jęczmienia jarego: Rataj, Atol, Stratus i Rodos, czterech odmian pszenicy: Torka, Nawra, Koksa i Korynta oraz czterech odmian owsa: Polar, Sławko, Szakal i Chwat pochodzące z urzędowo zakwalifikowanych ekologicznych plantacji nasiennych, ze zbioru w latach 2004, 2005 i 2006. Badano ziarniaki kontrolne, traktowane gorącą wodą (50°C przez 30 min.), wyciągiem z czosnku (15 g czosnku zalano 0,5 l wody o temperaturze pokojowej i pozostawiono na około 18 godz.; ziarniaki były moczone w tym roztworze przez około 1 godz.), roztworem sody (10 g kwaśnego wodorotlenku sodu i 90 ml wody; ziarniaki moczone przez 24 godz.) oraz zaprawiane mlekiem w proszku (2 g mleka/20 g nasion). Ziarniaki kontrolne odkażano powierzchniowo w 1% podchlorynie sodu przez 10 min. Analizy prowadzono na 200 nasionach każdej odmiany i kombinacji, które wykładano po 10 sztuk na płytki Petriego z pożywką agarowo-ziemniaczaną (PDA). Inkubację przeprowadzono w termostacie o stałej temperaturze 20°C i przemiennym oświetleniu NUV 360 nm przez 12 h/12 h w ciemności. Wyrosłe kolonie grzybów oznaczono po 15–20 dniach od przeszczepienia kultur na płytki plastikowe z pożywką agarowo—ziemniaczaną i inkubacji w podanych wyżej warunkach, stymulujących zarodnikowanie. Wyosobnione grzyby identyfikowano do gatunku posługując się opisami grzybów zawartymi w opracowaniach: Barnett (1960), Chidambaram i wsp. (1972), Ellis (1971), Kwaśna i wsp. (1991), Malone i Muskett (1997).

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza mikologiczna wykazała, że ziarno badanych gatunków zbóż pochodzące z uprawy ekologicznej było często zasiedlane przez grzyby. Stwierdzono, że najliczniej wystąpiły one na ziarniakach zebranych w 2004 roku, zwłaszcza traktowanych mlekiem w proszku (od 158,0 do 202,6 kolonii/100 nasion w zależności od gatunku) i kontrolnych (od 171,4 do 193,2 kolonii/100 nasion w zależności od gatunku). Najmniej grzybów izolowano z ziarniaków, które zebrano w 2006 roku i traktowanych gorącą wodą lub sodą (odpowiednio średnio 66,2 i 73,5 kolonii/100 nasion; rys. 1).

Analiza ziarniaków zarówno kontrolnych jak i zaprawianych wykazała, że najlepsze warunki dla rozwoju grzybów wystąpiły na ziarniakach traktowanych mlekiem w proszku (średnio od 130,1 do 153,5 kolonii/100 nasion w zależności od gatunku) i kontrolnych (średnio od 106,2 do 124,2 kolonii/100 nasion w zależności od gatunku).



Rys. 1. Zasiedlenie ziarna badanych zbóż przez grzyby w zależności od zaprawiania i roku zbioru
Fig. 1. Seed contamination of examined cereals by fungi depending on treatment and year of harvest

Najmniej grzybów wyizolowano z ziarniaków poddanych działaniu gorącej wody: średnio od 42,2 kolonii/100 nasion dla ziarniaków owsa do 86,8 kolonii/100 nasion dla ziarniaków pszenicy i sody: średnio od 57,4 kolonii/100 nasion dla ziarniaków owsa do 88,2 kolonii/100 nasion dla ziarna pszenicy) (tab. 1).

Wśród obserwowanych grzybów saprotroficznych na ziarnie badanych gatunków zbóż najczęściej występowały: *Alternaria alternata*, *Aureobasidium pullulans*, *Cladosporium herbarum*, *Papularia arundinis* i *Penicillium* spp. Grzyby *Alternaria alternata* i *Cladosporium* spp. znane są jako saprotrofy, bądź pasożyty okolicznościowe, które wywołują czernienie zbóż. Choroba ta często towarzyszy opóźnionym zbiorom w czasie wilgotnej pogody (Agarwal i Sinclair, 1997). W badanych próbach ziarna najczęściej izolowany gatunek to *Alternaria alternata*, który jest uznawany jako potencjalnie niebezpieczny ze względu na możliwość produkowania toksyn np. alternariolu (Batur, 2002). Najczęściej obserwowano go na ziarnie kontrolnym: średnio od 33,4 kolonie/100 nasion dla ziarniaków owsa do 63,2 kolonii/100 nasion dla ziarna jęczmienia (tab. 1). Podobne wyniki uzyskała Batur i wsp. (2004) w badaniach zdrowotności nasion zbóż pochodzących z upraw ekologicznych, konwencjonalnych, integrowanych oraz monokultury. Ponadto często obserwowano grzyby z rodzaju *Penicillium*, chociaż należą one do tzw. "grzybów przechowalniczych" (Narkiewicz—Jodko, 1979).

Tabela 1

Występowanie grzybów na ziarnie zbóż w zależności od użytej zaprawy biologicznej (średnia liczba kolonii/100 ziaren z trzech lat zbioru)

Fungi occurrence on cereals seeds depending on biological treatment (mean number of colonies/100 seeds from three years of harvest)

Gatunek/Species	Owies — Oat					Pszenica — Wheat					Jęczmień — Barley				
	K	Cz	M	W	S	K	Cz	M	W	S	K	Cz	M	W	S
<i>Alternaria alternata</i>	33,4	15,0	15,5	2,0	10,2	43,5	40,0	15,3	31,0	5,3	63,2	46,0	43,0	33,5	15,5
<i>Aspergillus spp.</i>	3,4	8,0	12,2	6,2	5,0	6,5	20,0	4,0	11,7	21,0	3,5	0,5	2,0	2,0	1,5
<i>Aureobasidium pullulans</i>	5,4	2,0	11,8	0,5	1,2	2,2	0,3	1,0	—	0,3	10,2	14,0	32,0	1,0	3,0
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	0,1	—	—	5,0	0,2	1,0	0,7	0,3	0,7	0,3	19,0	12,0	6,5	7,0	—
<i>Cladosporium herbarum</i>	10,5	17,0	7,2	6,5	20,2	5,2	4,0	3,3	0,7	7,7	3,8	6,5	4,5	3,5	30,5
<i>Drechslera spp.</i>	2,4	1,3	0,2	—	0,2	0,8	0,7	—	3,0	0,3	2,7	2,0	0,5	4,0	—
<i>Epicoccum nigrum</i>	1,0	0,5	1,5	0,5	—	0,7	2,0	—	0,3	—	0,8	1,5	3,0	—	0,5
<i>Fusarium avenaceum</i>	0,1	—	—	—	—	—	—	—	0,3	—	—	—	—	—	—
<i>Fusarium culmorum</i>	0,2	—	0,2	—	—	—	0,7	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Fusarium equiseti</i>	0,5	—	0,8	—	—	1,0	0,7	0,3	0,3	—	1,2	—	1,0	—	—
<i>Fusarium moniliforme</i>	—	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Fusarium oxysporum</i>	1,0	—	—	—	—	0,5	—	—	—	—	1,0	1,0	1,5	—	—
<i>Fusarium poae</i>	10,5	2,5	1,5	0,8	0,8	10,5	2,3	1,0	4,7	0,3	4,0	3,0	3,0	1,5	0,5
<i>Fusarium semitectum</i>	—	—	0,2	—	0,2	—	0,7	0,7	0,3	—	—	1,0	—	—	—
<i>Fusarium solani</i>	1,5	3,2	3,0	0,2	2,0	2,0	6,3	1,3	0,3	0,7	2,5	5,5	3,5	2,0	0,5
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	0,2	0,5	—	—	0,2	0,2	—	—	1,0	—	0,2	—	1,5	—	—
<i>Fusarium tricinctum</i>	0,2	—	—	0,2	—	—	0,3	—	—	—	—	—	1,0	—	—
<i>Razem Fusarium spp.</i>	14,4	6,2	5,7	1,5	3,2	14,2	11,0	3,3	7,0	1,0	9,0	10,5	11,5	3,5	1,0
<i>Papularia arundinis</i>	4,6	6,5	0,5	0,2	1,5	2,8	4,7	1,0	1,7	1,0	3,5	10,5	3,0	0,5	3,5
<i>Penicillium spp.</i>	5,2	16,0	71,2	13,5	10,5	21,2	24,7	87,7	19,7	42,0	0,2	4,5	34,0	8,5	9,0
<i>Phoma sp.</i>	2,8	0,8	1,5	0,2	0,2	0,2	1,0	0,7	—	0,3	2,2	0,5	0,5	1,0	0,5
<i>Rhizopus sp.</i>	1,2	5,5	10,2	3,5	2,0	3,5	10,7	11,3	4,7	3,0	0,8	3,5	8,5	3,0	0,5
Inne	7,6	2,3	3,2	2,7	3,0	11,9	5,8	2,2	6,4	6,0	5,4	2,5	4,5	2,0	5,0
Ogółem	106,2	81,1	140,7	42,2	57,4	113,7	125,6	130,1	86,8	88,2	124,2	114,5	153,5	69,5	70,5

K — Kontrola; Control

Cz — Czosnek/Garlic

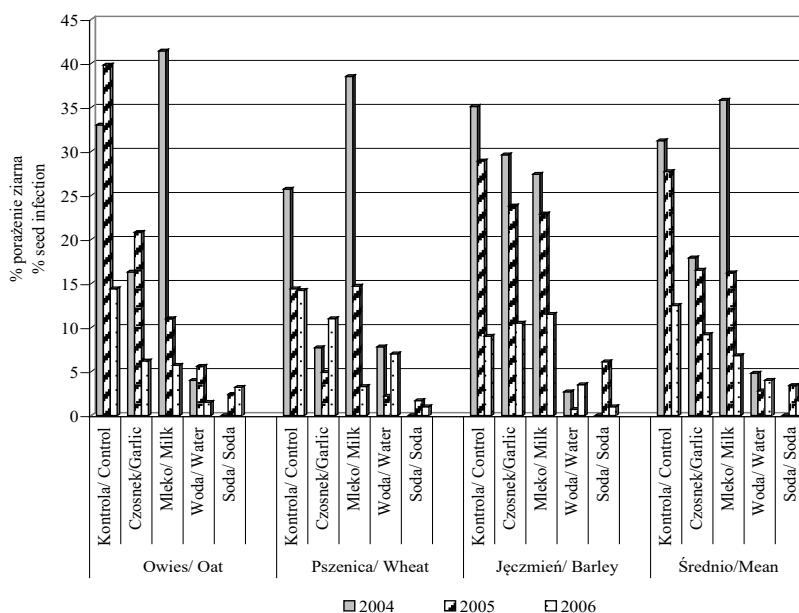
M — Mleko; Milk

W — Woda; Water

S — Soda; Soda

Spośród głównych patogenów zbóż u wszystkich badanych gatunków najczęściej izolowano grzyby z rodzaju *Fusarium*, o których wiadomo, że często zasiedlają materiał siewny (Łacicowa, 1990). Powszechnie znane są informacje, że silnie zainfekowane ziarno stanowi poważne zagrożenie i źródło infekcji dla przyszłych roślin (Koczowska i Jelińska, 1983). Powoduje to wzrastające z roku na rok straty plonu i obniżenie jakości ziarna, szczególnie jako materiału siewnego. W przeprowadzonych badaniach najsilniej porażone było ziarno zebrane w roku 2004 — średnio od 4,8 do 35,8% w zależności od zastosowanego zaprawiania, najsłabiej zaś zebrane w 2006 roku: średnio od 1,7 do 12,5% (rys. 2). Baturo i wsp. (2004) także donosili o około 20–30% porażeniu przez *Fusarium* spp. ziarna pochodzącego z upraw ekologicznych. Prezentowane w niniejszej pracy badania wykazały różnice w porażeniu ziarna w zależności od użytej zaprawy. Najbardziej porażone były ziarniaki zaprawiane mlekiem w proszku od 6,8 do 35,8% oraz kontrolne

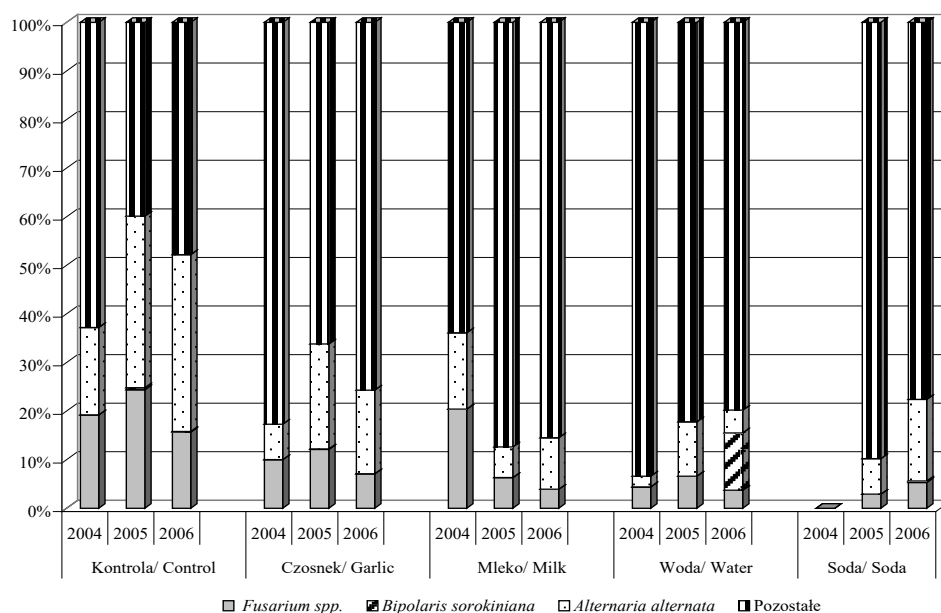
od 12,5 do 31,2%. Jednocześnie stwierdzono, że zastosowanie gorącej wody i sody wpływa pozytywnie na poprawę zdrowotności wyrażoną procentowym porażeniem ziarna przez te grzyby. W obu przypadkach porażenie ziarna nie przekraczało 8% (rys. 2). Spośród 11 gatunków najczęściej obserwowano *F. poae*, *F. solani* i *F. equiseti* (tab. 1), potwierdzają to wcześniej uzyskane przez autorkę rezultaty (Wiewióra, 2007).



Rys. 2. Porażenie ziarna badanych zbóż przez grzyby z rodzaju *Fusarium* w zależności od zaprawiania i roku zbioru

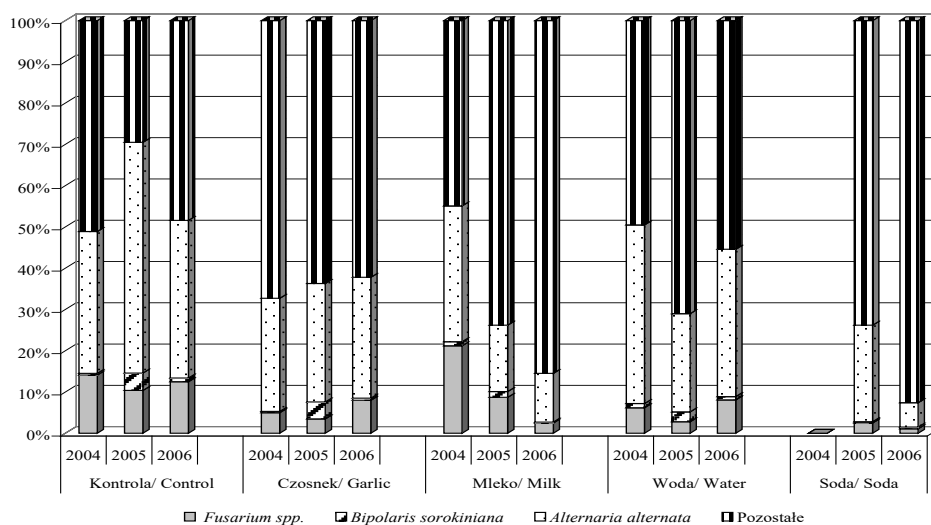
Fig. 2. Seed infection of examined cereals by *Fusarium* fungi depending on treatment and year of harvest

Udział grzybów z rodzaju *Fusarium* na ziarniakach badanych odmian owsa wahał się od 2,9 do 24,4%, dla pszenic od 1,1 do 21,2%, a dla jęczmienia od 0,8 do 18,3% w zależności od roku zbioru i zastosowanego zaprawiania (rys. 3, 4, 5). Największy ich udział stwierdzono na ziarnie kontrolnym: od 15,7 do 24,4% (owies), od 10,4 do 14,1% (pszenica) i od 7,2 do 18,3% (jęczmień). Duży procent grzybów izolowano też z ziarna zaprawianego mlekiem w proszku: od 3,9 do 20,4% (owies), od 2,5 do 21,2% (pszenica) i od 7,5 do 17,3% (jęczmień). Spośród badanych naturalnych zapraw nasiennych na obniżenie porażenia przez *Fusarium* spp. największy wpływ miały gorąca woda i roztwór sody. Po zastosowaniu tych zapraw udział grzybów fuzaryjnych w zależności od gatunku i roku zbioru, wahał się od 1,1–6,6% dla sody i od 0,8 do 8,1% dla gorącej wody.



Rys. 3. Zasiedlenie ziarna owsa przez grzyby w zależności od zaprawiania i roku zbioru (procentowy udział poszczególnych gatunków w ogólnej populacji grzybów)

Fig. 3. Contamination of oat seeds by fungi in dependence on treatment and year of harvest (percentage share of each species in total population of fungi)



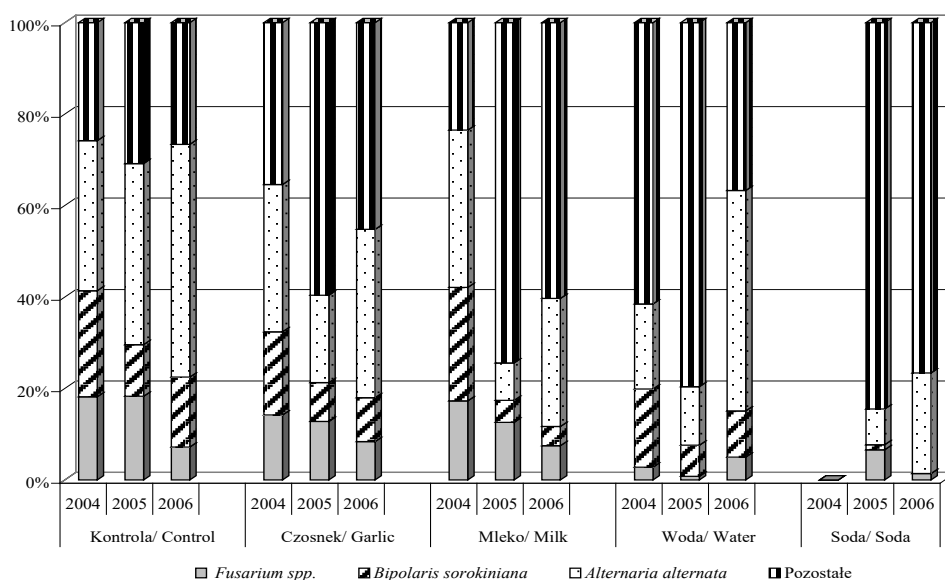
Rys. 4. Zasiedlenie ziarna pszenicy przez grzyby w zależności od zaprawiania i roku zbioru (procentowy udział poszczególnych gatunków w ogólnej populacji grzybów)

Fig. 4. Contamination of wheat seeds by fungi in dependence on treatment and year of harvest (percentage share of each species in total population of fungi)

Podobne rezultaty dotyczące pozytywnego wpływu gorącej wody na spadek liczebności grzybów z rodzaju *Fusarium* uzyskał także Osman i wsp. (2004) w badaniach nad zaprawami nasiennymi stosowanymi przeciw *Fusarium* spp. w ekologicznych uprawach pszenicy jarej. Autorzy ci stwierdzili, że zastosowanie gorącej wody zredukowało porażenie tymi grzybami z 24% do 0% w teście bibułowym i do 1,5% w teście wykonanym na pożywce PDA.

Na podstawie wielu przeprowadzonych doświadczeń odmianowych zbóż, wykazano znaczne różnice w odporności zarówno na porażenie kłosów przez różne gatunki *Fusarium*, jak i kumulację toksyn fuzaryjnych (Góral i in., 1995). Opinie te oraz wyniki dotyczące obecności patogenów w materiale siewnym uzyskane w niniejszej pracy mogą być pomocne przy tworzeniu listy odmian rekomendowanych do produkcji ekologicznej.

Oprócz wymienionych grzybów patogenicznych na ziarnie jęczmienia dominował gatunek *Bipolaris sorokiniana*, który wystąpił na poziomie od 0,0 do 24,8% wszystkich wyizolowanych grzybów (rys. 5).



Rys. 5. Zasiedlenie ziarna jęczmienia przez grzyby w zależności od zaprawiania i roku zbioru (procentowy udział poszczególnych gatunków w ogólnej populacji grzybów)

Fig. 5. Contamination of barley seeds by fungi in dependence on treatment and year of harvest (percentage share of each species in total population of fungi)

Najczęściej izolowano go z ziarna zebranego w 2004 roku (średnio od 16,7 do 44,9 kolonii/100 nasion w zależności od zaprawiania). Udział *B. sorokiniana* na ziarniakach kontrolnych wynosił od 11,3 do 23,2% w zależności od roku zbioru. Najlepszy efekt dało zastosowanie roztworu sody (średnio od 0,0 w 2006 roku do 1,0 kolonii/100 nasion w 2005 roku). Pozostałe zastosowane sposoby zaprawiania nie wpłynęły na obniżenie liczebności tego patogena na badanym ziarnie, gdyż jego udział kształtował się na poziomie od 4,2 do

24,8% w zależności od roku zbioru (rys. 5). Podobną opinię na temat obecności tego patogena na ziarnie jęczmienia pochodzącym z ekologicznych warunków uprawy uzyskała Baturo (2002). *Bipolaris sorokiniana* był przez nią izolowany z ponad 60% badanego ziarna, co kilkakrotnie przewyższało wyniki uzyskane w tych samych badaniach dla ziarna pochodzącego z upraw konwencjonalnych i integrowanych. Zdaniem wielu badaczy od kilku lat obserwowany jest ciągły wzrost znaczenia tego gatunku jako patogena pszenicy i jęczmienia (Duczek i Jones—Flory, 1994; Grey i Mathre, 1984) także w uprawach ekologicznych (Baturo—Czajkowska 2000, Baturo 2002, Baturo i Łukanowski, 2001), a obserwacje autorki potwierdzają ten pogląd. Regularnie powoduje on poważne szkody w uprawach zbóż jarych, a straty plonu są szacowane na około 10% jęczmienia i około 5% pszenicy, chociaż w niektórych regionach i latach dochodzą do 30% (Stack, 1991). Badania przeprowadzone przez Łacicową (1982) wykazały, że *B. sorokiniana* może ograniczać kiełkowanie nawet o 25%, a zainfekowane ziarniaki mogą dawać chore i słabe siewki. Bailey i wsp. (1997) stwierdzili również, że wysiew porażonego przez ten patogen ziarna powoduje redukcję wschodów. Obserwacje autorki (Wiewióra, 2003) potwierdzają, że patogen ten często występuje na ziarnie jęczmienia i istotnie wpływa na zdolność kiełkowania. Porażone ziarniaki są jednym z głównych źródeł infekcji, więc niezbędne są informacje o możliwości ograniczenia jego obecności w materiale siewnym, zwłaszcza stosowanym w uprawach ekologicznych. Z tego względu coraz częściej prowadzone są badania naukowe, dotyczące biologicznej ochrony przeciwko *B. sorokiniana* np. inokulacja ziarna i korzeni jęczmienia jarego saprotroficznym grzybem *Idriella bolleyi*, podnosząca systemiczną odporność na tego patogena i wpływająca na zmniejszenie uszkodzeń na roślinach (Liljeroth i Bryngelsson, 2002).

Prezentowane w niniejszej pracy rezultaty potwierdzają potrzebę prowadzenie kompleksowych badań nad wykorzystaniem naturalnych zapraw w uprawach ekologicznych, o co apelują w swojej pracy Groot i wsp. (2004). Nabiera to znaczenia tym bardziej, że często spotyka się niejednoznaczne wyniki dotyczące wpływu tego rodzaju zaprawiania na wartość siewną nasion. Wyniki uzyskane w tej pracy wskazują na pozytywny efekt działania na zdrowotność dwóch badanych kombinacji (gorąca woda i roztwór sody). Niestety równoległe badania przeprowadzone przez Kolasińską (2008) na tym samym materiale badawczym wykazały, że żaden z zastosowanych sposobów zaprawiania nie spowodował oczekiwanej poprawy wigoru i zdolności kiełkowania. Wskazuje to, że mimo pozytywnego wpływu niektórych zapraw naturalnych na zdrowotność, nie zdołano poprawić wszystkich parametrów wartości siewnej badanego materiału nasienneego.

WNIOSKI

1. Stwierdzono, że badany materiał siewny wyprodukowany w warunkach ekologicznych często był porażony przez patogeny, które w odpowiednich warunkach środowiska mogą powodować znaczne straty w plonie.

2. Spośród wyizolowanych grzybów patogenicznych największy udział miały grzyby z rodzaju *Fusarium*, głównie *F. poae* i *F. solani* oraz na ziarnie jęczmienia gatunek *Bipolaris sorokiniana*.
3. Przedsiewne traktowanie nasion gorącą wodą i roztworem sody wpłynęło pozytywnie na poprawę ich zdrowotności, zwłaszcza wyrażoną procentowym porażeniem ziarna przez grzyby z rodzaju *Fusarium*.

LITERATURA

- Agarwal V. K., Sinclair J. B. 1997. Principles of seed pathology. Second edition CRC Press Inc., Lewis.
- Arseniuk E. 2000. Studies on seedborne *inoculum* of cereal pathogens – a review. International Seed Health Conference PTFiT, Seed Health as Quality Criterion; Radzików, 9–11 October 2000: 17.
- Barnett H. L. 1960. Illustrated genera of imperfect fungi. Burgess Pub. Company. Minneapolis: 1 —225.
- Bailey K. L., Duczek L. J., Potts D. A. 1997. Inoculation of seeds with *Bipolaris sorokiniana* and soil fumigation methods to determine wheat and barley tolerance and yield losses caused by common root rot. Can. J. of Pl. Sci. Vol. 77, No. 4: 691 —698.
- 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.
- Baturo A. 2002. Head healthiness and fungus composition of spring barley harvested grain cultivated under organic, integrated and convention farming systems. Phytopathol. Pol. 26: 73 —83.
- Baturo A., Łukanowski A. 2001. Leaf Health Status of Spring Barley Cultivated in Organic and Conventional Farms. Bulletin of the Polish Academy of Science, Biological Science vol. 49 No. 4: 309 —316.
- Baturo A., Łukanowski A., Kuś J. 2004. Comparison of health status of winter wheat and spring barley grain cultivated in organic, integrated and conventional systems and monoculture. First World Conference on Organic Seed: “Challenges and Opportunities for Organic Agriculture and the Seed Industry”. July 5 —7, 2004; FAO Headquarters, Rome: 128 —132.
- Campbell R. 1989. Biological control of microbial plant pathogens. Cambridge University Press: 1 —218.
- Chidambaram S. B., Matur S. B., Neergaard P. 1972. Handbook on seed health testing. The Internat. Seed Testing Association As—NLH. Norway: 1 —207.
- Duczek L.J., Jones—Flory L.L. 1994. Relationship between common root rot, tillering and yield loss in spring wheat and barley. Can. J. Plant Pathol. 15: 153 —158.
- Dziennik Ustaw RP. 2003. Nr 137 poz. 1299. Ustawa z dnia 26 czerwca 2003 r. o nasiennictwie.
- Dziennik Ustaw RP. 2004. Nr 93 poz. 898. Ustawa z dnia 20 kwietnia 2004 r. o rolnictwie ekologicznym.
- Dziennik Ustaw RP. 2007. Nr 191 poz. 1362. Ustawa z dnia 5 września 2007 r. o zmianie ustawy o nasiennictwie.
- Ellis M. B. 1971. „Dematiaceous Hyphomycetes“. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey, England.
- Gerhardson G., Hokeberg M., Johnsson L. 1998. Disease control by a formulation of a living bacterium. The 1998 Brighton Conference – Pest and Diseases 3: 901 — 906.
- Góral T., Foremska E., Chełkowski J., Arseniuk E. 1995. Charakterystyka odmian pszenżyta, pszenicy i żyta pod względem odporności i tolerancji na porażenie kłosa przez *Fusarium* spp. Biul. IHAR 195/196: 251 —259.
- Grey W. E., Mathre D. E. 1984. Reaction of spring barleys to common root rot and its effect on yield components. Can. J. Pl. Sci. 64: 245 —253.
- Groot S. P. C., Oosterveld P., van den Wolf J. W. M., Jalink H., Langerak C. J., van den Bulk R. W. 2004. The role of ISTA and seed science in assuring organic farmers with high quality seeds. First World Conference on Organic Seed: “Challenges and Opportunities for Organic Agriculture and the Seed Industry”. July 5 —7, 2004; FAO Headquarters, Rome: 9 —11.

- Harman G.E., Nelson E.B. 1994. Mechanisms of protection of seed and seedlings by biological seed treatments: implications for practical disease control. BCPC Monograph (57) seed treatment: progress and prospects: 283 —292.
- Koczowska I., Jelińska E. 1983. Wpływ porażenia kłosów żyta przez grzyby z rodzaju *Fusarium* na plon ziarna. Biul. IHAR 150: 21 —26.
- Kolasińska K. 2008. Wpływ naturalnych metod zaprawiania na zdolność kiełkowania i wigor ziarniaków zbóż jarych wyprodukowanych na ekologicznych plantacjach nasiennych. Biul. IHAR 247: 15 —30.
- Kwaśna H., Chelkowski J., Zajkowski P. 1991. Flora Polska T. XXII. Grzyby niedoskonałe. Strzępczakowe. Gruźelkowate. Sierpik (*Fusarium*) PAN Warszawa—Kraków: 1 —158.
- Liljeroth E., Bryngelsson T. 2002. Seed treatment of barley with *Idriella bolleyi* causes systemically enhanced against root and leaf infection by *Bipolaris sorokiniana*. Biocontrol Science and Technology Vol. 12, No. 2: 235 —249.
- Lisowicz F. 1999. The occurrence of cereal crop diseases depending on the system of farming. J. Plant Protection Res. vol. 39 No. 2: 116 —131.
- Łacicowa B. 1982. Zaprawianie fungicydami systemicznymi ziarna jęczmienia jarego porażonego przez *Helminthosporium sorokinianum* Sacc. Ochrona Roślin 6: 6 —9.
- 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.). Roczn. Nauk Rol. s. E, T. 20, Z. 1/2: 17 —23.
- 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.
- Osman A., Groot S., Köhl J., Kamp L., Bremer E. 2004. The role of ISTA and seed science in assuring organic farmers with high quality seeds. First World Conference on Organic Seed: “Challenges and Opportunities for Organic Agriculture and the Seed Industry”. July 5 —7, 2004; FAO Headquarters, Rome: 133 —137.
- Richardson M.J. 1990. An annotated list of seed—borne diseases. Fourth Edition. Published by ISTA, Zürich, Switzerland.
- Sołtysiak U. 1994. Rolnictwo ekologiczne w praktyce. Ekoland, Warszawa.
- Stack R.W. 1991. Yield losses in barley to common root rot in North Dakota. Proc. Int. Conf. On Common Root Rot. Saskatoon, Sask.
- Tylkowska K. 1996. Zagadnienia zdrowotności nasion w świetle obrad XXIV Kongresu ISTA. Biul. Branż. Hod. Rośl. i Nasien. 2: 37 —39.
- Wiewióra B. 2003. Zdrowotność i inne cechy wartości siewnej ziarna oraz plon jęczmienia jarego w zależności od zastosowanej zaprawy nasiennej. Część I. Wpływ zapraw nasiennych na grzyby zasiedlające ziarno jęczmienia jarego, jego zdolność kiełkowania oraz wigor. Biul. IHAR 228: 81 —87.
- Wiewióra B. 2007. Health of naked and husked grain of spring barley after harvest and storage. Phytopathol. Pol. 43: 37 —52.

KRYSTYNA KOLASIŃSKA

Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Wartość siewna i reakcja ziarniaków zbóż jarych wyprodukowanych na ekologicznych plantacjach nasiennych na stres suszy symulowanej glikolem polietylenowym*

Seed sowing value and reaction of spring cereals produced in organic seed crops to drought stress induced by polyethylene glycol

Celem pracy było określenie zdolności kiełkowania i wigoru oraz reakcji ziarniaków zbóż jarych wyprodukowanych na ekologicznych plantacjach nasiennych na kiełkowanie w warunkach niedoboru wody. Ponadto oceniano wartość przechowalniczą ziarniaków. Materiał doświadczalny stanowiło ziarno zbóż jarych z 2004, 2005 i 2006 roku zbioru. Badano po trzy odmiany jęczmienia (Atol, Rataj, Rodos) i pszenicy (Koksa, Korynta, Torka) oraz dwie odmiany owsa, w tym jedną nieoplewioną (Chwat, Polar). Ziarno zbóż pochodziło z plantacji nasiennych zakwalifikowanych w stopniu C/1 jako ekologiczne plantacje nasienne. Oceniano zdolność kiełkowania (Zk) i wigor ziarna stosując zasady zawarte w przepisach i zaleceniach ISTA. Oceniając wigor, badano szybkość kiełkowania ziarniaków i wzrost siewek w temperaturze optymalnej 20°C (podobnie jak zdolność kiełkowania) oraz elektroprzewodnictwo roztworu powstałego po moczeniu ziarna. Wartość przechowalniczą oceniano na podstawie liczby siewek normalnie skielkowanych po zabiegu sztucznego starzenia (AA-test). Badano kiełkowanie ziarna w warunkach niedoboru wody symulowanej glikolem polietylenowym PEG 6000. Stosowano następujące poziomy suszy: -0,2 (S1), -0,4 (S2), -0,6 (S3), -0,8 (S4) MPa. Zdolność kiełkowania ziarna zbóż jarych wyprodukowanych na ekologicznych plantacjach nasiennych wynosiła od 79% do 93% i dla większości ocenianych odmian spełniała wymagania standardów wartości siewnej czyli była wyższa niż 85%. Wigor oraz wartość przechowalnicza ziarniaków badana przy użyciu testu sztucznego starzenia była dobra dla owsa i pszenicy, a dla jęczmienia bardzo dobra. Reakcja ziarniaków na suszę podczas kiełkowania była zróżnicowana, przy czym ziarno nieoplewionej odmiany owsa Polar okazało się mniej wrażliwe niż odmiany oplewionej Chwat i badanych odmian pszenicy i jęczmienia.

Słowa kluczowe: zboża jare, ekologiczna produkcja nasienne, stres suszy

The aim of the work was to evaluate germination capacity, vigour and reaction to drought stress of cereal seeds produced under organic system. Moreover, seed storage quality was assessed. Seeds of

* Badania prowadzone w ramach projektu MRiRW Nr HOR re-401-175

spring barley, oats and wheat coming from the harvest of 2004, 2005 and 2006 were used. Seed were sampled from the field classified in grade C/1 as organic seed crop. Germination (Zk) and vigour tests were done according to ISTA recommendations. To assess seed vigour, a rate of seed germination and of seedling growth at optimal temperature (like for assessing germination capacity) as well as conductivity of electrolyte leakage as a resultant of seeds micturition were determined. Seed storage quality was evaluated as the percentage of normal seedlings after performing accelerated ageing test (AA-test). Drought stress was simulated by using polyethylene glycol PEG 6000 in order to obtain the following osmotic potentials of water solution -0,2 (S1), -0,4 (S2), -0,6 (S3), -0,8 (S4) MPa. The seed germination capacity of spring cereals produced in organic seed crop ranged from 79% to 93%, and for the prevalent number of cultivars it fulfilled the requirements for certified seed (>85%). Seed vigour and storage quality evaluated by using the accelerated ageing test were estimated as good for oats and wheat, and as very good for barley. Reaction of seeds to drought stress was different and depended on cereals species and cultivar. Seeds of hull-less oats cv. Polar were found to be less susceptible than seeds of hulled cv. Chwat, or those of wheat or barley.

Key words: spring cereals, organic seed crop, drought stress

WSTĘP

Wymagania glebowe, wodne, nawozowe oraz tolerancja na stresy środowiskowe w czasie kiełkowania i w początkowej fazie wegetacji roślin oraz właściwy dobór odmian są jednym z ważniejszych kryteriów powodzenia ekologicznej uprawy roślin (Praca zbiorowa, 2004; Kuś i Bochniarz, 1999). Na potrzebę stosowania odmian odpornych lub co najmniej tolerancyjnych wskazuje wielu autorów biorących udział w pierwszej światowej konferencji dotyczącej nasion ekologicznych (Groot i in., 2004). Susza jest jednym z ważniejszych czynników obniżających kiełkowanie nasion i wschody roślin, a w rezultacie ograniczających produkcję. Dotyczy to przede wszystkim produkcji ekologicznej zbóż, ponieważ jest ona często prowadzona na glebach lżejszych, słabiej utrzymujących wodę. W warunkach laboratoryjnych symulowanie suszy w środowisku kiełkowania nasion można uzyskać poprzez dodanie do podłoża substancji osmotycznie czynnej np. glikolu polietylenowego — PEG (Michel, 1983).

Szybkość utraty zdolności kiełkowania w czasie przechowywania (zdolność przechowalnicza) można określać poprzez sztuczne wywoływanie starzenia nasion (deterioracji) w warunkach wysokiej temperatury i wilgotności względnej środowiska. Uważa się, że ziarniaki o wysokim wigorze poddane działaniu wysokiej temperatury i wilgotności środowiska, powodujących szybkie uszkodzenia, ulegają degradacji w mniejszym stopniu niż ziarniaki o niskim wigorze (TeKrony, 1993). Natomiast ocenę wigoru różnych partii nasion można przeprowadzać badając np. szczelność błon komórkowych uwarunkowaną zmianami zarówno fizycznymi (pęknięcia) jak też biochemicznymi. Zmiany te można wykryć na podstawie pomiaru ilości elektrolitów wyciekających z nasion do wody, w której moczyły się nasiona — pomiar elektroprzewodnictwa roztworu (ISTA, 1995; TeKrony i Egli, 1991). Ocena wartości siewnej zarówno pod względem zdolności kiełkowania jak też wigoru nasion pozwala na bardziej dokładne przewidywanie reakcji na zróżnicowane, często niekorzystne, warunki środowiska w czasie przechowywania, kiełkowania i wschodów (TeKrony i Egli, 1991).

Celem pracy było określenie zdolności kiełkowania i wigoru oraz reakcji ziarniaków zbóż jarych wyprodukowanych na ekologicznych plantacjach nasiennych na kiełkowanie w warunkach niedoboru wody. Ponadto oceniano zdolność przechowalniczą ziarniaków.

MATERIAŁ I METODY

Materiał doświadczalny stanowiło ziarno zbóż jarych z 2004, 2005 i 2006 roku zbioru. Badano po trzy odmiany jęczmienia (Atol, Rataj, Rodos) i pszenicy (Koksa, Korynta, Torka) oraz dwie odmiany owsa, w tym jedną nieoplewioną (Polar, Chwat). Ziarno zbóż pochodziło z plantacji nasiennych zakwalifikowanych w stopniu C/1 jako ekologiczne plantacje nasienne (do siewu użyto nasion w stopniu B otrzymanych od hodowcy) (Dz.U., 2004). Od zbioru do wczesnej wiosny ziarno było przechowywane w magazynie producenta w zmiennych, niekontrolowanych, warunkach temperatury i wilgotności względnej powietrza. Następnie, po przygotowaniu partii nasion do kwalifikacji laboratoryjnej, próbki wielkości około 1 kg zostały pobrane zgodnie z obowiązującymi przepisami (ISTA, 2004) przez urzędowego próbobiorcę i przekazane do opisywanych badań laboratoryjnych. Metodyka badań obejmowała ocenę zdolności kiełkowania (Zk) i wigoru ziarniaków. Badanie standardowej zdolności i szybkości kiełkowania ziarniaków (średni czas kiełkowania) przeprowadzano na bibule w temperaturze 20°C stosując 4 powtórzenia po 50 sztuk ziarniaków (ISTA, 2004). Obliczano średni czas kiełkowania jednego ziarniaka według wzoru polecanego przez Alvarado i wsp. cytowanych za Ruan i wsp. (2002). W optymalnych warunkach środowiska, analogicznych jak dla oceny zdolności kiełkowania, badano szybkość wzrostu siewek mierząc długość pierwszego liścia i korzenia pierwotnego (4 powtórzenia po 25 szt.). Wigor ziarniaków badano przy zastosowaniu metody konduktometrycznej. Ziarniaki (2 × 100 szt) umieszczano w zlewce z wodą redestylowaną (75 ml.) o znanej przewodności elektrycznej i pozostawiano w warunkach temperatury 25°C na 24 godziny, w ciemności. Następnie mierzono elektroprzewodnictwo roztworu powstałego po moczeniu ziarniaków. Ponadto oceniano wartość przechowalniczą ziarniaków przy zastosowaniu metody sztucznego starzenia — AA-test. Test sztucznego starzenia, zwany także przyspieszonym starzeniem (accelerated ageing test), polegał na sztucznej degradacji ziarniaków w warunkach temperatury 41°C przez 72 (AA-1) lub przez 96 godzin (AA-2) oraz maksymalnej wilgotności względnej powietrza — 95%, a następnie ocenie kiełkowania w warunkach analogicznych do standardowej oceny zdolności kiełkowania (Modarresi i in., 2002). Wilgotność ziarniaków przed zabiegiem doprowadzono do poziomu 20%. Badanie reakcji ziarna na suszę przeprowadzano oceniając kiełkowanie na podłożu bibułowym nasączonym do 60% pojemności wodnej roztworem PEG 6000, doprowadzając przedtem wilgotność ziarniaków do 15% oraz odkazając 1% roztworem podchlorynu sodu (NaOCl). Stosowano trzy poziomy suszy: S1 — 116 g, S2 — 170 g, S3 — 212g i S4 — 248 g PEG/litr H₂O, co odpowiada potencjałom osmotycznym: -0,2, -0,4, -0,6 i -0,8 MPa. Uzyskane wyniki były poddane analizie statystycznej przy zastosowaniu programu SAS (SAS 2004 i 2004 a).

WYNIKI I DYSKUSJA

Ziarniaki badanych odmian były dość drobne pomimo czyszczenia na sitach sortujących. Masa tysiąca ziaren w zależności od roku zbioru i odmiany wynosiła od 33,9 do 48,8 g dla jęczmienia, od 21,5 do 32,31 g dla owsa i od 28,3 do 71,6 g dla pszenicy (doniesienie ustne). Kuś i Bochniarz (1999) sugerują, że drobniejsze ziarno pochodzące z ekologicznych upraw zbóż jest wynikiem porażenia liści i kłosów przez choroby grzybowe, które nie są zwalczane chemicznie. Badane ziarno było dość suche i wilgotność ziarniaków użytych w doświadczeniach laboratoryjnych wynosiła około 12–13%. Czystość ziarna wynosiła od 95,0 do 100%. W analizowanym materiale występowały nasiona innych roślin uprawnych jak gryka, seradela, groch, wyka w ilości przekraczającej wielkości dopuszczalne. Ponadto licznie występowały ziarniaki innych zbóż, a najczęściej występującym chwastem zastrzeżonym były nasiona rzodkwi świrzepy (doniesienie ustne).

Tabela 1

Zdolność kiełkowania i wigor ziarniaków zbóż jarych w zależności od odmiany - średnia z 3 lat
Seed germination and seed vigour of spring cereals depending on the cultivar – mean values for 3 years

Gatunek Species	Odmiana Cultivar	Zdolność kiełkowania Germination			Test Perry'ego Perry test		Średni czas kiełkowania Mean germination time (dni/days)	Elektroprze- wodnictwo Conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$)
		siewki normalne normal seedlings (%)	siewki nienormalne abnormal seedlings (%)	ziarniaki martwe dead seeds (%)	długość plumuli plumule length (mm)	długość korzenia pierwotnego primary root length (mm)		
Jęczmień Barley	Atol	93,0 a	2,5 b	4,0 b	79,3 b	150,1 NS	3,0 b	41,6 NS
	Rodos	79,0 b	12,5 a	8,5 a	89,6 a	158,8 NS	3,3 a	46,4 NS
	Rataj	87,3 a	3,2 b	8,4 a	80,3 b	167,8 NS	3,3 a	40,7 NS
Owies Oats	Chwat	83,8 NS	2,2 NS	13,6 a	107,2 a	134,5 NS	4,5 a	65,8 a
	Polar	87,4 NS	3,6 NS	9,0 b	119,9 a	128,0 NS	3,8 b	50,8 a
Pszenica Wheat	Koksa	89,8 a	7,0 a	2,5 b	88,1 b	162,9 NS	3,7 b	23,8 b
	Korynta	82,5 b	6,3 a	6,0 a	84,9 c	159,0 NS	3,5 b	19,6 c
	Torka	88,0 a	2,7 b	8,2 a	91,1 a	134,8 NS	8,4 a	27,3 a

Wyniki oznaczone tymi samymi literami dla jednego gatunku i cechy nie różnią się istotnie ($p = 0,05$)

Results followed by the same letter for the same species and parameter are not significantly different at $p = 0.05$

NS — Nieistotne; Not significant

Zdolność kiełkowania ziarniaków badanych gatunków zbóż wynosiła od 79,0 do 93,0% (tab. 1). Ziarno owsa kiełkowało na jednakowym poziomie odpowiednio dla odmiany oplewionej Chwat i nieoplewionej Polar 83,8 i 87,4% — różnica nieistotna statystycznie. Także liczba siewek nienormalnie kiełkujących była podobna, a udział ziarniaków pleśniejących był wyższy dla odmiany oplewionej Chwat o 4,6%. Ziarno jęczmienia odmiany Rodos kiełkowało najslabiej (79%) — poniżej wymagań standardów jakości określonych w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi (Dz.U.2004). Występowanie siewek nienormalnych i nasion martwych był również wysoki — odpowiednio 12,5 i 8,5%. Natomiast spośród badanych trzech odmian pszenicy, zdolność kiełkowania ziarniaków Korynty była najniższa (82,5%) i nie spełniała wymagań. Warunki wzrostu roślin i dojrzewania ziarna miały istotny wpływ na wyniki zdolności kiełkowania

(tab. 2). Dla ziarniaków owsa najlepszym okazał się rok 2006 — zdolność kiełkowania była najwyższa (90,9%) oraz zarówno udział siewek nienormalnych (2,2%) jak i nasion martwych był najniższy (6,9%). Również dla ziarniaków jęczmienia najlepszym okazał się rok 2006. Ziarniaki pszenicy, kiełkowały podobnie w 2004 i w 2006 (odpowiednio 84,3 i 84,0%) i słabiej niż w 2005 roku (90,1%).

Tabela 2

Zdolność kiełkowania i wigor ziarniaków zbóż jarych w zależności od roku zbioru
Seed germination and seed vigour of spring cereals depending on the year of harvest

Gatunek Species	Rok zbioru Year of harvest	Zdolność kiełkowania Germination			Test Perry'ego Perry test		Średni czas kiełkowania Mean germination times (dni/days)	Elektroprze- wodnictwo Conductivity μS/cm/g
		siewki normalne normal seedlings (%)	siewki nienormalne abnormal seedlings (%)	ziarniaki martwe/ dead seeds (%)	długość plumuli plumule length (mm)	długość korzenia pierwotnego primary root length (mm)		
Jęczmień Barley	2004	83,0 b	10,5 a	6,2 b	88,8 a	165,9 b	2,1 b	50,4 b
	2005	87,3 b	2,2 b	9,7 a	72,3 b	144,2 c	4,2 a	32,1 c
	2006	97,3 a	1,3 c	0,7 c	95,6 a	191,3 a	4,6 a	56,4 a
Owies Oats	2004	85,5 b	2,3 NS	11,8 a	108,8 NS	133,3 NS	2,5 c	48,1 b
	2005	80,5 b	4,5 NS	15,0 a	127,1 NS	143,9 NS	4,3 b	39,8 b
	2006	90,9 a	2,2 NS	6,9 b	109,9 NS	120,4 NS	5,4 a	74,9 a
Pszenica Wheat	2004	84,3 b	5,0 NS	6,0 b	91,6 a	150,2 a	2,8 c	21,2 b
	2005	90,1 a	5,5 NS	4,0 b	91,2 a	166,3 a	4,6 b	22,1 b
	2006	84,0 b	3,3 NS	12,7 a	70,9 b	98,8 b	19,7 a	39,0 a

Wyniki oznaczone tymi samymi literami dla jednego gatunku i cechy nie różnią się istotnie ($p = 0,05$)

Results followed by the same letter for the same species and parameter are not significantly different at $p = 0.05$

NS — Nieistotne; Not significant

Ziarniaki badanych odmian zbóż, w warunkach optymalnych, takich jak podczas oceny zdolności kiełkowania (20°C), kiełkowały wolno — średni czas kiełkowania jednego ziarniaka wynosił 3,0 do 8,4 dnia (tab. 1). Najwolniej kiełkowały ziarniaki pszenicy odmiany Torka osiągając przy tym najdłuższy liść (91,1 mm) i dobrą zdolności kiełkowania. Tempo kiełkowania ziarniaków dwóch odmian owsa o podobnej zdolności kiełkowania była różna. Ziarniaki nieoplewione kiełkowały szybciej, odpowiednio średni czas kiełkowania 1 ziarniaka odmiany Polar wynosił 3,8, a Chwat 4,5 dnia. Szybkość wzrostu i rozwoju pierwszego liścia i korzenia pierwotnego dla ocenianych odmian owsa była podobna. Długość plumuli badana w terminie oceny zdolności kiełkowania dla wszystkich badanych odmian wynosiła od 79,3 do 119,9 mm, a najdłuższego korzenia od 134,5 do 167,8 mm. Długość korzenia pierwotnego dla odmian wszystkich badanych gatunków była podobna — różnica nieistotna statystycznie.

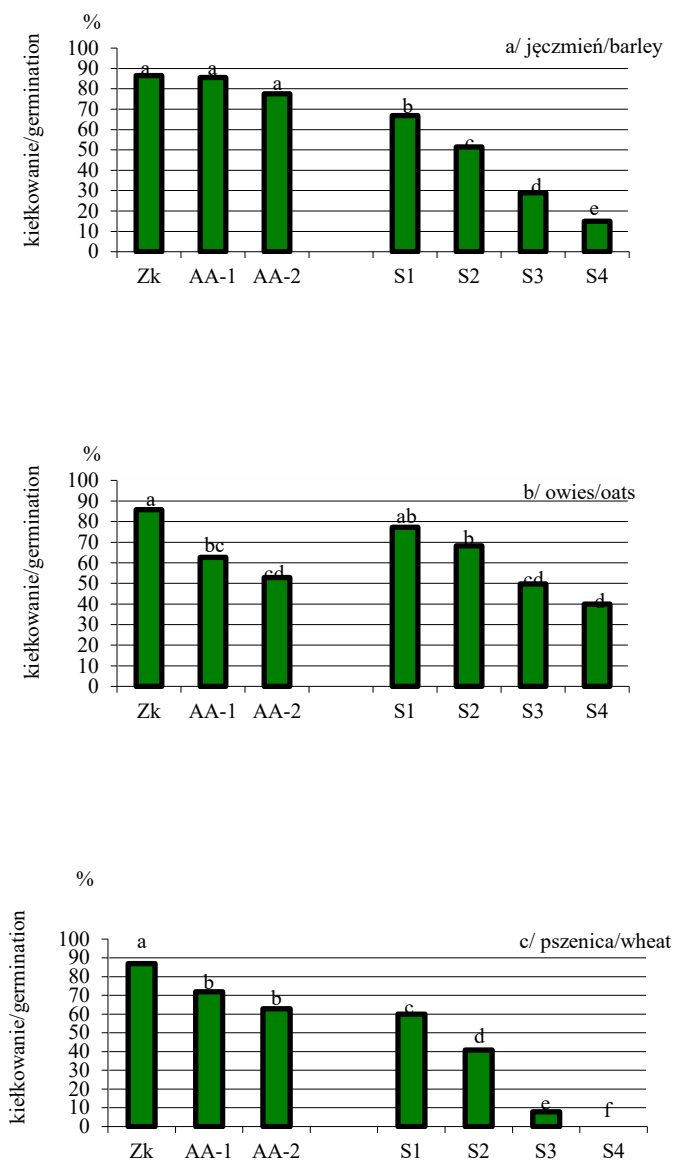
Inny parametr wigoru nasion, elektroprzewodnictwo, wskazuje na stopień uszkodzenia błon komórkowych zarodka i okrywy owocowo-nasiennej, a w konsekwencji na ilość elektrolitów wyciekających z nasion do wody, w której się moczyły. Niższe elektroprzewodnictwo świadczy o wyższym, a wyższe o niższym wigorze. W omawianym doświadczeniu uzyskany wynik elektroprzewodnictwa wskazuje na to, że warunkach

ekologicznych wyprodukowano materiał siewny jęczmienia o podobnym wigorze. Dla badanych dwóch odmian owsa elektrop przewodnictwo wód nastoinowych było podobne — 50,8 i 65,8 $\mu\text{S cm/g}$ (tab. 1). Modarresi i wsp. (2002) oceniając ziarno sześciu partii pszenicy uzyskali wyniki w granicach od 21,3 do 45,0 $\mu\text{S/cm/g}$ dla wysokiej i mniej zróżnicowanej niż omawiane wyniki, zdolności kiełkowania — od 92 do 98%.

Elektrop przewodnictwo wód nastoinowych oraz szybkość wydłużania się pierwszego liści i korzenia pierwotnego wskazujące na wigor badanych ziarniaków były najkorzystniejsze dla pszenicy w 2004 i 2005 roku zbioru (tab. 2). Natomiast ziarniaki owsa zebrane w 2006 roku o najwyższej zdolności kiełkowania kiełkowały najwolniej — średni czas kiełkowania jednego ziarniaka wynosi 5,4 dnia. Tempo kiełkowania ziarniaków badanych odmian jęczmienia zebranych na plantacjach ekologicznych w 2005 i 2006 roku o różnej zdolności kiełkowania było analogiczne — średni czas kiełkowania wynosił odpowiednio 4,2 i 4,6 dnia.

Badano zdolność przechowalniczą oraz reakcję ziarna na stres suszy podczas kiełkowania. Wyniki zostały przedstawione w tabelach od 3 do 6 i na rysunkach od 1 do 3. Interpretacja wyników była zgodna ze wskazaniami Mądrego (1998). Poddanie ziarniaków badanych zbóż stresowym warunkom wysokiej temperatury 41°C i wilgotności względnej powietrza 95% przez 72 (AA-1) lub 96 godzin (AA-2) spowodowało na ogół obniżenie kiełkowania w porównaniu do początkowej zdolności kiełkowania (Zk). Przyspieszona degradacja spowodowała wzrost występowania ziarniaków martwych, spleśniałych nawet do 50% oraz siewek nienormalnie kiełkujących do około kilkunastu procent. W terminie oceny, analogicznym do oceny zdolności kiełkowania, a więc od 7 do 10 dni w zależności od gatunku (ISTA 2004), na podłożu pozostawały jeszcze ziarniaki zdrowe, niekiełkujące. Liczba ziarniaków kiełkujących normalnie przed zabiegiem starzenia (Zk) jak i po zabiegu (AA-test) była różna dla owsa i pszenicy oraz podobna dla jęczmienia (rys. 1 a, b, c). Wyniki przedstawione na rysunku 1 a dowodzą, że odporność ziarna jęczmienia na stresowe warunki wysokiej temperatury i wilgotności względnej powietrza i tym samym zdolność przechowalnicza była wysoka. Statystycznie nie udowodniono istotnej różnicy pomiędzy liczbą ziarniaków jęczmienia kiełkujących normalnie przed i po zabiegu sztucznego starzenia. Nie udowodniono również wpływu czasu starzenia, 72 lub 96 godziny, na wyniki kiełkowania ziarniaków wszystkich badanych gatunków zbóż. Spadek liczby siewek normalnych po sztucznej degradacji ziarniaków owsa był wysoki i wynosił nawet 33% dla AA-2 (rys. 1 b). Kiełkowanie ziarniaków pszenicy o początkowej zdolności kiełkowania 85,4% również było słabsze po zabiegu starzenia o kilkanaście procent (rys. 1 c).

Ziarniaki jęczmienia odmiany Atol i Rodos wydały około 90% i 80% siewek normalnych, a odmiany Rataj 80,3% i 74,3% odpowiednio dla AA-1 i AA-2 i reakcja wszystkich badanych odmian jęczmienia była podobna (tab. 3, rys. 2 a).



Rys. 1. Kielkowanie ziarna zbóż jarych po zabiegu starzenia (AA-test) i w warunkach suszy — średnia z 3 lat

Fig. 1. Seed germination of spring cereals after accelerated ageing test (AA-test) and under drought conditions — mean values for 3 years

Tabela 3

Kielkowanie ziarna zbóż jarych poddanych starzeniu (AA-test) w zależności od odmiany — średnia z 3 lat
Seeds germination of spring cereals after accelerated ageing depending on the cultivar — mean values
for 3 years

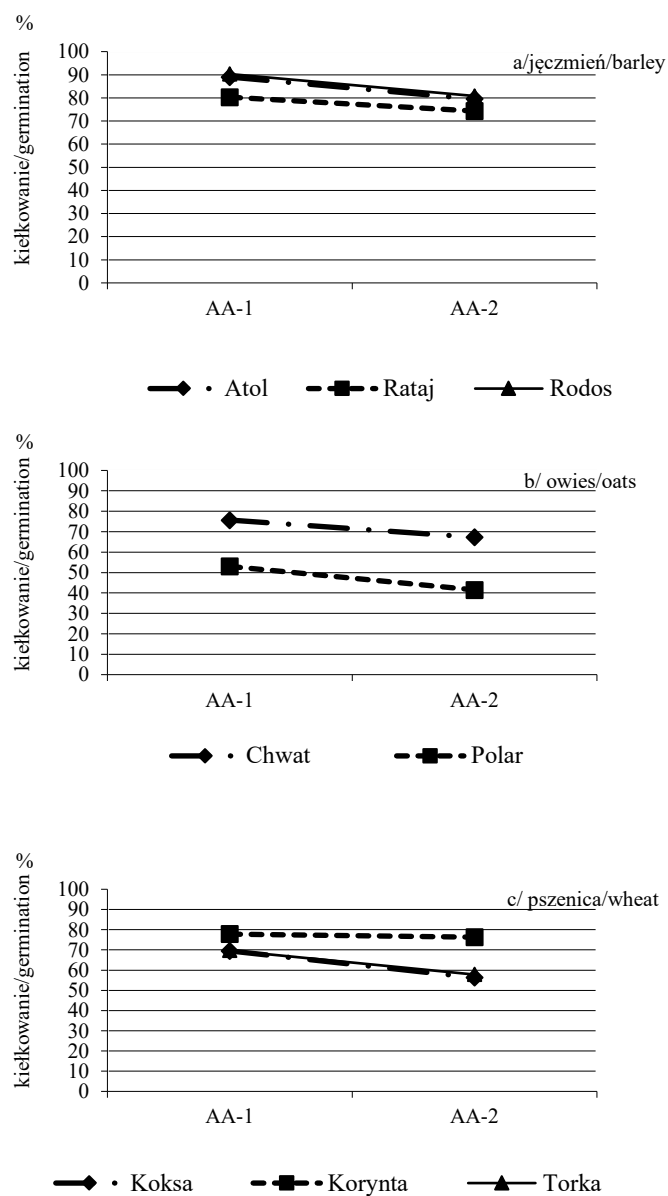
Gatunek Species	Odmiana/ Cultivar	AA-1			AA-2		
		siewki normalne normal seedlings (%)	siewki nienormalne abnormal seedlings (%)	ziarniaki martwe dead seeds (%)	siewki normalne normal seedlings (%)	siewki nienormalne abnormal seedlings (%)	ziarniaki martwe dead seeds (%)
Jęczmień Barley	Atol	89,0 a	5,5 b	5,0 c	79,5 b	11,0 a	7,3 c
	Rodos	90,3 a	4,0 b	5,7 b	80,8 a	5,8 b	10,8 b
	Rataj	80,3 b	7,5 a	9,0 a	74,3 c	6,2 b	15,8 a
Owies Oats	Chwat	75,7 a	3,5 NS	19,0 b	67,3 a	2,0 NS	30,0 b
	Polar	53,0 b	2,3 NS	26,8 a	41,5 b	5,7 NS	50,8 a
Pszenica Wheat	Koksa	69,5 b	12,5 a	12,3 b	56,3 b	15,8 a	22,8 a
	Korynta	77,8 a	5,8 a	11,8 b	76,3 a	7,5 b	13,0 b
	Torka	69,7 b	6,3 a	21,3 a	57,8 b	6,0 b	31,7 a

Wyniki oznaczone tymi samymi literami dla jednego gatunku i cechy nie różnią się istotnie ($p = 0,05$)

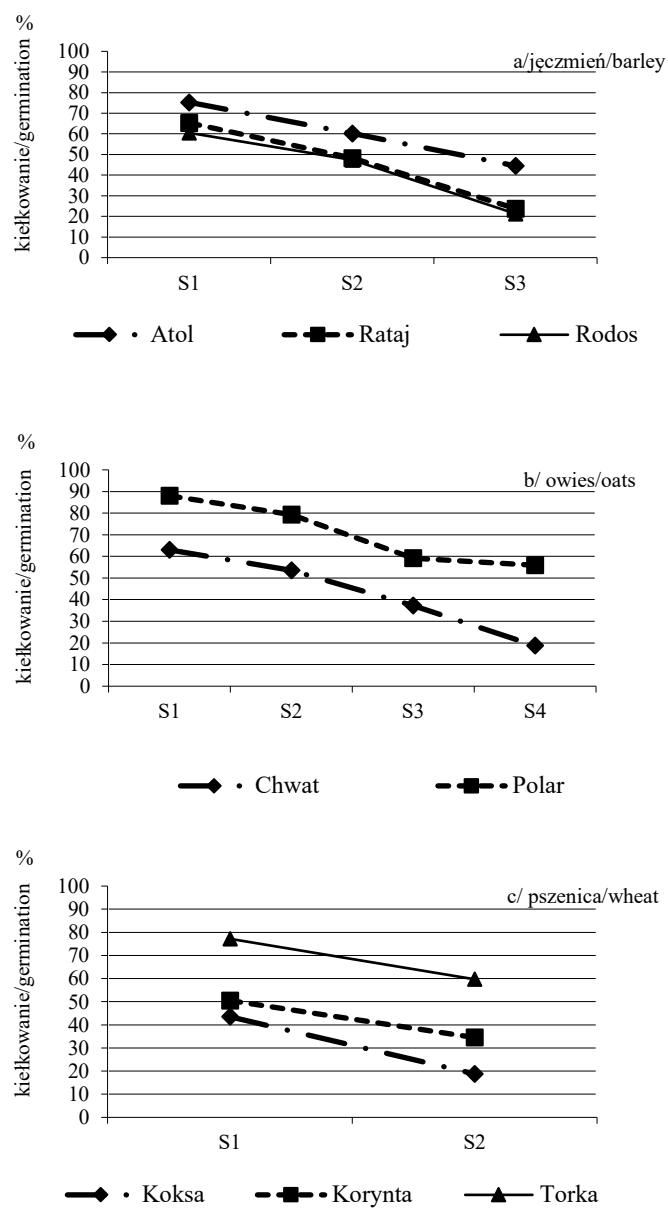
Results followed by the same letter for the same species and parameter are not significantly different at $p = 0.05$

NS — nieistotne; not significant

Spośród badanych trzech odmian jęczmienia ziarniaki odmiany Rataj najgorzej reagowały na niekorzystne warunki AA-testu niezależnie od czasu starzenia. Obserwowano od 6,2 do 7,5% ziarniaków nienormalnie kiełkujących i najwięcej spleśniałych (tab. 3). Ziarniaki odmiany nieoplewionej owsa Polar gorzej kiełkowały po zabiegu starzenia niż odmiany oplewionej Chwat. Liczba siewek normalnych wynosiła odpowiednio dla ziarniaków odmiany Polar i Chwat 53,0 i 75,7% dla AA-1 oraz 41,5 i 67,3% dla AA-2. Pomimo, że obserwowano wyraźnie słabsze kiełkowanie ziarniaków odmiany Polar niż Chwat, to jednak reakcja obu odmian na sztuczną degradację była podobna (rys. 2 b). Wiewióra (2003) potwierdza mniejszą zdolność przechowalniczą nieoplewionych ziarniaków, wprawdzie jęczmienia jarego Rastik nie owsa, i uważa, że może to być związane także z większą podatnością na choroby. White i wsp. (1999) wykazał również, że w niekorzystnych warunkach AA-testu ziarniaki form nieoplewionych szybciej tracą wartość siewną niż ziarniaki form oplewionych. Natomiast spośród badanych odmian pszenicy najbardziej odporne na stresowe warunki AA-testu okazały się ziarniaki odmiany Korynta — 77,8 i 76,3% odpowiednio dla AA-1 i AA-2 (tab. 3). Natomiast początkowa zdolność kiełkowania była niższa niż ziarniaków pozostałych odmian. Reakcja ziarniaków odmiany Korynta, która nie spełniała wymagań standardów wartości siewnej, była inna niż odmian Koksa i Torka (rys. 2 c). Należy zaznaczyć, że warunki i czas kiełkowania ziarniaków poddanych sztucznej deterioracji były analogiczne jak dla oceny zdolności kiełkowania (ISTA, 2004). Wykazano wpływ roku zbioru na szybkość degradacji ziarniaków jęczmienia i pszenicy.



Rys. 2. Kielkowanie ziarna zbóż jarych po zabiegu starzenia (AA-test) — średnia z 3 lat
Fig. 2. Seed germination of spring cereals after accelerated ageing test (AA-test) — mean values for 3 years



Rys. 3. Kielkowanie ziarna zbóż jarych i w warunkach suszy — średnia z 3 lat
 Fig. 3. Seed germination of spring cereals under drought conditions — mean values for 3 years

Dla ziarniaków jęczmienia najkorzystniejszym okazał się 2004 i 2006 rok zbioru, wtedy gdy stresowe warunki starzenia przedłużono z 72 do 96 godzin także rok zbioru 2004. Bardziej odporne okazały się ziarniaki pszenicy ze zbioru 2005 niż 2004 i 2006 i to niezależnie od czasu trwania stresu. Dla ziarniaków badanych odmian owsa rok zbioru nie miał istotnego znaczenia zarówno dla liczby siewek normalnie kiełkujących jak też siewek nienormalnych i ziarniaków martwych (tab. 4).

Tabela 4

Kielkowanie ziarna zbóż jarych poddanych starzeniu (AA-test) w zależności od roku zbioru
Seeds germination of spring cereals after accelerated ageing depending on the year of harvest

Gatunek Species	Rok zbioru Year of harvest	AA-1			AA-2		
		siewki normalne normal seedlings (%)	siewki nienormalne abnormal seedlings (%)	ziarniaki martwe dead seeds (%)	siewki normalne normal seedlings (%)	siewki nienormalne abnormal seedlings (%)	ziarniaki martwe dead seeds (%)
Jęczmień Barley	2004	87,0 b	4,7 b	8,2 a	82,3 a	5,8 b	11,8 b
	2005	83,5 c	3,5 b	11,3 a	71,3 b	8,8 a	18,5 a
	2006	88,0 a	8,5 a	2,5 b	82,5 a	1,5 b	12,5 b
Owies Oats	2004	59,0 NS	4,0 NS	35,8 NS	43,8 NS	2,0 NS	53,3 NS
	2005	67,3 NS	4,0 NS	28,0 NS	58,0 NS	2,0 NS	40,0 NS
	2006	62,2 NS	5,8 NS	31,0 NS	54,8 NS	3,7 NS	41,5 NS
Pszenica Wheat	2004	72,2 b	8,0 b	13,0 b	63,5 b	10,0 a	19,8 b
	2005	78,5 a	7,0 c	12,8 b	72,5 a	10,8 a	15,0 c
	2006	51,5 c	10,5 a	34,5 a	30,5 c	2,0 b	62,0 a

Wyniki oznaczone tymi samymi literami dla jednego gatunku i cechy nie różnią się istotnie ($p = 0,05$)

Results followed by the same letter for the same species and parameter are not significantly different at $p = 0.05$

NS — Nieistotne; Not significant

Kielkowanie ziarniaków w warunkach niedoboru wody w porównaniu do kiełkowania w warunkach optymalnych (Zk) na ogół było słabsze (rys. 1 a, b, c). Ilość siewek normalnie kiełkujących dla pierwszego poziomu suszy $-0,2$ MPa (S1) była podobna (owies) lub niższa (jęczmień, pszenica) od około 8 do 27% w stosunku do początkowej zdolności kiełkowania (Zk) ocenianej w warunkach optymalnych. Na drugi poziom suszy $-0,4$ MPa (S2) ziarniaki wszystkich badanych prób reagowały większym spadkiem kiełkowania niż na pierwszy (S1). Wskaźnik kiełkowania ziarniaków pszenicy był duży i wynosił około 40%. Gdy zastosowano jeszcze wyższy poziom stresu suszy $-0,6$ MPa (S3) i $-0,8$ MPa (S4), spadek kiełkowania był jeszcze większy. Procent normalnych siewek dla pszenicy, przy najwyższym poziomie suszy S4, był zerowy, ale ziarniaki nadal pozostały żywotne. Liczba siewek anormalnych w S4 wynosiła ponad 85% i nie było to zależne od odmiany (tab. 5). Gawrońska i Grzelak (1991) obserwowały także obniżenie zdolności do kiełkowania oraz zahamowanie wzrostu siewek pszenicy z jarego rozwijających się w warunkach suszy symulowanej glikolem polietylenowym (PEG 6000). Autorki obserwowały jednak jeszcze kiełkowanie ziarniaków (6%) przy poziomie suszy -12 barów, a wynik był zależny od genotypu. Należy zaznaczyć, że zarówno w niniejszych badaniach jak też w badaniach Gawrońskiej i Grzelak (1991) wynik kiełkowania odnosi się tylko do siewek normalnych

(ISTA, 2004), a nie do siewek kiełkujących w ogóle, czyli bez uwzględniania siewek anormalnie kiełkujących, wadliwych.

Tabela 5

Kielkowanie ziarna zbóż jarych w warunkach suszy w zależności od odmiany — średnia z 3 lat
Seeds germination of spring cereals under drought conditions depending on the cultivar — mean values for 3 years

Gatunek Species	Odmiana Cultivar	S1			S2			S3			S4		
		A (%)	B (%)	C (%)	A (%)	B (%)	C (%)	A (%)	B (%)	C (%)	A (%)	B (%)	C (%)
Jęczmień Barley	Atol	75,3 a	14,8 NS	4,8 c	60,3 a	27,8 NS	4,3 b	44,5 a	41,5 NS	4,0 b	21,8 NS	50,5 NS	4,8 b
	Rodos	60,5 b	16,8 NS	15,0 a	47,3 c	35,8 NS	11,3 a	21,3 b	49,5 NS	15,0 a	17,0 NS	55,5 NS	14,0 a
	Rataj	65,3 b	20,7 NS	12,3 b	48,3 b	32,2 NS	6,7 b	23,8 b	54,5 NS	5,3 b	10,0 NS	64,8 NS	5,3 b
Owies Oats	Chwat	63,0 b	4,5 NS	17,8 a	53,5 b	13,0 a	12,7 a	37,2 b	25,7 a	12,8 a	18,7 b	47,8 a	9,7 b
	Polar	88,0 a	3,5 NS	6,4 b	79,3 a	6,3 b	12,0 a	59,1 a	24,2 a	14,3 a	55,9 a	16,8 b	16,0 a
Pszenica Wheat	Koksa	43,5 b	51,3 a	3,0 NS	18,8 b	74,3 a	5,0 NS	5,3 NS	85,5 a	7,8 NS	0,0	91,3 NS	5,8 NS
	Korynta	50,5 b	35,5 a	5,5 NS	34,5 b	54,8 b	5,5 NS	7,8 NS	79,5 c	3,8 NS	0,0	89,5 NS	3,3 NS
	Torka	77,2 a	14,0 b	5,8 NS	59,7 a	31,5 c	7,2 NS	9,7 NS	80,0 b	7,3 NS	0,0	85,2 NS	7,8 NS

Wyniki oznaczone tymi samymi literami dla jednego gatunku i cechy nie różnią się istotnie ($p = 0,05$)

Results followed by the same letter for the same species and parameter are not significantly different at $p = 0.05$

NS — nieistotne; not significant

A — Siewki normalne; Normal seedlings

B — Siewki nienormalne; Abnormal seedlings

C — Ziarniaki martwe; Dead seeds

Tabela 6

Kielkowanie ziarna zbóż jarych w warunkach suszy w zależności od roku zbioru
Seeds germination of spring cereals under drought conditions depending on the year of harvest

Gatunek Species	Rok Year of harvest	S1			S2			S3			S4		
		A (%)	B (%)	C (%)	A (%)	B (%)	C (%)	A (%)	B (%)	C (%)	A (%)	B (%)	C (%)
Jęczmień Barley	2004	66,0 b	10,3 b	9,3 a	57,8 a	15,7 c	7,5 a	41,0 a	18,5 b	10,3 a	26,7 a	21,7 b	9,5 a
	2005	61,5 b	26,7 a	9,0 a	40,3 b	48,8 a	9,3 a	17,7 b	73,3 a	7,5 a	6,5 b	81,2 a	8,0 a
	2006	85,0 a	14,0 ab	1,0 b	65,5 a	30,0 b	0,5 b	27,0 b	70,0 a	0,5 b	8,0 b	89,0 a	1,0 b
Owies Oats	2004	56,0 c	3,3 NS	22,3 a	54,0 b	2,0 b	16,5 a	42,5 b	8,0 a	17,3 a	44,0 NS	12,0 b	11,0 a
	2005	78,8 b	5,8 NS	11,5 b	67,0 b	15,0 a	14,5 a	47,5 ab	33,8 a	18,0 a	37,3 NS	41,0 a	19,5 a
	2006	90,5 a	3,0 NS	6,4 c	78,5 a	12,0 a	6,0 b	56,0 a	33,0 a	5,5 b	39,0 NS	44,0 a	8,0 b
Pszenica Wheat	2004	43,8 b	41,8 a	6,0 NS	28,3 c	59,8 a	6,2 NS	5,0 NS	78,0 b	8,2 NS	0,0	83,7 b	7,0 ab
	2005	71,2 a	24,0 b	3,5 NS	43,5 b	50,7 a	5,2 NS	8,3 NS	87,8 a	3,5 NS	0,0	94,8 a	3,5 b
	2006	74,5 a	18,0 b	6,0 NS	70,0 a	21,0 b	8,5 NS	15,0 NS	72,5 b	10,0 NS	0,0	81,5 b	10,0 a

Wyniki oznaczone tymi samymi literami dla jednego gatunku i cechy nie różnią się istotnie ($p = 0,05$)

Results followed by the same letter for the same species and parameter are not significantly different at $p = 0.05$

NS — nieistotne; not significant

A — Siewki normalne; Normal seedlings

B — Siewki nienormalne; Abnormal seedlings

C — Ziarniaki martwe; Dead seeds

Szczegółową reakcję ziarna badanych odmian zbóż na kiełkowanie w warunkach suszy przedstawiono na rysunku 3 a, b, c. Bardziej wrażliwe na niedobór wody niż ziarniaki owsa

okazały się ziarniaki jęczmienia i pszenicy, a zwłaszcza pszenicy (tab. 5). Wynik ten potwierdza wnioski El-Sharkawi i Springuel (1977), którzy obserwując rozwój siewek pszenicy, jęczmienia i sorga w warunkach niedoboru wody stwierdzili większą wrażliwość na suszę ziarniaków pszenicy niż jęczmienia, wykazując jednocześnie duży wpływ temperatury kiełkowania. Wraz ze wzrostem poziomu suszy i spadkiem liczby siewek normalnie kiełkujących, obserwowano wzrost siewek anormalnych, przy czym nie zawsze udowodniono różnice pomiędzy odmianami (tab. 5). W warunkach niedoboru wody stwierdzono nawet kilkanaście procent ziarniaków martwych, pleśniejących. W omawianych doświadczeniach wprowadzono wykazano wpływ roku zbioru na liczbę ziarniaków kiełkujących normalnie w warunkach suszy, to jednak poziom suszy był czynnikiem decydującym o liczbie siewek normalnych (tab. 6). Ziarno badanych gatunków zbóż zebrane w 2006 roku przy pierwszym poziomie suszy — 0,2 MPa (S1) wydało więcej siewek normalnych niż w 2004 i 2005 roku zbioru. Nie wykazano wpływu roku zbioru na kiełkowanie ziarniaków owsa w warunkach suszy określonej na -0,8 MPa (S4) i pszenicy dla (S3) -0,6 MPa. Ziarniaki pszenicy przy czwartym poziomie suszy nie wydały żadnej normalnej siewki, ale nadał pozostały żywotne, na co wskazuje liczba ziarniaków kiełkujących anormalnie. Natomiast liczba ziarniaków martwych wynosiła od 3,5 do 10% w zależności od roku zbioru.

PODSUMOWANIE

Zdolność kiełkowania ziarna zbóż jarych wyprodukowanych na ekologicznych plantacjach nasiennych dla większości ocenianych odmian spełniała wymagania standardów wartości siewnej. Wigor ziarniaków oceniany na podstawie szybkości kiełkowania oraz wzrostu plumuli i korzenia pierwotnego, a także elektroprzewodnictwa roztworu powstałego po moczeniu ziarna był dobry. Zdolność przechowalnicza ziarna jęczmienia była dobra, a pszenicy i owsa słabsza. Odporność na suszę w okresie kiełkowania była zróżnicowana, przy czym ziarno owsa, a zwłaszcza nieoplewionej odmiany Polar okazało się mniej wrażliwe niż badanych odmian pszenicy i jęczmienia. Rozwój rolnictwa ekologicznego w Polsce (aczkolwiek powolny) oraz uzyskane wyniki wskazują na potrzebę prowadzenia dalszych badań nad wartością siewną nasion i przydatnością odmian dla rolnictwa ekologicznego.

LITERATURA

- Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej 2007. Nr 41. Ustawa o Nasiennictwie z dnia 26 czerwca 2003 r. Załącznik do Obwieszczenia Marszałka Sejmu RP z dnia 31 stycznia 2007 r. poz. 271.
 Dziennik Ustaw 2004. Nr 59, poz. 565 z dnia 8 marca 2004 r. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących wytwarzania i jakości materiału siewnego.
 Dziennik Ustaw 2007. Nr 29, poz. 189 z dnia 1 lutego 2007 r. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących wytwarzania i jakości materiału siewnego.
 El-Sharkawi H. M., Springuel I. 1977. Germination of some crop plant seeds under reduced water potential. Seed Sci. & Technol. 5: 677 — 688.
 Gawrońska H., Grzelak K. 1991. Wpływ stresu suszy symulowanego glikolem polietylenowym (PEG) na kiełkowanie ziarniaków i wzrost siewek pszenżyta jarego (*Triticosecale* Wittmack). 180: 53 — 64.

- Groot S. P. C., van der Wolf J. M., Jalink H., Langerak C. J., van den Bulk R. W. 2004. Challenges for the production of high quality organic seeds. ISTA News Bulletin No. 127 April 2004: 12 — 15.
- International Seed Testing Association. Handbook of Vigour Test Methods. 3rd Edition. 1995. ISTA 1995 PO Box 412, 8046 Zurich, Switzerland ISTA.
- ISTA 2004. International Rules for Seed Testing. Międzynarodowe Przepisy Oceny Nasion. Boros L., Kolasińska K., Małuszyńska E.(red.). IHAR Radzików, 2004.
- Kuś J., Bochniarz A. 1999. Plonowanie pszenicy ozimej w różnych systemach produkcji roślinnej. Pam. Puł. z.118: 233 — 241.
- Mądry W. 1998. Doświadczalnictwo. Doświadczenia czynnikowe. Wykłady i ćwiczenia. Wydaw. Fundacja "Rozwój SGGW".
- Michel B. E. 1983. Evaluation of the water potentials of solution of polyethylene glycol 8000 both in the absence and presence of other solutes. Plant Physiol. 72: 66 — 70.
- Modarresi M., Rucker M., TeKrony D. M. 2002. Accelerating ageing test for comparing wheat seed vigour. Seed Sci. & Technol. 30: 683 — 687.
- Praca zbiorowa pod redakcją W. Nowackiego. 2004. Bodzon Z., Boros L., Kolasińska K., Małuszyńska E., Oleksiak T., Prończuk S., Wołkowski T., Goliszewski W., Nowacki W., Kaszuba J. Ekologiczna produkcja nasiennej roślin rolniczych. Materiały dla doradców. Wyd. Krajowe Centrum Rolnictwa Ekologicznego — Regionalnego Centrum Doradztwa Rozwoju Rolnictwa i Obszarów Wiejskich w Radomiu. ISBN 83-89060-63-9: 1 — 166.
- Ruan S., Xue Q., Tylkowska K. 2002. The influence of priming on germination of rice (*Oryza sativa* L.) seeds and seedling emergence and performance in flooded soil. Seed Sci. & Technol., 30:61 — 67.
- SAS Institute, Inc. 2004. SAS 9.1 Companion for Windows. SAS Publishing, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- SAS Institute, Inc. 2004 a. SAS/STAT 9.1 User's Guide. SAS Publishing, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- TeKrony O. M., Egli O. B. 1991. Relationship of seed vigor to crop yield: a review. Crop. Sci. 31:816 — 822.
- TeKrony D. M. 1993. Accelerated ageing test. Journal of Seed Technol. 17: 110 — 120.
- White N. D. G., Hulasare R. B., Jayas D. S. 1999. The effect of storage conditions on quality loss of hull-less and hulled oats and barley. Can J. Plant Sci. 79 (4): 475 — 482.
- Wiewióra B. 2003. Zdrowotność i inne cechy wartości siewnej ziarna oraz plon jęczmienia jarego w zależności od zastosowanej zaprawy nasiennej. Biul. IHAR 228: 81 — 87.

WIOLETTA DYNKOWSKA**DANUTA BOROS**Samodzielna Pracownia Oceny Jakości Produktów Roślinnych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Czynniki warunkujące przydatność ziarna różnych zbóż do produkcji energii odnawialnej — przegląd literatury

Factors determining the utilization of various cereal grains for production of renewable energy — a review

Możliwość wykorzystania zbóż do produkcji bioetanolu sięga początku XX wieku i uaktualnia się z każdorazową podwyżką cen ropy naftowej na giełdach światowych, a co za tym idzie, z podwyżkami cen paliw płynnych. Większe ostatnio zainteresowanie bioetanolem jako substytutem paliw samochodowych wiąże się również z czynnikami ekologicznymi, gdyż chemia spalania etanolu wyraźnie wskazuje ten związek jako przyjazny dla środowiska. Ponieważ bioetanol to produkt końcowy fermentacji glukozy, należy baczniej przyjrzeć się czynnikom wpływającym w sposób korzystny bądź niekorzystny na konwersję skrobi z ziarna zbóż i w efekcie na końcową wydajność samej produkcji. Celem niniejszej pracy było porównanie przydatności różnych gatunków zbóż do produkcji bioetanolu.

Słowa kluczowe: bioetanol, zboża, fermentacja, skrobia

Possibility of cereals utilization for bioethanol production has been discussed since the beginning of the 20th century and it comes to the fore with every increase in price of petroleum on the world market. Current interest in bioethanol as petrol substitute for road transport vehicle is also related to the ecological factors since the chemistry of ethanol combustion is considered to be environmentally friendly. Bioethanol is the end-product of glucose fermentation, thus it is recommended to search for the factors effecting the conversion of starch from various cereals, resulting in the final yield of the production itself. The objective of this article was to compare the suitability of various cereals for bioethanol production.

Key words: bioethanol, cereals, fermentation, starch

WSTĘP

Stale powiększający się rynek zbytu środków transportu powoduje coraz większe zapotrzebowanie na paliwa. Pociąga to za sobą z jednej strony zwiększoną eksploatację złóż ropy naftowej, z drugiej zaś powstawanie w wyniku spalania paliw płynnych dużych

ilości dwutlenku węgla (CO_2), a także innych związków powodujących dalsze pogłębianie się zmian klimatycznych, przede wszystkim zwiększenie efektu cieplarnianego. Nie bez znaczenia jest również fakt, iż paliwa kopalne są nieodnawialnymi źródłami energii i wykorzystywane w sposób nieracjonalny mogą szybko ulec wyczerpaniu. Coraz wyższe ceny ropy na rynkach światowych to kolejny argument do poszukiwań innych rozwiązań problemu transportu i związanego z nim rynku paliw płynnych. Międzynarodowy kryzys naftowy w 1970 roku przyczynił się do większego zainteresowania etanolem jako paliwem samochodowym. Nie był to jednakże pomysł nowy, już w 1908 roku Henry Ford uważał roślinny etanol za paliwo przyszłości (Cornfine i in., 2006). Etanol jako paliwo jest znacznie bardziej przyjazny dla środowiska niż dotychczas stosowane produkty otrzymywane z ropy naftowej. Spaliny etanolu są, bowiem mniej toksyczne niż te powstające w wyniku stosowania benzyny czy oleju napędowego. W przeciwieństwie do benzyny etanol jest paliwem natlenionym, gdzie tlen stanowi prawie 35% masy cząsteczki. Podczas jego spalania powstaje mniej tlenków azotu, tlenku węgla i ozonu, a także zmniejszona jest emisja CO_2 do atmosfery (Demirbas, 2005). Badania brazylijskie wykazały iż zastąpienie ropy naftowej etanolem zmniejszyło emisję CO_2 do atmosfery o blisko 15% całkowitej emisji tego gazu z paliw (De Carvalho Macedo, 1998). Brak zanieczyszczeń siarką dodatkowo eliminuje emisję tlenków siarki odpowiedzialnych za zjawisko kwaśnych deszczy. Etanol może być używany samodzielnie jako paliwo lub jako dodatek do benzyn, podnosząc ich liczbę oktanową a tym samym ich jakość.

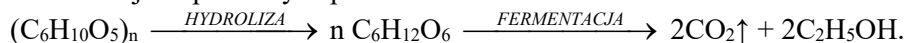
Kierując się w dużej mierze wspomnianymi wyżej względami ekologicznymi Dyrektywa 2003/30/WE Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej obowiązuje państwa członkowskie do promowania biopaliw lub innych odnawialnych paliw celem zastąpienia nimi paliw kopalnych dotychczas stosowanych w transporcie. Zobowiązanie to polega na podjęciu działań pozwalających na osiągnięcie pod koniec 2010 roku minimalnego udziału biokomponentów w rynku paliwowym w wysokości co najmniej 5,75% (liczonego według wartości opałowej). Ilość ta pozwala na stosowanie mieszanki paliwowej bez obawy zniszczenia silnika samochodowego. Zwiększenie ilości dodawanego bioetanolu wymaga natomiast zastosowania innych rozwiązań technologicznych, których odzwierciedleniem jest produkcja linii samochodów, tzw. „flexible fuel vehicle”, czyli FFV — silniki tych pojazdów są przystosowane do spalania czystego etanolu bądź mieszanki paliwowej, gdzie etanol stanowi ponad 85% całości (dla przykładu mieszanka E95 to taka, gdzie 95% stanowi etanol a pozostałe 5% to benzyna) (Smith i in., 2006). Obecnie światowym liderem w produkcji i wykorzystaniu etanolu pochodzenia roślinnego do celów transportu jest Brazylia (w 1996/97 roku produkcja roczna etanolu wyniosła 13,7 mln m^3) (De Carvalho Macedo, 1998), w Europie największymi producentami są Szwecja, Hiszpania, Francja, Niemcy. W Polsce już w 1929 roku zaczęto produkcję mieszanek paliwowych składających się z 30% etanolu i 70 % benzyny. W latach 50. zaniechano całkowicie dodawania etanolu do paliw i dopiero od 1991 roku ponownie ruszyła produkcja wzbogaconego 5% dodatkiem bioetanolu paliwa (Grining, 2001). W roku 1997 dodano w Polsce ogółem 110 mln l bioetanolu do benzyn.

Zboża z uwagi na duży areal uprawy mogą stanowić w Polsce jedno z podstawowych źródeł energii odnawialnej, znajdując zastosowanie w sposób pośredni do produkcji

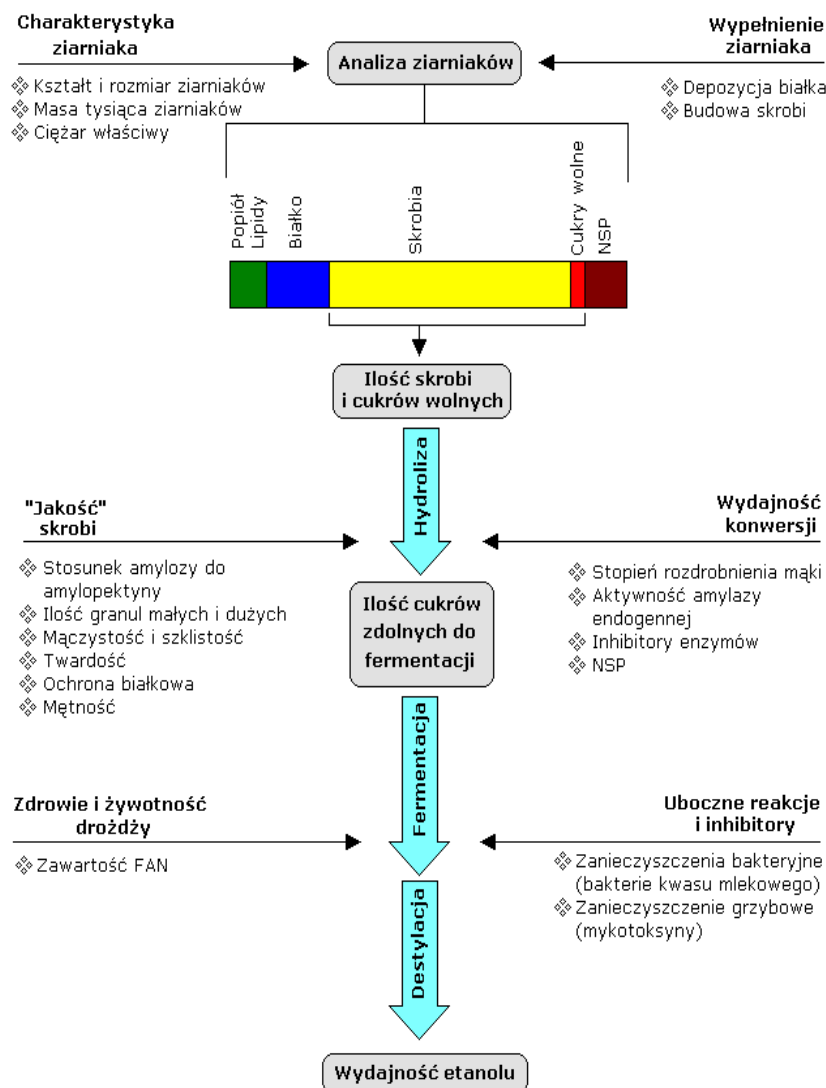
bioetanolu, jak i bezpośredni jako materiał opałowy. Zbożowych źródeł energii odnawialnej należy szukać zarówno w nadwyżkach produkcji krajowej zbóż, jak i w przeznaczeniu gruntów odłogowanych i ugorów pod ich uprawę, a sposób ich wykorzystania uzależniony byłby w dużym stopniu od jakości ziarna tych zbóż. Istnienie w Polsce dużej liczby nieczynnych gorzelnii to kolejny argument przemawiający za podjęciem produkcji bioetanolu z polskich surowców zbożowych, uruchomienie ich obniży znacznie aparaturowe nakłady inwestycyjne potrzebne do rozpoczęcia produkcji na dużą skalę a utworzone nowe miejsca pracy przyczynią się do spadku bezrobocia. Wykorzystanie gorzelnii w produkcji bioetanolu przyniosłoby również inne wymierne korzyści ekonomiczne dla kraju, m.in. zredukowanie deficytu handlowego, a także częściowe uniezależnienie się od dostaw ropy spoza granic kraju. Niniejsza praca ma na celu porównanie przydatności różnych gatunków zbóż głównie do produkcji bioetanolu, biorąc pod uwagę cechy ziarna, plon i istniejące technologie produkcji. Ma także na celu wskazanie hodowcom cech ziarna, które powinny być poprawione w procesie tworzenia nowych odmian, aby otrzymać ziarno o najlepszych parametrach surowca do produkcji bioetanolu.

CZYNNIKI WPLYWAJĄCE NA WYDAJNOŚĆ PRODUKCJI BIOETANOLU Z ZIARNA ZBÓŻ

Wydajność produkcji bioetanolu z ziarna zbóż zależy zasadniczo od trzech czynników: zawartości skrobi i cukrów wolnych, stopnia zhydrolizowania skrobi w cukry ulegające fermentacji oraz wydajności samego procesu fermentacji, czyli ilości cukrów które mogą być poddane fermentacji przez drożdże (rys. 1). Zboża z niską zawartością skrobi a wyższą wilgotnością oraz wyższą ilością białka automatycznie klasyfikowane są jako zboża z niską wydajnością produkcji etanolu. W badaniach Lancerenza i wsp. (2008) końcowa ilość wyprodukowanego alkoholu z ziarna 20 odmian różnych gatunków zbóż była dodatnio skorelowana z zawartością skrobi ($r = 0,77$) oraz ujemnie z zawartością białka ($r = -0,63$). Skrobia jest u zbóż głównym dostarczycielem glukozy, którą następnie drożdże fermentują do etanolu. Obrazuje to poniższy zapis:



Na podstawie równania stechiometrycznego teoretycznie z 1 g skrobi można otrzymać 0,568 g etanolu. W praktyce nie jest możliwe osiągnięcie 100% wydajności tego procesu między innymi z uwagi na ubytki glukozy podczas etapu wzrostu drożdży. Ważnym czynnikiem wpływającym na wydajność produkcji bioetanolu jest także wstępna obróbka materiału. W przypadku ziarna jęczmienia i owsa największy nacisk należy położyć na odplewianie ziarniaków (Ingledew i in., 1995). Zabieg ten zwiększa zawartość skrobi w jednostce masy wymienionych zbóż średnio o procentowy udział plewki w masie ziarniaka, tj. odpowiednio o około 15 i 30% co zwiększa bezpośrednio wydajność produkcji etanolu. Niemniej ważnym czynnikiem jest dostępność skrobi do hydrolizy.



Rys. 1. Główne etapy otrzymywania bioetanolu z ziarna zbóż i czynniki wpływające na poszczególne etapy tego procesu (modyfikacja Smith i in., 2006)

Fig. 1. The main steps of bioethanol production from various cereal grains and factors effecting them (modified from Smith et al., 2006)

Tworzenie się skrobi odpornej znacznie utrudnia, czy wręcz uniemożliwia kompletną degradację enzymatyczną skrobi (Rahman i in., 2007). Na wydajność produkcji bioetanolu znacząco wpływa ilość amylozy w skrobi. Badania wykazały, że zawartość amylozy w skrobi wyższa niż 30% zwiększa jej tendencję do retrogradacji wskutek czego nie jest

możliwa jej całkowita hydroliza za pomocą enzymów (Haralampu, 2000; Wu i in., 2006), co powoduje zmniejszenie teoretycznej wydajności procesu hydrolizy. Na wydajność bioetanolu dodatkowo mają wpływ inne niezależne od surowca czynniki limitujące jego otrzymywanie, a związane bezpośrednio z samym procesem produkcyjnym, między innymi temperatura i czas prowadzenia fermentacji, rodzaj stosowanej pożywki drożdżowej, ciężar właściwy zacieru, zanieczyszczenia bakteryjne zacieru (rys. 1).

W odniesieniu do procesu produkcji bioetanolu, ważnym czynnikiem jest ciężar właściwy zacieru. Niski ciężar właściwy zacieru świadczy o niskiej ilości ekstraktu ziarna w roztworze, a tym samym o zbyt dużej ilości dodanej wody, co nie jest rozwiązaniem ekonomicznym. Zbytne rozcieńczenie zacieru wydłuża ponadto czas trwania procesu fermentacji i zwiększa ryzyko zanieczyszczenia bakteryjnego. Problemy te w znacznej części rozwiązuje zastosowanie w procesie wytwarzania etanolu zacierów o wysokim ciężarze właściwym (Thomas i in., 1995; Ingledew i in., 1999). Jednakże zbyt duża ilość rozpuszczonego ekstraktu przeliczona na 1l zacieru może mieć także negatywne skutki, przede wszystkim utrudnione jest wówczas mieszanie zacierów i w efekcie może dojść do niecałkowitego zhydrolizowania skrobi. Obniża to znacząco wydajność fermentacji. Dodatkowo w wyniku uwolnienia dużej liczby jednostek glukozowych drożdże mogą zostać poddane stresowi osmotycznemu, przez co spada ich żywotność i fermentacja może znacznie wydłużyć się w czasie, a nawet zostać przerwana (Wang i in., 1999; Jones i Ingledew, 1994; Thomas i in., 1994). Duża ilość wolnej glukozy wpływa także na szybkość hydrolizy dekstryn; spowodowane jest to utrzymywaniem stanu równowagi w zacierze. Niemniej ważne jest współdziałanie temperatury i ilości wytworzonego etanolu: podwyższenie temperatury wzmacnia toksyczne działanie tego związku na wzrost i działanie drożdży. Optymalne warunki temperatury fermentacji i stosunku wody do zmielonego ziarna w zacierze ustalono odpowiednio na 30°C i 2:1.

Swoistym katalizatorem do produkcji etanolu są drożdże piekarskie – *Saccharomyces cerevisiae*, dzięki którym czas fermentacji zacierów zbożowych staje się względnie krótki. Do wydajnego funkcjonowania i utrzymania długiej żywotności drożdże wymagają dostarczenia m.in. źródła azotu asymilacyjnego, którym jest FAN (skrót od Free Amino Nitrogen). Terminem tym określone są niskocząsteczkowe związki azotowe, a więc jony amonowe, pojedyncze aminokwasy, di- i tripeptydy, których całkowita zawartość w zacierach zbożowych jest uważana za dobry wskaźnik potencjalnego wzrostu drożdży i wydajności fermentacji (Lekkas, 2003). Wystarczający poziom niskocząsteczkowych związków azotowych w zacierze zapewnia skuteczny wzrost drożdży, co wiąże się ze zwiększoną wydajnością procesu fermentacji. Istnieje zróżnicowanie w tempie absorpcji i oddziaływaniu poszczególnych aminokwasów na komórki drożdży. Ponieważ drożdże poddawane są wielu stresom środowiskowym (podwyższona temperatura, wysokie stężenia glukozy oraz etanolu, obecność związków pochodzenia metabolicznego, itp.) które mogą spowodować skrócenie ich żywotności, nacisk kładzie się również na surowce zbożowe z korzystnym składem aminokwasowym. Glicyna i prolina są związkami działającymi jako osmoprotektanty dla drożdży. Z kolei lizyna i arginina opóźniają wzrost komórek drożdży, przez co czas fermentacji wydłuża się. Przy niekorzystnym składzie aminokwasowym w celu skrócenia czasu fermentacji stosuje się pożywki poprawiające

rozwój komórek drożdży. Najczęściej stosowanymi są mocznik, ekstrakt drożdżowy, kwasowy hydrolizat kazeiny (CAA — Casamino Acids), stanowiące źródło całkowicie zhydrolizowanego azotu białkowego (Thomas i Ingledew, 1990). Zbyt niska zawartość niskocząsteczkowych związków azotowych, zwłaszcza w zacierach z większą ilością cukrów, a także wyjście poza optymalny zakres temperatur (20-30°C) powoduje fermentację typu „stuck and sluggish”, czyli fermentację, gdzie etapy wykorzystywania cukrów są ekstremalnie powolne, zwłaszcza w końcowej fazie procesu fermentacji. Spowodowane jest to spadkiem żywotności drożdży w wyniku działania stresów środowiskowych.

Przy produkcji bioetanolu jako produkt uboczny powstaje wywar zbożowy, który po wysuszeniu staje się wartościowym komponentem w paszach szczególnie dla przeżuwaczy, ale także znajduje zastosowanie w żywieniu świń i drobiu (Pahm i in., 2008; Widmer i in., 2008; Applegate i in., 2009). Produkt ten jest bogaty w białko, w zależności od gatunku zboża zawiera średnio 9-13% tego składnika, o składzie aminokwasowym takim samym jak ziarna wyjściowego, stąd podejmowane są możliwości zintegrowania procesu produkcji bioetanolu ze zbóż z produkcją paszy (Dong i in., 1987). Z tym przypadkiem zwraca się uwagę aby ziarno przeznaczone do produkcji bioetanolu charakteryzowało się jak najniższą ilością mikotoksyn. Należy wziąć pod uwagę fakt, iż ze względu na bardzo wysoką zawartość włókna pokarmowego, dochodzącą do 1/3 masy suszu, suszony wywar może być stosowany w mieszankach paszowych dla monogastycznych jedynie, jako suplement, a nie jako jej dominujący składnik (San Buenaventura i in., 1987; Świątkiewicz i Korelski, 2003).

Istotnym czynnikiem, który powinien być uwzględniony przy produkcji bioetanolu jest całkowity koszt tego procesu. Na koszt ten składa się w głównej mierze cena surowca oraz skala produkcji. Im bardziej wydajny i tańszy surowiec oraz większa skala produkcji, tym proces produkcji bioetanolu staje się bardziej opłacalny. Ważnym wskaźnikiem kosztów procesowych jest zużycie energii w poszczególnych etapach produkcji bioetanolu. Największe nakłady energii pochłaniają etapy żelatynizowania skrobi, destylacji etanolu oraz suszenie pozostałości podestylacyjnych, czyli wszędzie tam, gdzie zachodzi konieczność użycia wysokiej temperatury. Skrócenie czasu trwania każdego z tych etapów oraz zintegrowanie całego procesu otrzymywania bioetanolu prowadzi do zmniejszenia wydatków energetycznych, a tym samym do obniżenia kosztów produkcyjnych. Prowadzono również badania mające na celu ograniczenie zużycia wody do sporządzania zacierów fermentacyjnych (Thomas i in., 1996). Dla odróżnienia ich od zacierów tradycyjnych określa się je jako Very High Gravity — zacierzy wysokiej gęstości.

W przypadku wykorzystania ziarna jako materiału opałowego należy brać pod uwagę surowce o wysokiej wartości opałowej, a więc zboża i odmiany charakteryzujące się wysoką zawartością związków wysokoenergetycznych, takich jak lipidy czy celuloza. Wartość opałowa wyraża się bowiem ilością ciepła wydzielanego przy spalaniu jednostki masy lub jednostki objętości paliwa przy jego całkowitym spalaniu, przy założeniu, że para wodna zawarta w spalinach nie ulega skropleniu, nawet wówczas gdy spaliny osiągną temperaturę początkową paliwa. Ważnym zatem wskaźnikiem opisującym wartość

opalać surowca jest zawartość wody: im większa wilgotność materiału, tym mniejsza jego wartość opałowa.

Rozpatrując zboża jako surowiec do produkcji bioetanolu oraz na cele opałowe pod uwagę brane są następujące gatunki: pszenica, żyto, pszenżyto, jęczmień, kukurydza oraz owies. Każde z tych zbóż ma swoje zalety i wady.

PRZYDATNOŚĆ RÓŻNYCH GATUNKÓW ZBÓŻ JAKO ŹRÓDEŁ ENERGII NIEKONWENCJONALNEJ

Pszenica

Pszenica to przede wszystkim zboże chlebowe o relatywnie wysokiej zawartości skrobi (tab. 1), ale także zboże osiągające najwyższe ceny na rynkach światowych. Największą zaletą pszenicy jest właśnie wysoka zawartość skrobi ogółem, o względnie niskiej zawartości (<30%) amylozy. Cecha ta ma wpływ na mniejszą tendencję skrobi do retrogradacji, co jak wcześniej wspomniano powoduje zwiększenie wydajności produkcji etanolu oraz niższe koszty produkcyjne.

Tabela 1

Porównanie zawartości składników w ziarnie różnych gatunków zbóż wpływających na ilość produkowanego bioetanolu (w SM)
Comparison of the content of grain components from different cereals effecting the amount of bioethanol produced (DM basis)

Zboże Cereal	Składnik [kg/t ziarna] Component [kg/tonne of grain]			Ilość wyprodukowanego etanolu [l/t ziarna] Quantity of ethanol produced [L/tonne of grain]	Autorzy Authors
	skrobia starch	białko protein	AraXyl/β-glukan AraXyl/β-glucan		
Pszenica Wheat	690			444	Smith, 2006
	709	108		446	Kingred i in., 2008
			66		Saini i Henry, 1989
Żyto Rye	638	100		409	Sosulski i in. 1997
	631			409	Wang i in. 1998
			122		Saini i Henry, 1989
Pszenżyto Triticale	632	130		402	Sosulski i in. 1997
	650			435	Wang i in. 1998
	667-686	99-106		403-412	Kucerova, 2007
			76		Saini i Henry, 1989
Jęczmień Barley	588	116		368	Sosulski i in. 1997
	537	159	65/52		Xue i in., 1997
Jęczmień nagi Hulless barley	700	155	68	443	Thomas i in. 1995
	597	165	45/56		Xue i in., 1997
Owies Hulled oat	474	99	28	296	Thomas i Ingledew, 1995
Owies nagi Naked oat	549	149	52	326	Thomas i Ingledew, 1995
Kukurydza Maize	720			439	Smith, 2006

^a — Wartości podano w przeliczeniu na zawartość składnika w suchej masie

^a — Values are given on dry matter basis

Zaobserwowano istotny wpływ składu frakcji białkowych pszenicy na wydajność alkoholu, która obniżała się ze wzrostem zawartości gliadyn (Kindred i in., 2008). Wyniki te mogą być cenną wskazówką dla hodowli w kierunku otrzymania odmian pszenicy najbardziej przydatnych do produkcji bioetanolu.

Zacier pszeniczny jest ubogi w azot przyswajalny przez drożdże. W celu przyspieszenia jego fermentacji wymagane jest dostarczenie egzogennej źródła niskocząsteczkowych związków azotowych lub wyprodukowanie ich na drodze hydrolizy białek pszenicznych.

Jak wspomniano wcześniej, koszt pszenicy jako surowca energetycznego jest stosunkowo wysoki ze względu na wysokie zapotrzebowanie na to zboże, nie tylko w Europie, ale również na innych kontynentach. Wykorzystanie pszenicy na cele energetyczne budzi szereg dylematów natury moralnej, a mianowicie czy do otrzymywania bioetanolu powinno się brać zboże, które jest podstawowym w żywieniu człowieka. W związku z tym coraz większą uwagę skierowuje się na wykorzystanie znacznie tańszych surowców jakimi są żyto i pszenżyto.

Żyto

Żyto jest surowcem przetwórczym względnie tanim w Polsce. Korzystne cechy ziarna żytniego przy jego ocenie przydatności do produkcji bioetanolu to niska zawartość niskocząsteczkowych związków azotowych oraz relatywnie krótki czas fermentacji zacieru (Ingledew i in., 1999; Wang i in., 1998). Utrudnienia technologiczne wynikają przede wszystkim z wysokiej zawartości rozpuszczalnych arabinoksylianów, które w wodzie tworzą roztwory o wysokiej lepkości i tym samym podnoszą koszty produkcji poprzez zwiększenie nakładów na eliminację tych niekorzystnych właściwości. Wydobywający się podczas fermentacji dwutlenek węgla jest zatrzymywany w lepkiej masie zaciernej powodując gwałtowne zwiększenie się jej objętości i dodatkowo proces ten jest potęgowany pęcznięciami w zacierze arabinoksylianami. Wyeliminowanie tych niepożądanych efektów sprowadza się do modyfikacji procesu sporządzania zacieru żytniego, poprzez dodanie do wodnej zawiesiny zmielonego ziarna enzymów typu hydrolaz, ksylanazy i arabinofuranozydazy, rozkładających związki lepkościotwórcze (Ingledew i in., 1999). Niewątpliwą zaletą tego zboża, w przeciwieństwie do pszenicy, jest dobre plonowanie na glebach o niższej klasie bonitacyjnej.

Pszenżyto

Pszenżyto jest uznane za jeden z lepszych surowców do produkcji bioetanolu z uwagi na wysoką aktywność amylolityczną i wynikającą z tego niską liczbę opadania. Powoduje to przyspieszenie etapu hydrolizy skrobi, stąd proces fermentacji przebiega w relatywnie krótkim czasie, pomimo że pszenżyto zawiera niższą od żyta zawartość niskocząsteczkowych związków azotowych. Dużą rolę odgrywa tu również czynnik ekonomiczny, gdyż zmniejsza się zapotrzebowanie na enzymy hydrolizujące skrobię do glukozy (Kucerova, 2007). Zacier pszenżytni w odróżnieniu do żytniego wykazuje znacznie niższą lepkość, co rozwiązuje część problemów technologicznych polegających na utrudnionym mieszaniu zacieru i niepełnej hydrolizie skrobi, a także podnoszeniu się masy fermentacyjnej w fermentorze. Wydajność produkcji bioetanolu jest porównywalna z tą otrzymaną z pszenicy, co kwalifikuje pszenżyto jako surowiec bardziej atrakcyjny, także ze względu na jego niższą cenę rynkową oraz względnie wysokie plonowanie na glebach gorszej jakości

w porównaniu z pszenicą (Wang i in., 1998; Sosulski i in., 1997; Wang i in., 1997). Przyczynia się do tego w znacznym stopniu dobrze opracowana technologia produkcji pszenżyta nie tylko jako gatunku, ale także jego poszczególnych odmian. Stwierdzona wysoka zmienność genetyczna cech ziarna warunkujących uzysk etanolu w obrębie istniejących elitarnych materiałów hodowlanych pszenżyta wskazuje na duże możliwości hodowli i selekcji pszenżyta na zwiększoną wydajność produkcji etanolu (Thiemt i in., 2006).

Pszenżyto ma tendencje do porastania przy niesprzyjających warunkach pogodowych podczas dojrzewania ziarna i jego zbioru. Często na skutek silnego porośnięcia dana partia ziarna jest całkowicie dyskwalifikowana jako surowiec do produkcji pasz czy nawet etanolu. W takiej sytuacji pszenżyto jest brane pod uwagę jako materiał opałowy.

Jęczmień

Jęczmień ma szerokie zastosowanie w browarnictwie i przemyśle paszowym. Biorąc pod uwagę cechy ziarna do produkcji bioetanolu jęczmień zawiera wyższą ilość FAN użyteczną dla drożdży w porównaniu z pszenicą (Thomas i in., 1995). Większe rozpowszechnienie odmian jęczmienia tradycyjnego w porównaniu z jęczmieniem nagim powoduje, że istotnym etapem produkcji etanolu z tego surowca staje się obróbka wstępna, polegająca na obłuszczeniu ziarna (Ingledew i in., 1995). Odmiany tradycyjne jęczmienia zawierają bowiem większą ilość włókna pokarmowego, a mniej skrobi; obłuszczenie zwiększa procentową ilość tego składnika w masie surowca, przez co znacznie podnosi się uzysk etanolu (Sosulski i in., 1997).

Duży wpływ na przebieg oraz wydajność produkcji etanolu z ziarna jęczmienia ma zawartość β -glukanów. Wykazano, iż wysoka zawartość tych związków zwiększa lepkość zacieru, co wpływa na zatrzymywanie wydobywającego się dwutlenku węgla w czasie fermentacji alkoholowej. Ten ostatni czynnik jest przyczyną gwałtownego zwiększenia się objętości zacieru i jego pienienia. Wzrost lepkości zacieru stwarza problemy natury technicznej, polegające głównie na utrudnionym mieszaniu zacieru, wpływa także na efektywność hydrolizy skrobi. Za rozwijanie się lepkości zacierów jęczmiennych, oprócz β -glukanów odpowiedzialne są również białka, arabinoksylany oraz żelatynizowana, ale niehydrolizowana skrobia (Thomas i in., 1995).

Problemy te można przezwyciężyć poprzez modyfikację procedury zacierania (Ingledew i in., 1999; Thomas i in., 1995). Zawiesinę wody i zmielonego ziarna jęczmiennego traktuje się preparatami obniżającymi lepkość — są to przede wszystkim enzymy typu β -glukanaz, które mają zdolność hydrolizy β -glukanu do celobiozy i glukozy, tym samym zapobiegają rozwojowi lepkości zacieru. Wykazano, że dodatek enzymów hydrolizujących β -glukan nie zwiększa ilości etanolu otrzymanego w wyniku fermentacji (Thomas i in., 1995). Prawdopodobną przyczyną tego jest zarówno powstawanie większej ilości celobiozy niż glukozy, jak i hamowanie działania β -glukanaz przez obecną w zacierze w dużych ilościach glukozę. Celobioza jak wiadomo nie ulega fermentacji. Zaletą zacieru jęczmiennego jest również ilość i kompozycja FAN. Stwierdzono, że zawartość FAN w zacierze jęczmiennym przewyższa dwukrotnie ilość tych związków z zacieru pszennego. Ponadto zacier jęczmienny zawiera relatywnie większe ilości glicyny i proliny; te dwa aminokwasy stanowiły wspólnie około 15% ilości sumarycznej FAN. Wadą, w

porównaniu z zacierami pszennymi, jest duża zawartość lizyny, co jak wcześniej wspomniano, może wpływać hamująco na wzrost drożdży.

Owies

Z uwagi na wysoką zawartość wysokoenergetycznych związków lipidowych owies można zaliczyć do grupy surowców, który jest bardziej przydatny bezpośrednio na opał niż jako surowiec do produkcji etanolu. Do takiej klasyfikacji owsa jako surowca energii odnawialnej przyczynia się również wysoka zawartość β -glukanów (Lee i in., 1997; Thomas i Ingledew, 1995). Wykazano, iż podobnie jak w przypadku jęczmienia wysoka zawartość tych związków powoduje utrudnienia procesu produkcji etanolu, związane przede wszystkim ze wzrostem lepkości zacieru podczas jego sporządzania oraz zatrzymywaniem wydobywającego się dwutlenku węgla w czasie fermentacji alkoholowej. W warunkach takich następuje wzrost objętości masy fermentacyjnej, który czasem przebiega dość gwałtownie.

Korzystną cechą owsa jako potencjalnego materiału do produkcji etanolu jest większa niż u pszenicy odporność na stres łagodnej suszy i znacznie niższe wymagania glebowe, może rosnąć na najłagodniejszych kompleksach glebowych. Na takich glebach owies znacznie lepiej plonuje niż inne zboża, pszenica w szczególności w wyniku czego mimo niższej zawartości skrobi w ziarniaku owsa ilość skrobi uzyskanej z jednostki powierzchni jego uprawy jest porównywalna z ilością skrobi otrzymywanej ze zbóż z wyższą zawartością skrobi. Ma też dość wysoką zawartość i korzystny skład jakościowo-ilościowy FAN w porównaniu z innymi zbożami co powoduje że nie jest koniecznym stosowanie większej ilości pożywki dla drożdży. Wspomniany powyżej proces wstępnej obróbki ziarniaków podwyższa zawartość skrobi w masie fermentacyjnej (Thomas i Ingledew, 1995). Pozostałe po obróbce wstępnej łuski owsiane stanowią dobry surowiec zarówno opałowy, jak i materiał II generacji do produkcji bioetanolu.

Kukurydza

Kukurydza jest podstawowym surowcem do produkcji etanolu paliwowego w Stanach Zjednoczonych (Tibelius i Trenholm, 1996). W porównaniu z innymi gatunkami zbóż kukurydza charakteryzuje się najwyższą wydajnością etanolu zarówno z jednostki masy, jak i z jednostki powierzchni uprawy (Smith, 2006). Wiąże się to z jednej strony z wysoką zawartością skrobi w ziarniaku oraz wysokim plonowaniem. Fermentacji alkoholowej poddawane jest tylko bielmo składające się prawie wyłącznie ze skrobi. Dzięki stosowaniu przemiału na mokro ziarna kukurydzy możliwe jest uzyskanie rozdziału poszczególnych jego komponentów. Stosunkowo niska ilość pentozanów sprawia, że nie występuje tu zjawisko rozwijania lepkości zacieru i tym samym wyeliminowane zostają utrudnienia technologiczne związane zarówno z zacieraniem masy fermentacyjnej, jak i pienieniem zacieru w czasie jego fermentacji. Szczególną uwagę należy zwrócić na odmiany z niską zawartością amylozy w skrobi. Odmiany o podwyższonej zawartości amylozy celem podwyższenia wydajności produkcji etanolu wymagają wyższej temperatury upłynnienia (rzędu 70–80°C); ułatwia to rozszczepienie wiązań poprzecznych skrobi odpornej, ale jednocześnie mogą zachodzić reakcje pomiędzy cukrami redukującymi a aminokwasami (reakcje Maillarda) oraz karmelizacja, co powoduje straty glukozy. Wysoka wilgotność ziarna w czasie zbiorów może być zarówno zaletą, jak i wadą surowca, gdyż o ile zużywana

jest mniejsza ilość wody do sporządzenia zacierów kukurydzianych, to o tyle problemem (czysto finansowym) jest przechowywanie i suszenie ziarniaków. Ziarno nienadające się na paszę, czyli niedojrzałe, wilgotne bądź zainfekowane grzybami również może być surowcem do produkcji etanolu, jednakże wówczas nie jest możliwe wykorzystanie ubocznych produktów do sporządzania mieszanek paszowych.

INNE KIERUNKI BADAŃ

Trwają intensywne badania nad opracowaniem efektywnej technologii produkcji bioetanolu ze zbóż. Badania te angażują środowiska naukowe z wielu dziedzin nauki (biotechnologii, inżynierii genetycznej, chemii, itp.) w celu otrzymania bardziej odpowiedniego surowca jak również opracowania najbardziej efektywnego procesu produkcji bioetanolu. Dotyczą one nie tylko podniesienia wydajności etanolu ze skrobi poprzez etap jej hydrolizy do glukozy, ale również wykorzystania innych węglowodanów stanowiących budulec ziarniaka w procesie ich konwersji do etanolu.

Jednym z kierunków badań jest wyznaczenie sposobu bezpośredniego przekształcania skrobi na etanol przez kokultury drożdżowe i poprzez równoczesne zastosowanie szczepów drożdży amylolitycznych, takich jak *Saccharomyces diastaticus* czy *Endomycopsis capsularis* oraz drożdży destylacyjnych *Saccharomyces cerevisiae* 21. Organizmy te były zarówno niemodyfikowane, jak i modyfikowane genetycznie (Verma i in., 2000). Stwierdzono lepszą utylizację skrobi w przypadku zastosowania kokultury *S. diastaticus* i *S. cerevisiae* 21 w porównaniu z monokulturą *S. diastaticus* czy kokulturą *E. capsularis* i *S. cerevisiae*.

Dużo uwagi poświęca się także badaniom nad wykorzystaniem otręb pszennych w celu dalszego poprawienia uzysku etanolu poprzez uwolnienie glukozy z celuloz i hemiceluloz zarówno na drodze hydrolizy enzymatycznej, jak i za pomocą rozcieńczonego kwasu siarkowego(VI). Otręby pszenne stanowią 14%–19% masy ziarna, zawierają głównie skrobię, celulozę, β -glukan, ligniny i część białkową. Eksperymentalna procedura użyta do oceny różnych metod hydrolizy otręb pszennych przedstawiona została przez Parmarola-Adrados i wsp. (2005). Obróbka wstępna zawiesiny polegała między innymi na zastosowaniu mikrofal bądź rozcieńczonych roztworów kwasu siarkowego (VI) w zakresie niskich stężeń, w granicach 0,1%–0,5%. Trawienie enzymatyczne jest kluczowym etapem uwolnienia glukozy z takich polimerów jak glukany, skrobia czy celuloza, natomiast zastosowanie rozcieńczonego roztworu kwasu siarkowego (VI) sprzyja uwolnieniu pentoz (arabinozy, ksylozy). Zwiększa to znacznie ilość substratu fermentacyjnego, jednakże mikroorganizmy stosowane obecnie w przemyśle spirytusowy nie posiadają zdolności konwersji pentoz na etanol (Parmarola-Adrados i in., 2004).

Pentozy, a szczególnie ksyloza, mogą być przetwarzane na etanol za pomocą genetycznie modyfikowanego szczepu bakterii *Zymomonas mobilis* (Bekers i Viesturs, 1998). Mikroorganizm ten jest bardziej odporny na wysokie stężenie zarówno glukozy, jak i etanolu niż powszechnie używane drożdże piekarskie. Według w.w. autorów i Olssona i wsp. (2006) wykorzystanie substratów przez ten szczep bakterii jest zdecydowanie szybsze, a także zwiększa się wydajność tworzenia etanolu.

PODSUMOWANIE

Podsumowując zagadnienie dotyczące wykorzystania ziarna zbóż jako surowca do produkcji bioetanolu należy stwierdzić różną przydatność poszczególnych gatunków dla tych celów (tab. 1 i 2). Głównym czynnikiem stanowiącym o przydatności zbóż do produkcji bioetanolu jest ogólna zawartość skrobi w ziarniaku oraz plon ogólny ziarna z jednostki powierzchni uprawy. Im obie te cechy są wyższe, tym ilość uzyskiwanego bioetanolu również z jednostki powierzchni się zwiększa i tym wyższa jest opłacalność tej produkcji. Duże znaczenie ma także obecność łuski; formy nagie jęczmienia i owsa zawierają relatywnie większą ilość skrobi niż formy tradycyjne. Z uwagi na stosowanie drożdży na etapie fermentacji istotny jest również poziom i skład wolnych aminokwasów, które są pożywką dla drożdży.

Tabela 2

Porównanie plonu etanolu i wartości energetycznej ziarna różnych gatunków zbóż
Comparison of ethanol yield and gross energy of grain from different cereals

Zboże Cereal	Plon etanolu (L/ha)* Ethanol yield (L/ha)*	Energia brutto [MJ/kg ziarna] Gross energy [MJ/kg of grain]	Autorzy Authors
Pszenica Wheat	1379	18,49	Pedersen, Eggum, 1983b
Żyto Rye	1123	18,49	Pedersen, Eggum, 1983a
Jęczmień Barley	773	18,69	Pedersen, Eggum, 1983c
Kukurydza Maize	2520	18,79	Pedersen, Eggum, 1983d
Owies Oat		17,55	(niepublikowane dane własne) (unpublished data)
Owies nagi Naked oat		18,30	

*Dane wg Kusia (2002)

Relatywnie niska zawartość rozpuszczalnych arabinoksylianów i β -glukanów w ziarnie jest cechą korzystną surowca przeznaczonego do produkcji bioetanolu z uwagi na mniejsze problemy technologiczne wynikające z tworzenia zacierów o niskiej bądź bardzo niskiej lepkości. Problem wysokiej zawartości rozpuszczalnych polisacharydów dotyczy ziarna żyta, jęczmienia i owsa, stąd ziarno przeznaczone do produkcji bioetanolu powinno wybierać się spośród odmian o najniższej zawartości tych związków. Zróżnicowanie genetyczne cech warunkujących wysoką produkcję etanolu wskazuje na możliwość prowadzenia specjalnych programów hodowlanych nakierowanych na tworzenie odmian spełniających kryteria jakościowe surowca do produkcji bioetanolu. Takie przedsięwzięcia są podejmowane już w przypadku pszenżyta, w którym wysoka aktywność amylolityczna i niskie wartości liczby opadania przy wysokiej zawartości skrobi a niskiej białka są cechami korzystnymi dla takiego sposobu wykorzystania ziarna.

Zboża przeznaczone na cele opałowe niezależnie od gatunku powinny mieć niską wilgotność, zatem duże znaczenie ma tu suszenie ziarna i jego przechowywanie. Większa zawartość lipidów, szczególnie w formie nagiej podwyższa wartość opałową owsa w porównaniu z innymi zbożami.

LITERATURA

- Applegate T. J., Troche C., Jiang Z., Johnson T. 2009. The nutritional value of high-protein corn distillers dried grains for broiler chickens and its effect on nutrient excretion. *Poultry Sci.* 88: 354 — 359.
- Bekers M., Viesturs U. 1998. Integrated bio-system for biofuel production from agricultural raw materials in Latvia. In: *Proceedings of the Internet Conference on Integrated Bio-Systems*.
- Cornfine S., Miedl M., Stewart G. G., Shepherd M. 2006. Bioethanol production from wheat. *Research Newsletter ICBID Spring* 2006.
- Dane własne, niepublikowane (sprawozdanie za rok 2008 z realizacji tematu nr 4-1-05-2-01).
- De Carvalho Macedo I. 1998. Greenhouse gas emissions and energy balances in bio-ethanol production and utilization in Brazil. In: *Biomass and Bioenergy* 14: 77 — 81.
- Demirbas A. 2005. Bioethanol from cellulosic materials: a renewable motor fuel from biomass; *Energy Sources*, 27: 327 — 337.
- Dong F. M., Rasco B. A., Gazzaz S. S. 1987. A protein quality assessment of wheat and corn distillers dried grains with solubles. *Cereal Chem.* 64: 327 — 332.
- Dyrektywa 2003/30/WE Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej.
- Grining S. 2001. Zamieszanie w baku. *Przegląd Techniczny* nr 15.
- Haralampu S. G. 2000. Resistant starch — a review of the physical properties and biological impact of RS₃. *Carbohydrate Polymers* 41: 285 — 292.
- Inglede W. M., Jones A. M., Bhatti R. S., Rossnagel B. G. 1995. Fuel alcohol production from hull-less barley; *Cereal Chem.* 72: 147 — 150.
- Inglede W. M., Thomas K.C., Hynes S.H., McLeod J. G. 1999. Viscosity concerns with rye mashed used for ethanol production. *Cereal Chem.* 76: 459 — 464.
- Jones A. M., Ingledew W. M. 1994. Fuel alcohol production: optimization of temperature for efficient very high gravity fermentation. *Appl. Environ. Microbiol.* 60: 1048 — 1051.
- Kindred D. R., Verhoeven T. M. O., Weightman R. M., Swanson J. S., Agu R. C., Brosnan J. M., Sylvester-Bradley R. 2008. Effect of variety and fertilizer nitrogen on alcohol yield, grain yield, starch and protein content, and protein composition of winter wheat. *J. Cereal Sci.* 48: 46 — 57.
- Kucerova J. 2007. The effect of year, site and variety on the quality characteristics and bioethanol yield of winter triticale; *J. Inst. Brew.* 113, 142 — 146.
- Kuś J. 2002. Produkcja biomasy na cele energetyczne. *PAN Lublin Biul. Inform.* 7.
- Lacerenza J. A., Martin J. M., Talbert L. E., Lanning S. P., Giroux M. J. 2008. Relationship of ethanol yield to agronomic and seed quality characteristics of small grains. *Cereal Chem.* 85: 322 — 328.
- Lee C. J., Horsley R. D., Manthey F. A., Schwarz P. B. 1997. Comparisons of β -glucan content of barley and oat; *Cereal Chem.* 74: 571 — 575.
- Lekkas C. 2003. The importance of free amino nitrogen (FAN) in wort and beer. *Res. Newsletter ICBID, Winter* 2003.
- Olsson L., Soerensen H. R., Dam B. P., Christensen H., Krogh K. M., Meyer A. S. 2006. Separate and simultaneous enzymatic hydrolysis and fermentation of wheat hemicellulose with recombinant xylose utilizing *Saccharomyces cerevisiae*. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 129-132: 117 — 129.
- Pahm A. A., Pederson C., Hoehler D., Stein H. H. 2008. Factors affecting the variability in ileal amino acid digestibility in corn distillers dried grains with solubles fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 86: 2180 — 2189.
- Palmarola-Adrados B., Choteborska P., Galbe M., Zacchi G. 2005. Ethanol production from non-starch carbohydrates of wheat bran. *Bioresource Technology* 96: 843 — 850.

- Palmarola-Adrados B., Juhasz T., Galbe M., Zacchi G. 2004. Hydrolysis of nonstarch carbohydrates of wheat-starch effluent for ethanol production. *Biotechnology Progress* 20: 474 — 479.
- Pedersen B., Eggum B. O. 1983 a. The influence of milling on the nutritive value of flour from cereal grains. 1. Rye. *Plant Foods for Human Nutrition* 32: 185 — 196.
- Pedersen B., Eggum B. O. 1983 b. The influence of milling on the nutritive value of flour from cereal grains. 2. Wheat. *Plant Foods for Human Nutrition* 33: 51 — 61.
- Pedersen B., Eggum B. O. 1983 c. The influence of milling on the nutritive value of flour from cereal grains. 3. Barley. *Plant Foods for Human Nutrition* 33: 99 — 112.
- Pedersen B., Eggum B. O. 1983 d. The influence of milling on the nutritive value of flour from cereal grains. 5. Maize. *Plant Foods for Human Nutrition* 33: 299 — 311.
- Xue Q., Wang L., Newman R.K., Newman C.W., Graham H. 1997. Influence of the hullless, waxy starch and short-awn genes on the composition of barleys. *Journal of Cereal Science* 26, 251 — 257.
- Rahman S., Bird A., Regina A., Li Z., Ral J. F., McMaugh S., Topping D., Morell M. 2007. Resistant starch in cereals: Exploiting engineering and genetic variation. *J. Cereal Sci.* 46: 251 — 260.
- Saini H. S., Henry R. J. 1989. Fractionation and evaluation of triticale pentosans: comparison with wheat and rye. *Cereal Chem.* 66: 11 — 14.
- San Buenaventura M. L., Dong F. M., Rasco B. A. 1987. The total dietary fiber content of distillers' dried grains with solubles. *Cereal Chem.* 64: 135 — 136.
- Smith T. C., Kindred D. R., Brosnan J. M., Weightman R. M., Shepherd M., Sylvester-Bradley R. 2006. Wheat as a feedstock for alcohol production. *Research Review No.61*, December 2006.
- Sosulski K., Wang S., Ingledew W. M., Sosulski F. W., Tang J. 1997. Preprocessed barley, rye and triticale as a feedstock for an integrated fuel ethanol-feedlot plant. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 63 — 65: 59 — 70
- Świątkiewicz S., Koreleski J. 2003. Zastosowanie suszonego wywaru z kukurydzy jako komponentu mieszanek paszowych dla kurcząt brojlerów. *Rocz. Nauk Zoot.* 30: 376 — 380.
- Thiement E. M., Senn T., Oettler G. 2006. Genetic variation for ethanol production in winter triticale. In: *Proc.6th International Triticale Symposium*. Stellenbosch, South Africa, 89 — 93.
- Thomas K. C., Dhas A., Rossnagel B. G., Ingledew W. M. 1995. Production of fuel alcohol from hull-less barley by very high gravity technology. *Cereal Chem.* 72: 360 — 394.
- Thomas K. C., Hynes S. H., Ingledew W. M. 1996. Practical and theoretical considerations in the production of high concentrations of alcohol by fermentation. *Process Biochem.* 31: 321 — 331.
- Thomas K. C., Hynes S. H., Ingledew W. M. 1994. Effects of particulate materials and osmoprotectants on Very-High-Gravity ethanolic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. *Appl. Environ. Microbiol.* 60: 1519 — 1524.
- Thomas K. C., Ingledew W. M. 1990. Fuel alcohol production: effects of Free Amino Nitrogen on fermentation of Very-High-Gravity wheat mash. *Appl. Environ. Microbiol.* 56: 2046 — 2050.
- Thomas K.C., Ingledew W. M. 1995. Production of fuel alcohol from oats by fermentation. *J. Industrial Microbiol.* 15: 125 — 130.
- Tibellius Ch., Trenholm H. 1996. Coproducts and near coproducts of fuel ethanol fermentation from grain; http://res2.agr.ca/publications/cfar/chap1_e.htm.
- Verma G., Nigam P., Singh D., Chaudhary K. 2000. Bioconversion of starch to ethanol in a single-step process by coculture of amylolytic yeasts and *Saccharomyces cerevisiae* 21. *Bioresource Technol.* 72: 261 — 266.
- Wang S., Ingledew W. M., Thomas K. C., Sosulski K., Sosulski F. W. 1999. Optimization of fermentation temperature and mash specific gravity for fuel alcohol production. *Cereal Chem.* 76: 82 — 86.
- Wang S., Thomas K. C., Ingledew W. M., Sosulski K., Sosulski F. W. 1998. Production of fuel ethanol from rye and triticale by very-high-gravity (VHG) fermentation. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 69: 157 — 175.
- Widmer M. R., McGinnis L. M., Wulf D. M., Stein H. H. 2008. Effects of feeding distillers dried grains with soluble, high-protein distillers dried grains, and corn germ to growing-finishing pigs on pig performance, carcass quality and the palatability of pork. *J. Anim. Sci.* 86: 1819 — 1831.

- Wu X., Zhao R., Wang D., Bean S. R., Seib P. A., Tuinstra M. R., Campbell M., O'Brien A. 2006. Effects of amylose, corn protein and corn fiber contents on production of ethanol from starch-rich media. *Cereal Chem.* 83: 569 — 575.

TADEUSZ OLEKSIKPracownia Ekonomiki Nasiennictwa i Hodowli Roślin
Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa, IHAR — Radzików

Plony pszenicy ozimej w zależności od jakości stosowanego materiału siewnego

Winter wheat yields depending on the quality of applied sowing material

Przeprowadzono analizę wpływu kwalifikowanego materiału siewnego na wielkość plonów pszenicy ozimej. Materiał źródłowy stanowiły dane z gospodarstw indywidualnych objętych badaniami ankietowymi prowadzonymi w latach 1986–2003. Porównywano plony uzyskane na polach gdzie stosowano kwalifikowany materiał siewny z plonami z pól gdzie stosowano materiał niekwalifikowany. Oddziaływanie kwalifikowanego materiału siewnego na plon porównano z innymi czynnikami plonotwórczymi. Widoczny jest związek między jakością stosowanego materiału siewnego a ogólnym poziomem agrotechniki. Stwierdzono istotne różnice w wysokości osiągniętych plonów w zależności od zastosowanego materiału siewnego, rosnące znaczenie KMS jako czynnika plonotwórczego i korzystne efekty stosowania kwalifikowanego materiału siewnego. Średni wzrost plonu w roku siewu w każdym z analizowanych okresów kompensował dodatkowe koszty ponoszone w związku z zakupem nasion.

Słowa kluczowe: badania ankietowe, materiał siewny, pszenica ozima, plon, regresja wielokrotna

Analysis of the influence of certified seeds on yielding of winter wheat was done. The survey data collected from farms in the years 1986–2003 were used. The yields obtained with and without using certified seeds were compared. The influence of certified seed on yield was compared to the effects of other yield creating factors. A distinct relation between the quality of applied sowing material and general technology level was found. Significant effects of seeds on wheat yield were recorded. Moreover, increasing meaning of certified seeds as a yield creating factor and advantages from the applying certified seeds were confirmed. In each of the analyzed periods of time the average increase in yield obtained due to the using certified seeds was found to compensate for extra expenses connected with the purchase of sowing material.

Key words: survey investigation, seeds, winter wheat, yield, multiply regression

WSTĘP

Warunkiem uzyskania wysokiej produktywności roślin, współdecydującym o opłacalności uprawy, jest stosowanie dobrego materiału siewnego. Stwierdzenie to, nie przekonuje znacznej części producentów do korzyści wynikających ze stosowania kwalifikowanych nasion. W ostatnim 10-leciu powierzchnia kwalifikowanych plantacji nasiennych zbóż zmniejszyła się ponad trzykrotnie. Malą produkcja i sprzedaż kwalifikowanego materiału

siewnego a w efekcie stale zmniejszał się ich udział w zasiewach. Rolnicy „oszczędzają” stosując nasiona własne, gorsze ale tańsze, albo kupują nasiona z plantacji towarowych, które nie spełniają podstawowych wymogów stawianych materiałowi siewnemu.

Dotychczas nie prowadzono badań efektywności kwalifikowanego materiału siewnego, opartych o dane zbierane bezpośrednio z produkcji. Aby zachęcić rolników do stosowania kwalifikowanego materiału siewnego podaje się jedynie szacunkowe wartości wzrostu plonowania, nie będące wynikiem badań opartych na reprezentatywnej próbie. Stąd też istnieje potrzeba przeprowadzenia ekonomicznej oceny efektów i kosztów stosowania dobrego materiału siewnego w praktyce.

MATERIAŁ I METODY

Materiał źródłowy stanowiły dane z gospodarstw objętych badaniami ankietowymi prowadzonymi w latach 1986–2003 przez Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, we współpracy z Instytutem Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej. Prowadzono je na reprezentatywnej grupie, około 500 gospodarstw rocznie. Do obliczeń wykorzystano obserwacje pochodzące z 8429 różnych pól uprawnych. Na wstępie porównano agrotechnikę stosowaną w dwóch podzbiorach wydzielonych z analizowanej bazy danych: w gospodarstwach stosujących kwalifikowany materiał siewny i w gospodarstwach stosujących materiał niekwalifikowany. Porównywano wielkość nawożenia mineralnego, mierzoną liczbą zabiegów intensywność ochrony chemicznej, ilość wysiewu, warunki glebowe, a także potencjał plonowania stosowanych odmian i ich wiek, czyli czas od rejestracji. Porównywano także średnie wielkości gospodarstw i pól. Potencjał plonowania poszczególnych odmian określano jako wynikające z wieloletnich porównań średnie odchylenie od wspólnego wzorca.

Analizowano dane łącznie dla całego okresu badań i dla trzech podokresów czyli dla lat 1986–1991, 1992–1997 i 1998–2003. W celu zniwelowania wpływu lat na wyniki, plony rzeczywiste przekształcono na relatywne czyli wyrażone w formie relacji do średniego plonu w danym roku.

Analizę przeprowadzono w dwóch wersjach; dla plonów rzeczywistych, bez uwzględniania różnic w stosowanej agrotechnice, i dla plonów poprawionych po teoretycznym wyrównaniu warunków uprawy. W tym celu wykorzystano wyniki funkcji regresji wielokrotnej. Uwzględniono te elementy które w największym stopniu wpływały różnicująco na plon. Na podstawie cząstkowych współczynników regresji oszacowano oddziaływanie czynników plonotwórczych na plonowanie, a następnie wyliczono plony poprawione uwzględniające zróżnicowanie warunków uprawy na poszczególnych polach, możliwe do uzyskania przy uśrednionym poziomie głównych czynników plonotwórczych, tak aby czynnikiem różnicującym pozostał materiał siewny (Oleksiak i in., 2004).

Istotność różnic w zależności od stosowanych nasion dla plonów rzeczywistych i poprawionych szacowano za pomocą testu t-Studenta.

Oddziaływanie kwalifikowanego materiału siewnego na plon porównano z innymi czynnikami plonotwórczymi. Ponieważ użycie, bądź nieużycie, kwalifikowanego materiału siewnego jest cechą skokową o rozkładzie 0–1 (binarnym) nie jest możliwe

wyznaczenie dla tej cechy współczynnika korelacji Pearsona, ani, co za tym idzie włączenia tego czynnika do modelu regresji wielokrotnej. Wyznaczono więc, dla tej cechy, współczynnik korelacji rangowej Spearmana. Wyznaczony współczynnik korelacji, po podniesieniu go do kwadratu, porównywano z wcześniej wyznaczonymi cząstkowymi współczynnikami determinacji głównych czynników plonotwórczych, wyznaczonymi w analizie regresji wielokrotnej (Hollander, 1973; Morrison, 1990).

Oceniono praktyczne efekty stosowania kwalifikowanego materiału siewnego (KMS) porównując plony uzyskane na polach gdzie stosowano taki materiał siewny z plonami z pól, gdzie stosowano materiał niekwalifikowany. W kalkulacji uwzględniono dodatkowe koszty ponoszone w związku ze stosowaniem kwalifikowanego materiału siewnego.

Do wykonania analiz statystycznych wykorzystano pakiet SAS 9 (SAS Institute Inc., 2004).

WYNIKI I DYSKUSJA

Temat efektywności stosowania kwalifikowanego materiału siewnego, mimo wagi tego zagadnienia, jest bardzo rzadko podejmowany a opinie o korzyściach wynikających z jego stosowania słabo udokumentowane. Tym bardziej, że wyniki nielicznych doświadczeń ścisłych dotyczących zależności plonu od stopnia odsiewu są niejednoznaczne, a często nawet sprzeczne ze sobą. Krzymuski (1994) spadek plonów spowodowany degradacją nasion szacował na 1–3% rocznie. Badania Piecha (1994) dowodzą istotnej zależności plonu od stopnia odsiewu — od 0,19 do 0,33 dt·ha⁻¹ na jeden stopień odsiewu, zróżnicowanej w zależności od lat i miejsca prowadzenia doświadczeń. Najwięcej tego typu badań prowadzono dla relatywnie nowego gatunku czyli pszenżyta. Według Wolskiego (1987) nie obserwowano spadku plonów w kolejnych latach uprawy, pod warunkiem, że stosowana była selekcja negatywna. Z kolei w prowadzonych przez 10 lat badaniach dotyczących degeneracji materiału siewnego (Kwiatkowski, 1997) nie stwierdzono istotnego spadku plonu ziarna w kolejnych rozmnożeniach. Statystycznie istotnych różnic w plonowaniu kolejnych generacji nasion nie stwierdzano w badaniach Małuszyńskiej (2003) i Działmy (2004).

Wyników tych, uzyskiwanych w badaniach ścisłych, nie można porównywać z efektami z produkcji towarowej prezentowanych w niniejszej pracy. Rzeczywisty efekt plonotwórczy nasion w warunkach produkcyjnych to wynik łącznego oddziaływania i współdziałania jakości materiału siewnego, wynikającej z postępu hodowlanego wartości odmiany, agrotechniki i przyrodniczych warunków uprawy. Tym bardziej złożone jest, bo dodatkowo warunkowane cenami nasion i ziarna, zagadnienie ekonomicznych korzyści wynikających ze stosowania kwalifikowanego materiału siewnego.

Porównując gospodarstwa stosujące i nie stosujące kwalifikowanego materiału siewnego stwierdzamy statystycznie potwierdzone związki między użyciem nasion kwalifikowanych a wielkością gospodarstwa i stosowaną agrotechniką. Nasiona kwalifikowane częściej używane są w gospodarstwach większych (średni obszar pól na których stosowano kwalifikowany materiał siewny był o ponad połowę większy niż pól gdzie stosowano materiał niekwalifikowany), stosujących wyższe nawożenie mineralne i prowadzących

intensywną chemiczną ochronę roślin, szczególnie ochronę przed chorobami grzybowymi (tab. 1).

Tabela 1

Związki między stosowaniem kwalifikowanego materiału siewnego, skalą produkcji oraz intensywnością nawożenia i ochrony a wielkością plonów
Relations between application of certified seeds, intensity of fertilization, and chemical protection and yields

Czynniki Factors	Jednostki Units	Lata — Years						1986–2003		
		1986–1991		1992–1997		1998–2003				
		1	2	1	2	1	2	1	2	r*
Powierzchnia gospodarstwa Farm area	ha	10,7	9,4	19,2	13,6	39,2	25,4	25,23	17,6	0,1928
Powierzchnia użytków rolnych Utilized agricultural area	ha	9,9	8,5	18,1	12,5	37,9	23,6	24,1	16,2	0,2042
Obszar plantacji Field area	ha	1,4	1,0	2,3	1,5	4,8	2,9	3,1	2,0	0,1844
N	kg·ha ⁻¹	73,7	58,6	71,2	56,3	88,2	68,0	79,2	61,7	0,3723
P ₂ O ₅	kg·ha ⁻¹	68,1	51,3	47,5	35,2	50,8	36,7	55,2	39,4	0,2599
K ₂ O	kg·ha ⁻¹	90,5	59,8	53,0	35,3	62,2	41,3	68,3	43,1	0,2792
Herbicydy Herbicides	liczba zabiegów number of treatments	0,94	0,68	1,09	0,97	1,31	1,19	1,14	1,00	0,2266
Fungicydy Fungicides	liczba zabiegów number of treatments	0,36	0,22	0,50	0,23	0,89	0,37	0,62	0,29	0,3711
Jakość gleby Soil quality	punkty 18-100 points	68,5	67,5	67,4	65,2	67,2	65,8	67,6	65,9	0,1989
Ilość wysiewu Sowing rate	kg·ha ⁻¹	268	261	290	275	264	273	273	271	0,1034
Potencjał plonotwórczy odmiany DY A Yield ability of variety DY A	dt·ha ⁻¹	-0,41	-0,85	2,30	1,30	4,16	3,44	2,21	1,73	0,1648
Wiek odmian Years since variety release	liczba lat number of years	8,1	10,2	7,8	11,0	7,7	10,3	7,8	10,5	0,2008

1 — Nasiona kwalifikowane; certified seeds

2 — Nasiona niekwalifikowane; Non-certified seeds

* Współczynniki korelacji z plonem, istotne na poziomie istotności $\alpha = 0,001$

* Correlation coefficient with yield, significant at $\alpha = 0.001$

Różnice dotyczące wieku i potencjału plonotwórczego stosowanych odmian są naturalną konsekwencją kupowania materiału kwalifikowanego, czyli szybszej introdukcji postępu biologicznego. Z kolei różnice w jakości gleby mogą świadczyć o preferencjach przy wyborze stanowiska obsiewanego materiałem kwalifikowanym. Stosowanie kwalifikowanego materiału siewnego jest istotnie skorelowane z poziomem głównych czynników agrotechnicznych. Można postawić tezę, że w gospodarstwach gdzie używa się kwalifikowanego materiału siewnego ogólny poziom agrotechniki jest wyższy, a już sama inwestycja w lepszy, ale i droższy materiał siewny stymuluje do stosowania bardziej

intensywnej technologii (wyższe nawożenie, więcej zabiegów chemicznych), jak również skłania do lokowania takich plantacji na lepszych stanowiskach. Przyjmując tezę o efekcie stymulującym intensywność produkcji nie można jednak stwierdzić że cała różnica w wielkości plonów osiąganych na polach, gdzie stosowano bądź nie stosowano kwalifikowanego materiału siewnego, wynika jedynie z jakości nasion.

Wstępnym elementem pracy była ocena wpływu czynników agrotechnicznych na poziom plonowania. Określono modele plonowania dla całego okresu badań, jak i dla trzech podokresów, w trzech wersjach; bez uwzględniania zróżnicowania materiału siewnego dla kwalifikowanego materiału siewnego i dla niekwalifikowanego materiału siewnego. W zestawieniach uwzględniono czynniki wchodzące do modeli przy poziomie istotności 0,5, w przypadku gdy dany czynnik wchodził do modelu a nie był istotny, podawano jedynie wartość statystyki F ze znakiem NS. Wartości cząstkowych współczynników regresji, cząstkowych współczynników determinacji i statystyki F zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Analiza regresji wielokrotnej dla głównych czynników plonotwórczych (1986–2003)
Multiple regression analysis for main yield creating factors (1986–2003)

Cecha Trait	Ogółem Total			Materiał siewny kwalifikowany Certified seeds			Materiał siewny niekwalifikowany Non certified seeds		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
N	0,1309	0,1243	509,69**	0,1223	0,1062	172,43**	0,1332	0,0941	485,81**
Fungicydy Fungicides	8,9725	0,0583	1188,36**	8,9506	0,0594	520,74**	7,3452	0,0334	149,58**
Jakość gleby Soil quality	0,3354	0,0496	434,31**	0,3697	0,0570	196,76**	0,2955	0,0396	204,73**
K ₂ O	0,0496	0,0106	117,96**	-	-	NS	0,0807	0,0127	60,24 **
Herbicydy Herbicides	4,9948	0,0099	83,31**	3,6440	0,0050	20,03**	5,3317	0,0122	57,83 **
P ₂ O ₅	0,0474	0,0019	15,52**	0,0690	0,0083	28,96**			NS
Insektycydy Insecticides	4,0229	0,0013	10,50**	3,0609	0,0001	3,62*	5,6906	0,0018	8,36**

A — Cząstkowy współczynnik regresji; Partial regression coefficient

B — Cząstkowy współczynnik determinacji; Partial determination coefficient

C — Wartość F; F value

** Istotne dla $\alpha = 0,001$; Significant at $\alpha = 0,001$

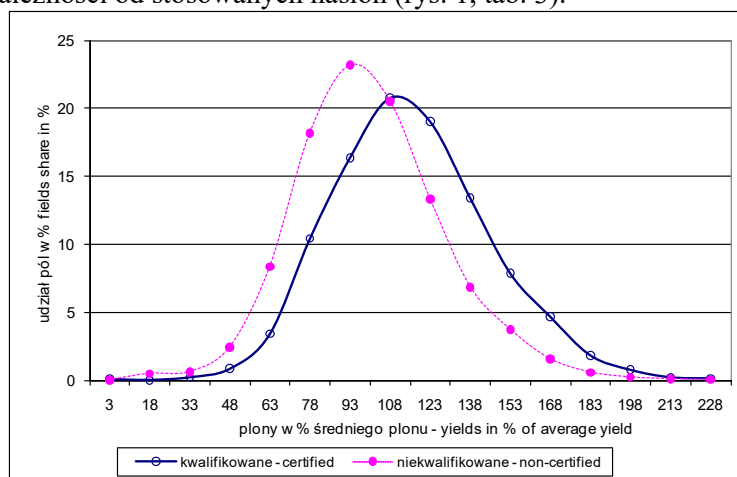
* Istotne dla $\alpha = 0,01$; Significant at $\alpha = 0,01$

NS Nieistotne ; Non significant

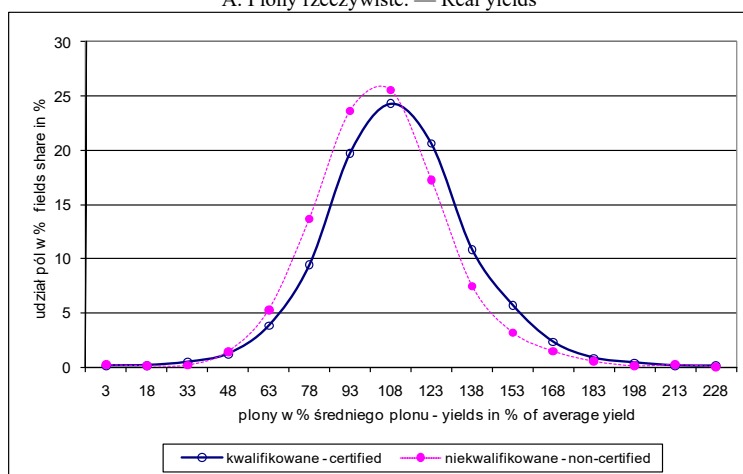
Na podstawie analizy regresji wielokrotnej określono zależność regresyjną plonów od następujących czynników: jakość gleby, nawożenie azotowe, nawożenie fosforowe, nawożenie potasowe, częstość stosowania herbicydów, fungicydów i insektycydów. Analizując wyniki dla całego okresu badań stwierdzono że, (bez względu na to czy analiza dotyczyła plantacji na których stosowano nasiona kwalifikowane czy też niekwalifikowane) czynnikami najsilniej determinującymi plon były jakość gleby i poziom nawożenia azotowego. Różnice były widoczne w oddziaływaniu pestycydów. Na plantacjach, gdzie stosowano nasiona kwalifikowane stwierdzono silniejsze działanie plonotwórcze fungicydów, natomiast na plantacjach gdzie stosowano nasiona niekwalifikowane silniej na plony wpływało stosowanie herbicydów. Analizując współczynniki

determinacji dla modeli regresji wielokrotnych możemy zaobserwować ich wzrost w czasie. Można to wytłumaczyć malejącym wpływem czynników losowych, a wzrostem wpływu czynników agrotechniczno-klimatycznych na uzyskiwane plony.

Wykorzystując cząstkowe współczynniki regresji obliczono plony poprawione możliwe do uzyskania przy uśrednionym poziomie głównych czynników plonotwórczych, tak aby czynnikiem różnicującym pozostał materiał siewny. Za pomocą testu t-Studenta zarówno dla plonów rzeczywistych, jak i poprawionych zbadano istotność różnic w plonowaniu pszenicy w zależności od stosowanych nasion (rys. 1, tab. 3).



A. Plony rzeczywiste. — Real yields



B. Plony poprawione — Corrected yields

Rys. 1. Rozkład plonów w zależności od stosowanych nasion
Fig. 1. Yield distribution depending on applied seeds

Wyniki analizy jednoznacznie wskazują na istotne różnice w plonowaniu pszenicy w zależności od zastosowanego materiału siewnego. Różnice w plonowaniu stwierdzone

na podstawie testu przeprowadzonego dla danych poprawionych są mniejsze niż dla danych rzeczywistych niemniej, istotne statystycznie na poziomie istotności 0,001.

Tabela 3

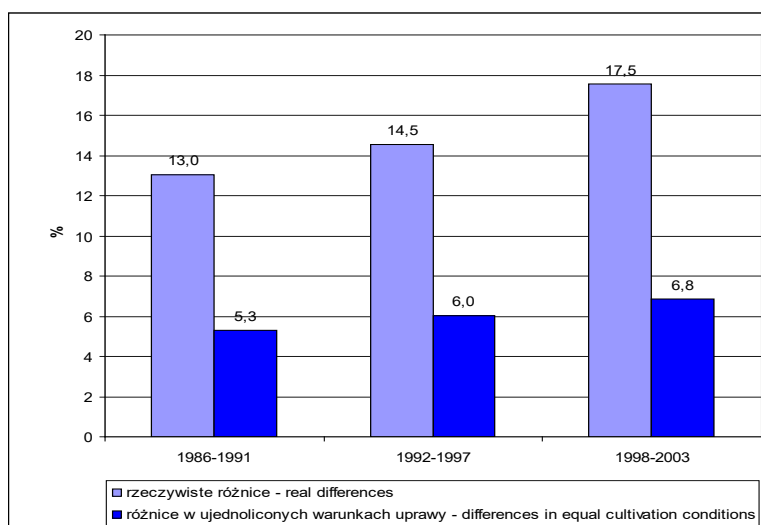
Plonowanie pszenicy ozimej w zależności od zastosowanego materiału siewnego na podstawie danych z lat 1986–2003
Winter wheat yielding depending on applied sowing material based on the data from the years 1986–2003

Materiał siewny Sowing material	Liczebność pól Number of fields	Średni plon Average yield $\bar{x}$	Przedział ufności dla $\bar{x}$ Confidence interval for $\bar{x}$		Odchylenie standardowe Standard deviations (SD)	Test T
			dolna granica lower limit	górna granica upper limit		
plony rzeczywiste — real yields						
Nasiona kwalifikowane Certified seeds	3667	108,44	107,48	109,40	29,71	-24,41**
Nasiona niekwalifikowane Non-certified seeds	4746	92,96	92,177	93,75	27,65	
plony poprawione — corrected yields						
Nasiona kwalifikowane Certified seeds	3667	103,30	102,43	10417	26,79	-11,16**
Nasiona niekwalifikowane Non-certified seeds	4746	96,96	96,25	9767	25,52	

Uszeregowany według stopnia oddziaływania wpływ kwalifikowanego materiału siewnego na kształtowanie się plonu dla całego okresu badań jak i dla trzech podokresów na tle innych podstawowych czynników plonotwórczych przedstawiono w tabeli 4.

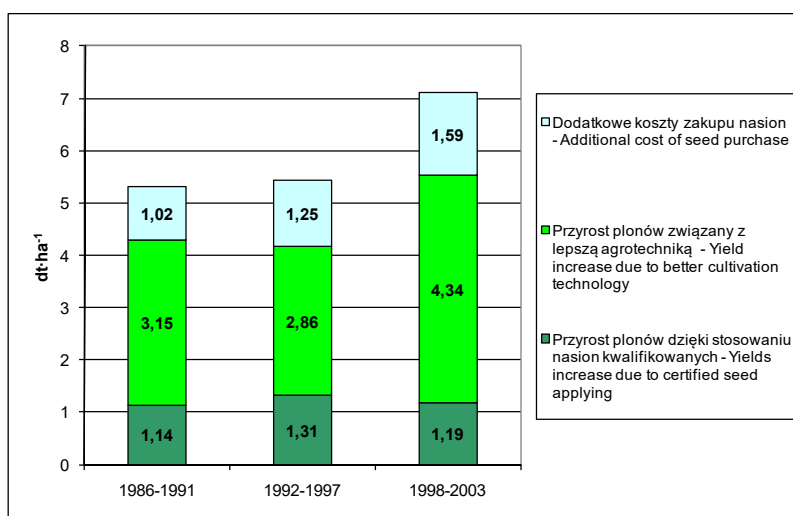
Istotną korelację (na poziomie istotności 0,01) między stosowanym materiałem siewnym a uzyskiwanym plonem stwierdzono przy użyciu metody korelacji rangowej Spearmana. Duże liczebności, jak i znaczne zróżnicowanie danych źródłowych, typowe dla badań ankietowych, powodowały że uzyskane współczynniki korelacji i determinacji nie są wysokie. W tym wypadku chodziło jednak głównie o oszacowanie znaczenia jakości nasion i możliwość porównania tego czynnika z innymi, decydującymi o plonie czynnikami. Porównując wartości uzyskane dla poszczególnych okresów widać, że zależność między stosowanym materiałem siewnym a plonem, staje się coraz silniejsza. Wartości cząstkowych współczynników determinacji obliczonych dla lat 1998–2003 są blisko dwukrotnie wyższe niż dla wcześniejszych okresów.

Praktyczne efekty stosowania kwalifikowanego materiału siewnego przedstawiono graficznie porównując plony uzyskane na polach gdzie stosowano taki materiał siewny z plonami z pól, gdzie stosowano materiał niekwalifikowany (rys. 2). Stwierdzono istotne różnice w wysokości osiągniętych plonów między polami gdzie stosowano i nie stosowano KMS. Różnice w osiągniętych plonach pszenicy ozimej zwiększały się począwszy od 13% w pierwszym z analizowanych okresów do 17,5% w ostatnim okresie. W jednostkach wagowych odpowiadało to wartościom 5,3 dt·ha⁻¹ w pierwszym z analizowanych okresów i 7,1 dt·ha⁻¹ w ostatnim analizowanym okresie czyli latach 1998–2003.



Rys. 2. Średni przyrost plonów na polach stosujących kwalifikowany materiał siewny
Fig. 2. Average increase in yield in the fields where certified seeds were applied

Ekonomiczne korzyści wynikające ze stosowania kwalifikowanego materiału siewnego warunkowane są poziomem cen nasion, ziarna paszowego, ich wzajemnymi relacjami jak i właściwym doбором odmian odpowiednich do lokalnych warunków. Po uwzględnieniu dodatkowych kosztów związanych z zakupem KMS analogiczne wartości wynosiły odpowiednio 4,29 dt·ha⁻¹ i 5,53 dt·ha⁻¹ (rys. 3).



Rys. 3. Koszty i korzyści wynikające ze stosowania kwalifikowanego materiału siewnego
Fig. 3. Costs and advantages from certified seed application

Tabela 4

Wpływ badanych czynników na plony pszenicy
Influence of tested factors on wheat yields

Czynniki Factors	Cząstkowy współczynnik regresji Partial regression coefficient	Cząstkowy współczynnik determinacji Partial determination coefficient	Wartość t t value	Ocena standaryzowana Standardized estimation
1986–2003				
Nawożenie azotem Nitrogen fertilization	0,133	0,124	16,40**	0,189
Nasiona *) — Seeds *)	0,261	0,068		
Fungicydy — Fungicides	9,335	0,585	20,24**	0,218
Jakość gleby — Soil quality	0,335	0,045	20,02**	0,192
Nawożenie potasem Potassium fertilization	0,050	0,014	5,25**	0,077
Herbicydy — Herbicides	5,134	0,010	9,24**	0,094
Nawożenie fosforem Phosphorus fertilization	0,048	0,002	3,93**	0,058
1986–1991				
Nawożenie azotem Nitrogen fertilization	0,110	0,090	7,74**	0,16887
Fungicydy — Fungicides	10,801	0,074	10,41**	0,20711
Nasiona ¹⁾ — Seeds ¹⁾	0,227	0,052		
Jakość gleby — Soil quality	0,309	0,045	9,63**	0,18274
Herbicydy — Herbicides	10,136	0,044	9,96**	0,19645
Nawożenie potasem Potassium fertilization	0,024	0,010	1,91	0,04865
Nawożenie fosforem Phosphorus fertilization	0,035	0,002	2,08	0,05278
1992–1997				
Nawożenie azotem Nitrogen fertilization	0,190	0,120	11,58**	0,22411
Nasiona ¹⁾ — Seeds ¹⁾	0,229	0,053		
Jakość gleby — Soil quality	0,335	0,044	10,67**	0,18236
Fungicydy — Fungicides	7,709	0,042	7,77**	0,14303
Herbicydy — Herbicides	8,179	0,019	7,28**	0,12968
Nawożenie potasem Potassium fertilization	0,102	0,018	6,51**	0,12476
1998–2003				
Nawożenie azotem Nitrogen fertilization	0,135	0,167	11,39**	0,20481
Nasiona ¹⁾ — Seeds ¹⁾	0,311	0,097		
Fungicydy — fungicides	10,331	0,082	16,74**	0,28878
Jakość gleby — Soil quality	0,353	0,058	14,56**	0,20778
Nawożenie potasem Potassium fertilization	0,098	0,016	7,55**	0,12129
Herbicydy — Herbicides	1,534	0,001	1,74	0,02599

1) Szacowane na podstawie istotnych wartości współczynnika korelacji rangowej Spearmana

1) Estimated on the basis of significant Spearman rank correlation values

**) Istotne na poziomie $\alpha=0,001$; Significant at level 0.001

Uzyskane w ten sposób wartości nie uwzględniają różnic w poziomie agrotechniki, a wynik mówi zarówno o efekcie użycia nasion kwalifikowanych, jak i o wyższym poziomie

agrotechniki, z którym stosowanie KMS jest skorelowane. Różnice w plonach, uzyskane po ujednoliceniu warunków uprawy czyli teoretycznym wyeliminowaniu różnic w agrotechnice, w wartości gleby i efektów współdziałania, były niższe i wynosiły 2,17–2,77 dt·ha⁻¹, a po uwzględnieniu dodatkowych kosztów związanych z zakupem nasion kwalifikowanych różnice w analizowanych okresach mieściły się w przedziale 1,14–1,31 dt·ha⁻¹.

Reasumując, należy podkreślić że nawet przy zastosowaniu najbardziej ostrożnej metody wyceny efektu stosowania KMS, eliminującej wszelkie efekty które można było przypisać innym czynnikom, bez uwzględniania efektu współdziałania KMS z wyższym poziomem agrotechniki w każdym z analizowanych okresów stwierdzono korzystne efekty stosowania KMS, a przyrost plonów przewyższał ponoszone koszty. Należy podkreślić także towarzyszącą stosowaniu KMS poprawę agrotechniki a w efekcie dalszy wzrost plonów.

WNIOSKI

1. Stwierdzono że na polach gdzie stosowano kwalifikowany materiał siewny (KMS) uzyskiwano istotnie wyższe plony.
2. Znaczenie materiału siewnego jako czynnika plonotwórczego stale wzrasta ustępując pod względem wielkości oddziaływania na plon jedynie nawożeniu azotowemu.
3. W analizowanym okresie stwierdzono rosnące znaczenie KMS pszenicy ozimej jako czynnika plonotwórczego. Wzrastają różnice w plonach pszenicy ozimej uzyskiwane w efekcie stosowania nasion kwalifikowanych.
4. Średni wzrost plonu w roku zastosowania KMS w każdym z analizowanych okresów przewyższał wielkość dodatkowych kosztów ponoszonych w związku z zakupem nasion.

LITERATURA

- Dziamba Sz., Machaj H., Szumiło G., Małuszyńska E. 2004. Wpływ jakości materiału siewnego na plonowanie pszenżyta ozimego w kolejnych reprodukcjach. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Vol. LIX, Sectio E*: 521 — 526.
- Kwiatkowski J. 1997. Degeneracja pszenżyta ozimego w cyklu reprodukcji nasiennej. *Zesz. Nauk. AR Szczecin* 175: 225 — 228.
- Krzymuski J. 1994. Optymalizacja częstotliwości wymiany odmian i nasion zbóż. Część 4. Degradacja nasion. *Biul. IHAR* 189: 141 — 149.
- Hollander M., Wolfe D. A. 1973 *Nonparametric statistical methods*. New York, John Wiley and Sons Inc.
- Małuszyńska E., Dziamba S., Kwiatkowski J. 2003. Wartość siewna nasion trzech generacji pszenżyta ozimego w kolejnych latach badań. *Biul. IHAR* 228:111 — 116.
- Morrison D. F. 1990. *Multivariate statistical methods*. New York, McGraw-Hill Publishing Co.
- Oleksiak T., Mańkowski D., R. Laudański Z. 2004 Metoda oceny postępu hodowlanego w warunkach produkcyjnych *Colloquium Biometryczne* 34a: 109 — 121.
- Piech M., Stankowski S., Maciorowski R., Mikulski W. 1994. Wpływ stopnia odsiewu na plonowanie pszenżyta ozimego. *Zesz. Nauk. AR Szczecin* 162: 197 — 200.
- SAS Institute, Inc. 2004. *SAS 9.1 Companion for Windows*. SAS Publishing, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

- Wolski T. 1987. Nowe odmiany pszenżyta ozimego Poznańskiej Hodowli Roślin. Materiały konferencyjne „Technologia Uprawy Pszenżyta”, Lublin: 9 — 18.
- Wolski T. 1995. Present and future in small breeding seed production in Poland. *Fragmenta Agronomica* 2 (45): 52 — 55.

TOMASZ WARZECHAKatedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Podatność wybranych odmian pszenicy i pszenżyta z hodowli DANKO na fuzaryjną zgorzel siewek powodowaną przez *Fusarium culmorum*

Susceptibility of selected winter wheat and triticale cultivars from DANKO Plant Breeders Ltd. to *Fusarium* seedling blight caused by *Fusarium culmorum*

Celem badań było określenie zróżnicowania podatności na fuzaryjną zgorzel siewek 12 odmian pszenżyta ozimego oraz 6 odmian pszenicy ozimej pochodzących z Hodowli Roślin DANKO. Ziarniaki inokulowano *Fusarium culmorum*, izolatem IPO348-01 o średniej patogeniczności, pochodzącym z Instytutu Ochrony Roślin w Wageningen, w Holandii. Dokonano oceny stopnia porażenia korzeni i pierwszego liścia siewek w pięciostopniowej skali, opisanej przez Chełkowskiego i Mańkę (1983). W celu określenia redukcji przyrostów korzeni i pierwszego liścia siewki, wykonano pomiary masy roślin kombinacji kontrolnej oraz inokulowanej. Zarówno u pszenicy, jak i pszenżyta obserwowano znacznie bardziej destrukcyjny wpływ patogena na system korzeniowy niż na liście w ciągu 7 dni trwania testu. Wyrażało się to średnio 1,6 krotnie większą redukcją masy korzeni niż liści. Z przeprowadzonych badań wynika, że średnia masa względna liści pszenicy i pszenżyta była podobna i wynosiła odpowiednio 64,99% kontroli i 63,85% kontroli. Jednak u pszenżyta występowały odmiany mniej podatne niż u pszenicy np. Grenado (masa względna 86,72% kontroli), czy Disco (masa względna 83,92% kontroli). Średnia masa względna korzeni pszenżyta (38,58% kontroli) była niższa niż pszenicy (51,77% kontroli), co wskazuje na większe uszkodzenie systemu korzeniowego pszenżyta niż pszenicy. Wyniki te potwierdza również ocena porażenia korzeni w pięciostopniowej skali bonitacyjnej, gdzie średnie porażenie korzeni pszenicy wyniosło 2,89 a pszenżyta 3,61.

Słowa kluczowe: fuzarioza siewek, podatność, pszenica, pszenżyto

The aim of this study was determination of susceptibility of 12 winter triticale cultivars and 6 winter wheat cultivars originating from DANKO Plant Breeders Ltd. to *Fusarium* seedling blight. Germinating kernels were inoculated with *Fusarium culmorum*, medium pathogenic isolate IPO348-01, originating from Plant Protection Institute, Wageningen, Netherlands (Wojciechowski et al. 1997). Severity of root and leaf infection was evaluated with the 5-degree scale application described by Chełkowski and Mańka (1983). In order to determine reduction of root and leaf growth, the weight of inoculated and control plants was measured. Both triticale and wheat roots were more susceptible to pathogen infection than leaves in one week test. The root weight reduction was 1.6 times higher in relation to leaf weight reduction. Mean relative weight of wheat and triticale leaves were similar (respectively 64.99% and

63.85% of controls). However some triticale cultivars proved to be less susceptible as compared to mean for wheat e.g. Grenado (relative weight 86.72% of control) and Disco (relative weight 83.92% of control). Mean relative weight of triticale roots (38.58% of control) was lower when compared to wheat (51.77% of control), therefore infection affected triticale roots stronger than wheat roots. Mean root blight score in 5-degree scale was also lower for wheat (2.89) in comparison with triticale root blight score (3.61).

Key words: *Fusarium* seedling blight, susceptibility, triticale, wheat

WSTĘP

Fuzariozy zbóż powodują straty ilościowe plonu, oraz obniżenie jakości ziarna ze względu na zmniejszenie masy i rozmiarów ziarniaka jak również z powodu akumulacji metabolitów wtórnych, wytwarzanych przez patogeniczne gatunki *Fusarium* spp. (McMullen i in., 1997; Jones i Mirocha, 1999; Wiśniewska i Kowalczyk, 2005). *Fusarium culmorum* należy do grupy patogenów pszenicy, pszenżyta, jęczmienia i innych zbóż, wywołujących zgorzel siewek oraz zgniliznę korzeni (Grey i Mathre, 1988). Gatunek ten powoduje ponadto fuzariozę kłosów (FHB), będącą ogromnym zagrożeniem dla większości zbóż drobnoziarnistych. Epidemiczne występowanie fuzariozy kłosów jęczmienia miało miejsce w środkowozachodniej części USA w latach 1993–1996 (Prom i in., 1997; Salas i in., 1997), również w Polsce w 1998 roku obserwowano wystąpienie epidemii fuzariozy pszenicy w północno-wschodniej części kraju (Tomczak i in., 2002). Inokulum tego patogena może znajdować się w zainfekowanym ziarnie lub pochodzić z gleby (Wakuliński i Chełkowski, 1993; Łacicowa i in., 1990). Substancje syntetyzowane przez grzyby z rodzaju *Fusarium* posiadają działanie fito-, zoo-, cytotoksyczne i antybiotyczne. Z punktu widzenia ochrony roślin największe zainteresowanie wzbudzają związki o charakterze fitotoksycznym, do których zalicza się: antybiotyki (enniatyny, likomarmazmina), kwasy (fuzariowy, dehydrofuzariowy, pikolinowy), barwniki (fuzarubina, marticyna, izomarticyna, nowarubina), mikotoksyny (trichoteceny, zearalenon i pochodne, moniliformina) (Packa, 1994, 2005). Efekty działania fitotoksyn przejawiają się poprzez hamowanie kiełkowania, hamowanie wzrostu korzeni i pędów, redukcję świeżej masy korzeni i pędów, nekrozy i chlorozy, wędnięcia, obniżenie aktywności enzymów, zmiany w przepuszczalności błon cytoplazmatycznych (Packa, 1994; Wojciechowski i in., 1995, 1996). Toksyny fuzaryjne z grupy trichotecyn bardzo silnie oddziałują na przebieg mitozy u zbóż i bobiku powodując obniżenie indeksu mitotycznego, wywołując zmiany w morfologii chromosomów, oraz zakłócenia w rozdziale chromosomów do komórek potomnych. Trichotecyny wywołują silne efekty toksyczne u zwierząt powodując zapalenia skóry, efekty wymiotne i brak łaknienia oraz choroby serca. Wpływają na obniżenie przyrostów masy ciała, ponadto są blokerami enzymów łańcucha oddechowego (van Egmond, 1995; Harvey i in., 1997). Posiadają one właściwości immunosupresyjne, a ich dodatkowe niekorzystne działanie polega na zdolności łączenia się z podjednostką rybosomalną komórek eukariotycznych i blokowaniu elongacji łańcuchów polipeptydowych. Spektrum syntetyzowanych substancji zależy od gatunku grzyba porażającego ziarno. *Fusarium culmorum* tworzy głównie deoksyniwalenol (DON) i jego pochodne (3-AcDON, 15-AcDON) oraz niwalenol (NIV) (Perkowski i Kiecana, 1998).

Patogen ten jest groźny również ze względu na jego dużą odporność na niekorzystne warunki klimatyczne. Jest on odporny na wahania wilgotności oraz zdolny do zarodnikowania również w warunkach niskiego potencjału wodnego (Łacicowa i in., 1990). Obserwuje się zróżnicowaną reakcję roślin na porażenie przez *Fusarium* ssp. co świadczy o występowaniu genetycznej zmienności podatności roślin na fuzariozę. Odporność ma charakter ilościowy i jest warunkowana przez wiele genów, co znacznie utrudnia prace selekcyjne (Arseniuk, 1983; Bruins, 1993; Chełkowi, 1995; Sundheim i in., 1997; Wiśniewska i Kowalczyk, 2005).

Celem badań było określenie zróżnicowania podatności kilku odmian pszenicy i pszenżyta ozimego wytworzonych w firmie Danko Hodowla Roślin Sp. z o.o. na zgorzel siewek wywoływaną przez *Fusarium culmorum*.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem do badań było 6 odmian pszenicy ozimej: Batuta, Bogatka, Finezja, Korweta, Mewa, Smuga oraz 12 odmian pszenżyta ozimego: Baltiko, Disco, Fidelio, Grenado, Kitaro, Lamberto, Magnat, Moderato, Presto, Sorento, Woltario i Zorro. Odmiany pochodziły z DANKO Hodowla Roślin Sp. z o.o.

Ziarniaki inokulowano izolatem *Fusarium culmorum* IPO348-01, pochodzącym z Instytutu Ochrony Roślin w Wageningen w Holandii. *Fusarium culmorum* hodowano na pożywce PDA (Potatoe Dextrose Agar-Sigma) na płytkach Petriego. Inkubację grzyba prowadzono w cieplarni mikrobiologicznej (Heraeus B 6060), w temperaturze 22°C, w ciemności przez 7 dni.

Ziarniaki dezynfekowano powierzchniowo 20% roztworem preparatu Domestos przez 15 minut, przemywano sterylną wodą, a następnie moczone przez 24 godziny w wodzie sterylnej. Po tym czasie wykładano je na krążki pożywki PDA o średnicy 4 mm przerośniętej kulturą grzyba. Szalki z inokulowanymi oraz nieinokulowanymi ziarniakami, stanowiącymi kontrolę, przenoszono do szafy fitotronowej, gdzie pozostawały przez siedem dni w temperaturze 22°C/20°C (dzień/noc), oświetleniu 130 $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, fotoperiodzie 12h/12h i wilgotności 100% RH (Relative Humidity). Po tym czasie dokonano oceny stopnia porażenia korzeni i pierwszego liścia siewek w pięciostopniowej skali, opisanej przez Chełkowskiego i Mańkę (1983), gdzie 1 oznacza bardzo słabe porażenie, 2 — słabe, 3 — średnie, 4 — duże, 5 — bardzo duże. Dodatkowo wykonano pomiary masy liści i korzeni siewek kontrolnych oraz inokulowanych w celu oszacowania redukcji przyrostów korzeni i pierwszego liścia. Redukcja została wyrażona jako względna masa wyżej wymienionych organów, w procentach kontroli zgodnie z formułą:

$$MW = \frac{MI}{MK} \times 100\%$$

MW — masa względna,

MI — masa kombinacji inokulowanej,

MK — masa kombinacji kontrolnej.

Doświadczenie założono w układzie całkowicie losowym w trzech powtórzeniach. Badano 50 siewek w każdym powtórzeniu. Wyniki poddano jednoczynnikowej analizie wariancji z zastosowaniem programu Statistica 7.0 StatSoft, a porównania średnich dokonano w oparciu o test NIR.

WYNIKI I DYSKUSJA

Siewki pszenicy i pszenżyta oceniano na podstawie występowania typowych dla fuzariozy siewek objawów jak: przebarwienia, nekrozy, skracanie długości korzenia i liścia oraz zmniejszenia masy tych organów w kombinacji inokulowanej w stosunku do nieinokulowanej kontroli (Grey i Mathre, 1988; Jones i Mirocha, 1999; Miedaner, 1988; Wiśniewska i Chełkowski, 1997). Analiza wariancji przeprowadzona dla porażenia liści pszenicy nie wykazała istotnego zróżnicowania badanych odmian (tab. 1). Średnie porażenie liści oceniane w skali pięciostopniowej wyniosło 0,63 (tab. 2). Poziom podatności na porażenie korzenia w istotny sposób różnicował odmiany (tab. 1). Najbardziej podatna na infekcję okazała się odmiana Batuta, a najmniej odmiany Bogatka i Korweta. Porażenie tych odmian wynosiło odpowiednio 3,27 oraz 2,67 i 2,67 w skali pięciostopniowej (tab. 2).

Tabela 1

Analiza wariancji stopnia porażenia liści i korzeni odmian pszenicy
Analysis of variance of root and leaf blight score of wheat cultivars

Źródło Source	Stopnie swobody Degrees of freedom	Średni kwadrat Mean squares	
		liść leaf	korzeń root
Całkowita Total	17	—	—
Odmiana Cultivar	5	0,018 ni/ns	0,17 *
Błąd Error	12	0,03	0,04

ni /ns — Nieistotne; Not significant

*, ** Istotne odpowiednio przy $\alpha = 0,05$ i $0,01$

*, ** Significant at $P = 0.05$ and 0.01 , respectively

Podatność na fuzaryjną zgorzel siewek badana była przez różnych autorów w oparciu o ocenę uszkodzenia systemu korzeniowego (Miedaner, 1988), lub w oparciu o nasilenie nekrozy liści (Grey i Mathre, 1998; Arseniuk, 1993). Porównywano również ocenę porażenia pszenicy ozimej przez *Fusarium culmorum* i *Fusarium avenaceum* na podstawie nekroz korzeni i nekroz liści siewek (Chełkowski i in., 1997). Chełkowski i współautorzy stwierdzili, że w przypadku badanych genotypów porażenie korzeni było bardziej wiarygodne z dwóch powodów, po pierwsze u pewnych genotypów nie obserwowano porażenia liści lub było niewielkie, a uszkodzenie korzeni było znaczne, po drugie — nekrozy korzeni były znacznie większe zwłaszcza po infekcji *F. avenaceum*. Według tych autorów właśnie ocena porażenia korzeni pozwala na bardziej precyzyjną ocenę różnic w podatności genotypów na fuzaryjną zgorzel siewek.

Tabela 2

Stopień porażenia korzeni i liści siewek odmian pszenicy (1 — słabe porażenie, 5 — całkowita nekroza)
Root blight score of seedlings of wheat cultivars (1 — weak damage, 5 — total damage)

Odmiana Cultivar	Stopień porażenia Blight score	
	liść leaf	korzeń root
Batuta	0,60	3,27
Bogatka	0,57	2,67
Finezja	0,73	2,90
Korweta	0,53	2,67
Mewa	0,68	2,77
Smuga	0,68	3,07
Średnia Mean	0,63	2,89
NIR _{0,05}	ni/ns	0,36
LSD _{0,05}		

ni /ns — Nieistotne; Not significant

Dla odmian pszenicy przeprowadzono również analizę wariancji masy względnej liści i korzeni wyrażoną w procentach masy kombinacji kontrolnej. W obu przypadkach wykazano istotne zróżnicowanie badanych odmian na poziomie $\alpha = 0,05$ i $0,01$ (tab. 3). Największą redukcję masy liści obserwowano u odmiany Finezja, posiadającej średnią podatność (2,9) w ocenie bonitacyjnej. Odmiana Korweta charakteryzowała się najmniejszą redukcją masy liści i korzeni (tab. 4). Wykazywała ona również najmniejszą podatność w ocenie bonitacyjnej (tab. 2). W przypadku redukcji masy korzenia najbardziej podatna okazała się odmiana Batuta (tab. 4).

Tabela 3

Analiza wariancji względnej masy liści i korzeni siewek odmian pszenicy
Analysis of variance of root and leaf relative weight of wheat cultivars

Źródło Source	Stopnie swobody Degrees of freedom	Średni kwadrat Mean squares	
		liść leaf	korzeń root
Całkowita Total	17	—	—
Odmiana Cultivar	5	299,34*	576,77**
Błąd Error	12	64,95	30,33

*, ** Istotne odpowiednio przy $\alpha = 0,05$ i $0,01$

*, ** Significant at $P = 0.05$ and 0.01 , respectively

Podobne objawy chorobowe jak nekrozy, skrócenie długości korzeni i liści, obserwować można było w przypadku porażenia siewek pszenżyta. Analiza wariancji przeprowadzona dla porażenia liścia i korzenia wykazała wysoce istotne ($\alpha = 0,01$) zróżnicowanie badanych odmian (tab. 5).

Tabela 4

Masa względna liści i korzeni siewek odmian pszenicy (% kontroli) inokulowanych <i>Fusarium culmorum</i>		
Relative weight of root and leaf of wheat cultivars (% of control) inoculated with <i>Fusarium culmorum</i>		
Odmiana Cultivar	Masa względna (% kontroli) Relative weight (% of control)	
	liść leaf	korzeń root
Batuta	59,26	34,77
Bogatka	64,93	55,32
Finezja	49,49	40,00
Korweta	76,21	73,73
Mewa	74,98	57,50
Smuga	65,09	49,28
Średnia Mean	64,99	51,77
NIR _{0,05}	14,338	9,798
LSD _{0,05}		

Tabela 5

Analiza wariancji stopnia porażenia liści i korzeni odmian pszenżyta			
Analysis of variance of root and leaf blight score of triticale cultivars			
Źródło Source	Stopnie swobody Degrees of freedom	Średni kwadrat Mean squares	
		liść — leaf	korzeń — root
Całkowita Total	35	—	—
Odmiana Cultivar	11	1,07**	0,41**
Błąd Error	24	0,21	0,09

*,** Istotne odpowiednio przy $\alpha = 0,05$ i $0,01$

*,** Significant at $P = 0.05$ and 0.01 , respectively

W ocenie bonitacyjnej najbardziej podatne na infekcje liści okazały się odmiany Presto (2,14) i Sorento (1,98) a najmniej podatne były odmiany Zorro (0,30) i Grenado (0,45) (tab. 6). U odmiany Sorento zaobserwowano również największe porażenie korzeni wynoszące 4,27 w skali pięciostopniowej. Na infekcje korzeni najmniej podatne były odmiany Zorro i Magnat (tab. 6). W ocenie bonitacyjnej średnie porażenie korzeni pszenżyta było większe niż pszenicy, odpowiednio 3,61 i 2,89. Również średnie porażenie liści pszenżyta (0,96) było wyższe niż pszenicy (0,63). Podobne wyniki otrzymano porównując podatność na fuzaryjną zgorzel siewek wybranych polskich odmian pszenicy, pszenżyta i żyta. W badaniach tych wykazano, że odmiany pszenżyta ozimego były bardziej podatne na fuzaryjną zgorzel siewek niż odmiany pszenicy ozimej (Arseniuk i in., 1993).

Zmniejszenie przyrostu masy liści i korzeni zaobserwowano w przypadku wszystkich badanych odmian, a różnice występujące pomiędzy nimi były statystycznie wysoce istotne (tab. 7). Największą redukcję masy korzeni i liści obserwowano w przypadku odmiany Sorento, u której masa względna stanowiła odpowiednio 22,46% i 33,83% kontroli (tab. 8).

Tabela 6

Stopień porażenia liści i korzeni siewek odmian pszenżyta (1 — słabe porażenie, 5 — całkowita nekroza)

Leaf and root blight score of triticale cultivars (X *Triticosecale*) (1 — weak damage, 5 — total damage)

Odmiana Cultivar	Stopień porażenia Blight score	
	liść — leaf	korzeń — root
Baltiko	1,40	3,70
Disco	1,10	3,48
Fidelio	0,65	4,01
Grenado	0,45	3,92
Kitaro	0,74	3,68
Lamberto	1,00	3,87
Magnat	0,51	3,10
Moderato	0,58	3,28
Presto	2,14	3,46
Sorento	1,98	4,27
Woltario	0,66	3,52
Zorro	0,30	3,07
Srednia Mean	0,96	3,61
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	0,781	0,520

Tabela 7

Analiza wariancji względnej masy liści i korzeni odmian pszenżyta
Analysis of variance of root and leaf relative weight of triticale cultivars

Źródło Source	Stopnie swobody Degrees of freedom	Średni kwadrat Mean squares	
		liść — leaf	korzeń — root
Całkowita Total	35	—	—
Odmiana Cultivar	11	885,5**	415,35**
Błąd Error	24	153,7	71,08

*, ** Istotne odpowiednio przy $\alpha = 0,05$ i $0,01$

*, ** Significant at $P = 0.05$ and 0.01 , respectively

Na uwagę zasługuje fakt, że odmiana Grenado mimo bardzo dużej infekcji korzeni (masa względna 27,60% kontroli) wykształciła mocne i dobrze rozwinięte liście, których masa względna osiągnęła 86,72% kontroli. Do grupy odmian o stosunkowo wysokiej masie względnej, mniej podatnych na infekcję liści można zaliczyć odmiany: Magnat (74,60% kontroli), Baltico (78,27% kontroli), Fidelio (81,56% kontroli), Disco (83,92% kontroli). Spośród tych odmian niską podatność na porażenie korzeni wykazała odmiana Magnat, posiadająca najmniej zredukowany system korzeniowy (masa względna 58,42% kontroli) oraz odmiana Fidelio (masa względna 53,01% kontroli) (tab. 8).

Średnia redukcja masy liści pszenicy i pszenżyta jest podobna, masa względna wynosi odpowiednio 64,99% i 63,85% kontroli (tab. 4, 8). Średnia redukcja masy korzeni była znacznie większa u pszenżyta niż u pszenicy. Pomimo tego pszenżyto znacznie lepiej

wykształciło liście. Na przykład odmiany Disco i Grenado miały większą masę względną liści niż najlepsze pod tym względem odmiany pszenicy Korweta i Mewa (tab. 4, 8). Test prowadzony był w takich samych stałych warunkach dla pszenicy i dla pszenżyta. Powyższy wynik może świadczyć, że pomimo dużego porażenia korzeni pszenżyto potrafi efektywniej wykorzystywać składniki pokarmowe i wodę nawet mocno zredukowanymi korzeniami.

Tabela 8

Masa względna liści i korzeni siewek odmian pszenżyta (% kontroli) inokulowanych <i>Fusarium culmorum</i>		
Relative weight of root and leaf of triticale cultivars(% of control) inoculated with <i>Fusarium culmorum</i>		
Odmiana Cultivar	Masa względna (% kontoli) Relative weight (% of control)	
	liść — leaf	korzeń — root
Baltiko	78,27	24,32
Disco	83,92	42,61
Fidelio	81,56	53,01
Grenado	86,72	27,60
Kitaro	57,37	34,03
Lamberto	53,26	32,27
Magnat	74,60	58,42
Moderato	60,39	46,45
Presto	42,79	50,27
Sorento	33,83	22,46
Woltario	62,78	40,55
Zorro	50,74	30,94
Średnia Mean	63,85	38,58
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	20,89	14,21

U wszystkich badanych odmian, zarówno pszenicy jak i pszenżyta, obserwować można było znacznie bardziej destrukcyjny wpływ patogena na system korzeniowy niż na liście. W przypadku pszenżyta wyrażało się to średnio 1,6 krotnie większą redukcją masy korzeni niż liści (tab. 8). Podobne tendencje obserwowano badając podatność jarych i ozimych odmian pszenicy inokulowanych *Fusarium culmorum*, w których wykazano uszkodzenie korzeni średnio 1,5 razy większe niż liści (Chełkowski i in., 1997). Konsekwencje uszkodzenia systemu korzeniowego mogą być widoczne również w dalszym rozwoju rośliny ze względu na zaburzenia procesów fizjologicznych związanych z pobieraniem i transportem wody i soli mineralnych oraz dystrybucją asymilatów. Pszenżyto jako mieszańiec międzyrodzajowy może być porażane przez patogenny specyficzne dla obu form rodzicielskich. *Fusarium culmorum* może porażać pszenicę, żyto i pszenżyto, chociaż początkowo był on większym zagrożeniem dla pszenicy (Zamorski i in., 1997). Świadczy o tym również fakt wprowadzenia w Kanadzie już na początku lat 90 –tych obowiązku oceny podatności pszenicy na fuzariozę kłosów przy rejestracji odmian i przyznawaniu licencji na produkcję materiału siewnego (Chełkowski, 1995). W Polsce od 1998 roku COBORU włączyło do badań rejestrowych odmian pszenicy odporność na fuzariozę kłosów (Behnke, 1998).

Jak dotychczas, niewiele jest prac porównujących skuteczność selekcji roślin odpornych na fuzariozę kłosów w oparciu o ocenę podatności na fuzaryjną zgorzel siewek, głównie ze względu na brak korelacji między tymi cechami (Bruins i in., 1993; Ruckebauer i in., 2001; Gosman i in., 2005). Ocena podatności na fuzaryjną zgorzel siewek mogłaby pomóc w selekcji form odpornych na fuzariozę kłosa pod warunkiem istnienia istotnej korelacji między tymi cechami. Dało by to możliwość skringingu dużej populacji roślin, a następnie wyboru odporniejszych genotypów i dalszego ich testowania. Taką możliwość sugerował Masterhazy, który badał 101 genotypów pszenicy w kierunku odporności na fuzariozę kłosów oraz fuzaryjną zgorzel siewek. Autor wykazał wysoce istotną korelację pomiędzy fuzaryjną zgorzelą siewek a wizualną oceną porażenia kłosów (Masterhazy, 1987). Badano również korelację pomiędzy wpływem jednej z toksyn produkowanych przez *Fusarium spp.* (DON — deoksyniwalenol) na kiełkowanie ziarniaków pszenicy i rozwój siewek a fuzariozą kłosa. Wszystkie genotypy których rozwój siewek był zahamowany z powodu obecności DON w pożywce, były wysoce podatne na fuzariozę kłosa. Natomiast z pięciu genotypów najlepiej tolerujących obecność DON trzy okazały się również najbardziej odporne na fuzariozę kłosa (Lemmens i in., 1994). Badania populacji 91 linii pszenicy wykazały brak korelacji pomiędzy fuzariozą siewek, fuzariozą kłosa a zawartością DON, jednak jedna z linii (HC 450) posiadała największą odporność na fuzariozę siewek i fuzariozę kłosów oraz znalazła się w grupie 10 linii o najniższej zawartości DON (Tamburini-Ilincic i in., 2009). Wyniki te sugerują możliwość testowania dużej liczby genotypów w warunkach laboratoryjnych w celu wstępnej selekcji i ograniczenia inokulacji w warunkach polowych. Jednak selekcja ta nie może całkowicie zastąpić oceny podatności na fuzariozę kłosów.

WNIOSKI

1. Wykazano istotne zróżnicowanie podatności badanych odmian na fuzaryjną zgorzel siewek wywołaną przez *Fusarium culmorum*.
2. Porażenie korzeni w przypadku odmian pszenicy i pszenżyta było znacznie silniejsze niż porażenie liści zarówno w ocenie bonitacyjnej oraz przy porównaniu masy względnej liści i korzeni.
3. Pszenżyto pomimo silniejszego uszkodzenia systemu korzeniowego wykształciło większe liście.

LITERATURA

- Arseniuk E. 1983. Genetyczne uwarunkowanie odporności roślin na choroby. Biul. IHAR 150: 191 — 203.
- Arseniuk E., Góral T., Czembor H. J. 1993. Reaction of triticale, wheat, and rye accessions to *graminaceous Fusarium spp.* infection at the seedling and adult plant growth stages. Euphytica 70: 175 — 183.
- Behnke M., 1998. Syntezy wyników doświadczeń odmianowych. COBORU.
- Bruins M. B. M., Karsai I., Schepers J., Snijders C. H. A. 1993. Phytotoxicity of deoxynivalenol to wheat tissue with regard to in vitro selection for *Fusarium* head blight resistance. Plant Science, 94: 195 — 206.
- Chelkowski J., Mańka M. 1983. The ability of *Fusaria* pathogenic to wheat, barley and corn to produce zearalenone. Phytopath. Z., 106: 354 — 359.

- Chelkowi J. 1995. Prace genetyczno-hodowlane z zakresu odporności zbóż na fuzariozy. *Hod. Rośl. i Nasien.* 4: 26 — 27.
- Egmond van H. P. 1995. Mycotoxins: regulations, quality assurance and reference materials. *Food Add. Cont.* 12: 331 — 330.
- Gosman N., Chandler E., Thomsett M., Draeger R., Nicholson P. 2005. Analysis of the relationship between parameters of resistance to *Fusarium* head blight and in vitro tolerance to deoxynivalenol of the winter wheat cultivar WEK0609H. *Eur J Plant Pathol* 111:57 — 66.
- Grey W., Mathre D. E. 1988. Evaluation of spring barley for reaction to *Fusarium culmorum* seedling blight and root rot. *Can. J. Plant Sci.* 68: 23 — 30.
- Harvey R. B., Kubena L. F., Rottinghaus G. E., Turk J. R., Buckley S. A. 1997. Effects of fumonisin and moniliformin from culture materials to growing swine. *Cereal Res. Commun.* 25: 415 — 417.
- Jones R. K., Mirocha C. J. 1999. Quality parameters in small grains from Minnesota affected by *Fusarium* head blight. *Plant Disease* 83: 506 — 511.
- Lemmens M., Reisinger A., Buerstmayr H., Ruckebauer P. 1994. Breeding for head blight (*Fusarium* spp.) resistance in wheat: development of a mycotoxin-based selection method of seedlings. *Acta Horti* 355: 223 — 232.
- Łacicowa B., Kiecana I., Piętko D. 1990. Choroby podsuszkowe jęczmienia jarego (*Hordeum sativum* L.) uprawianego w Lubelskiem. *Rocz. Nauk Roln. Seria E*, T. 20, Z. 1/2: 7 — 15.
- Mesterhazy A. 1987. Selection of head blight resistant wheat through improved seedling resistance. *Plant Breed* 98: 25 — 36.
- McMullen M. P., Enz J., Lukach J., Stover R. 1997. Environmental conditions associated with *Fusarium* head blight epidemics of wheat and barley in the Northern Great Plains, North America, *Cereal Res. Commun.* 25, 2/3: 777 — 778.
- Miedaner T., Gang G., Reinbrecht C., Geiger H. H. 1997. Lack of association between *Fusarium* root rot and head blight resistance in winter rye. *Crop Sci.* 37: 327 — 331.
- Miedaner T. 1988. The development of host-pathogen system for evaluating *Fusarium* resistance in early growth stages of wheat. *J. Phytopathol.* 121: 23 — 30.
- Packa D. 1994. Wpływ toksyn fuzaryjnych na przebieg mitozy u zbóż i bobiku. *Hod. Rośl. i Nasien.* Nr 1: 3 — 7.
- Packa D. 2005. Fitotoksyczna aktywność patogenów nekrotroficznych z rodzaju *Fusarium*. Rozprawy i monografie 106. Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego.
- Perkowski J., Kiecana I. 1998. Biosynteza toksyn fuzaryjnych w ziarnie jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.) po inokulacji kłosów *Fusarium crookwellense* Burges, Nelson, Toussoun, *Fusarium culmorum* (W.G.Sm) Sacc. i *Fusarium graminearum* Schwabe. *Biul. IHAR* 207: 69 — 80.
- Prom L. K., Steffenson B. J., Salas B., Fetch T.G.jr, Casper H.H. 1997. Barley accessions resistant to *Fusarium* head blight and the accumulation of deoxynivalenol. *Cereal Res. Commun.* 25, 3/2: 807 — 808.
- Ruckebauer P., Buerstmayr H., Lemmens M. 2001. Present strategies in resistance breeding against scab (*Fusarium* spp.). *Euphytica* 119: 121–127.
- Salas B., Steffenson B. J., Casper H.H., Prom L. K. 1997. *Fusarium* species pathogenic to barley and their associated toxins. *Cereal Res. Commun.* 25, 3/1: 483 — 487.
- Sundheim L., Longseth W., Ellen O., Skinnis H., and Liu W. 1997. Methods for assessment of resistance and deoxynivalenol production in cereals inoculated with *Fusarium culmorum*. *Cereal Res. Commun.* 25: 689 — 691.
- Tamburic-Illincic L., Somers D., Fedak G., Schaafsma A. 2009. Different quantitative trait loci for *Fusarium* resistance in wheat seedlings and adult stage in the Wuhan/Nyubai wheat population. *Euphytica* 165: 453 — 458.
- Tomczak M., Wiśniewska H., Stępień Ł., Kosteczki M., Chelkowski J., Soliński P. 2002. Deoxynivalenol, nivalenol and moniliformin occurrence in wheat samples with scab symptoms in Poland (1998–2000). *Eur. J. Plant Pathol.* 108 (7): 625 — 630.
- Wakuliński W., Chelkowski J. 1993. *Fusarium* species transmitted with seed of wheat, rye, barley, oats and triticale. *Hod. Rośl. Aklim.* Vol. 37, No 4: 131 — 136.

- Wiśniewska H., Chełkowski J. 1997. Comparison of barley cultivars tolerance to frost and seedling blight. J. Appl. Genet. 38 B: 134 — 140.
- Wiśniewska H., Kowalczyk K. 2005. Resistance of cultivars and breeding lines of spring wheat to *Fusarium culmorum* and powdery mildew. J. Appl. Genet. 46 (1): 35 — 40.
- Wojciechowski S., Chełkowski J., Kostecki M. 1995. Influence of deoxynivalenol on electrolyte leakage in cereal seedling leaves. Acta Physiol. Plant. Vol. 17, No 4: 357 — 360.
- Wojciechowski S., Wiśniewska H., Chełkowski J. 1996. Influence of *Fusarium culmorum* infection and its metabolite deoxynivalenol on membrane stability in barley seedlings. Acta Physiol. Plant. Vol. 18, No 1: 3 — 6.
- Wojciechowski S., Chełkowski J., Ponitka A., Ślusarkiewicz-Jarzina A. 1997. Evaluation of spring and winter wheat reaction to *Fusarium culmorum* and *Fusarium avenaceum*. J. Phytopathology 145: 99 — 103.
- Zamorski Cz., Schollenberger M., Nowicki B. 1997. Nasilenie ważniejszych chorób pszenżyta i jego roślin rodzicielskich. Zesz. Nauk. AR Szczec. 175, Rolnictwo 65: 533 — 537.

ANNA ĆWIKLIŃSKA
ZBIGNIEW BRODA
DANUTA KURASIAK-POPOWSKA
Katedra Genetyki i Hodowli Roślin
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Biologia kwitnienia różnych gatunków z rodzaju *Secale* L. Komunikat

Differentiation of flowering biology among species of rye in the genus *Secale* Short communication

Przedmiotem badań była charakterystyka kwitnienia jedenastu dzikich gatunków i podgatunków żyta pochodzących z Europy i Azji Środkowej, oraz gatunku uprawnego *Secale cereale* ssp. *cereale*, odmiany Walet. Celem badań była więc charakterystyka biologii kwitnienia gatunków z rodzaju *Secale* L. Poznanie biologii kwitnienia jest przydatne do krzyżowań oddalonych, ponieważ synchronizacja terminów kwitnienia odgrywa podstawową rolę w prawidłowym przeprowadzaniu krzyżowań i wytworzeniu mieszańców. Porównane zostały takie cechy jak: budowa kłosów (budowa morfologiczna kłosów, długość kłosa, liczba kłosków w kłosie, zbitość kłosa), żywotność ziaren pyłku, termin i długość kwitnienia, stopień samoniezgodności kłosów z poszczególnych gatunków. W wyniku prowadzonych badań i obserwacji ustalono, że wszystkie gatunki i podgatunki mają podobną budowę morfologiczną kłosów, różnią się istotnie statystycznie niektórymi cechami ilościowymi: długością kłosa, liczbą kłosków w kłosie i zbitością kłosów. W roku prowadzenia obserwacji kwitnienie w rodzaju *Secale* było rozłożone w czasie. Gatunek najwcześniejszy rozpoczynał kwitnienie 18.05, a gatunek najpóźniejszy rozpoczynał kwitnienie 16.06. Gatunki *Secale silvestre* i *Secale strictum* ssp. *africanum* zawiązywały ziarniaki przy samozapyleniu. Pozostałe gatunki i podgatunki jako obcopolne i samoniezgodne nie zawiązywały ziarniaków przy samozapyleniu.

Słowa kluczowe: biologia kwitnienia, dzikie gatunki, rodzaj *Secale* sp.

The purpose of the study was to characterize the flowering of different species in the genus *Secale*. Good knowledge of blooming biology is needed for making distant crosses because synchronization of flowering is important for proper performance of the treatment. Investigations were carried out on eleven wild rye species coming from Europe and Middle Asia, and on a cultivated species *Secale cereale* ssp. *cereale*, cultivar Walet. The following elements of flowering were compared: structure of inflorescences (morphological structure of spikelets, ear length, spikelet number per ear, ear density), viability of pollen, flowering dates and level of self-incompatibility in species. All the species and subspecies under study were found to have the same morphological structure and to differ significantly in ear length, number of spikelets per ear and ear density. In the year of investigations the duration of flowering in *Secale* species was largely extended and it lasted from 18 May till 16 June. The species

Secale silvestre and *Secale strictum* ssp. *africanum* set seeds in the self-pollination process. The other species and subspecies, being self-incompatible ones, did not bind grains in this process.

Key words: flowering biology, *Secale* genus, wild species

WSTĘP

Dziki gatunki z rodzaju *Secale* L. są wykorzystywane w celu uzyskania mieszańców oddalonych z żytem uprawnym. Tego typu krzyżowania mogą pozwolić na poszerzenie zmienności rekombinacyjnej, a obserwacje pod względem wzrostu i rozwoju rekombinantów do hodowli heterozyjnej, transgresyjnej i populacyjnej. Interakcja genomów pochodzących z różnych gatunków czy podgatunków daje możliwość ekspresji genów o działaniu addytywnym i epistatycznym determinujących cechy jakościowe i ilościowe.

Pewnym utrudnieniem w prowadzeniu efektywnych krzyżowań między gatunkami dzikimi i odmianami uprawnymi żyta, jest mała znajomość biologii kwitnienia dzikich gatunków i brak całościowego ich opisu w literaturze.

Znajomość biologii kwitnienia roślin uprawnych oraz komponentów wykorzystywanych do krzyżowań ma bardzo duże znaczenie dla tworzenia zmienności rekombinacyjnej przydatnej dla hodowli twórczej. Ważne są takie elementy biologii kwitnienia jak: termin kwitnienia i jego długość, żywotność ziaren pyłku, stopień samoniezgodności i budowa kwiatów żyta. Ich znajomość umożliwia przeprowadzanie efektywnych krzyżowań.

Celem badań było porównanie biologii kwitnienia jedenastu dzikich gatunków i podgatunków z rodzaju *Secale* L. z gatunkiem uprawnym *Secale cereale* ssp. *cereale*, odmiana Walet.

MATERIAŁ I METODY

Warunki glebowe i pogodowe w trakcie prowadzenia doświadczenia

Doświadczenie zostało założone na polu doświadczalnym należącym do Katedry Genetyki i Hodowli Roślin w Poznaniu, na glebie lekkiej klasy IVa odpowiedniej do uprawy żyta. Warunki pogodowe w czasie kwitnienia roślin, zapyłania i nalewania ziarniaków były następujące: średnia temperatura maja wynosiła 15,1°C, czerwca 19,2°C, lipca 18,5°C. Średnia suma opadów w miesiącu maju 82,2 mm, czerwcu 44,3 mm oraz lipcu 39,6 mm. Średnia minimalna dobową temperatura w okresie kwitnienia roślin od 18. maja do 28. czerwca wynosiła 15,6°C a średnia maksymalna temperatura doby w tym samym okresie wynosiła 24,8°C.

Materiał roślinny

Gatunkami i podgatunkami z rodzaju *Secale* L. wykorzystanymi do badań były gatunki: *Secale cereale* ssp. *cereale*, odmiana Walet, *Secale cereale afghanicum*, *Secale cereale ancestrale*, *Secale cereale dighoricum* 1778, *Secale cereale segetale*, *Secale strictum*, *Secale strictum africanum*, *Secale strictum anatolicum*, *Secale strictum ciliatoglume*, *Secale strictum kuprianovii*, *Secale vavilovii*, *Secale silvestre*.

Do badań kontrolnych w prowadzonych badaniach wykorzystano gatunek *Secale cereale* ssp. *cereale* odmiana uprawna Walet. Każdy gatunek i podgatunek reprezentowało 60 roślin. Do badań łącznie wykorzystano 720 roślin. Dzikie gatunki żyta będące obiektem badań pochodziły z terenów Europy Środkowej i Wschodniej i Azji. Materiały roślinne pochodziły z kolekcji prowadzonej w Ogrodzie Botanicznym Centrum Zachowania Różnorodności Biologicznej PAN w Warszawie Odmiana uprawna Walet wykorzystana jako wzorzec, jest polską odmianą wytworzoną przez Hodowlę Roślin Danko w 1999 roku.

Metodyka badań

Porównanie budowy kłosów i kwiatów poszczególnych gatunków przeprowadzono pod mikroskopem binokularnym. Porównano budowę morfologiczną pojedynczych kwiatów, zmierzono długość kłosów, policzono liczbę kłosków w kłosie oraz obliczono zbitość kłosów. Zbitość kłosów określona została ze wzoru (Dubas, 1997):

$$D = (n - 1) \times \frac{100}{l}$$

gdzie:

D — zbitość kłosa,

n — liczba kłosków w kłosie,

l — długość osadki kłosowej w (mm),

Do ustalenia różnic między gatunkami zastosowano skalę opisaną przez Dubasa (1997) w której:

- zbitość <34 charakteryzuje kłosa luźne,
- zbitość 34–37 charakteryzuje kłosa średnio zbite,
- zbitość 37–40 charakteryzuje kłosa zbite.

Budowę morfologiczną kłosów i kwiatków obserwowano na początku kwitnienia roślin. Długość kłosów, liczbę kłosków w kłosie, oraz zbitość kłosów określano po zbiorze dojrzałych kłosów. Pomiary dokonywano na 50 kłosach z każdego gatunku (po 5 kłosów na 10 roślinach).

Żywotność ziaren pyłku określano, barwiąc je na szkiełku mikroskopowym płynem Bellinga (acetokarmin + gliceryna 1:1), a następnie licząc przy użyciu mikroskopu świetlnego ziarna żywotne i nieżywotne w 10 polach widzenia. Do badań użyto ziaren pyłku pobranych losowo z 5 roślin.

Termin i długość kwitnienia roślin obserwowano w sezonie wegetacyjnym 2007 roku. Do określenia faz rozwojowych roślin zastosowano skalę Zadoksa (1974). Skala Zadoksa jest skalą 100-stopniową, w której kwitnienie opisywane jest między 60 stopniem (ukazanie się pierwszych pylników w środkowej części najwcześniej zakwitających kłosów) i 70 stopniem (rozpoznanie pierwszych zaschniętych pylników u roślin najpóźniej zakwitających).

W celu określenia stopnia samozgodności poszczególnych gatunków żyta przeprowadzono w tym samym czasie zapylenia wszystkich gatunków. Zapylenia przeprowadzone zostały w trzech wariantach: samozapylenie (izolowano 75 kłosów — po 5 kłosów na 15 roślinach), zapylenie geitonogamiczne (zapylenie między 5–7 kłosami pochodzącymi z jednej rośliny, z jednego genotypu, umieszczonymi pod wspólnym izolatorem) i zapylenie między genotypami w obrębie jednego gatunku (15 kłosów — po 5 kłosów z trzech

genotypów pod jednym izolatorem). Izolację przeprowadzano zakładając na pojedyncze kłosy oraz na całe rośliny izolatory pergaminowe dostosowane rozmiarami do wielkości i liczby izolowanych kłosów.

Każdą z trzech kombinacji zapylenia przeprowadzano na 15 roślinach z gatunków i podgatunków dzikich i gatunku uprawnego, odmiany uprawnej.

Dodatkowo obliczono współczynnik zmienności dla takich cech jak: długość kłosa, liczba kłosek w kłosie, zbitość kłosów oraz dla średniej efektywności wiązania ziarniaków przy trzech wariantach zapylenia. W celu obliczenia współczynnika zmienności skorzystano ze wzoru:

$$V(\%) = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\%$$

gdzie:

$V(\%)$ — współczynnik zmienności,

S — odchylenie standardowe,

$\bar{x}$ — wartość średnia.

W trakcie analizowania wyników opierano się na klasyfikacji zmienności według Baryszewa, opisanej przez Muchę(1994),

gdzie:

- zmienność 0–20% określona jest jako mała,
- zmienność 20–40% określona jest jako przeciętna,
- zmienność 40–100% określona jest jako duża,
- zmienność 100–150% określona jest jako bardzo duża,
- zmienność >150 określona jest jako skrajnie duża.

WYNIKI

Budowa morfologiczna kłosów i kwiatów żyta

Kwiaty wszystkich analizowanych gatunków zbóż miały jednakową budowę. Kwiaty żyta zebrane były w kwiatostany — kłosy złożone, osadzone na osadce kłosowej (rys. 1).

Kłoski osadzone były naprzemiennie w dwóch rzędach. Obserwacje morfologiczne kłosek wykazały, że u nasady każdego kłosa wyrastały dwie plewki: plewka górna oraz plewka dolna zakończona ością. Kwiaty gatunków i podgatunków były obupłciowe. Każdy kwiat składał się z trzech pręcików i jednego słupka. Na podstawie obserwacji morfologicznych stwierdzono, że kłosy i kwiaty badanych gatunków i podgatunków żyta mają budowę typową dla roślin rodziny *Gramineae*.

Parametry ilościowe kłosa

Średnia długość kłosów dla poszczególnych gatunków wahała się od 6,7 cm dla gatunku *Secale silvestre* do 13 cm dla gatunku *Secale strictum* (tab. 1). Różnica średniej długości kłosa między gatunkami o kłosach najkrótszych a gatunkami o kłosach najdłuższych wynosiła 6,3 cm. Najniższa zmienność tej cechy charakteryzowała gatunek *Secale cereale* ssp. *cereale* odmianę Walet (19,4%). Dla pozostałych gatunków współczynnik zmienności mieścił się w zakresie od 25,6% dla gatunku *S. c. ssp. segetale* do 46,7% dla *S. c. ssp.*

dighoricum 17785 i *S. s. ssp. africanum* (tab. 1). Według skali Baryszewa i Muchy zmienność ta klasyfikowała się jako przeciętna i duża.

Średnia liczba kłosek w kłosie wahała się od 11,8 dla *S. c. ssp. ciliatoglume* do 20,8 kłosek w kłosie dla gatunku *Secale vavilovii* (tab. 1). Różnica między najniższą a najwyższą średnią ilością kłosek w kłosie między gatunkami wynosiła 9 i była statystycznie istotna.



Rys. 1. Kwiatostany dzikich gatunków żyta oraz gatunku uprawnego: 1 *Secale strictum* ssp. *kuprianovii*, 2. *Secale strictum*, 3. *S. ssp. anatolicum*, 4. *S. vavilovii*, 5. *S. c. ssp. dighoricum* 17785, 6. *S. c. ssp. segetale*, 7. *S. c. ssp. afghanicum*, 8. *S. s. ssp. africanum*, 9. *S. c. ssp. ancestrale*, 10. *S. s. ssp. ciliatoglume*, 11. *S. silvestre*, 12. *S. c. ssp. cereale* odmiana Walet

Fig. 1. Inflorescences of wild and cultivated species of rye: 1 *Secale strictum* ssp. *kuprianovii*, 2. *Secale strictum*, 3. *S. ssp. anatolicum*, 4. *S. vavilovii*, 5. *S. c. ssp. dighoricum* 17785, 6. *S. c. ssp. segetale*, 7. *S. c. ssp. afghanicum*, 8. *S. s. ssp. africanum*, 9. *S. c. ssp. ancestrale*, 10. *S. s. ssp. ciliatoglume*, 11. *S. silvestre*, 12. *S. c. ssp. cereale* ca. Walet

Średnia zbitość kłosek wahała się od 27,6 dla gatunku *Secale cereale* ssp. *segetale* do 34,3 dla gatunku *Secale cereale* ssp. *dighoricum* 1785 (tab. 1). Różnica między najniższą a najwyższą średnią zbitością kłosek wynosiła 6,7 i była istotna statystycznie (tab. 1). Gatunek *S. c. ssp. dighoricum* 17785 charakteryzował się kłosami średnio zbitymi a pozostałe gatunki charakteryzowały się kłosami luźnymi. Najniższy współczynnik zmienności oznaczono dla gatunku wzorcowego — 16,8%. Współczynnik zmienności tej cechy dla podgatunków w rodzaju *Secale* wahał się od 31,4% (*S. c. ssp. afghanicum*) do 42,1% (*S. c. ssp. dighoricum* 17785) (tab. 2), a więc zmienność określić można było jako przeciętną i dużą. Współczynnik zmienności zbitości kłosek w obrębie gatunku *Secale*

strictum wraz z podgatunkami wahał się od 33,6% do 42,1%, był więc duży i przeciętny. Gatunki *Secale vavilovii* i *Secale silvestre* charakteryzowały się zmiennością przeciętną.

Współczynnik zmienności tej cechy dla gatunku wzorcowego wyniósł 14,3, dla podgatunków *Secale cereale* i mieścił się w zakresie od 29,1% (*S. c. ssp. segetale*) do 38,2% (*S. c. ssp. ancestrale*). Zmienność dla gatunku *Secale strictum* z podgatunkami wahała się od 33,3% do 40,2% była więc przeciętna i duża. Najwyższy współczynnik zmienności charakteryzował gatunek *Secale vavilovii* — 42,7%.

Tabela 1

Ilościowe parametry kłosa
Quantitative parameters of ear

Gatunek — podgatunek Species — subspecies	Długość kłosa Ear length $\bar{x}$ (cm)	Współczynnik zmienności Variation coefficient (V%)	Liczba kłosków w kłosie Number of spikelets per ear $\bar{x}$	Współczynnik zmienności Variation coefficient (V%)	Zbitość kłosów Ear density (D) $\bar{x}$	Współczynnik zmienności Variation coefficient (V%)
<i>S. cereale ssp. cereale</i> (cv. Walet)	9,9	19,4	14,3	16,8	34,8	14,3
<i>S. c. ssp. afghanicum</i>	11,2	38,1	14,4	31,4	28	36,7
<i>S. c. ssp. ancestrale</i>	9,7	32,4	13,4	34,7	28,3	38,2
<i>S. c. ssp. dighoricum 17785</i>	10,1	46,7	17,3	42,1	34,3	37,2
<i>S. c. ssp. segetale</i>	8,5	25,6	14,8	31,7	27,6	29,1
<i>S. strictum</i>	13	41,8	17,3	40,2	32,5	38,4
<i>S. s. ssp. africanum</i>	11,6	46,7	16	36,8	29,5	33,3
<i>S. s. anatolicum</i>	10,9	43,4	14,6	42,1	34	40,2
<i>S. s. ssp. ciliatoglume</i>	8,7	33,2	11,8	33,6	32,5	36,9
<i>S. s. ssp. kuprianovii</i>	10,1	35,6	12,9	37,1	31,5	38,1
<i>S. vavilovii</i>	10,5	32,8	20,8	36,7	30,2	42,7
<i>S. silvestre</i>	6,7	36,7	18	39,1	29	34,5
	NIR/LSD _{0,01} =1,2		NIR/LSD _{0,01} =1,8		NIR/LSD _{0,01} =2,3	
	NIR/LSD _{0,05} =0,9		NIR/LSD _{0,05} =1,4		NIR/LSD _{0,05} = 1,7	

Kwitnienie roślin i żywotność ziaren pyłku

Gatunek *Secale silvestre* jako gatunek samopylny charakteryzował się kwitnieniem typu klejstogamicznego, do zapylenia dochodziło przy kwiatach zamkniętych, gdy kłos był jeszcze otoczony pochwą liściową. U 10 pozostałych dzikich gatunków i u gatunku uprawnego *S. cereale ssp. cereale* odmiany Walet do zapylenia dochodziło przy kwiatach otwartych i pylnikach zwieszających się na nitkach pylnikowych kłoska — kwitnienie typu chasmogamicznego.

Kolejność, termin i długość zakwitania kłosów u gatunków i podgatunków przedstawiono w tabeli 2. Najwcześniej kwitły kłosy u gatunku *Secale cereale ssp. ancestrale* (18.05), a najpóźniej gatunek *Secale strictum ssp. kuprianovii* (16.06). Gatunek *Secale cereale ssp. ancestrale* zakwitał 30 dni wcześniej niż gatunek *Secale strictum ssp. kuprianovii*. Najdłużej kwitł gatunek *Secale cereale ssp. afghanicum* — kwitnienie trwało 21 dni. Znaczący to, że od ukazania się pierwszych pylników w kłosach najwcześniej zakwitających roślin z gatunku do zaobserwowania pierwszych zasychających pylników u najpóźniej zakwitających roślin z gatunku minęło 21 dni. Najkrócej kwitły gatunki *Secale*

strictum ssp. *anatolicum* i *Secale strictum* ssp. *kuprianovii* — każdy z nich kwitł 10 dni. Gatunek uprawny *Secale cereale* ssp. *cereale* odmiana Walet zakwitał wcześniej, bo już 20.05, a jego kwitnienie trwało 18 dni. Wcześniej niż *Secale cereale* ssp. *cereale* zakwitały tylko dwa gatunki *Secale cereale* ssp. *ancestrale*, który zakwitał dwa dni wcześniej i *S. silvestre*, które zakwitało tylko jeden dzień wcześniej niż odmiana wzorcowa.

Tabela 2

Długość okresu kwitnienia badanych gatunków i podgatunków z rodzaju *Secale*
Duration of flowering in the analyzed species and subspecies of the genus *Secale*

Gatunek — podgatunek Species — subspecies	Termin kwitnienia Date of flowering		Długość kwitnienia w dniach* Length of flowering in days*	Kwitnienie wcześniejsze(+) i późniejsze (-) niż odmiana Walet (0) Flowering earlier (+) and later (-) than in cv. Walet
	początek kwitnienia beginning of flowering	koniec kwitnienia end of flowering		
<i>S. cereale</i> ssp. <i>ancestrale</i>	18.05	31.05	14	+
<i>S. silvestre</i>	19.05	3.06	16	+
<i>S. cereale</i> ssp. <i>cereale</i> (cultivar — odmiana Walet)	20.05	6.06	17	0
<i>S. c.</i> ssp. <i>segetale</i>	20.05	8.06	20	0**
<i>S. c.</i> ssp. <i>afghanicum</i>	22.05	10.06	21	-
<i>S. c.</i> ssp. <i>dighoricum</i> 17785	27.05	12.06	17	-
<i>S. strictum</i> ssp. <i>ciliatoglume</i>	3.06	17.06	15	-
<i>S. vavilovii</i>	3.06	22.06	20	-
<i>S. s.</i> ssp. <i>africanum</i>	10.06	24.06	16	-
<i>S. s.</i> ssp. <i>anatolicum</i>	15.06	25.06	10	-
<i>S. strictum</i>	15.06	26.06	12	-
<i>S. s.</i> ssp. <i>kuprianovii</i>	16.06	28.06	12	-

*NIR/LSD_{0,01}=4*NIR/LSD_{0,05}=3

0** Gatunek dziki rozpoczynający kwitnienie w tym samym dniu, co odmiana uprawna

0** Wild species that began flowering the same day as the cultivar

Tabela 3

Żywotność ziaren pyłku gatunków i podgatunków w rodzaju *Secale*
Viability of pollen grains in species and subspecies of the genus *Secale*

Gatunek — podgatunek Species — subspecies	Żywotność ziaren pyłku(%) Viability of pollen grains (%)
<i>S. cereale</i> ssp. <i>cereale</i> (odmiana — cultivar Walet)	86
<i>S. c.</i> ssp. <i>afghanicum</i>	93
<i>S. c.</i> ssp. <i>ancestrale</i>	96
<i>S. c.</i> ssp. <i>dighoricum</i> 17785	90
<i>S. c.</i> ssp. <i>segetale</i>	92
<i>S. strictum</i>	87
<i>S. s.</i> ssp. <i>africanum</i>	87
<i>S. s.</i> ssp. <i>anatolicum</i>	91
<i>S. s.</i> ssp. <i>ciliatoglume</i>	82
<i>S. s.</i> ssp. <i>kuprianovii</i>	91
<i>S. vavilovii</i>	95
<i>S. silvestre</i>	97
NIR/LSD _{0,01} =10,5%	
NIR/LSD _{0,05} =8,0%	

W roku 2007 różnice między kwitnieniem gatunku *Secale cereale* ssp. *cereale* odmianą Walet i gatunków kwitnących wcześniej nie są istotne statystycznie. Istotne statystycznie okazały się natomiast różnice między gatunkiem *Secale cereale* ssp. *cereale* odmianą Walet a gatunkami kwitnącymi po 23 maja.

Średnia żywotność ziaren pyłku w zależności od gatunku wahała się od 82% (dla *S. s. ciliatoglume*) do 96% (dla gatunku *S. c. ssp. ancestrale*). Odmiana uprawna Walet charakteryzowała się żywotnością ziaren pyłku na poziomie 86%. Żywotność ziaren pyłku dzikich gatunków z rodzaju *Secale* różniła się istotnie od żywotności ziaren pyłku odmiany Walet. Szczegółowe wyniki przedstawione zostały w tabeli 3.

Efektywność wiązania ziarna przy różnych typach zapylania

Samozapylanie

Analizując samozgodność badanych gatunków otrzymano następujące wyniki: przy samozapyleniu najwyższą samozgodnością wykazał się gatunek *S. silvestre*. Efektywność wiązania ziarniaków dla tego gatunku wynosiła 40% (tab. 4). Najwyższą, spośród gatunku *Secale cereale* wraz z podgatunkami, efektywnością zawiązywania ziarniaków w wyniku samozapylania charakteryzował się gatunek *S. c. segetale* (11,1%), natomiast gatunek uprawny — samoniezgodny nie zawiązał ziarna przy samozapyleniu. Gatunek *Secale strictum* wraz z podgatunkami zawiązywał ziarniaki z efektywnością od maksymalną 1,8% (*S. s. ciliatoglume*) do minimalnej równej 0 dla gatunku *S. strictum*, *S. s. ssp. anatolicum*, *S. s. ssp. kuprianovii*. Procent zawiązanych ziarniaków dla dzikiego gatunku *Secale strictum* wraz z podgatunkami był znacznie niższy niż dla dzikich podgatunków *Secale cereale*.

Dla gatunków *S. c. ssp. dighoricum* 17785, *S. c. ssp. ancestrale*, *S. s. ssp. afghanicum*, *S. s. ssp. ciliatoglume*, *S. vavilovii* efektywność wiązania ziarniaków przy samozapyleniu wynosiła poniżej 5%, i nie była istotna statystycznie. Przy samozapyleniu samoniezgodne okazały się gatunki *S. strictum*, *S. s. ssp. anatolicum*, *S. s. ssp. kuprianovii* oraz gatunek *S. c. ssp. cereale* odmiana Walet (tab. 4).

Efektywność wiązania ziarniaków przy samozapyleniu otrzymane dla gatunków: *S. c. ssp. ancestrale*, *S. c. ssp. dighoricum* 17785, *S. c. ssp. afghanicum*, *S. vavilovii*, *S. strictum*, *S. s. ssp. africanum*, *S. s. ssp. anatolicum*, *S. s. ssp. ciliatoglume*, *S. s. ssp. kuprianovii* nie różniły się statystycznie istotnie od wyników otrzymanych dla gatunku *S. c. ssp. cereale* (tab. 4). Natomiast gatunki *S. silvestre* oraz *S. segetale* pod względem tej cechy różniły się istotnie od gatunku wzorcowego *Secale cereale* ssp. *cereale* odmiany Walet (tab. 4).

Przy samozapyleniu gatunki i podgatunki dzikie charakteryzowały się małą zmiennością cechy. Wyjątek stanowił gatunek *Secale silvestre*, dla którego zmienność cechy charakteryzowana współczynnikiem zmienności wyniosła 35,1%.

Zapylanie geitonogamiczne

Przy zapyleniu geitonogamicznym (tab. 4), otrzymano następujące wyniki: najbardziej samozgodny okazał się gatunek oraz *S. silvestre*, gdzie średnia efektywność wiązania ziarniaków wynosiła 30,7%. Różnica między gatunkiem *S. silvestre*, a pozostałymi badanymi gatunkami była istotna statystycznie. Dla pozostałych gatunków średnia efektywność wiązania ziarniaków była niższa niż 5,2% i nie różniła się istotnie statystycznie od gatunku *Secale cereale* ssp. *cereale*. Dla dzikich podgatunków *Secale*

cereale maksymalna efektywność wiązania ziarniaków wyniosła 5,2% dla *S. c. ssp. afghanicum* najniższą, zerową efektywnością wykazał się gatunek uprawny *Secale cereale* ssp. *cereale*. Natomiast spośród gatunków i podgatunków *Secale strictum*, tylko *Secale strictum kuprianovii* zawiązał ziarniaki. Efektywność wyniosła tylko 2,6%. Ponownie gatunek *Secale strictum* wraz z podgatunkami zawiązywał ziarniaki słabiej niż gatunek *Secale cereale* i jego dzikie podgatunki.

Tabela 4

Efektywność wiązania ziarna przy trzech wariantach zapylenia
The efficiency of seed setting at three variants of pollination

Gatunek — podgatunek Species — subspecies	Średnia efektywność wiązania ziarna przy: Mean efficiency of seed set:					
	samozapyleń self-pollination (%)	współczynnik zmienności variation coefficient (V%)	zapylenia geitonogami- cznym geitonogamous pollination (%)	współczynnik zmienności variation coefficient (V%)	zapylenia między genotypami pollination between genotypes (%)	współczynnik zmienności Variation coefficient (V%)
<i>S. cereale</i> ssp. <i>cereale</i> (cv. — odm. Walet)	0	—	0	—	15	7,2
<i>S. c. ssp. afghanicum</i>	5,2	14,7	5,2	17,8	19,5	20,1
<i>S. c. ssp. ancestrale</i>	1,4	8,1	0,75	2,3	18,1	24,1
<i>S. c. ssp. dighoricum</i> 17785	1,8	7,4	0,47	3,7	8,3	17,1
<i>S. c. ssp. segetale</i>	11,1	19,7	0,5	1,3	11,9	27,1
<i>S. strictum</i>	0	—	0	—	5	1,8
<i>S. s. ssp. africanum</i>	1,4	2,7	0	—	0	—
<i>S. s. ssp. anatolicum</i>	0	-	0	—	3,5	5,2
<i>S. s. ssp. ciliatoglume</i>	1,8	4,1	0	—	8,1	12,4
<i>S. s. ssp. kuprianovii</i>	0	—	2,6	3,1	3,5	4,8
<i>S. vavilovii</i>	0,7	1,7	0,8	2,4	10,8	24,9
<i>S. silvestre</i>	40	35,1	30,7	32,4	0	—
	NIR/LSD _{0,01} = 8,4% NIR/LSD _{0,05} = 6,4%		NIR/LSD _{0,01} = 4,9% NIR/LSD _{0,05} = 6,5%		NIR/LSD _{0,01} = 1% NIR/LSD _{0,05} = 0,8%	

Zmienność cechy określona współczynnikiem zmienności dla gatunku *Secale silvestre* była przeciętna i wyniosła 32,4%, a dla pozostałych gatunków i podgatunków była mała i wahała się od 1,3% (*S. c. ssp. segetale*) do 17,8% (*S. c. ssp. afghanicum*, tab. 4).

Zapylenie między genotypami w badanych gatunkach i podgatunkach

Przeprowadzając zapylenie między genotypami w obrębie gatunku uzyskano następujące wyniki: gatunek *Secale silvestre* jako wybitnie samopylny nie zawiązał żadnych ziarniaków, natomiast efektywność zawiązywania ziarniaków dla gatunku *Secale cereale* wraz z podgatunkami dzikimi wahała się od 11,9% dla *S. c. ssp. segetale* do 19,5% dla podgatunku *S. c. ssp. afghanicum*. Natomiast gatunek *Secale strictum* wraz z podgatunkami wiązał ziarniaki z mniejszą efektywnością, to jest od 0% dla gatunku *S. s. africanum* do 8,1% dla gatunku *S. s. ciliatoglume* (tab. 4).

Najwyższą efektywnością wiązania ziarniaków przy zapyleniu między genotypami w obrębie gatunku charakteryzowały się *Secale strictum* ssp. *afghanicum* (19,5%), *Secale*

cereale ssp. *ancestrale* (18,1%) i odmiana Walet (15%). Pozostałe gatunki charakteryzowały się niższą niż 10% średnią efektywnością wiązania ziarniaków.

Współczynnik zmienności tej cechy dla odmiany uprawnej wyniósł 7,2%. Podgatunki rodzaju *Secale cereale* charakteryzowały się zmiennością małą (*S. c.* ssp. *dighoricum* 17785, *S. strictum*) i przeciętną (*S. c.* ssp. *afghanicum*, *S. c.* ssp. *ancestrale*, *S. c.* ssp. *segetale*). Natomiast współczynniki zmienności dla gatunku *Secale strictum* z podgatunkami były małe i wahały się od 1,8% (*S. strictum*) do 12,4% (*S. s.* ssp. *ciliatoglume*).

Efektywność wiązania ziarniaków między badanymi gatunkami była statystycznie istotna na poziomie $\alpha = 0,05$ i $0,01$ (tab. 4).

DYSKUSJA

Do rodzaju *Secale* L. poza gatunkiem uprawnym *Secale cereale* ssp. *cereale* należy także szereg gatunków i podgatunków dzikich, nieuprawnych. Gatunkami tymi interesowano się już na początku poprzedniego stulecia (Vavilov, 1917, 1926; Roshevitz, 1947). Wielokrotnie próbowano usystematyzować rodzaj *Secale* na podstawie wzajemnej zdolności do krzyżowania między gatunkami w tym rodzaju, czy podobieństwa cytologicznego i morfologicznego (Kush, 1962). Jednak dopiero uzupełnienie badań o analizy cytogenetyczne (Hammer, 1987) molekularne (Shang, 2006) i cytogenetyczno-molekularną analizę FISH (Cuadrado, 2002) umożliwiło usystematyzowanie rodzaju *Secale*. W literaturze brak jest całościowego opisu i porównania biologii poszczególnych gatunków w rodzaju *Secale* L.

Wiedza dotycząca biologii kwitnienia gatunków jest, szczególnie ważna, jeżeli celem jest przeprowadzenie krzyżowań, w wyniku których chcemy doprowadzić do poszerzenia zmienności rekombinacyjnej metodami hodowli konwencjonalnej. Dotyczy to szczególnie wiedzy na temat biologii kwitnienia gatunków, które mogą być wykorzystane do krzyżowań międzygatunkowych materiałów wyjściowych do hodowli. A takimi gatunkami są bez wątpienia dzikie gatunki z rodzaju *Secale* L. Są one cennym źródłem genów odporności na choroby (na przykład mączniaka, Rzepka, 1988), odporności na porastanie (Rzepka, 1993), czy cytoplazmy sterylizującej (Łapiński, 1977).

Wszystkie gatunki i podgatunki żyta miały typową dla większości zbóż budowę morfologiczną kłosów i kwiatów, (Szwejkowscy, 2003; Rapiejko, 1998). Między gatunkami wystąpiły znaczne różnice dotyczące, takich cech jak: długość kłosa, liczba kłosków w kłosie i zbitość kłosa. Różnice w wielkościach tych cech pomiędzy większością gatunków były istotne statystycznie.

Znaczne różnice w wartościach współczynnika zmienności między gatunkiem wzorcowym — *Secale cereale* ssp. *cereale* a pozostałymi badanymi obiektami świadczą o dużym wyrównaniu obserwowanych cech u odmiany uprawnej w odróżnieniu od silnie zróżnicowanych gatunków i podgatunków dzikich, nie poddawanych wcześniej procesowi selekcji.

Ważnym z punktu widzenia prac hodowlanych aspektem jest żywotność ziaren pyłku. Ma ona wpływ na efektywne wykorzystanie poszczególnych gatunków w hodowli, ponieważ wysoka żywotność ziaren pyłku pozwala na uzyskanie wysokiej efektywności

krzyżowania. Żywotność pyłku badanych genotypów wahała się od 82% do 96%. Tym samym była nieco wyższa niż żywotność otrzymana w pracy Mackiewicz i Brody (2002) i wskazywała na przydatność tych gatunków do krzyżowań i wytwarzania mieszańców *in vivo*.

Potwierdzone zostały badania prowadzone przez Kociubę i Kramek (2004) dotyczące typu kwitnienia żyta. Z badań wynikało, iż żyto jest gatunkiem, który ma otwarty typ kwiatów i wyrzuca pylniki na zewnątrz kwiatów. W literaturze nie spotyka się charakterystyki kwitnienia gatunku *Secale silvestre*. Wspomina się jedynie, że rodzaj *Secale* jest bardzo różnorodny, ponieważ należą do niego gatunki jednoroczne, dwuletnie, samo i obcopolne, uprawne i dzikie (Khush, 1962; Chikmawati, 2005). Autorzy wykorzystujący w swoich badaniach gatunek *Secale silvestre* podkreślają, że jest to gatunek najstarszy, najbardziej pierwotny (Shang i in., 2006), a jednocześnie najbardziej różniący się od pozostałych gatunków w rodzaju *Secale* między innymi pod względem sposobu kwitnienia, ponieważ kwitnienie kłosów odbywa się w pochwach liściowych przed wykłoszeniem się kłosów (Chikmawati, 2005). Równocześnie krzyżowanie tego gatunku z innymi z rodzaju *Secale* okazywało się najmniej efektywne (Mackiewicz, 2004). Mogło to wynikać z innego niż u pozostałych gatunków sposobu kwitnienia.

Rośliny żyta przy normalnym przebiegu pogody kwitną 10 dni (Rapiejko, 1998; Ludwicka, 2007). W niniejszej pracy w warunkach pola doświadczalnego ten okres był wydłużony nawet do 20 dni dla gatunku *Secale cereale* ssp. *segetale* czy *Secale vavilovii*. Na długość kwitnienia mają zasadniczy wpływ warunki pogodowe w okresie sezonu wegetacyjnego. Szczególnie duży wpływ ma słoneczna pogoda w ciągu dnia i optymalna temperatura powietrza w okresie kwitnienia. Na podstawie badań jednorocznych trudno więc jednoznacznie stwierdzić czy termin i długość kwitnienia gatunków dzikich rzeczywiście jest tak odmienny od gatunku uprawnego, czy może zaistniał tak duży wpływ warunków pogodowych na przebieg kwitnienia w danym roku. Mimo iż w warunkach polowych różnice 3 czy 5 dni w terminie zakwitania nie mają większego znaczenia, to w przypadku prac hodowlanych zjawisko to ma znaczenie zasadnicze. Okazuje się to szczególnie ważne, jeżeli podejmujemy próbę przeprowadzenia krzyżowania gatunku zakwitającego najwcześniej z gatunkiem zakwitającym najpóźniej.

System samoniezgodności dla gatunku *Secale* L. jest znany i opisywany od dawna (Brewbaker, 1959; Baumann i in., 2000). Dobrze znane jest także podłoże molekularne odpowiedzialne za system samoniezgodności u zbóż. Literatura podaje, że uwarunkowany jest on dwoma różnymi, dominującymi wieloallelicznymi genami dziedziczącymi się niezależnie (Baumann, 2000). Geny te zlokalizowane zostały na chromosomie 1R i 2RL (Hackauf i Wehling, 2002).

Tematykę tę w swoich artykułach przeglądowych podejmowali McKubin (1996) i Bednarska (2003). Ten typ samoniezgodności zidentyfikowany został jako samoniezgodność gametofitowa. Najbardziej nieoczekiwane wyniki dały badania średniej efektywności krzyżowania przy trzech wariantach zapylania. W literaturze wskazuje się trzy gatunki wybitnie samopylne (Tarkowski, 1983; Mackiewicz i in., 2002), a pozostałe uważa się za obcopolne. Gatunki samopylne to *S. silvestre*, *S. vavilovii* i *S. ssp. africanum*. W powyższych badaniach gatunki samopylne wykazały się bardzo niską efektywnością

zawiazywania ziarniaków. Niemniej jednak na podstawie badań własnych można wskazać tylko jeden wybitnie samozgodny gatunek dziki — *Secale silvestre*. Dwa pozostałe wskazywane w literaturze jako samozgodne nie dały tak jednoznacznych wyników. W niniejszych badaniach stwierdzono, że *S. vavilovii* przy obcozapyleniu (zapyleniu między genotypami) wykazuje aż 10,8% efektywności zawiazywania ziarniaków, przy samozapyleniu zaś efektywność wynosiła tylko 0,7%. Natomiast podgatunek *S. s. africanum* bardzo słabo zawiązał ziarniaki tylko przy samozapyleniu a w dwóch pozostałych wariantach zapylenia nie zawiązał ich wcale. Dlatego wyniki te mogą wskazywać na fakultatywną samozgodność podgatunku *S. s. africanum* oraz gatunku *S. vavilovii*. Również podgatunek *S. s. dighoricum* 17785 wykazał się fakultatywną samozgodnością, mimo iż literatura wskazuje, że jest to gatunek samoniezgodny.

Zjawisko fakultatywnej samozgodności jest dość powszechne w rodzaju *Brassica* (Thompson, 1957; Thompson, Howard, 1959), ale również w rodzaju *Pyrrus* (Antkowiak i Wojciechowski, 2007). Autorzy wskazali, że na wzrost stopnia samopylności wpływać mogły nietypowe warunki środowiskowe.

O tym, że samozgodność może być warunkowana lub modyfikowana środowiskowo może świadczyć także niski współczynnik zmienności dla badanych gatunków.

Przeprowadzone obserwacje biologii kwitnienia gatunków żyta podkreślają złożoność procesów zapylenia i zapłodnienia, a zatem otrzymania potomstw o zróżnicowanym składzie genetycznym. Gatunki, podgatunki żyta zachowały więc ewolucyjnie ukształtowaną biologię kwitnienia w interakcji ze środowiskiem. Jest jednak ona modyfikowana w niewielkim stopniu przez stres abiotyczny i zjawiska samozgodności lub pseudo-samozgodności.

WNIOSKI

1. Badane gatunki w rodzaju *Secale* sp. w większości są gatunkami obcopylnymi, z wyjątkiem gatunku *Secale silvestre*, który jest gatunkiem samopylnym.
2. Kwitnienie gatunków obcopylnych przebiegało przy kwiatach otwartych — chasmogamicznie, natomiast gatunku samopylnego *S. silvestre* przy kwiatach zamkniętych — klejstogamicznie.
3. Wśród gatunków obcopylnych otrzymano wyniki wskazujące na fakultatywną samozgodność warunkowaną przez zmieniające się warunki środowiskowe. Skłonności do fakultatywnej samozgodności wykazywały gatunki: *S. c. ssp. afganicum* oraz *S. c. ssp. segetale*.
4. Najwcześniej w stosunku do gatunku wzorcowego *S. c. ssp. cereale* zakwitał gatunek *Secale silvestre*. Najpóźniej w stosunku do wzorca zakwitał gatunek *S. s. kuprianovii*.
5. U gatunków obcopylnych efektywność zawiazywania ziarniaków była bardzo niska. Gatunki i podgatunki z *Secale cereale* wykazywały wyższą efektywność wiązania ziarna niż gatunki należące do *S. strictum* i gatunek *S. vavilovii*.

LITERATURA

- Antkowiak A., Wojciechowski A. 2007 Botanica Steciana 11: 131 — 134.
- Baumann U., Juttner J., Bian X., Longride P. 2000. Self-incompatibility in the Grasses.; Annales of Botany 85: 203 — 209.
- Bednarska E. 2003. Mechanizmy samoniezgodności u roślin kwiatowych; Kosmos 52, 4: 425 — 443.
- Brewbaker J. L. 1959. Pollen cytology and self – incompatibility systems in plants. Journal of Heredity 2, 46: 271 — 277.
- Cuadrado A., Jouve N. 2002. Evolutionary trends of different Repetitive DNA Sequences during speciation in the genus *Secale*. The American Genetic Association 93: 339 — 345.
- Chikmawati T., Skovmand B., Gustafson J. P. 2005. Phylogenetic relationships among *Secale* species revealed by amplified fragment length polymorphisms. Genome 48:792 — 801.
- Dubas A. 1997. Szczegółowa uprawa roślin rolniczych. Wydawnictwo AR Poznań.
- Hackauf B., Wehling P. 2002 Identification of microsatellite polymorphisms in an expressed portion of the rye genome. Plant Breeding 121:17 — 25.
- Hammer K., Skolimowska E. 1987. Vorarbeiten zur monographischen Darstellung vor Wildpflanzensortimenten: *Secale* L. Kulturpflanze 35: 135 — 177.
- Khush G. 1961. Cytogenetic and evolutionary studies in *Secale*. I. Some new data on the ancestry of *S. cereale*. Amer. J. Bot. 48: 723 — 730.
- Khush G. 1962. Cytogenetic and evolutionary studies in *Secale*. II. Interrelationship of the wild species. Evol. 16: 484 — 496.
- Kociuba W., Kramek A. 2004. Analiza niektórych właściwości biologii kwitnienia pszenżyta przydatnych dla hodowli i reprodukcji odmian. Annales UMCS Vol. 59, 1: 115 — 122.
- Ludwicka A. 2007. Żyto-roślina energetyczna. Album Roślin Energetycznych: 45 — 47.
- Łapiński M. 1977. Wstępne wyniki badań nad krzyżówkami oddalonymi z rodzaju *Secale*. Pr. Zesp. Hod. Żyta w 1975 r IHAR Radzików: 89 — 95.
- Mackiewicz-Karolczak D., Broda Z. 2002. Ocena efektywności krzyżowań międzygatunkowych w rodzaju *Secale*. Biul. IHAR 221: 73 — 82.
- Mackiewicz D., Broda Z. 2004. Ocena przydatności hodowlanej mieszańców żyta uprawnego *Secale cereale* (L.) z dzikimi gatunkami z rodzaju *Secale*”. Biul. IHAR 231/2002 :265 — 277.
- McCubin A. G. Kao T. 1996. Molecular mechanisms of self-incompatibility. Current Opinion in Biotechnology 7: 150 — 154.
- Mucha J. 1994. Metody geostatystyczne w dokumentowaniu złóż. Skrypt, Katedra Geologii Kopalnianej. AGH Kraków: 155 ss.
- Rapiejko P., Weryszko- Chmielewska E. 1998. Pyłek traw. Alergia Astma Immunologia 3 (4): 187 — 192.
- Rzepka D. 1988. Przydatność międzygatunkowych mieszańców żyta (*Secale* sp.) w hodowli odmian odpornych na mączniaka (*Erysiphe graminis* DC. f. sp. *secalis* Marchal). Hod. Rośl. Aklim 3–4: 39 — 48.
- Rzepka D. 1993. Badania nad mieszańcami *S. cereale* × *S. vavilovii* Gross. w aspekcie ich przydatności do hodowli odmian odpornych na porastanie. Część I: Ocena odporności na porastanie mieszańców międzygatunkowych żyta; Hod. Rośl. Aklim. 37 (6/5): 69 — 79.
- Roshevitz R. Y. 1947. A monograph of the wild weedy and cultivated species of rye. Acta Inst. Bot. Nom. Acad. Sci. U.S.S.R Ser.1 F₁ et Syst. 6: 105 — 163.
- Shang H. I, Wei Y. M., Wang X. R., Zheng Y. L. 2006. Genetic diversity and polygenetic relationships in the rye genus *Secale* L. (rye) based on *Secale cereale* microsatellite markers. Genet and Molec. Biol. 29, 4: 685 — 691.
- Szweykowska A., Szweykowski J. 2003. Botanika T. 2, PWN, Warszawa.
- Tarkowski C. 1983. Biologia żyta. PWN, Warszawa.
- Thompson K. F. 1957. Self-incompatibility in marrow-stem kale, *Brassica oleracea* var *acephala* I. Demonstration of a saprophytic system J. Genetics 55: 45 — 60.
- Thompson K. F. 1959. Self-incompatibility in marrow-stem kale, *Brassica oleracea* var *acephala* II. Methods for the recognition in inbred lines of plants homozygous for S alleles J. Genetics 56: 325 — 340.
- Vavilov N. I. 1917. On the origin of cultivated rye, Bull. Appl. Bot. Genet. Plant Breed 10: 561 — 590.

- Vavilov N. I. 1926. Studies on the origin of cultivated plants Bull. Appl. Bot. Genet. Plant Breed. 16: 1 — 248.
- Zadoks J. C., Chang T. T., Konzak C. F. 1974. Decimal code for growth stages of cereals Weed Res. 14: 415 — 431.

MALGORZATA GOŁĘBIEWSKA¹EDWARD WRÓBEL²¹ Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin Radzików, Oddział w Młochowie² Katedra Agrotechnologii i Zarządzania Produkcją Roślinną, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Wpływ nawożenia azotem na plonowanie kukurydzy*

The effect of nitrogen fertilization on yielding of maize

Podstawę opracowania stanowią wyniki trzyletnich, ścisłych badań polowych nad wpływem zróżnicowanego nawożenia azotem: 0 (kontrola), 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 kg N·ha⁻¹ na plonowanie dwóch odmian kukurydzy: Junak i Boruta. W pracy uwzględniono wpływ stosowanych dawek azotu na plon ziarna kukurydzy, plon energii netto i białka ogółem. Ponadto określono efektywność rolniczą 1 kg azotu. Zastosowanie odpowiednio zwiększonego nawożenia azotem wpłynęło na wzrost plonu ziarna odmiany Junak z 64,4 dt·ha⁻¹ w obiekcie kontrolnym do 93,4 dt·ha⁻¹ po zastosowaniu dawki 270 kg N·ha⁻¹. Plon ziarna odmiany Boruta wzrósł odpowiednio z 70,3 dt·ha⁻¹ do 93,3 dt·ha⁻¹. Wysoką efektywność rolniczą 1 kg azotu u kukurydzy uzyskano przy dawce 30 kg N·ha⁻¹. Przy wyższych dawkach N, produktywność jednostkowa azotu znacznie się zmniejszała. Plon białka wahał się od 5,0 dt·ha⁻¹ do 10,7 dt·ha⁻¹ w zależności od dawki nawozu i odmiany. Najwyższy plon białka oraz wartość energetyczną plonu ziarna z 1 ha uzyskano stosując azot w dawce 240 kg N·ha⁻¹.

Słowa kluczowe: kukurydza, nawożenie azotem, odmiana, plon ziarna, plon energii netto i białka ogółem

The results were obtained in the 3-years field trials aimed to evaluate the effects of different doses of nitrogen: 0 (the control), 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 kg N·ha⁻¹ on yielding of two maize cultivars: Junak and Boruta. The effects of nitrogen on grain yield net energy and a total protein were assessed. Agricultural efficiency of 1 kg of nitrogen was assessed. The application of nitrogen fertilization increased grain yield of the cultivar Junak from 64,4 dt·ha⁻¹ (control) to 93,4 dt·ha⁻¹ at the dose of 270 kg N·ha⁻¹. Grain yield of the cultivar Boruta increased from 70,3 dt·ha⁻¹ to 93,3 dt·ha⁻¹, respectively. High agricultural efficiency of the applied nitrogen was found for the dose of 30 kg N·ha⁻¹. At higher nitrogen doses the efficiency was lower. The protein yield ranged from 5,0 dt·ha⁻¹ to 10,7 dt·ha⁻¹, depending on the N-dose and cultivar. The highest yield of protein and the highest energy value of the yield were recorded at the dose of 240 kg N·ha⁻¹.

Key words: cultivar, grain yield, nitrogen fertilization, maize, yield of total protein, net yield of energy

* Plon ziarna i białka oraz zawartość białka ogółem w ziarnie kukurydzy opisali również Bogucka i wsp. (2008)

WSTĘP

W Polsce istnieją olbrzymie przyrodnicze i ekonomiczne możliwości zwiększenia produkcji ziarna paszowego kukurydzy, co mogłoby ograniczyć jego import (Sulewska 1997). Według wielu ekonomicznych opracowań, uprawa kukurydzy na ziarno jest obok pszenicy najbardziej opłacalna spośród wszystkich gatunków roślin rolniczych uprawianych w Polsce (Graff, 1997; Kwaczyńska, Cieślak, 1997; Rynek zbóż stan..., 2007). Na wysokość i jakość zbieranego plonu w 70% wpływa agrotechnika, a w 30% warunki klimatyczne (Dubas, 1988).

Kukurydza jest rośliną o dużym potencjale plonotwórczym i znacznych potrzebach pokarmowych. Na wytworzenie 1 dt ziarna wraz z odpowiednią ilością słomy kukurydza pobiera 2,9 kg N, 0,57 kg P, 2,74 kg K, 0,57 kg Ca oraz 0,54 kg Mg (Dubas, 2003). Duże wymagania pokarmowe sprawiają, że znaczny wpływ na wielkość jej plonów wywiera nawożenie, szczególnie azotem (Bober, Błażej 1991; Gonet, Stadejek, 1990; Grzebisz i in., 1993; Fotyma, 1994; Jankowiak i in., 1997; Rabikowska, 1999).

Zwiększenie wielkości plonów ziarna przez intensyfikację nawożenia azotem można stymulować tylko do pewnego poziomu, po przekroczeniu którego może nastąpić jego obniżenie (Fotyma, 1988). Optymalizując nawożenie azotem należy wziąć pod uwagę efektywność rolniczą (produktywność), która jest miarą skuteczności nawożenia, rozumianą jako przyrost plonu na jednostkę azotu (1 kg) zastosowanego w nawozach (Kruczek, 2000).

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu różnych dawek azotu na plon ziarna dwóch odmian kukurydzy oraz na plon energii netto i białka ogółem.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym była kukurydza (*Zea mays* L.), uprawiana w ściśłym doświadczeniu polowym przeprowadzonym w latach 2003-2005 w Bałczynach k. Ostródy. Eksperyment założono metodą losowanych podbloków (split-plot) w czterech powtórzeniach. Badanymi czynnikami były dwie mieszańcowe odmiany kukurydzy różniące się wczesnością dojrzewania (FAO): wczesna — Junak (FAO 210–220) i średnio wczesna — Boruta (FAO 230–240) oraz 9 poziomów nawożenia azotem na tle kontroli (bez nawożenia azotem):

- obiekt nienawożony azotem (kontrola),
- 30 kg N·ha⁻¹: przedsiewnie,
- 60 kg N·ha⁻¹: przedsiewnie,
- 90 kg N·ha⁻¹: przedsiewnie,
- 120 kg N·ha⁻¹: przedsiewnie
- 150 kg N·ha⁻¹: 120 kg N·ha⁻¹ przedsiewnie+30 kg N·ha⁻¹ pogłównie w fazie 6 liści kukurydzy (BBCH 16),
- 180 kg N·ha⁻¹: 120 kg N·ha⁻¹ przedsiewnie +60 kg N·ha⁻¹ pogłównie w fazie (BBCH 16),

- 210 kg N·ha⁻¹: 120 kg N·ha⁻¹ przedsiewnie +90 kg N·ha⁻¹ pogłównie w fazie (BBCH 16),
- 240 kg N·ha⁻¹: 120 kg N·ha⁻¹ przedsiewnie +120 kg N·ha⁻¹ pogłównie w fazie (BBCH 16),
- 270 kg N·ha⁻¹: 120 kg N·ha⁻¹ przedsiewnie +150 kg N·ha⁻¹ pogłównie w fazie (BBCH 16).

Badania przeprowadzono na glebie płowej typowej, wytworzonej z gliny lekkiej, klasy bonitacyjnej IIIa, należącej do 2 kompleksu przydatności rolniczej. Zasobność gleby w składniki pokarmowe i jej kwasowość przedstawia tabela 1.

Tabela 1

Warunki glebowe w Balcynach Soil conditions at Balcyny						
Lata Years	Zawartość w glebie — Content in soil					pH w KCl pH in KCl
	N-NH ₄	N-NO ₃	P	K	Mg	
	mg·kg ⁻¹ gleby — mg·kg ⁻¹ of soil					
2003	17,0	31,0	78,0	145,0	94,0	6,4
2004	13,0	26,0	70,0	146,0	85,0	6,6
2005	16,0	32,0	74,0	154,0	78,0	6,5

W doświadczeniu zastosowano przedsiewnie jednolite nawożenie fosforowo-potasowe w dawce 52,4 kg P·ha⁻¹ w formie superfosfatu potrójnego (46% P₂O₅), 149,5 kg K·ha⁻¹ w formie soli potasowej (60% K₂O). Azot zgodnie ze schematem doświadczenia stosowano w dwóch terminach: przedsiewnie oraz pogłównie (w fazie BBCH 16) w formie mocznika 46%.

Przedplonem była pszenica ozima. W każdym roku badań kukurydzę odmian Junak i Boruta wysiewano w III dekadzie kwietnia. Gęstość wysiewu ustalono w oparciu o parametry jakościowe materiału siewnego, przyjmując obsadę 12 roślin·m⁻² po wschodach. Kukurydzę pielęgnowano chemicznie; przed zwarciem rzędów wykonano oprysk herbicydem Atrasan 500 SC (atrazyna — 500 g/dm⁻³) 2 dm⁻³/ha. Zbiór roślin na ziarno przeprowadzono w fazie pełnej dojrzałości ziarna, plon i masę 1000 ziaren (MTZ) przeliczono przy 15% wilgotności.

Do badań laboratoryjnych jakości ziarna pobrano 100 gramową reprezentatywną próbę, pochodzącą z partii materiału zsypanej z 4 powtórzeń z dwóch pierwszych sezonów wegetacyjnych (lata 2003 i 2004).

Ocenę jakościową plonu przeprowadzono następującymi metodami:

- zawartość azotu oznaczono metodą Kjeldahla (wg PN-EN ISO 5983-1:2006), mnożąc określoną po hydrolizie, destylacji i miareczkowaniu zawartość azotu ogólnego przez odpowiedni przelicznik (6,25), wyrażający średnią zawartość azotu w białkach produktów żywnościowych
- wartość energetyczną netto (koncentrację energii strawnej) oznaczono w kalorymetrze KL 6, poprzez spalanie próbek w tlenie w bombie kalorymetrycznej.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie wykorzystując analizę wariancji, a różnice graniczne oszacowano za pomocą testu T-Duncana dla błęd $\alpha = 5\%$.

Oceniane wskaźniki efektywności nawożenia obliczono według wzoru:

$$E_R = (Y_N - Y_0) \text{ kg N}^{-1},$$

gdzie: E_R = efektywność rolnicza (produktywność netto),

Y_N = plon w obiekcie z danym nawozem, Y_0 = plon w obiekcie kontrolnym

$$E_F = (Y_N - Y_0) (P_N - P_0) \text{ kg N}^{-1},$$

gdzie: E_F = efektywność fizjologiczna (produktywność brutto),

Y_N = plon w obiekcie z danym nawozem, Y_0 = plon w obiekcie kontrolnym,

P_N = pobranie azotu w obiekcie Y_N , P_0 = pobranie azotu w obiekcie Y_0 .

WYNIKI I DYSKUSJA

W tabeli 2 przedstawiono średnie miesięczne temperatury i sumy opadów, charakteryzujące przebieg warunków pogodowych w okresie wegetacji kukurydzy, zestawione na podstawie zapisów automatycznej stacji meteorologicznej, znajdującej się w Bałcynach.

Tabela 2

Charakterystyka warunków pogodowych w okresie wegetacji w latach 2003–2005 i średnie z wielolecia 1961–2000

Characteristics of climatic conditions of the vegetative periods 2003–2005 and means from 1961–2000

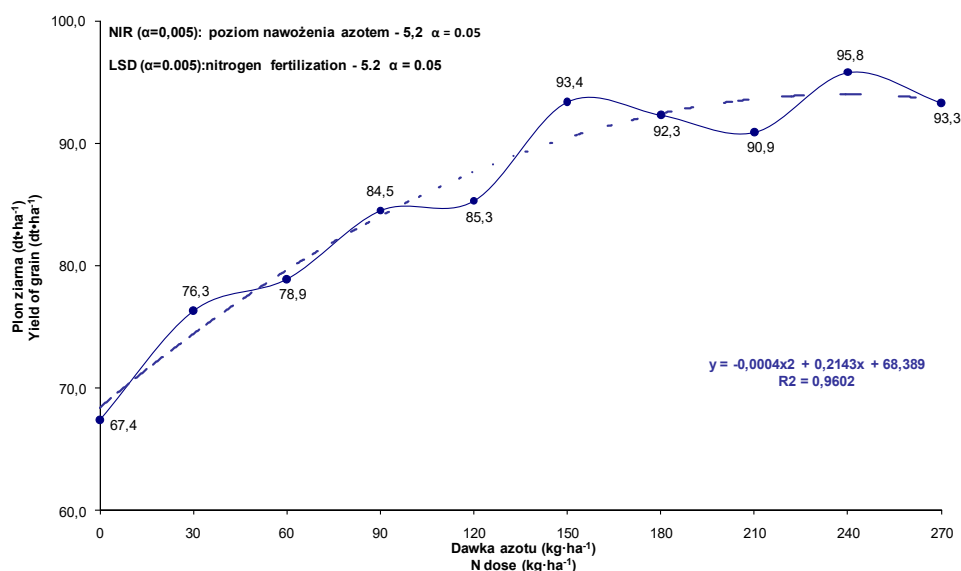
Wyszczególnienie Specification	Rok Year	Miesiące — Months							
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV-X
Średnia dobową temperatura (°C) The mean daily temperature (°C)	2003	6,1	14,2	16,5	18,9	17,3	13,7	4,8	13,1
	2004	8,9	11,8	15,3	17,0	19,2	14,2	10,5	13,8
	2005	8,2	11,6	14,2	19,7	16,9	18,1	10,5	14,2
Wielolecie (1961 – 2000) Period of (1961 – 2000)		7,0	12,5	15,8	17,2	16,8	12,6	8,1	
Suma opadów (mm) The rainfall sum (mm)	2003	23,6	78,6	60,7	118,2	34,9	19,1	66,1	401,2
	2004	51,5	87,1	90,6	78,8	89,3	41,9	77,6	516,8
	2005	22,0	68,2	35,4	83,9	39,6	17,9	19,3	286,3
Wielolecie (1961 – 2000) Period of (1961 – 2000)		35,4	57,6	69,5	81,6	75,2	59,0	53,5	

Lata badań polowych były dość zróżnicowane pod względem średniej temperatury i sumy opadów. W sezonie wegetacyjnym 2003 roku sprzyjające warunki wilgotnościowo-termiczne wpłynęły korzystnie na cały okres wegetacji kukurydzy. Znalazło to odzwierciedlenie w plonowaniu roślin. W omawianym roku, łączna suma opadów w okresie od siewu do zbioru roślin (24 IV–15 X) kształtowała się na poziomie 354,5 mm, a średnia dobową temperatura tego okresu wyniosła 15,5°C. Suma opadów i średnia dobową temperatura od 1 IV do 31 X 2003 roku wyniosła odpowiednio 401,2 mm i 13,1°C.

Przebieg warunków pogodowych w sezonie wegetacyjnym 2004 roku, różnił się znacznie od średnich wieloletnich (1961–2000) zarówno pod względem średnich miesięcznych wartości temperatury jak i sumy opadów. Trzeci rok badań polowych należał do wyjątkowo ciepłych, a także suchych. Średnia dobową temperatura w okresie od siewu do zbioru roślin (24 IV–6 X) wyniosła 15,8°C, a suma opadów 247,2 mm (w okresie od 1 IV do 31 X; 14,2°C i 286,3 mm).

Michalski i wsp. (1996) twierdzą, iż istnieje współzależność między poziomem plonowania, a średnią dobową temperaturą w sezonie wegetacyjnym. Najwyższe plony uzyskuje się, gdy temperatura kształtuje się na poziomie 15,5–16,0°C. W okresie badań (2003–2005) warunki pogodowe w Bałcynach były korzystne i sprzyjały rozwojowi kukurydzy, o czym świadczy uzyskany średni plon ziarna na poziomie 85,9 dt·ha⁻¹. W pierwszym roku badań średnia wydajność wynosiła 111,4 dt·ha⁻¹, a w następnych była odpowiednio aż o 40 i 29% niższa. Plon ziarna kukurydzy w kraju w tym czasie (2003–2005) wynosił średnio 55,2 dt·ha⁻¹, czyli na poziomie 64% plonu, uzyskanego w niniejszych doświadczeniach (Faostat, 2006).

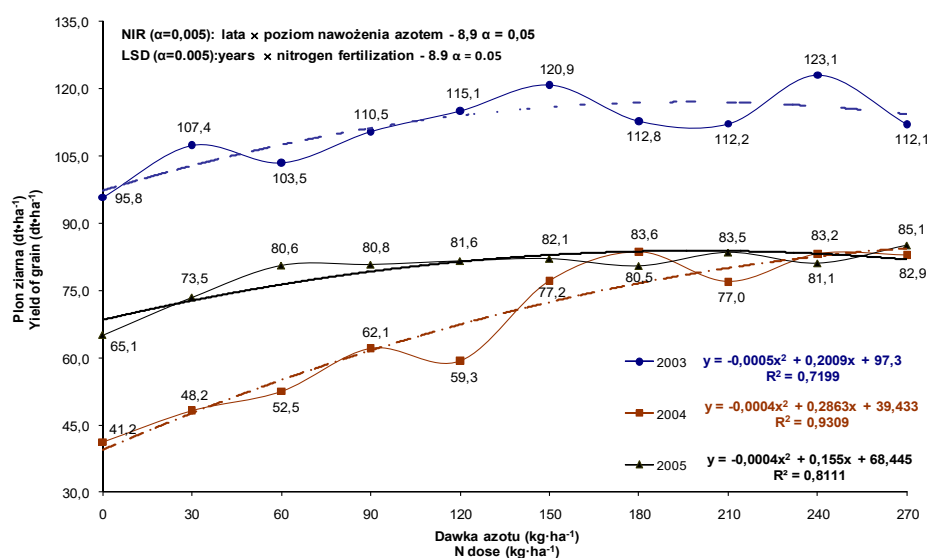
Z badań wielu autorów wynika, iż bardzo ważnym czynnikiem plonotwórczym w uprawie kukurydzy jest nawożenie azotem, które wpływa nie tylko na wielkość plonu, ale i jego jakość (Kruczek, 1997; Kruczek, Szulc 2000; Machul, Borowiecki, 2000; Sądej, Mazur, 2003). Optymalne dawki azotu stosowane pod kukurydzę, podawane w literaturze polskiej przez różnych autorów, wahają się w granicach 90–180 kg N·ha⁻¹ (Borowiecki 1988; Czerniawska 1988; Fotyma, 1994; Gonet, Stądejek, 1992; Kruczek 1988; Pyzik, Bober 1985). Kruczek (1983) za optymalny poziom nawożenia w uprawie kukurydzy na ziarno podaje 100–150 kg N·ha⁻¹.



Rys. 1. Średni plon ziarna kukurydzy odmiany Junak i Boruta (dt·ha⁻¹) w zależności od poziomu nawożenia azotem
Fig. 1. Mean grain yield of the maize of cultivars Junak and Boruta (dt·ha⁻¹) in depending on the nitrogen fertilization

W przeprowadzonych badaniach odnotowano istotne zróżnicowanie plonu ziarna zależnie od stosowanych dawek azotu. Biorąc pod uwagę średnie obiektowe dla nawożenia, regularny wzrost plonu odnotowano do poziomu nawożenia $150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Najwyższy przyrost spowodowała dawka $30 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$; stwierdzono wzrost masy ziarna zbieranego z jednostki powierzchni o 12% w stosunku do obiektów nienawożonych. Przeprowadzony rachunek regresji wykazał, że zależność plonu ziarna od wzrastającego poziomu nawożenia azotem przebiegała zgodnie z wykresem funkcji wielomianowej 2^o, przy wysokim współczynniku determinacji, a optymalna wyliczona z funkcji produkcji dawka azotu dla kukurydzy wyniosła $268 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (rys. 1).

Działanie azotu nie było jednakowe w poszczególnych latach prowadzenia badań. W każdym cyklu najniższy plon ziarna uzyskano z obiektów kontrolnych (rys. 2). Wyliczona z kwadratowej funkcji optymalna dawka azotu dla kukurydzy w pierwszym roku badań wyniosła $201 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, w trzecim $194 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. W drugim roku badań polowych kukurydza optymalny plon wydałaby przy spodziewanym maksimum nawożenia azotem na poziomie 358 kg ha^{-1} (parabola delikatnie przechodząca w linię prostą).



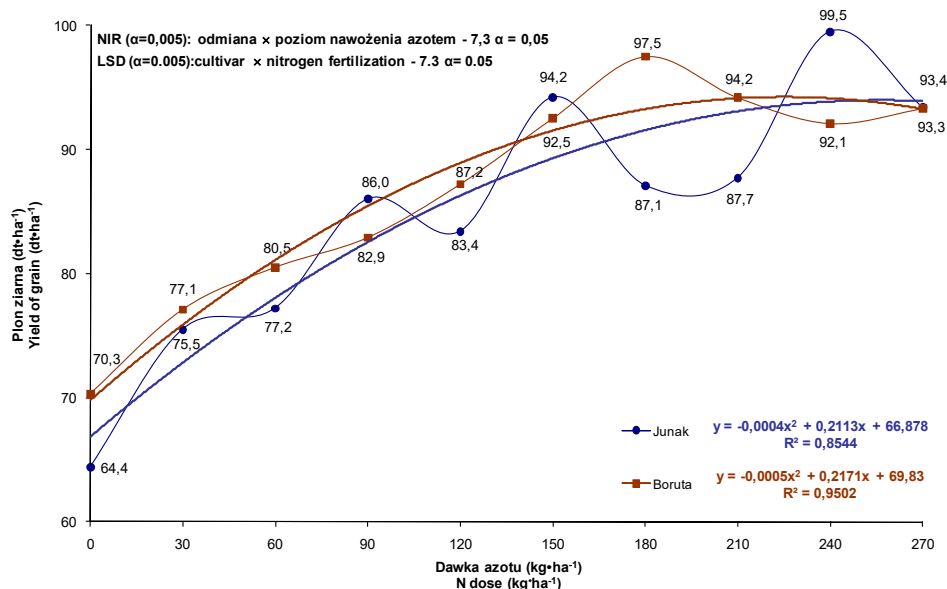
Rys. 2. Funkcja produkcji ziarna kukurydzy w zależności od poziomu nawożenia azotem w latach 2003–2005

Fig. 2. Function of grain production in relation to the level of N fertilization in the years 2003–2005

Reakcja badanych odmian na azot nie była jednakowa. Mieszaniec Junak już na najniższą dawkę azotu zareagował istotnym zwiększeniem plonu ziarna; odmiana Boruta dopiero po zastosowaniu $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ plonowała istotnie wyżej niż rośliny w obiekcie bez azotu. Istotny przyrost plonu ziarna u formy mieszańcowej Junak zaobserwowano również zwiększając nawożenie najbardziej plonotwórczym składnikiem z $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ do 90 kg

$\text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$, z $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ do $150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz $210 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ do $240 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Natomiast u Boruty żadna z aplikowanych dawek azotu, w stosunku do dawki poprzedniej, nie przyczyniła się do udowodnionego statystycznie wzrostu plonu ziarna.

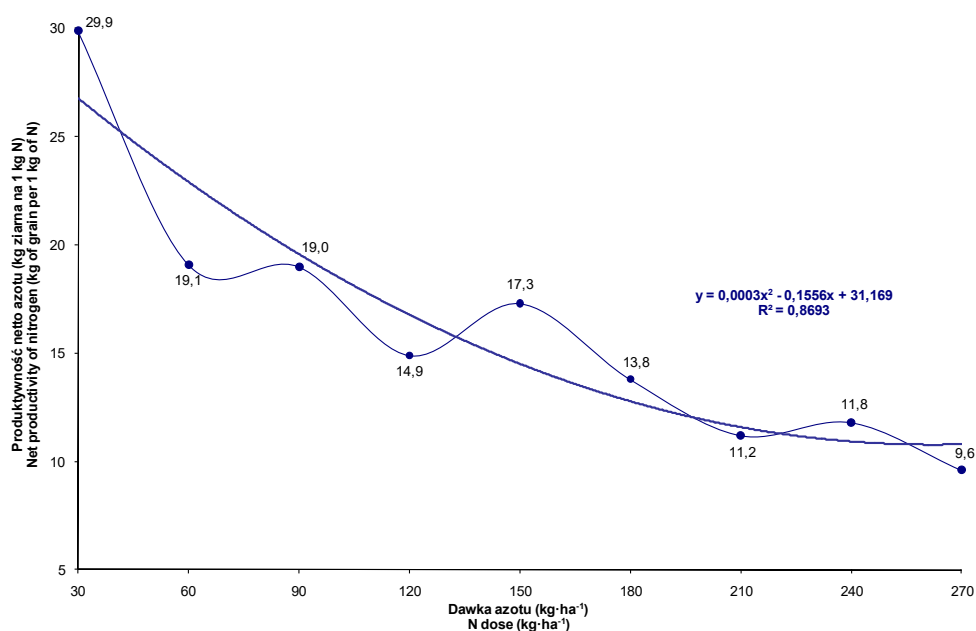
Z zastosowanego w doświadczeniu rachunku regresji wynika, iż optymalna dawka azotu dla odmiany Junak kształtuje się na poziomie $264 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, dla odmiany Boruta $217 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. (rys. 3).



Rys. 3. Plon ziarna odmiany Junak i Boruta ($\text{dt} \cdot \text{ha}^{-1}$) w zależności od poziomu nawożenia azotem
 Fig. 3. Yield of grain of the cultivars Junak and Boruta ($\text{dt} \cdot \text{ha}^{-1}$) in depending on the nitrogen fertilization

W badaniach obliczono dla plonów ziarna efektywność rolniczą (produkcyjną skuteczność nawożenia), czyli przyrost plonu na jednostkę azotu zastosowanego w nawozach.

Efektywność rolnicza liczona dla plonów ziarna kukurydzy malała w miarę wzrostu dawek azotu z $30 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ do $270 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Według Kruczka (1983) dawka $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ wykazuje efektywność $12,7 \text{ kg}$ ziarna na 1 kg N zastosowanego w nawozach. W badaniach własnych dawka $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ okazała się bardziej efektywna i powodowała przyrost ziarna o $19,0 \text{ kg}$ na 1 kg N . Na podstawie średnich z trzech lat obliczono, że każdy kilogram najmniejszej dawki azotu skutkował przyrostem plonu wynoszącym średnio, dla obu odmian, $29,9 \text{ kg}$ ziarna kukurydzy. Większe dawki azotu nie powodowały już tak dużych przyrostów plonu, a nawet zaobserwowano regularne zmniejszanie efektywności azotu wraz ze wzrostem dawki (rys. 4).

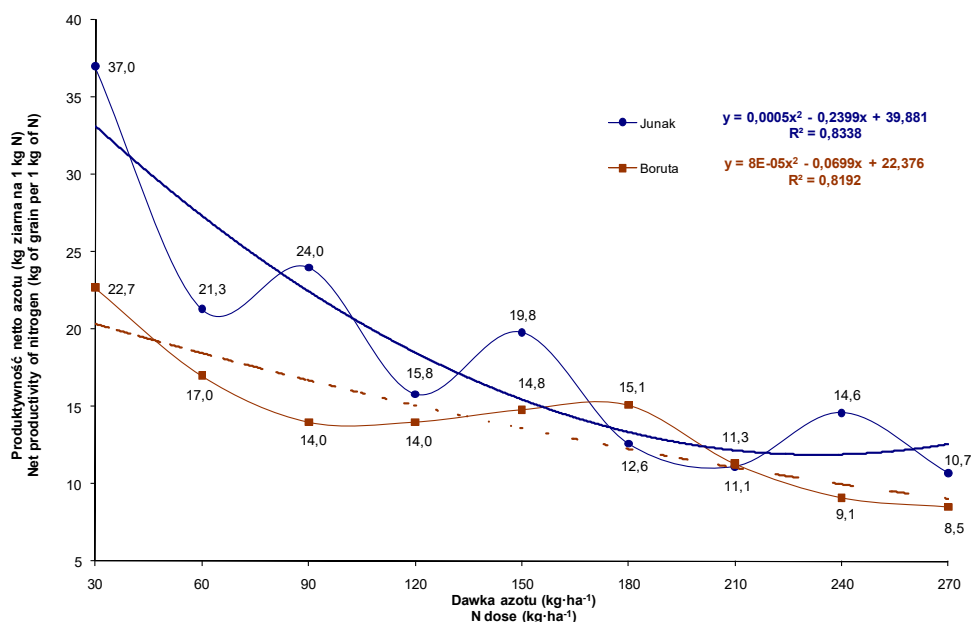


Rys. 4. Średnia produktywność netto azotu (kg ziarna na 1 kg N) w latach 2003–2005
 Fig. 4. Mean net productivity of nitrogen (kg of grain per 1 kg of N) in the years 2003–2005

Fotyma (1994), Kruczek (1996), Panak (1995) twierdzą również, że efektywność nawożenia ulega zmniejszeniu wraz ze wzrostem dawek azotu. Z kolei Borowiecki (1988) najwyższą produktywność (20–15 kg suchej masy kolb na 1 kg N) osiągnął zwiększając intensywność odżywiania azotem do poziomu 60–120 kg N·ha⁻¹. Zbliżone wyniki uzyskali Gonet i Stadejek (1990), którzy zaobserwowali, że w przedziale dawek 90–120 i 120–150 kg N·ha⁻¹ produktywność składnika wynosiła 25–30 kg ziarna na 1 kg N zastosowanego w nawozach. Borowiecki (1987) we wcześniejszych badaniach wykazał, że dawki azotu mieszczące się w przedziale od 60 do 120 kg·ha⁻¹ okazały się najbardziej efektywne.

Produktywność netto azotu była silnie zróżnicowana w poszczególnych latach badań. Można przypuszczać, że warunki pogodowe w szerokim zakresie decydowały o efektywności nawożenia azotem. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń należy stwierdzić, że korzystniejsze plonotwórcze działanie azotu wystąpiło w 2004 roku. Jednak najmniejsza stosowana w badaniach dawka azotu (30 kg·ha⁻¹) dawała średnio dla obu odmian w omawianym roku tylko 23,3 kg ziarna na każdy kilogram składnika, podczas gdy w 2003 roku było to 38,6 kg i w 2005 r. 28,0 kg. W 2005 roku efektywność nawożenia azotem przybierała wartości przekraczające 10 kg ziarna na 1 kg azotu do dawki 150 kg N·ha⁻¹. W 2003 roku w zakresie wyżej wspomnianych dawek azotu efektywność była równie wysoka.

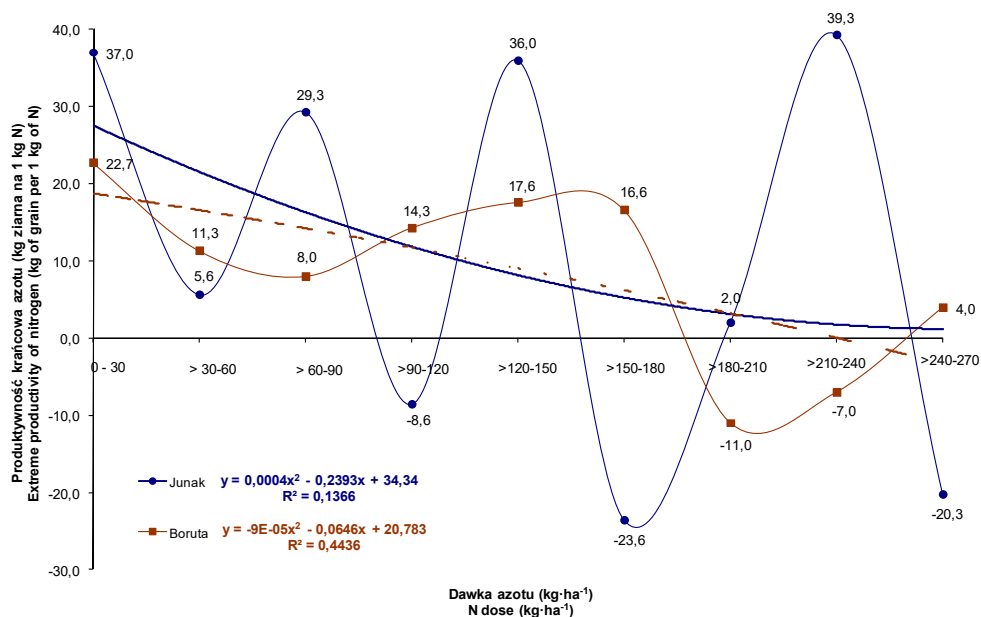
Na wzrastające nawożenie azotem odmiana Junak reagowała najczęściej większym przyrostem plonu niż Boruta (rys. 5). Efekt ten znacznie mocniej zaznaczył się w przypadku mniejszych dawek azotu (30, 60, 90 i 150 kg N·ha⁻¹). Jedynie 180 kg N·ha⁻¹ okazało się bardziej produktywne w przypadku mieszańca Boruta niż Junak, a dawka 210 kg N·ha⁻¹ dawała zbliżony efekt u obydwu form mieszańcowych kukurydzy. W odniesieniu do odmiany Junak 240 kg N·ha⁻¹ zdecydowanie poprawiło omawiany wskaźnik.



Rys. 5. Średnia produktywność netto azotu (kg ziarna na 1 kg N) dla odmiany Junak i Boruta
Fig. 5. Mean net productivity of nitrogen (kg of grain per 1 kg of N) for the cultivars Junak and Boruta

Efektywność krańcowa, czyli przyrost plonu na jednostkę azotu pobranego przez rośliny jest miarą zdolności rośliny do przetwarzania pobranego azotu na plon użytkowy (Kruczek, 2000). W przeprowadzonych trzyletnich badaniach własnych, produktywność krańcowa 1 kg analizowanego składnika nawozowego w poszczególnych latach była silnie zróżnicowana. Znamienne było to, że w pierwszym roku wzrost dawki z 30 do 60 kg N·ha⁻¹ zadziałał bardzo niekorzystnie dając obniżkę plonu ziarna w ilości — 12,9 kg na każdy kilogram wniesionego azotu, średnio dla dwóch badanych odmian. Dalsze zwiększenie nawożenia do 90, 120 i 150 kg N·ha⁻¹ zdecydowanie sprzyjało produktywności, powodując zwiększenie plonu odpowiednio o 23,3; 15,3; 19,3 kg ziarna na 1 kg N. Kolejne dawki azotu (180 i 210 kg N·ha⁻¹) okazały się już mało efektywne i powodowały obniżkę plonu ziarna w ilości — 27,0 i — 2 kg na każdy kilogram wniesionego do gleby azotu. Otrzymana dodatnia i wysoka wartość produkcji krańcowej w zakresie dawki 210–240 kg N·ha⁻¹ (36,6 kg ziarna na 1 kg N) niekoniecznie rekompensowała straty poniesione w przedziale dawek 150–210 kg N·ha⁻¹. W 2004 roku średnia produktywność krańcowa regularnie dodatnie

wartości przybierała do poziomu nawożenia $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ a w 2005 roku do $150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. W 2004 roku wzrost dawki od 120 do $150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ powodował najwyższą produktywność krańcową składnika w czasie trzyletnich badań ($59,6 \text{ kg}$ ziarna na 1 kg N), a uzasadnione byłoby nawożenie do $180 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Z kolei w 2005 roku wzrost dawki od 150 do $180 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ obniżał plon ziarna o — $5,3 \text{ kg}$ na kilogram zastosowanego składnika. Niskie wartości omawianego wskaźnika, aczkolwiek dodatnie, wystąpiły również w zakresie dawek: $60\text{--}90$, $90\text{--}120$ i $120\text{--}150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, a znaczące wzrosty plonów notowano w przedziale dawek $180\text{--}210$ i $210\text{--}240 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$.



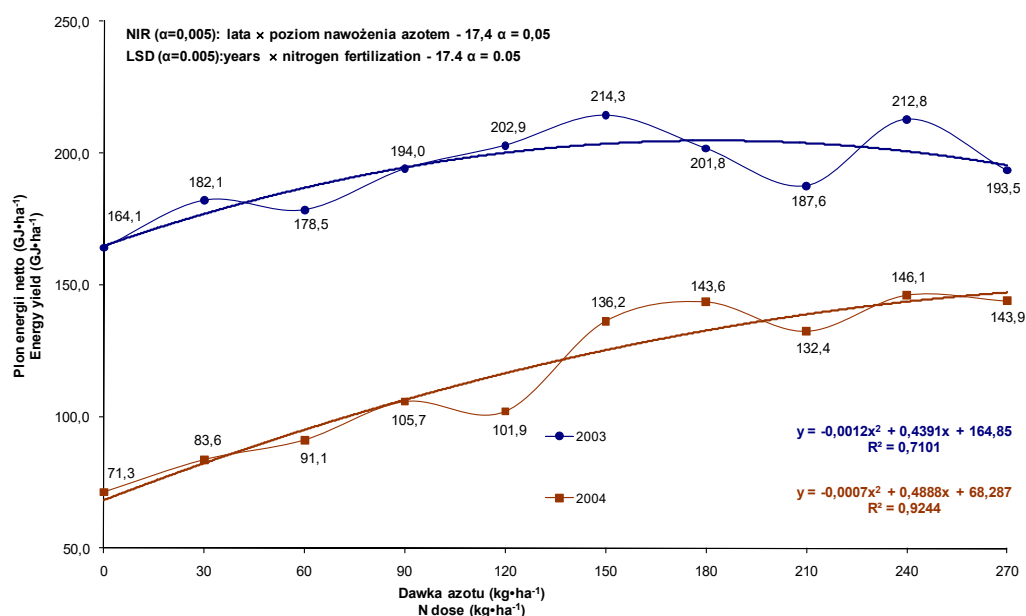
Rys. 6. Średnia produktywność krańcowa azotu (kg ziarna na 1 kg N) dla odmiany Junak i Boruta
Fig. 6. Mean extreme productivity of nitrogen (kg of grain per 1 kg of N) for the cultivars Junak and Boruta

Rachunek przyrostu plonu ziarna do przyrostu dawki azotu, czyli produktywność krańcowa, udowodnił niecelowość aplikacji dawek wyższych niż 30 kg azotu u obu badanych odmian. Przyrost plonu był bowiem bardzo niski, nieregularny, a na części obiektów nie wystąpił w ogóle (rys. 6). Analizując średnie obiektywne dla odmian i nawożenia, należy stwierdzić, że o wiele łatwiej można zaplanować dawkę azotu dla odmiany Boruta, gdyż działanie azotu w zależności od wysokości dawki, w przypadku wspomnianej odmiany było bardziej stabilne niż miało to miejsce w odniesieniu do Junaka.

W warunkach przeprowadzonych badań, plon energii netto w pełni zależał od plonu ziarna kukurydzy. Oszacowany współczynnik korelacji tych cech był na poziomie 1. W pierwszym roku badań średnia wydajność energii wynosiła $194,2 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$, a w następnym była aż o 40% niższa (rys. 7).

Spośród badanych czynników jedynie nawożenie azotem wpłynęło na zwiększenie plonu energii netto, co potwierdziło tezę, iż azot jest czynnikiem silnie kształtującym plon, ale odgrywa również podstawowe znaczenie w kształtowaniu jakości uzyskanego plonu. W badaniach Machula i Borowieckiego (2000) najwyższe plony energii netto i jednostek paszowych uzyskano nawożąc rośliny $90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ i były one wyższe o 15,4% w porównaniu z plonami pochodzącymi z obiektów nienawożonych (kontrola).

Również w badaniach własnych każda aplikowana dawka azotu skutkowała istotnym przyrostem plonu energii netto w stosunku do nienawożonej kontroli. Najwyższą średnio dla obu odmian wydajność energii w pierwszym roku badań uzyskano na obiektach nawożonych $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($214,3 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$), w drugim $240 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($146,1 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$). Przyrost w porównaniu do obiektów kontrolnych był bardzo duży i wynosił $\sim 31\%$ w pierwszym cyklu badań i aż $\sim 105\%$ w drugim (rys. 7).

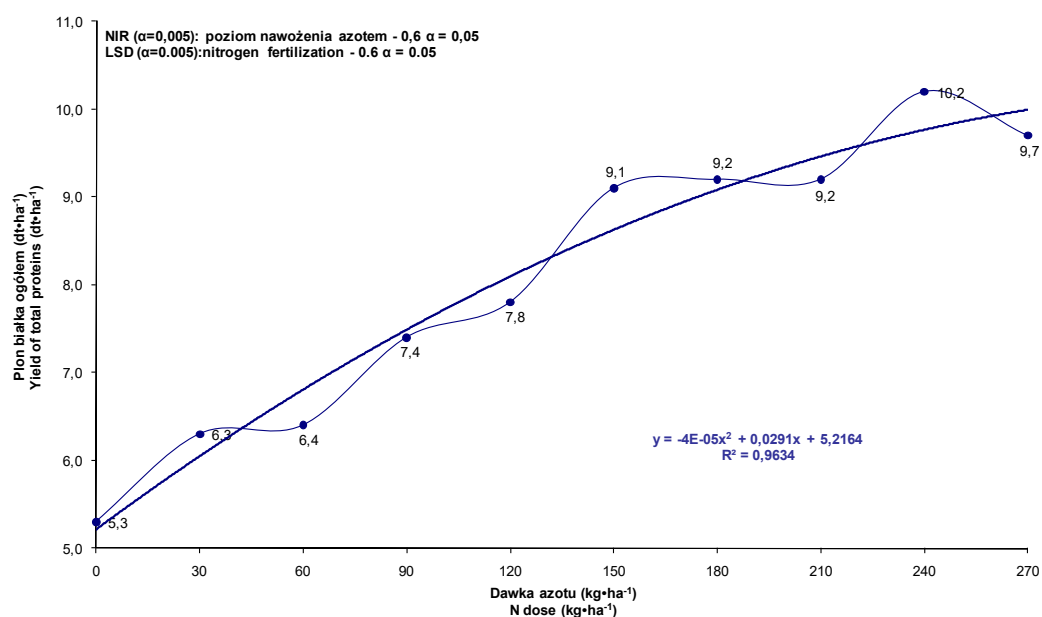


Rys. 7. Wpływ nawożenia azotem na średni plon energii netto ($\text{GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) w latach 2003 i 2004
 Fig. 7. Effect of nitrogen fertilization on the mean energy yield ($\text{GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) in the years 2003 and 2004

Plon białka ogółem to funkcja plonu ziarna i zawartości w nim białka. Był on istotnie różnicowany w obu latach badań. W pierwszym roku średnia wydajność wynosiła $10,0 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$, a w następnym była niższa aż o 39%. Obydwie odmiany wydawały plon białka

nie różniący się statystycznie. Okazało się jednak, że wystąpiły istotne różnice w plonie białka testowanych mieszańców w latach prowadzenia badań (interakcja lata $\times$ odmiana). W pierwszym roku istotnie wyższy plon białka ogólnego wydała odmiana Boruta (10,2 dt·ha⁻¹). Zupełnie odmiennie ukształtowała się ta zależność w 2004 roku – istotnie więcej białka uzyskano z uprawy Junaka (6,4 dt·ha⁻¹). Można domniemywać, iż forma mieszańcowa Junak była bardziej odporna na mniej korzystne warunki pogodowe.

Wpływ azotu na plon białka ogółem był statystycznie istotny. Zastosowanie dawek azotu do 240 kg·ha⁻¹ skutkowało przyrostem plonu białka (rys. 8). Nie zawsze jednak wzrost dawki N powodował statystycznie udowodniony wzrost plonu. Sytuacja taka wystąpiła, gdy dawkę azotu zwiększono z 30 do 60, 90–120, 150–180, 180–240 kg·ha⁻¹. Najwyższa dawka testowanego składnika doprowadziła do nieudowodnionego statystycznie regresu plonu białka.



Rys. 8. Średni plon białka ogółem (dt·ha⁻¹) w latach 2003 i 2004 w zależności od poziomu nawożenia azotem

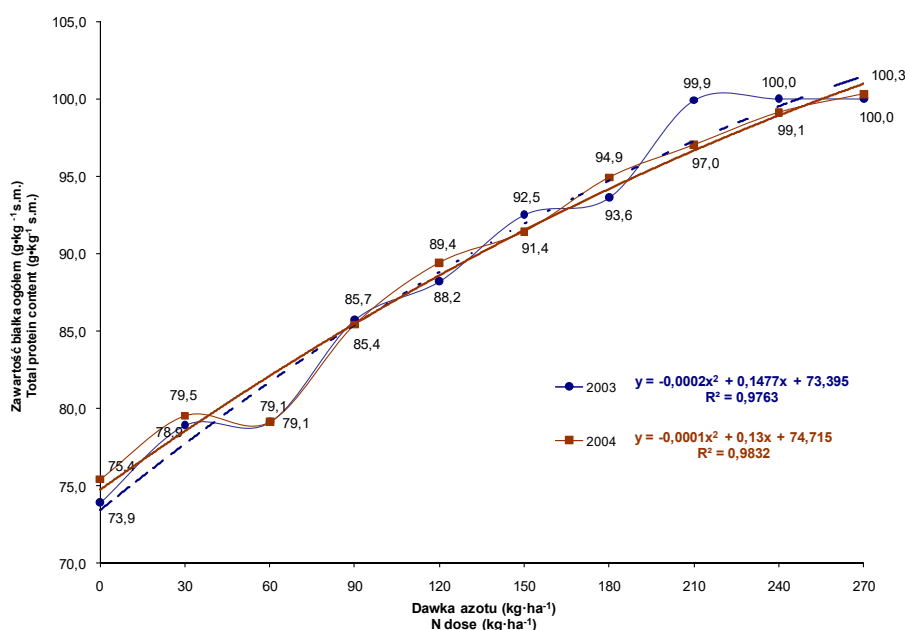
Fig. 8. Mean yield of total protein (dt·ha⁻¹) in the years 2003 and 2004 in depending on the nitrogen fertilization

Jakość ziarna kukurydzy zależy od klasy wczesności roślin wyrażonej liczbą FAO oraz zawartości suchej masy w ziarnie w momencie zbioru. W badaniach własnych mieszańce kukurydzy (Junak i Boruta) charakteryzowały się podobną średnią zawartością białka ogółem w suchej masie ziarna — odpowiednio 89,9 i 90,1 g·kg⁻¹. Obydwie odmiany wydawały taki sam plon białka (8,1 dt·ha⁻¹). W badaniach Korniewicza i wsp. (2000)

zawartość białka była największa w grupie mieszańców wczesnych i wynosiła $105 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, a najmniejsza w grupie średnio późnych ($98 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$). We wcześniejszych badaniach prowadzonych przez Korniewicza i Glapsia (1974) wykazano, że zawartość białka w 1 kg suchej masy ziarna krajowych mieszańców kukurydzy wyniosła $102 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Z analiz przeprowadzonych przez Buniaka i wsp. (1996) wynika, że wzrastające dawki azotu powodują w kukurydzy zwiększenie zawartości białka, jednak różnice w stosunku do kontroli (bez azotu) stwierdzono od dawki $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Odmienne wyniki uzyskano w badaniach własnych, gdzie każda badana dawka azotu ($30\text{--}270 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$) wpływała na systematyczne zwiększenie zawartości białka ogółem w ziarnie kukurydzy. Na podstawie otrzymanych zależności zawartości białka w ziarnie od dawki N, można domniemywać, że każdy kilogram azotu zastosowany w uprawie kukurydzy dawał przyrost zawartości białka w ziarnie w ilości $0,0745 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Średnio za dwa lata najniższa koncentracja białka wystąpiła w obiekcie kontrolnym ($80,2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$). Nawożenie na najwyższym poziomie ($270 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$), w stosunku do kontroli, spowodowało przyrost zawartości składnika w ziarnie o $18,7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, czyli o 23,7%. W badaniach Machuła i Borowieckiego (2000) kolby pochodzące z obiektów nawożonych dawką $150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ charakteryzowały się najwyższą zawartością białka ($89,9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) w porównaniu do kolb z roślin nienawożonych azotem ($80,4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$).



Rys. 9. Wpływ nawożenia azotem na zawartość białka ogółem w ziarnie kukurydzy odmiany Junak i Boruta ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.)

Fig. 9. Effect of nitrogen fertilization on the total protein content in the maize grain of cultivars Junak and Boruta ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.)

Zawartość białka ogółem w ziarnie kukurydzy okazała się zróżnicowana w zależności od lat. W cieplejszym i bardziej suchym 2003 roku koncentracja omawianego składnika, szczególnie aplikowanego w mniejszych dawkach, była niższa niż w roku następnym (rys. 9). Można domniemywać, iż wystąpił tzw. „efekt rozcieńczenia”. Rośliny kukurydzy akumulowały więcej azotu mineralnego w częściach wegetatywnych, co przełożyło się na większy plon ziarna, ale o mniejszej koncentracji białka.

WNIOSKI

1. Najwyższy plon ziarna kukurydza osiągnęła w korzystnym 2003 roku, a więc w warunkach mokrego i ciepłego okresu wegetacyjnego. Rok 2004 pomimo wyższej średniodobowej temperatury i sumy opadów charakteryzował się mniej korzystnym rozkładem tych czynników w całym okresie wegetacyjnym roślin, co przedłożyło się na istotnie niższy plon ziarna w porównaniu z rokiem 2003, ale jednocześnie nieistotnie niższy niż w 2005 roku.
2. Uzyskane w doświadczeniu plony ziarna kukurydzy były wysokie i przewyższały o 36% odpowiednią średnią krajową. Odmiany Junak i Boruta plonowały na podobnym poziomie.
3. Zastosowane nawożenie azotowe wpłynęło korzystnie na plonowanie ziarna kukurydzy. W warunkach agroekologicznych Polski północno-wschodniej, regularny wzrost plonu uzyskano przy wzrastającym nawożeniu azotowym do dawki $150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Dalsze zwiększenie nawożenia do $270 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ nie różnicowało istotnie plonu ziarna.
4. Na zwiększające się nawożenie azotem odmiana Junak reagowała większym przyrostem plonu niż odmiana Boruta. Efekt ten znacznie mocniej zaznaczył się w przypadku mniejszych dawek azotu.
5. Z zastosowanego w doświadczeniu rachunku regresji wynika, iż optymalna dawka azotu dla odmiany Junak kształtuje się na poziomie $264 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, dla odmiany Boruta $217 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$.
6. Azot silnie różnicował zawartość białka w ziarnie kukurydzy. Wraz ze zwiększeniem dawek nawożenia następował przyrost koncentracji białka ogółem w ziarnie. Każdy kilogram azotu zastosowany w uprawie kukurydzy dawał przyrost zawartości białka w ziarnie w ilości $0,0745 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$.
7. Azot wpływał korzystnie na plony energii netto i białka w ziarnie kukurydzy. W stosunku do kontroli (bez azotu), każda aplikowana dawka azotu skutkowała istotnym przyrostem plonu. Załamanie plonu energii netto nastąpiło po nawożeniu $180 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, a plonu białka po zastosowaniu $270 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$.

LITERATURA

- Bober A., Błażej J. 1991. Wpływ nawożenia azotowego na wielkość i jakość plonu kolb kukurydzy przeznaczonych na kiszonkę. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, z. 262, Ses. Nauk. 34: 241 — 249.
- Bogucka B., Szempliński W., Wróbel E. 2008. Nawożenie azotem a plon kukurydzy uprawianej na ziarno w warunkach północno-wschodniej Polski. Acta Sci. Pol., Agricultura 7 (3): 21 — 30.

- Borowiecki J. 1987. Efektywność nawożenia azotem kukurydzy kiszonkowej w zależności od obsady roślin. Mat. z sesji naukowej, IUNG Puławy 2: 32 — 37.
- Borowiecki J. 1988. Biologiczne aspekty uprawy kukurydzy. Mat. z sesji naukowej pt.: „Stan badań nad agrotechniką kukurydzy w Polsce.” IUNG Puławy 1: 9 — 20.
- Buniak W., Dmowski Z., Szyszkowski P. 1996. Plonowanie i skład jakościowy kukurydzy na kiszonkę w warunkach deszczowania Zesz. Prob. Post. Nauk Roln. 1997. z. 438: 243 — 249.
- Czerniawska A. 1988. Porównanie plonowania i wartości pokarmowej kukurydzy na tle zróżnicowanego nawożenia azotem. Mat. z sesji naukowej pt.: „Stan badań nad agrotechniką kukurydzy w Polsce.” IUNG Puławy, 2: 25 — 31.
- Dubas A. 1988. Obsada roślin a produktywność kukurydzy. Mat. Konf. Obsada a produktywność roślin uprawnych. IUNG i PAN Puławy, cz. I: 112 — 120.
- Dubas A. 2003. Szczegółowa uprawa roślin. Praca zbiorowa pod redakcją Zofii Jasińskiej i Andrzeja Koteckiego. Wrocław 2003, Tom 1.
- Fotyma E. 1988. Reakcja roślin uprawnych na nawożenie azotem. Cz. I. Zboża. Pam. Puł. 93: 37 — 59.
- Fotyma E. 1994. Reakcja roślin uprawy polowej na nawożenie azotem. III Kukurydza, Fram. Agron. 4 (44), 20 — 35.
- Gonet Z., Stadejek H. 1990. Wpływ nawożenia azotem i ilości wysiewu na plon kukurydzy uprawianej na zielonkę do bezpośredniego skarmiania. Fram. Agron. 3 (27): 30 — 43.
- Gonet Z., Stadejek H. 1992. Wpływ nawożenia azotem na plon i wartość paszową kukurydzy uprawianej w dużym zagęszczeniu na zielonkę do bezpośredniego skarmiania. Pam. Puł. 101: 135 — 147.
- Graf K. 1997. Kalkulacje rolnicze — styczeń 1997. ODR Sielinko.
- Grzebisz W., Urbański M., Potarzycki J. 1993. Wartość nawozów azotu, fosforu i potasu gnojowicy stosowanej pod kukurydzą uprawianą w monokulturze. Zesz. Nauk. AR w Krakowie. z 278, Ses. Nauk 37, cz. II. 149 — 159.
- Jankowiak J., Kruczek A., Fotyma E. 1997. Efekty nawożenia mineralnego kukurydzy na podstawie wyników badań krajowych. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln. z. 450: 79 — 116.
- Korniewicz A., Gląps J. 1974. Porównanie zawartości składników pokarmowych w różnych mieszańcach kukurydzy zależnie od okresu wegetacji. Zesz. Nauk. Inst. Zoot., ZZD Czechnica, ser. A. 7, 3 — 28.
- Korniewicz A., Kosmala I., Czarnik-Matusiewicz H., Paleczek B. 2000. Zawartość podstawowych składników pokarmowych w ziarnie różnych mieszańców kukurydzy. Roczn. Nauk. Zoot. 27. 1: 289 — 303.
- Kruczek A. 1983. Wpływ terminu i sposobu nawożenia azotem na plonowanie kukurydzy w uprawie na ziarno. Pam. Puł. 81: 119 — 130.
- Kruczek A. 1988. Określenie optymalnych dawek, sposobów terminów stosowania nawozów azotowych pod kukurydzą uprawianą na ziarno. mat. z sesji naukowej pt.: „Stan badań nad agrotechniką kukurydzy w Polsce.” IUNG Puławy, 2: 19 — 24.
- Kruczek A. 1996. Ilościowe zależności pomiędzy produkcją suchej masy kukurydzy a zawartością azotu ogólnego. Fram. Agron. nr 4 (52): 92 — 99.
- Kruczek A. 1997. Wpływ nawożenia azotowego na pobieranie azotu przez kukurydzą i zmiany jego zawartości w glebie. Pr. Komis. Nauk Pol. Leś. t. 83: 69 — 80.
- Kruczek A. 2000. Wpływ wielkości dawki azotu i dolistnego dokarmiania kukurydzy azotem i mikroelementami na wybrane wskaźniki efektywności nawożenia. Fram. Agron., 3(67): 18 — 29.
- Kruczek A., Szulc P. 2000. Wpływ dolistnego stosowania mocznika na pobieranie i wykorzystanie azotu przez kukurydzą. Fram. Agron. 3 (67): 18 — 29.
- Kwaczyńska K., Cieślak B. 1997. Kalkulacja opłacalności produkcji wybranych roślin — kwiecień 1997. ODR Bielice.
- Machul M., Borowiecki J. 2000. Wpływ nawożenia azotem na wielkość i jakość plonu kukurydzy uprawianej na kiszonkę z kolb (CCM). Pam. Puł., z. 121: 117 — 125.
- Michalski T., Sulewska H., Waligóra H., Dubas A. 1996. Reakcja odmian kukurydzy uprawianej na ziarno na zmienne warunki pogodowe. Roczn. Nauk Rol., Ser. A, t. 112, z. 1-2: 103 — 110.
- Panak H. 1995. Przewodnik metodyczny z chemii rolnej. Olsztyn: 223 — 227.

- Pyzik J., Bober A. 1985. Wpływ nawożenia azotowego na przebieg wegetacji, plon ziarna i niektóre cechy morfologiczne kukurydzy uprawianej na dwóch kompleksach glebowych. Zesz. Nauk. Tow. Nauk. Rzeszów, Prod. Rośl. 2: 39 — 43.
- Rabikowska B. 1999. Oddziaływanie długoletniego nawożenia obornikiem i azotem na plonowanie i zawartość podstawowych makroskładników w kukurydzy. Zesz. Prob. Post. Nauk. Roln. z. 465: 219 — 231.
- Rynek zbóż – stan i perspektywy. Listopad 2007 IER i GŻ.
- Sądej W., Mazur Z. 2003. Ocena wpływu różnych systemów wieloletniego nawożenia na wysokość i jakość plonu kukurydzy. Zesz. Prob. Post. Nauk. Roln. z. 450: 185 — 200.
- Sulewska H. 1997. Środowiskowe i ekonomiczne uwarunkowania uprawy i kierunków użytkowania kukurydzy w Polsce. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln. 450: 15 — 29.
- <http://www.faostat> 2006.

TOMASZ ZBROSZCZYK¹**WŁADYSŁAW NOWAK**²¹ Katedra Żywnienia Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu² Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Wpływ poziomu ochrony i nawożenia azotem na plonowanie i skład chemiczny ziarna kilku odmian jęczmienia jarego pastewnego Część I. Plonowanie

Effect of the protection level and nitrogen fertilization on yielding and chemical composition of the grain of several varieties of fodder spring barley Part I. Yielding

W latach 2001–2003 przeprowadzono 3 serie doświadczeń polowych, w których badano wpływ poziomu ochrony i nawożenia azotem na cechy struktury plonu i plon ziarna trzech odmian jęczmienia jarego pastewnego. Porównywano wpływ podstawowego poziomu ochrony chemicznej i pełnego, oraz zróżnicowanego nawożenia azotem (40, 80 i 120 kg azotu na ha), na strukturę plonu i plon ziarna trzech odmian jęczmienia jarego pastewnego, w tym jednej odmiany nieoplewionej Rastik oraz dwóch oplewionych Bryl i Refren. Stwierdzono istotny wpływ poziomu ochrony na plon ziarna, natomiast wpływ zróżnicowanych dawek azotu nie był udowodniony.

Słowa kluczowe: jęczmień jary, nawożenie azotem, odmiany, plony, poziom ochrony

In the years 2001–2003 field investigation was conducted on the effect of the chemical protection level (basic and full) and differentiated nitrogen fertilization (40, 80 and 120 kg N·ha⁻¹) on the crop structure and grain yield of three fodder spring barley varieties. One non husked variety (Rastik) and two husked varieties (Refren and Bryl) were investigated. It was found that the level of protection affected the yield significantly, whereas it had no influence on such crop structural features as length of ear, number of grains per ear, mass of grains per ear, and also number of ears per 1m² and the coefficient of productive tillering. Increasing of nitrogen dose resulted in decreased mass of 1000 grains. However, no significant effect on the other structural features of yield was found. A significantly lower yield was characteristic for the non husked variety Rastik, while the largest was found for Bryl.

Key words: cultivars, nitrogen fertilization, protection level, spring barley, yields

WSTĘP

Efektywność nawożenia zbóż, jak również innych zabiegów agrotechnicznych jest ściśle uzależniona od warunków siedliskowych oraz właściwości odmian. (Noworolnik,

Kozłowska, 1997; Szymczyk, 1979). Występuje ponadto współdziałanie między różnymi czynnikami agrotechnicznymi i siedliskowymi. Z tego względu optymalne technologie uprawy, pozwalające uzyskać wysoki plon, lub największą opłacalność, powinny być dostosowane do warunków siedliskowych i odmiany (Noworolnik, Ruszkowska 1985, Noworolnik, 1989; Ruszkowski, Bis, 1985). Przy wysiewie nasion w ilości zalecanej dla warunków uprawy (300 ziaren/m^2), najwyższy plon — średnio $6,57 \text{ t z ha}$, uzyskiwano w technologiach, w których dawka NPK wynosiła $180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, chwasty zwalczano herbicydami oraz nie stosowano fungicydów i regulatora wzrostu (Szmigiel, Oleksy, 1998). Intensywna technologia uprawy, w której zastosowano nawożenie NPK w ilości 270 kg/ha , pełną pielęgnację i regulator wzrostu, była efektywna w wariancie z większym o 20% zagęszczeniem roślin. W technologii tej uzyskano najwyższy plon ziarna — średnio $7,11 \text{ t z ha}$. Autorzy zgodnie podkreślają, że intensywne technologie, w których jęczmień wysiewano w ilości zalecanej dla warunków uprawy, oraz stosowano duże dawki nawozów i pełną ochronę chemiczną, okazały się nieefektywne. Jak wynika z licznych badań, plon ziarna jęczmienia i efektywność technologii uprawy zależą w dużym stopniu od kompleksu przydatności rolniczej gleby. Zdaniem Króla i wsp. (1993 a b) i Noworolnika (2003) Ważnymi czynnikami determinującymi plonowanie jęczmienia jarego są: przedplon, nawożenie, termin i ilość wysiewu oraz ochrona przed chorobami i zachwaszczeniem (Król i in., 2006; Król i in., 1993; Noworolnik i in., 1997; Kraska i in., 2006; Król in., 1993; Noworolnik, 1992). Zdaniem innych autorów (Filipiak i in., 1999) dominujący wpływ na plonowanie jęczmienia jarego ma jakość gleby a także nawożenie, ochrona i jakość materiału siewnego. Działanie przedplonu było słabsze, natomiast nie stwierdzono plonotwórczego działania ilości wysiewu.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2001–2003 przeprowadzono w Zakładzie Doświadczalnym Uniwersytetu Przyrodniczego w Pawłowicach trzy serie ścisłych doświadczeń polowych w układzie „split-plot” z trzema czynnikami zmiennymi. Badanymi czynnikami były: poziom ochrony, zróżnicowane nawożenie azotem oraz 3 odmiany jęczmienia jarego pastewnego w następującym układzie czynników:

- I — 2 poziomy ochrony — podstawowy (zaprawianie ziarna + 1 zabieg przeciwko chorobom grzybowym + 1 oprysk przeciwko chwastom) oraz pełny poziom ochrony (zaprawianie ziarna + 1 zabieg przeciwko chorobom grzybowym + 1 oprysk przeciwko chwastom + dodatkowo w miarę potrzeby 1 lub 2 opryski przeciwko chorobom grzybowym oraz oprysk preparatem skracającym źdźbło,
- II — 3 dawki azotu ($40, 80 \text{ i } 120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$),
- III — 3 odmiany jęczmienia jarego pastewnego: Rastik (nieoplewiony), Bryl i Refren.

Doświadczenia zakładano na glebie należącej do rzędu gleb brunatno-ziemnych, typu płowego, wytworzonej z gliny lekkiej na glinie średniej, klasy bonitacyjnej III b, kompleksu przydatności rolniczej — pszenno-dobry. Gleba charakteryzowała się lekko kwaśnym odczynem, bardzo wysoką zasobnością w fosfor i potas oraz średnią w magnez. Ze względu na bardzo wysoką zasobność gleby w potas i fosfor, nie stosowano nawożenia tymi

składnikami (tab. 1). Przedplonem dla jęczmienia w każdym roku badań były ziemniaki na oborniku. Ziarno wysiewano siewnikiem poletkowym w liczbie 400 kielkujących ziaren na 1 m² odmiany Rastik, oraz w liczbie 350 ziaren odmian Bryl i Refren.

Tabela 1

Zasobność gleby w P, K, Mg (mg·100 g⁻¹ gleby) i odczyn
Soil fertility in P, K, Mg (mg·100 g⁻¹ soil) and the pH reaction

Lata — Years	P	K	Mg	pH 1M KCL
2001	20,4	25,5	6,4	6,4
2002	17,6	26,2	5,8	6,5
2003	16,3	17,9	5,0	6,5

Przedsięwzięcie na powierzchni całego doświadczenia zastosowano na ha 40 kg azotu, następną dawkę 40 kg zastosowano w fazie 2 kolanka (80 kg·ha⁻¹) oraz kolejną w fazie początku kłoszenia (120 kg·ha⁻¹). Chwasty zwalczano chemicznie, stosując preparaty dostosowane do rodzaju zachwaszczenia. Przeciwko chorobom grzybowym zastosowano preparat Tilt Plus 400 EC, preparatem skracającym źdźbło było Cerone 480 SL.

Po siewie oraz przed zbiorem określono zagęszczenie roślin na każdym poletku. Na 10 roślinach określono krzewienie ogólne i produkcyjne, oraz długość i szerokość liścia flagowego. Określono również następujące cechy: liczbę kłosów na powierzchni 1 m², długość kłosa, liczbę ziaren i masę ziarna w kłosie, masę 1000 ziaren oraz plon ziarna z ha. Zgodnie z metodyką doświadczeń polowych przeprowadzono analizę wariancji określanych cech na poziomie ufności 0,05.

WYNIKI BADAŃ

Przebieg pogody w okresie wegetacji jęczmienia w latach prowadzenia badań był zróżnicowany w porównaniu do danych z wielolecia (tab. 2).

Średnie miesięczne temperatury przekraczały z reguły średnie z wielolecia. Najchłodniejszym był rok 2001, w którym średnia okresu wegetacyjnego była zbliżona do średniej wieloletniej. Suma opadów okresu wegetacyjnego w roku 2001 przekraczała sumę z wielolecia o ponad 100 mm, w roku 2003 wystąpił natomiast niedobór opadów, wynoszący około 100 mm.

Liczba roślin po wschodach była istotnie zróżnicowana tylko między odmianami w latach 2002 i 2003 (tab. 3). Badane czynniki nie miały natomiast istotnego wpływu na liczbę roślin przed zbiorem. Ubytki roślin przed zbiorem w stosunku do liczby roślin po wschodach wynosiły średnio 8%.

Tabela 2

Średnie miesięczne temperatury powietrza oraz sumy opadów w okresie wegetacyjnym w latach 2001–2003
Monthly mean air temperatures (°C) and rainfall sums (mm) in growing periods of the years 2001–2003

Lata	Temperatura powietrza — Air temperature (°C)
------	--

Years	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV-IX
2001	8,1	15,1	15,3	19,5	19,4	12,4	15,0
2002	9,0	17,4	18,5	20,5	20,9	13,5	16,6
2003	8,3	16,1	20,0	19,9	20,5	14,2	16,5
1968-2003	8,2	13,9	16,7	18,4	18,1	13,6	14,8
Sumy opadów — Rainfall sums (mm)							
2001	38,2	43,9	91,5	180,0	40,3	95,9	489,8
2002	32,9	39,5	82,4	26,8	103,1	39,4	324,1
2003	15,0	75,5	33,1	57,5	53,8	28,9	263,8
1968-2003	37,5	53,0	72,3	85,2	70,5	48,9	367,3

Tabela 3

Liczba roślin po wschodach i przed zbiorem (średnie dla czynników)
Number of plants after emergence and before harvest (means for factors)

Wyszczególnienie Specification		Liczba roślin na 1 m ² - Number of plants on 1 m ²							
		po wschodach — after emergence				przed zbiorem — before harvest			
		2001	2002	2003	$\bar{x}$ 2001-2003	2001	2002	2003	$\bar{x}$ 2001-2003
Odmiana	Rastik	325	308	319	317	308	283	277	289
Cultivar	Refren	317	272	287	287	302	268	273	281
	Bryl	316	336	345	341	311	301	289	300
NIR - LSD ($\alpha=0,05$)		r.n.	37	28	21	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Nawożenie	40	333	306	329	323	309	275	285	289
Fertilization	80	317	318	313	316	301	290	273	288
(kg N·ha ⁻¹)	120	317	292	310	306	311	287	280	293
NIR — LSD ($\alpha=0,05$)		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Poziom ochrony	pełny-full	326	321	323	323	305	287	282	291
Protection level	podstawowy - basic	319	289	312	307	309	282	276	289
NIR — LSD ($\alpha=0,05$)		r.n.	r.n.	r.n.	16	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. — Różnica nieistotna; No significant difference

Liczba kłosów produkcyjnych na jednostce powierzchni oraz współczynnik krzewienia produkcyjnego kształtowały się głównie pod wpływem czynnika odmianowego oraz roku badań (tab. 5). Największą liczbą kłosów na jednostce powierzchni charakteryzowała się odmiana Bryl (821), najmniejszą natomiast Rastik (715). Współczynnik krzewienia produkcyjnego był istotnie zróżnicowany między odmianami. Obydwie porównywane cechy osiągnęły najwyższe wartości w roku 2001. W przypadku liczby kłosów, stwierdzono współdziałanie odmian z poziomem ochrony chemicznej, a w przypadku współczynnika krzewienia produkcyjnego współdziałanie wszystkich badanych czynników.

Liczbę ziaren w kłosie różnicował istotnie jedynie rok badań, a na masę ziarna z kłosa i długość kłosa istotnie wpłynął czynnik odmianowy oraz rok badań (tab. 4). Największą masą ziarna z kłosa charakteryzowała się odmiana Bryl — 0,87 g, najmniejszą natomiast Rastik — 0,80 g. Stwierdzono również różnice w długości kłosa między odmianami. Najdłuższym kłosem wyróżniała się odmiana Rastik (8,62 cm), najkrótszym natomiast odmiana Bryl (7,24 cm). W odniesieniu do długości kłosa stwierdzono współdziałanie lat badań z poziomem ochrony chemicznej, odmian jęczmienia z poziomem ochrony, a także

z rokiem badań oraz współdziałanie odmiany z poziomem ochrony chemicznej i rokiem badań. W przypadku liczby ziaren w kłosie stwierdzono współdziałanie badanych czynników.

Tabela 4

Wpływ poziomu ochrony i nawożenia azotem na cechy struktury plonu — średnie z lat 2001–2003
Effect of protection level and nitrogen fertilization on yield structure — means for 2001–2003

Poziom ochrony Protection level	Dawka azotu Nitrogen dose (N kg/ha)	Odmiany Cultivars	Lata Years	Liczba ziaren w kłosie Number of grains per ear	Masa ziarna z kłosa Mass of grain in ear (g)	Długość kłosa Length of ear (cm)
Ochrona pełna*				19,8	0,83	7,77
Ochrona podstawowa**				20,3	0,84	7,76
NIR — LSD ($\alpha = 0,05$)				r.n.	r.n.	r.n.
	40			20,1	0,85	7,74
	40 + 40			20,1	0,83	7,73
	40 + 40 + 40			20,0	0,83	7,82
NIR — LSD ($\alpha = 0,05$)				r.n.	r.n.	r.n.
		Rastik		19,9	0,80	8,62
		Refren		20,2	0,84	7,44
		Bryl		20,1	0,87	7,24
NIR — LSD ($\alpha = 0,05$)				r.n.	0,04	0,24
			2001	19,5	0,78	7,93
			2002	19,9	0,84	7,34
			2003	20,7	0,89	8,03
NIR — LSD ($\alpha = 0,05$)				0,7	0,04	0,26

*- Zaprawianie ziarna + 1 zabieg przeciwko chorobom grzybowym + 1 oprysk przeciwko chwastom + dodatkowo 1 lub 2 opryski przeciwko chorobom grzybowym oraz preparatem skracającym wysokość źdźbła.

* - Seed dressing + 1 treatment against fungal diseases + 1 spraying against weeds + additional 1 or 2 sprayings against fungal diseases together with growth regulator to decrease culm length

** - Zaprawianie ziarna + 1 zabieg przeciwko chorobom grzybowym + 1 oprysk przeciwko chwastom.

** - Seed dressing + 1 treatment against fungal diseases + 1 spraying against weeds

r.n. — Różnica nieistotna; No significant difference

Masę 1000 ziaren w sposób istotny różnicowały: dawka azotu, odmiana oraz rok badań (tab. 4). Pod wpływem zwiększającej się dawki azotu zmniejszała się masa 1000 ziaren.

Na plon ziarna z ha istotnie wpłynął poziom ochrony chemicznej, czynnik odmianowy oraz rok badań. Zastosowane nawożenie azotem nie wywarło istotnego wpływu na plon ziarna. Wyższy plon ziarna stwierdzono w wariancie z ochroną pełną. Odmiana Rastik plonowała istotnie niżej od pozostałych odmian, natomiast między odmianami Bryl i Refren nie stwierdzono istotnej różnicy. W odniesieniu do plonu ziarna z ha stwierdzono współdziałanie odmian z latami badań.

Tabela 5

Wpływ poziomu ochrony i nawożenia azotem na cechy struktury plonu i plon ziarna
— średnie z lat 2001–2003
Effect of protection level and nitrogen fertilization on yield structure and grain yield
— means for 2001–2003

Poziom ochrony Protection level	Dawka azotu Nitrogen dose (N kg/ha)	Odmiana Cultivar	Lata Years	Masa 1000 ziaren Weight of 1000 kernels (g)	Liczba kłosów na 1 m ² Ear number per 1 m ²	Współczynnik krzewienia produkcyjnego Productive tillering coefficient	Plon ziarna Yield of grain (t/ha)
Ochrona pełna*				48,0	747	2,46	5,26
Full protection							
Ochrona podstawowa**				48,1	769	2,55	5,01
Basic protection							
NIR — LSD ($\alpha = 0,05$)				r.n.	r.n.	r.n.	0,19
	40			48,6	756	2,46	5,08
	40 + 40			48,1	748	2,47	5,19
	40 + 40 + 40			47,5	770	2,58	5,14
NIR — LSD ($\alpha = 0,05$)				0,8	r.n.	r.n.	r.n.
		Rastik		47,0	715	2,30	4,61
		Refren		48,7	738	2,70	5,35
		Bryl		48,5	820	2,51	5,46
NIR — LSD ($\alpha = 0,05$)				0,8	62,4	0,19	0,15
			2001	45,1	874	2,87	4,80
			2002	49,4	575	2,00	4,50
			2003	49,8	825	2,65	6,11
NIR — LSD ($\alpha = 0,05$)				0,8	44,2	0,20	0,23

*Zaprawianie ziarna + 1 zabieg przeciwko chorobom grzybowym + 1 oprysk przeciwko chwastom + dodatkowo 1 lub 2 opryski przeciwko chorobom grzybowym oraz preparatem skracającym wysokość źdźbła.

* Seed dressing + 1 treatment against fungal diseases + 1 spraying against weeds + additional 1 or 2 sprayings against fungal diseases together with growth regulator to decrease culm length

** Zaprawianie ziarna + 1 zabieg przeciwko chorobom grzybowym + 1 oprysk przeciwko chwastom.

** Seed dressing + 1 treatment against fungal diseases + 1 spraying against weeds

r.n. — Różnica nieistotna; No significant difference

DYSKUSJA

Stwierdzono, że najsilniejszy wpływ na plonowanie jęczmienia jarego wywierało nawożenie mineralne (Adamiak, 1992; Lewandowska, 1996). Najwyższy plon ziarna – 5,3 t/ha uzyskano stosując nawożenie w ilości 360 kg NPK na ha. Zmniejszenie dawki nawożenia o 25, 50 i 75% spowodowało obniżkę plonu odpowiednio o 6, 10 i 28%. Plony ziarna jęczmienia jarego odchwaszczanego chemicznie, dzięki większej zwartości kłosów i wyższej masie 1000 ziaren były o 8% większe niż plony jęczmienia odchwaszczanego mechanicznie. W warunkach poprawnej agrotechniki jęczmienia, istnieje jednak możliwość zastąpienia chemicznej walki z chwastami zabiegami mechanicznymi (Deryło, 1990). Budzyński i wsp. (1996) wykazali, że dwukrotne bronowanie zasiewów pszenicy jarej dało taki sam efekt w plonie jak stosowanie herbicydu. Jęczmień należy do zbóż najsilniej opanowywanych przez choroby grzybowe, przy pewnych jednak różnicach między odmianami (Lewandowska, 1996). Dlatego, z uwagi na fizjologię tworzenia plonu, ważne jest aby jak najdłużej utrzymać zdrowe liście.

Stwierdzono, że dawka azotu do 100 kg·ha⁻¹ wpływała dodatnio na obsadę kłosów i liczbę ziaren w kłosie (Majkowskiego i in., 1993; Fotyma, 1990), masa tysiąca ziaren zmniejszała się jednak pod wpływem wzrastającego nawożenia azotem. W badaniach

własnych stwierdzono również zmniejszanie się masy 1000 ziaren w miarę wzrostu dawki azotu. Wykazano również, że intensyfikacja nawożenia i poziomu ochrony jęczmienia jarego istotnie zwiększała plon ziarna i elementy struktury plonu (Kraska i in., 2006). W badaniach własnych poziom ochrony spowodował również istotny wzrost plonów ziarna.

W warunkach dobrego stanowiska, zmniejszenie optymalnych dawek NPK o 25% nie powodowało istotnej obniżki plonów ziarna i białka jęczmienia jarego (Harasim i in. 1996). Dalsze natomiast obniżenie dawki i brak chemicznej ochrony prowadziło w badaniach tych autorów do istotnego obniżenia wydajności ziarna i białka z jednostki powierzchni. Potwierdzają to również wyniki badań własnych. Przy zróżnicowanych dawkach azotu (40, 80 i 120 kg azotu) plon ziarna jęczmienia nie różnił się istotnie. Stwierdzono zróżnicowaną reakcję odmian jęczmienia jarego na wzrastający poziom nawożenia azotem (Noworolnik, 1990, 1992, 1996; Prugar i in., 1981). Intensyfikacja nawożenia mineralnego i ochrony przed chwastami i chorobami istotnie zwiększała plon ziarna jęczmienia jarego, liczbę kłosów na 1 m² oraz długość kłosa (Kraska i in., 2006). W badaniach własnych poziom ochrony, jak również zróżnicowane nawożenie azotem nie spowodowało istotnego zróżnicowania długości kłosa i masy ziarna z kłosa, wystąpiło natomiast istotne zróżnicowanie tych elementów między badanymi odmianami.

WNIOSKI

1. Pełny poziom ochrony chemicznej w porównaniu do podstawowego istotnie zwiększał plon ziarna z jednostki powierzchni.
2. Wzrastający poziom nawożenia azotem nie miał istotnego wpływu na plony ziarna, natomiast istotnie obniżał masę 1000 ziaren.
3. Odmiana Refren charakteryzowała się największą masą 1000 ziaren i liczbą ziaren w kłosie oraz największym współczynnikiem krzewienia produkcyjnego.
4. Odmiana Bryl wyróżniała się największą masą ziarna z kłosa, liczbą kłosów na 1 m² oraz największym plonem ziarna z 1 ha.
5. Odmiana nieoplewiona Rastik plonowała istotnie niżej od odmian oplewionych Refren i Bryl, których plony nie różniły się istotnie.
6. Współdziałanie odmian z latami badań miało wpływ na większą liczbę ziaren w kłosie, większą masę ziarna z kłosa i masę 1000 ziaren, dłuższy kłos oraz większy plon ziarna z 1 ha.

LITERATURA

- Adamiak J. 1992. Skutki braku stosowania pestycydów w czterech zbożach. Mater. Konf. Nauk. „Produkcyjne skutki zmniejszenia nakładów na agrotechnikę roślin uprawnych.” Olsztyn 25–26 marca, 164 — 169.
- Budzyński W., Szemplinski W., Fedejko B., Majewska K. 1996. Rolnicza, jakościowa i energetyczna ocena różnych sposobów odchwaszczania i nawożenia azotem jarej pszenicy chlebowej. Cz. I. Plon i jakość technologiczna ziarna. Rocz. Nauk Rol., A, 112 (1–2): 81 — 92.
- Deryło S. 1990. Plonowanie i zachwaszczenie jęczmienia jarego w zależności od sposobów pielęgnowania. Rocz. Nauk Rol., A, 108 (3): 36 — 45.
- Filipiak K., Kukuła S., Zarychta M. 1999. Czynniki decydujące o produkcji jęczmienia jarego w Polsce. Pam. Puł. 114: 83 — 91.

- Fotyma E. 1990. Określenie potrzeb nawozowych roślin na przykładzie jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.* 4: 103 — 104.
- Harasim A., Krasowicz S. 1996. Efektywność ekonomiczna wybranych technologii produkcji pszenicy i jęczmienia w latach 1989–1995. W: *Niektóre problemy organizacji produkcji rolniczej*. IUNG Puławy, R (333): 5 — 33.
- Kraska P., Pałys E. 2006. Plonowanie jęczmienia jarego uprawianego w warunkach zróżnicowanych poziomów agrotechniki. *Fragm. Agron.* XXIII, 2 (96): 299 — 308.
- Król M., Noworolnik K., Faber A. 1993 a. Produkcyjna i ekonomiczna efektywność produkcji jęczmienia jarego. *Pam. Puł.* 102: 105 — 118.
- Król M., Noworolnik K., Harasim A., Pecio A. 1993 b. Warianty kompleksowej technologii produkcji jęczmienia jarego przy zmniejszonych nakładach na zespół zabiegów agrotechnicznych i środki produkcji. IUNG Puławy 1993.
- Kruczek G. 1995. Plonowanie oraz jakość ziarna jęczmienia jarego w zależności od nawożenia azotowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 421 a: 233 — 237.
- Lewandowska B. 1996. Badania reakcji odmian jęczmienia jarego i pszenicy ozimej na fungicydy. *Ochr. Rośl.* 4 — 6.
- Majkowski K., Szempliński W., Budzyński W., Wróbel E., Dubis B. 1993. Uprawa międzyodmianowych i międzygatunkowych mieszanek jęczmienia jarego i owsa. *Rocz. AR Poznań*, CCXLIII: 85 — 96.
- Noworolnik K., Ruszkowska B. 1985. Wpływ niektórych czynników agrotechnicznych i siedliskowych na plonowanie odmian jęczmienia jarego. *Agrotechnika Odmian Jęczmienia Jarego*. IUNG Puławy: 37 s.
- Noworolnik K. 1989. Produkcyjność odmian jęczmienia jarego w zależności od niektórych czynników agrotechnicznych i siedliska. IUNG Puławy, R (263): 1 — 37.
- Noworolnik K. 1990. Plonowanie odmian jęczmienia jarego na różnych dawkach azotu. *Biul. IHAR* 176: 37 — 41.
- Noworolnik K. 1992. Plonowanie odmian jęczmienia jarego w zależności od nawożenia azotem i gęstości siewu. *Biul. IHAR* 183: 157 — 163.
- Noworolnik K. 1996. Reakcja odmian i rodów jęczmienia jarego na poziom nawożenia azotem. *Biul. IHAR* 197: 121 — 125.
- Noworolnik K., Kozłowska-Ptaszyńska Z. 1997. Wpływ różnej intensywności technologii uprawy na plonowanie jęczmienia ozimego. *Fragm. Agron.* 1: 19 — 25.
- Noworolnik K. 2003. Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie jęczmienia jarego w różnych warunkach siedliskowych. IUNG Puławy, Monografie i Rozprawy 8: 66 s.
- Prugar J., Strnad P. 1981. Einfluss der N-Düngung auf Ertrag und Qualität der Sommergerste. *Braugerstetung, Halle*: 211 — 218.
- Ruszkowski M., Bis K., Polak E. 1985. Porównanie różnych technologii uprawy zbóż. I. Jęczmień jary. *Pam. Puł.* 84: 29 — 43.
- Szmigiel A., Oleksy A. 1998. Wpływ technologii uprawy na plonowanie jęczmienia jarego. *Pam. Puł.*, z. 112: 253 — 259.
- Szymczyk R. 1979. Efektywność nawożenia azotem jęczmienia jarego w zróżnicowanych warunkach siedliska. Cz. I. Wpływ nawożenia azotem na plon ziarna. *Rocz. Nauk Rol. A*, 104 (2): 131 — 153.

TOMASZ ZBROSZCZYK¹**WŁADYSŁAW NOWAK**²¹ Katedra Żywienia Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu² Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Wpływ poziomu ochrony i nawożenia azotem na plonowanie i skład chemiczny ziarna kilku odmian jęczmienia jarego pastewnego Część II. Skład chemiczny

Effect of the protection level and nitrogen fertilization on yielding and chemical composition of the grain of several varieties of fodder spring barley Part II. Chemical composition

W latach 2001–2003 przeprowadzono 3 serie doświadczeń polowych, w których porównywano wpływ poziomu ochrony i nawożenia azotem na skład chemiczny ziarna trzech odmian jęczmienia jarego pastewnego. Badano wpływ podstawowego poziomu ochrony chemicznej i pełnego, oraz zróżnicowanego nawożenia azotem (40, 80 i 120 kg azotu na ha), na zmiany składu chemicznego ziarna trzech odmian jęczmienia jarego pastewnego, w tym jednej odmiany nieoplewionej — Rastik, oraz dwóch oplewionych Bryl i Refren. Stwierdzono istotne zróżnicowanie zawartości większości analizowanych składników między odmianami, nawożenie azotem wpływało istotnie tylko na zawartość białka w ziarnie, poziom ochrony istotnie różnicował tylko zawartość P, K i Ca.

Słowa kluczowe: jęczmień jary, nawożenie azotem, poziom ochrony, skład chemiczny

In the years 2001–2003 field investigation was conducted on the effect of the chemical protection level (basic and full) and differentiated nitrogen fertilization (40, 80 and 120 kg N/ha) on the chemical composition of grain of three fodder spring barley varieties, including one non husked variety (Rastik) and two husked varieties (Refren and Bryl). It was found that the protection level did not significantly affect the content of the organic and mineral components assayed. Increasing dose of nitrogen significantly increased the general protein content and decreased the content of N-free extract compounds. However, significant differences occurred in the content of individual components between the varieties and investigation years.

Key words: spring barley, nitrogen fertilization, protection level, chemical composition

WSTĘP

Wpływ różnych zabiegów agrotechnicznych, w tym zabiegów ochrony, nawożenia należy rozpatrywać nie tylko pod kątem wielkości plonów, ale również ich jakości (Kawka

i in., 1998; Kruczek 1995, Myszką i in., 1983; Lipa, 1999; Kwiatkowski, 2004). Znane są powszechnie negatywne skutki nieracjonalnego nawożenia, wywołujące zachwianie w glebie równowagi jonowej i jej negatywnego oddziaływania na skład chemiczny plonu (Czuba i in., 1988; Nowotny-Mieczyska, 1976). Stosowanie nadmiernych dawek potasu wywołuje niedobory w roślinach magnezu i wapnia, składników, których rośliny zawierają zwykle niedoborowe ilości. Również podobne, negatywne skutki może wywołać przenawożenie fosforem, którego nadmiar utrudnia pobieranie niektórych mikroelementów. Czynnikiem najsilniej oddziałującym na wielkość plonu i jego skład chemiczny jest nawożenie azotem (Czuba i in., 1988; Dobrzańska i in., 1990; Kwiatkowski, 2004). Azot stymuluje zwykle pobieranie innych składników, najbardziej jednak wpływa na wzrost zawartości białka (Nowak i in., 2003; Noworolnik i in., 1983, 2000; Noworolnik, 1985). Reakcja odmian jęczmienia na nawożenie azotem jest jednak znacznie zróżnicowana (Noworolnik, 2000).

Celem pracy było porównanie składu chemicznego ziarna trzech odmian jęczmienia pod wpływem zróżnicowanej ochrony chemicznej i zróżnicowanych dawek azotu.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2001–2003 przeprowadzono w Zakładzie Doświadczalnym należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu trzy serie ścisłych doświadczeń polowych w układzie „split-plot,” na 3 czynniki zmienne (dwa poziom ochrony — podstawowy i pełny), 3 dawki azotu — 40, 80 i 120 kg·ha⁻¹ oraz 3 odmiany jęczmienia — Rastik odmiana nieoplewiona, oraz dwie oplewione Refren i Bryl. Bardziej szczegółowy opis metodyki badań zamieszczono w I części pracy dotyczącej plonowania. W ziarnie jęczmienia wykonano powszechnie stosowanymi w laboratoriach metodami oznaczenia zawartości następujących składników: białka ogółem, włókna surowego, tłuszczu surowego, popiołu surowego, fosforu, potasu, wapnia i magnezu. Określono ponadto wartość energetyczną 1 kg suchej masy ziarna oraz wydajność białka i energii z ha w zebranych ziarnie, a także pobranie składników z plonem ziarna z ha.

WYNIKI BADAŃ

Zawartość białka ogółem

Zawartość białka ogółem w ziarnie jęczmienia różniła się istotnie między odmianami, dawkami azotu oraz latami badań (tab. 1). Spośród trzech porównywanych odmian, najwyższą zawartością białka wyróżniała się odmiana nieoplewiona Rastik, najmniejszą natomiast odmiana Refren. Wzrost dawki azotu z 40 do 80 kg·ha⁻¹ powodował podwyższenie zawartości białka średnio o 0,6%, kolejny wzrost dawki z 80 do 120 kg·ha⁻¹ podwyższał zawartość białka o dalsze 0,9%. Poziom ochrony natomiast nie wywierał istotnego wpływu na zawartość tego składnika. Przebieg pogody w latach badań wywierał również istotny wpływ na zawartość białka. W roku 2001 ziarno zawierało średnio najwięcej białka (15,1%), najmniej natomiast w roku 2002 (12,7%), charakteryzującym się sumą opadów zbliżoną do sumy z wielolecia.

Tabela 1

Zawartość składników organicznych i popiołu (% s.m.) oraz wartość energetyczna (MJ·kg⁻¹) ziarna — średnie dla czynników

Content of organic components and ash (% d.m.) and energy value of grain (MJ·kg⁻¹) — mean for factors

Wyszczególnienie Specification		Białko ogółem Crude protein	Włókno surowe Crude fiber	Tłuszcz surowy Crude fat	Popiół surowy Crude ash	BAW ¹ N-free extract	Wartość energetyczna 1 kg s.m. (MJ) Energy value of 1 kg d.m. (MJ)
Odmiana Cultivar	Rastik	14,8	2,50	2,04	2,35	78,3	8,96
	Refren	13,3	4,64	1,92	2,64	77,5	8,39
	Bryl	13,9	4,52	1,98	2,65	77,0	8,38
NIR — LSD ($\alpha = 0,05$)		0,43	0,47	r.n.	0,10	0,6	0,05
Nawożenie N N fertilization (kg N·ha ⁻¹)	40	13,3	4,09	2,06	2,50	78,1	8,58
	80	13,9	3,85	1,90	2,56	77,8	8,58
	120	14,8	3,72	1,98	2,59	76,9	8,57
NIR LSD ($\alpha = 0,05$)		0,45	r.n.	r.n.	r.n.	0,6	r.n.
Poziom ochrony Protection level	pełna -full	14,0	3,87	2,05	2,56	77,5	8,58
	podstawowa – basic	14,0	3,90	1,91	2,54	77,7	8,58
NIR LSD ($\alpha = 0,05$)		r.n.	r.n.	0,11	r.n.	r.n.	r.n.
Lata Years	2001	15,1	4,17	1,68	2,84	76,2	8,49
	2002	12,7	3,87	2,04	2,55	78,8	8,60
	2003	14,2	3,62	2,23	2,23	77,7	8,64
NIR — LSD ($\alpha = 0,05$)		0,42	r.n.	0,14	0,10	0,6	0,05

BAW — Beazotowe związki wyciągowe; N free extract

r.n. — Różnica nieistotna; No significant difference

Zawartość włókna surowego i tłuszczu

Zawartość włókna surowego w ziarnie była istotnie zróżnicowana między odmianami, natomiast zróżnicowane nawożenie azotem, poziom ochrony, jak również przebieg pogody w latach badań nie różnicowały istotnie zawartości tego składnika (tab. 1). Najniższą zawartością włókna charakteryzowała się odmiana nieoplewiona Rastik. Odmiany oplewione zawierały około 2% włókna surowego więcej w porównaniu do odmiany Rastik. Zróżnicowanie dawek azotu nie wywierało udowodnionego wpływu na zawartość włókna, jednak wraz ze wzrostem dawki azotu występowała tendencja do obniżania zawartość tego składnika.

Zawartość tłuszczu surowego nie różniła się istotnie między odmianami oraz dawkami azotu (tab. 1). Stwierdzono natomiast istotne zróżnicowanie zawartości tego składnika między poziomami ochrony na korzyść pełnego poziomu ochrony, oraz między latami badań. Znacznie powyżej średniej wieloletniej suma opadów w okresie wegetacji w 2001 roku istotnie obniżała zawartość tłuszczu w ziarnie jęczmienia, średnio o około 0,5%.

Zawartość popiołu surowego i związków bezazotowych wyciągowych

Zróżnicowane nawożenie azotem jak również poziom ochrony nie miały istotnego wpływu na zawartość popiołu w ziarnie. Stwierdzono natomiast udowodniony, zróżnicowany wpływ odmiany i przebiegu pogody w latach badań (tab. 1). Odmiana nieoplewiona Rastik wyróżniała się istotnie niższą zawartością popiołu od odmian oplewionych. Najniższą zawartością popiołu charakteryzowało się ziarno w roku 2003, w którym suma

opadów w okresie wegetacji była najniższa. Zawartość związków bezazotowych wyciągowych kształtowała się odwrotnie do zawartości białka ogółem i była istotnie zróżnicowana między odmianami, dawkami azotu i latami badań.

Wartość energetyczna 1 kg suchej masy ziarna (MJ)

Wartość energetyczną 1 kg suchej masy ziarna jęczmienia wahała się od 8,38 do 8,96 MJ, była ona istotnie zróżnicowana tylko między odmianami i latami badań. Najwięcej energii w 1 kg suchej masy zawierało ziarno odmiany nieoplewionej Rastik (8,96 MJ), natomiast wartość energetyczna ziarna odmian oplewionych była jednakowa i niższa od odmiany Rastik o 0,6 MJ. Nieco niższą wartością energetyczną charakteryzowało się ziarno w roku 2001, w którym suma opadów w okresie wegetacji znacznie przekraczała sumę z wielolecia.

Wydajność białka i energii z ha

Wydajność białka i energii z 1 ha w ziarnie jęczmienia jarego była funkcją plonu ziarna i procentem zawartości składników w ziarnie. Była ona istotnie zróżnicowana pod wpływem badanych czynników, jak również w latach badań (tab. 2). Najniższą wydajnością białka charakteryzowała się odmiana nieoplewiona Rastik (613 kg), najwyższą natomiast odmiana Bryl (682 kg). Wzrost dawki azotu istotnie różnicował wydajność białka ogółem. Pełny poziom ochrony również istotnie wpłynął na wzrost wydajności białka z ha.

Tabela 2

Wydajność białka ogółem, tłuszczu surowego [kg·ha⁻¹] i wartość energetyczna (MJ·ha⁻¹) plonu ziarna — średnie dla czynników

Crude protein and fat yields (kg·ha⁻¹) and energy value (MJ·ha⁻¹) of grain yield — mean for factors

Wyszczególnienie Specification		Plon ziarna (kg·ha ⁻¹) Yield of grain (kg·ha ⁻¹)	Białko ogółem Crude protein	Tłuszcz surowy Crude fat	Wartość energetyczna plonu z ha (MJ) Energy value of yield in ha (MJ)
Odmiana	Rastik	4611	614	84,8	41321
Coltivar	Refren	5345	645	94,2	44860
	Bryl	5455	684	99,3	45770
NIR — LSD ($\alpha=0,05$)		234	39,2	8,5	2010
Nawożenie	40	5083	610	95,5	43513
Fertilization	80	5193	650	89,9	44475
(kg N·ha ⁻¹)	120	5136	682	92,9	43962
NIR — LSD ($\alpha=0,05$)		r.n.	39,2	r.n.	r.n.
Poziom ochrony	pełny - full	5263	664	97,9	45078
Protection level	podstawowy - basic	5011	631	87,6	42889
NIR — LSD ($\alpha=0,05$)		191	32,0	6,9	1641
Lata	2001	4804	637	70,8	40762
Years	2002	4496	520	83,4	38568
	2003	6111	785	124,1	52624
NIR — LSD ($\alpha=0,05$)		234	39,2	8,5	2010

r.n. — Różnica nieistotna; No significant difference

Wartość energetyczna plonu z ha była istotnie zróżnicowana między odmianami, poziomami ochrony oraz w latach badań. Nie stwierdzono natomiast udowodnionego wpływu zróżnicowanych dawek azotu (tab. 2). Najniższą wartością energetyczną plonu

charakteryzowała się odmiana nieoplewiona Rastik, najwyższą odmiana Bryl. Różnice w wydajności energii z ha między odmianami przekraczały 4 tys. MJ, a różnica między poziomami ochrony wynosiła tylko około 2,5 tys. MJ na korzyść pełnego poziomu ochrony. Duże zróżnicowanie wydajności energii z ha wystąpiło między latami badań i wahało się od 38568 MJ w roku 2002, 40762 MJ w roku 2002 oraz 52624 MJ w roku 2003.

Zawartość związków mineralnych — fosforu, potasu, wapnia i magnezu

Zawartość fosforu (P) w ziarnie była mało zróżnicowana (tab. 3). Wystąpiły jednak istotne różnice między odmianami i latami badań. Największą zawartością fosforu wyróżniała się odmiana nieoplewiona Rastik, najmniejszą natomiast odmiana Refren, różnica jednak nie przekraczała 0,04%. Poziom ochrony, jak również zróżnicowanie dawek azotu nie miały istotnego wpływu na zawartość fosforu. Charakterystyczne jest to, że w latach o wyższych plonach (lata 2001 i 2003) ziarno zawierało istotnie więcej fosforu.

Tabela 3

Zawartość składników mineralnych (% s.m.) w ziarnie (średnie dla czynników)
Content of mineral components (% d.m.) in grain (mean for factors)

Wyszczególnienie Specification		Fosfor P	Potas K	Wapń Ca	Magnez Mg
Odmiana Cultivar	Rastik	0,36	0,38	0,056	0,19
	Refren	0,32	0,42	0,056	0,20
	Bryl	0,34	0,41	0,055	0,19
NIR — LSD ($\alpha=0,05$)		0,01	0,03	r.n.	r.n.
Nawożenie Fertilization	40	0,33	0,39	0,054	0,19
[kg N·ha ⁻¹]	80	0,34	0,41	0,058	0,19
	120	0,35	0,40	0,056	0,20
NIR — LSD ($\alpha=0,05$)		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Poziom ochrony Protection level	pełna - full	0,34	0,41	0,058	0,19
	podstawowa - basic	0,34	0,39	0,054	0,19
NIR — LSD ($\alpha=0,05$)		r.n.	r.n.	0,003	r.n.
Lata Years	2001	0,35	0,38	0,060	0,17
	2002	0,32	0,46	0,063	0,18
	2003	0,35	0,36	0,044	0,23
NIR — LSD ($\alpha=0,05$)		0,01	0,03	0,004	0,01

r.n. — Różnica nieistotna; No significant difference

Zawartość potasu (K) podlegała podobnym regułom jak zawartość fosforu. Istotne zróżnicowanie zawartości tego składnika wystąpiło również między odmianami i latami badań. Stwierdzono jednak odmienne kształtowanie się zawartości w odmianach i latach badań. Odmiana Rastik zawierała istotnie mniej potasu od pozostałych odmian, również w latach o wyższych plonach ziarno zawierało istotnie mniej potasu.

Zawartość wapnia (Ca) w ziarnie jęczmienia była bardzo niska i wykazywała istotne zróżnicowanie tylko między poziomami ochrony i latami badań (tab. 3). Zawartość magnezu (Mg) nie była istotnie zróżnicowana pod wpływem badanych czynników. Stwierdzono natomiast zróżnicowanie w latach badań.

Pobranie składników przez plon ziarna

Pobranie składników było istotnie zróżnicowane między odmianami, stosownie do wielkości plonu poszczególnych odmian (tab. 4). Najmniej azotu z powierzchni 1 ha

pobrała odmiana Rastik (98,1 kg), najwięcej natomiast odmiana Bryl (109,4), której plon ziarna był najwyższy. Wpływ zróżnicowanych dawek azotu był istotny tylko na pobranie azotu i wapnia. Poziom ochrony w porównaniu do obiektów bez ochrony istotnie zwiększał pobranie wszystkich składników oprócz magnezu. Pełny poziom ochrony natomiast istotnie zwiększał pobranie składników oprócz wapnia. Stwierdzono również istotne zróżnicowanie pobrania składników w latach badań. W roku, w którym były najwyższe plony (rok 2003), również pobranie wszystkich składników oprócz wapnia było największe. W przypadku azotu różnica w pobraniu między rokiem 2002 a 2003 wynosiła 42 kg.

Tabela 4

Pobranie składników mineralnych ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) z plonem ziarna — średnie dla czynników
Mineral components uptake of grain ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) — mean for factors

Wyszczególnienie Specification		Plon ziarna Yield of grain ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Azot N	Fosfor P	Potas K	Wapń Ca	Magnez Mg
Odmiana Cultivar	Rastik	4611	98,1	14,8	15,5	2,3	7,9
	Refren	5345	103,2	15,7	19,7	2,7	9,9
	Bryl	5455	109,4	16,7	19,9	2,7	9,4
NIR — LSD ($\alpha = 0,05$)		234	6,3	1,0	1,7	0,2	0,8
Nawożenie ($\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$)	40	5083	97,6	15,3	17,8	2,4	8,8
	80	5193	104,0	15,9	19,0	2,7	9,0
	120	5136	109,1	16,0	18,3	2,5	9,5
NIR — LSD ($\alpha = 0,05$)		r.n.	6,3	r.n.	r.n.	0,2	r.n.
Poziom ochrony	pełny - full	5263	106,2	16,2	19,2	2,7	9,3
Protection level	podstawowy - basic	5011	100,9	15,3	17,6	2,4	8,9
NIR — LSD ($\alpha = 0,05$)		191	5,1	0,8	1,4	0,1	r.n.
Lata Years	2001	4804	101,9	14,7	16,2	2,5	7,0
	2002	4496	83,2	13,2	19,1	2,6	7,6
	2003	6111	125,6	19,3	19,9	2,4	12,7
NIR — LSD ($\alpha = 0,05$)		234	6,3	1,0	1,7	r.n.	0,8

DYSKUSJA

Zawartość poszczególnych składników pod wpływem badanych czynników była znacznie zróżnicowana. Poziom ochrony chemicznej jęczmienia jarego- podstawowy i pełny wywierał wpływ tylko na zawartość tłuszczu surowego i wapnia. Ekstensywny sposób ochrony, ograniczony tylko do zaprawiania ziarna i mechanicznego zwalczania chwastów obniżał w ziarnie zawartość białka, włókna u odmiany nieoplewionej Rastik oraz oplewionej Rataj, natomiast zwiększał zawartość związków bezazotowych wyciągowych (Kwiatkowski, 2004). Z kolei zawartość popiołu zwiększała się u odmiany nagoziarnistej, a obniżała zawartość tłuszczu. Stwierdzono, że wzrost poziomu intensywności uprawy pszenicy (wzrost dawki azotu i poziomu ochrony) nie wywierał udowodnionego wpływu na zawartość składników mineralnych w ziarnie (Nowak, Zbroszczyk, 2003). Fakt ten potwierdzają również badania innych autorów (Kruczek, 1995). Zaprawianie ziarna jest podstawowym zabiegiem w ochronie zbóż. ma ono zapewnić ochronę roślin w czasie kiełkowania i początkowego wzrostu (Lipa, 1999). W przeprowadzonych badaniach,

zróżnicowane nawożenie azotem (40, 80 i 120 kg·ha⁻¹) wywarło istotny wpływ tylko na zawartość w ziarnie białka ogółem i związków bezazotowych wyciągowych. Odmiana nieoplewiona Rastik charakteryzowała się większą zawartością białka, co potwierdzają również inni autorzy (Szempliński, 2003; Kawka i in., 1998). Koszański i wsp. (1995) stwierdził, że dawka 100 kg azotu na ha zwiększała istotnie zawartość białka ogółem, włókna i popiołu w ziarnie. W przeprowadzonych badaniach stwierdzono tylko istotny wzrost zawartości białka, natomiast nie było udowodnionego wpływu na zawartość włókna i popiołu. Dodatni, udowodniony statystycznie wpływ wzrastających dawek azotu na zawartość białka i plon białka z ha potwierdzają badania wielu autorów (Myszka i in., 1983; Noworolnik i in., 1983, 2000; Noworolnik, 1985). Karczmarczyk i wsp. (1982) stwierdził, że wraz ze wzrostem dawki azotu następował wzrost zawartości białka, fosforu, magnezu, a obniżenie zawartości wapnia, podobna zależność wystąpiła również w przedstawionych badaniach (tab. 3).

WNIOSKI

1. Zróżnicowane nawożenie azotem wpłynęło istotnie na wzrost zawartości białka ogółem oraz zmniejszenie zawartości związków bezazotowych wyciągowych, nie miało natomiast wpływu na zawartość składników mineralnych w ziarnie jęczmienia.
2. Poziom ochrony chemicznej istotnie wpłynął tylko na zawartość tłuszczu surowego i wapnia, na korzyść pełnego poziomu ochrony.
3. Między badanymi odmianami jęczmienia jarego (Rastik, Bryl i Refren) stwierdzono istotne zróżnicowanie zawartości białka ogółem, włókna surowego, popiołu, fosforu i potasu oraz związków bezazotowych wyciągowych. Odmiana Rastik wyróżniała się większą zawartością białka ogółem, tłuszczu surowego, związków bezazotowych wyciągowych oraz mniejszą zawartością włókna surowego i popiołu.
4. Stwierdzono istotne zróżnicowanie pobrania wszystkich składników między odmianami jęczmienia, poziomem ochrony i latami badań, natomiast zróżnicowane nawożenie azotem wywarło istotny wpływ tylko na pobranie azotu i wapnia.

LITERATURA

- Czuba R., Mazur T. 1988. Wpływ nawożenia na jakość plonów. PWRiL, Warszawa.
- Dobrzańska A., Kutyna M., Plewa J. 1990. Wpływ nawożenia azotem na zawartość białka i niektórych składników mineralnych w ziarnie jęczmienia jarego. *Pam. Puł.* 97: 93 — 99.
- Jurkowska H., Wiśniowska-Kielian B., Wojciechowicz T. 1981. Wpływ formy i dawki azotu na zawartość makro- i mikroelementów w roślinach. Cz. I: Makroelementy. *Acta Agr. et Silv., ser. Agraria*, vol. XX: 107 — 119.
- Karczmarczyk S., Laskowski S. 1982. Wpływ deszczowania i nawożenia mineralnego na plonowanie i skład chemiczny nasion bobiku oraz ziarna pszenicy i jęczmienia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 236: 303 — 317.
- Koszański Z., Karczmarczyk S., Podsiadło C. 1995. Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na jęczmień browarny i pastewny uprawiany na glebie kompleksu żytniego. Cz. II. Skład chemiczny plonu. *Zesz. Nauk, AR we Wrocławiu*, nr 267: 171 — 177.
- Kawka A., Klockiewicz-Kamińska E., Anioła J., Cierniewska A., Gąsiorowski H. 1998. Ocena niektórych wyróżników jakościowych jęczmienia uprawianego w Polsce. *Pam. Puł.* 112: 85 — 91.

- Kruczek G. 1995. Plonowanie oraz jakość ziarna jęczmienia jarego w zależności od nawożenia azotowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 421 a: 233 — 237.
- Kwiatkowski C. 2004. Plonowanie i jakość ziarna nagoziarnistej i oplewionej formy jęczmienia jarego w zależności od zróżnicowanej ochrony zasiewów. Pam. Puł. 135: 137 — 144.
- Lipa J. 1999. Nowoczesna ochrona zbóż. Pam. Puł. 114: 243 — 257.
- Nowotny-Mieczyska A. 1976. Fizjologia mineralnego żywienia roślin. PWRiL, Warszawa.
- Myszka A., Ginalska J., Filipek T., Ochał J. 1983. Wpływ zróżnicowanego nawożenia mineralnego na plony ziarna i białka jęczmienia jarego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 238: 147 — 153.
- Nowak W., Zbroszczyk T. 2003. Wpływ poziomu intensywności uprawy na zawartość składników mineralnych w ziarnie pszenicy. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 493, cz. II: 439 — 445.
- Noworolnik K., Żebrowski Z. 1983. Wpływ podzielonych dawek azotu na plon białka i jego zawartość w ziarnie jęczmienia jarego. Agrotechnika jęczmienia jarego. IUNG Puławy.
- Noworolnik K. 1985. Plonowanie i zawartość białka w ziarnie odmian jęczmienia jarego w zależności od nawożenia azotem i gęstości siewu. Biul. IHAR 158: 69 — 78.
- Noworolnik K., Leszczyńska D. 2000. Reakcja odmian jęczmienia na poziom nawożenia azotem. Biul. IHAR 214: 163 — 166.
- Szempliński W. 2003. Plonowanie nagich i oplewionych form owsa i jęczmienia jarego pastewnego. Biul. IHAR 229: 147 — 156.

DARIUSZ R. MAŃKOWSKIPracownia Ekonomiki Nasiennictwa i Hodowli Roślin
Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa, IHAR — Radzików

Postęp biologiczny w hodowli, nasiennictwie i produkcji ziemniaka w Polsce

Część I. Przegląd ilościowych metod oceny postępu hodowlanego i odmianowego

Biological progress in breeding, seed technology and production of potato in Poland Part I. Review of quantitative methods applied to estimate of breeding and cultivar progress

Praca jest pierwszą częścią opracowania prezentującego wyniki oceny postępu biologicznego w hodowli, nasiennictwie i produkcji ziemniaka w Polsce. Ze względu na niejednorodną terminologię związaną z postępowaniem biologicznym, zaproponowano ujednolicone definicje postępu biologicznego, hodowlanego i postępu odmianowego w roślinach rolniczych. W pracy przedstawiono wyniki dotychczasowych prac nad oceną postępu odmianowego i hodowlanego w ziemniaku. Opisano również różne metody wykorzystywane do ilościowej oceny postępu odmianowego i hodowlanego w badaniach nad różnymi roślinami rolniczymi.

Słowa kluczowe: postęp biologiczny, postęp hodowlany, postęp odmianowy, postęp technologiczny, ziemniak

The work is the first part of the paper presenting the results of estimation of biological progress in breeding, seed technology and production of potato in Poland. The divergence of terminology related to biological progress made the author propose standardized definitions for biological, breeding and cultivar progress in crops. The results of attempts made hitherto to assess the reading progress are presented. Various methods used for quantitative estimation of breeding and cultivar progress are described.

Key words: biological progress, breeding progress, cultivar progress, technological progress, potato

WSTĘP

Postęp to ciąg procesów i zmian zmierzających ku stanowi coraz doskonalszemu, coraz lepszemu. Jest to ciągły rozwój, polepszanie się i doskonalenie (np. postęp gospodarczy, postęp społeczny, postęp ekonomiczny, itp.). To także osiągnięcie kolejnego etapu rozwoju (np. postęp w badaniach naukowych, itp.).

W rolnictwie, szeroko rozumiany postęp jest ważnym kierunkiem zmierzającym do poprawy efektywności gospodarowania. Postęp w rolnictwie kojarzy się z osiągnięciem wyższego poziomu produkcyjnego, powodującego uzyskanie określonych efektów jakościowych i ilościowych (np. postęp w plenności odmian, postęp w hodowli odpornościowej, postęp w biotechnologii roślin i zwierząt, itp.), jak również uczynienia pracy ludzkiej lżejszą i wydajniejszą (np. postęp techniczny, postęp technologiczny, postęp organizacyjny, itp.). W produkcji rolniczej związane jest to na ogół z osiągnięciem szybszych przyrostów plonów roślin uprawnych w stosunku do tempa wzrostu nakładów. W rolnictwie mamy do czynienia z różnymi rodzajami postępu (np. technicznym, technologicznym, ekonomicznym, organizacyjnym i biologicznym), które współdziałają ze sobą i wpływają na efektywność pracy rolnika.

Spośród różnych rodzajów postępu, w rolnictwie znaczącą rolę odgrywa postęp biologiczny, czyli zmiany zachodzące w roślinach i zwierzętach hodowlanych, wynikające z celowej działalności człowieka (hodowla, biotechnologia), bądź też z wpływu otoczenia. Polega on przede wszystkim na poprawie cech użytkowych organizmów roślinnych i zwierzęcych.

W niniejszej pracy podjęto próbę oceny postępu biologicznego w hodowli, nasiennictwie i produkcji ziemniaka w Polsce. Praca została podzielona na części odpowiadające poszczególnym omawianym zagadnieniom: metodyka oceny postępu hodowlanego i odmianowego, ocena ilościowego postępu hodowlanego i odmianowego na podstawie doświadczeń odmianowych, ocena ilościowego postępu odmianowego w nasiennictwie i produkcji polowej ziemniaka, ocena jakościowego postępu odmianowego w doświadczeniach odmianowych i w produkcji polowej, ocena postępu technologicznego w produkcji polowej ziemniaka oraz próba oceny udziału wyznaczonych składowych w postępie biologicznym w doświadczeniach odmianowych i w produkcji polowej ziemniaka.

CEL PRACY

Analiza dostępnych informacji o postępie biologicznym w ziemniaku wskazuje na znaczne braki w ocenie postępu biologicznego w okresie powojennym w hodowli, nasiennictwie i produkcji ziemniaka w Polsce. Przeprowadzone dotychczas badania i analizy były fragmentaryczne i jednocześnie wykonywane według różnej, często nieporównywalnej metodyki. Niedostępne są kompleksowe oceny, obejmujące zagadnienie postępu biologicznego, począwszy od hodowcy, poprzez moment rejestracji odmian, nasiennictwo (transmisję postępu biologicznego z hodowli do produkcji), aż do końcowego etapu, jakim jest produkcja polowa ziemniaka.

Celem niniejszej pracy, która mogłaby poszerzyć obecny stan wiedzy, jest przede wszystkim oszacowanie wielkości postępu biologicznego w hodowli, nasiennictwie i produkcji polowej ziemniaka w Polsce w okresie powojennym.

Aby zrealizować powyższy cel, w pracy zostaną przedstawione następujące zadania szczegółowe:

- Zaproponowanie metody oceny wielkości postępu biologicznego w warunkach doświadczalnych i produkcyjnych.
- Oszacowanie ilościowego oraz jakościowego postępu hodowlanego i odmianowego w hodowli oraz na etapie rejestracji nowych odmian ziemniaka w Polsce w latach 1957–2003.
- Oszacowanie stopnia transmisji ilościowego postępu odmianowego z hodowli do produkcji polowej, realizowanego przez nasiennictwo ziemniaka w latach 1994–2003.
- Oszacowanie stopnia wykorzystania ilościowego oraz jakościowego postępu odmianowego w polowej produkcji ziemniaka w Polsce w latach 1986–2003.
- Ocena wielkości postępu technologicznego w doświadczeniach ścisłych COBORU oraz w uprawie polowej ziemniaka w Polsce w latach 1986–2003.
- Wykorzystanie zmian potencjału plonowania do oceny udziału oszacowanych składowych postępu biologicznego.

Część pierwsza niniejszej pracy ma za zadanie przedstawić, na podstawie dostępnej literatury, ogólne zagadnienia związane z postępow biologicznym, hodowlanym i odmianowym oraz metody stosowane do ilościowej oceny postępu hodowlanego i odmianowego.

POSTĘP BIOLOGICZNY

Postęp jest nieodłącznym czynnikiem determinującym ogólny rozwój w każdej dziedzinie działalności człowieka, w tym także w rolnictwie. Spośród wielu zdefiniowanych podziałów postępu rolniczego, jakie można spotkać w literaturze, na uwagę zasługuje podział zaproponowany przez Runowskiego (1997):

- postęp biologiczny — udoskonalenie organizmów roślinnych i zwierzęcych oraz zwiększanie liczby odmian i gatunków roślin i zwierząt użytecznych dla człowieka;
- postęp techniczny — proces doskonalenia techniki wytwarzania, polegający na wprowadzaniu do produkcji rolniczej ulepszonych i doskonalszych środków technicznych;
- postęp technologiczny — wprowadzanie nowych technologii produkcji;
- postęp organizacyjny — proces zmian w organizacji gospodarstwa i organizacji pracy prowadzących do bardziej efektywnego wykorzystania postępu technicznego, technologicznego i biologicznego oraz do poprawy ekonomicznych wyników gospodarstwa;
- postęp społeczno-ekonomiczny — zmiany w zakresie stosunków społecznych i ustroju rolnego.

W literaturze można spotkać szereg definicji i nazw postępu biologicznego. Często zamiennie używa się określeń: postęp biologiczny — postęp hodowlany — postęp odmianowy — postęp genetyczny (Runowski, 1997). Nie ułatwia to podania jednoznacznej definicji postępu, jak i utrudnia interpretację analiz wykonanych przez różnych autorów.

Terminologia dotycząca postępu wnoszonego przez nowe odmiany nie jest ujednolicona. Postęp ten może być obliczany na etapie doświadczeń, reprodukcji nasiennej, bądź produkcji towarowej i może obejmować plony oraz inne skwantyfikowane cechy wartości gospodarczej odmian (Krzymuski i in., 1993).

Runowski (1997) proponuje następujące podejście do definicji postępu biologicznego, hodowlanego i odmianowego: „W odniesieniu do hodowli roślin efektami postępu biologicznego są nowe metody krzyżowania i selekcji, nowe sposoby korygowania genotypu roślin i uzyskiwanie nowych odmian. Zawężone w ten sposób pojęcie postępu biologicznego w rolnictwie pokrywa się z rozumieniem postępu hodowlanego w hodowli roślin. Postęp hodowlany jest pojęciem wielokryteriowym, często z tego powodu niejednakowo rozumianym. Z pewnym uproszczeniem można go określić jako sumę różnych elementów wartości gospodarczej i użytkowej wnoszoną przez nowe odmiany. Funkcjonuje również pojęcie postępu odmianowego. W ujęciu ogólnym jest ono tożsame z postępowaniem hodowlanym. Czasem postęp odmianowy rozumie się jako połączenie efektów postępu krajowej hodowli (postęp hodowlany) i wpływu stosowania odmian zagranicznych. Postęp odmianowy ma szerszy zakres terytorialny i czasowy”.

Krzymuski (1998) proponuje następującą definicję postępu biologicznego w rolnictwie: „Wzrost wartości użytkowej roślin uprawnych i zwierząt gospodarskich tworzony przez hodowlę i wykorzystywany w produkcji. Oznacza wieloetapowy proces tworzenia i przekazywania do produkcji nowych odmian roślin oraz ras i typów użytkowych zwierząt. Pojęciami bliskoznacznymi, choć odnoszonymi częściej do etapu tworzenia postępu biologicznego, są postęp genetyczny i postęp hodowlany. Natomiast określenie postęp odmianowy dotyczy przeważnie późniejszych etapów, czyli już wytworzonych przez hodowlę odmian oraz ich rozpowszechniania się i efektów w produkcji. Proces tworzenia, przenoszenia (transmisji) i wykorzystania postępu biologicznego można podzielić na trzy główne etapy: hodowlę roślin, reprodukcję materiału siewnego oraz obrót i handel tym materiałem. Wykorzystanie postępu biologicznego w produkcji zależy od powierzchni zasiewanej kwalifikowanym materiałem siewnym, czyli od jego wymiany — nazywanej też odnowieniem. Wymiana polega również na zastępowaniu starszych, przeważnie zdegenerowanych odmian, odmianami nowymi o wyższej wartości gospodarczej”.

Stankiewicz (1999) podaje, że postęp biologiczny, stanowiący część składową postępu rolniczego, jest jedną z najistotniejszych sił napędowych rozwoju rolnictwa. Wiąże się bowiem z doskonaleniem cech genetycznych organizmów żywych w kierunku podniesienia wydajności i jakości produkcji rolniczej. W odniesieniu do hodowli roślin efektem postępu biologicznego są zarówno metody prac hodowlanych, nowe sposoby modyfikowania genotypu roślin i użytkowania nowych odmian, jak również nowe odmiany i gatunki. Tak zawężone pojęcie postępu biologicznego w rolnictwie pokrywa się z pojęciem postępu hodowlanego w hodowli roślin, czyli z sumą różnych elementów wartości gospodarczej i użytkowej wnoszonej przez nowe odmiany do zarejestrowanych zestawów odmian poszczególnych roślin uprawnych.

Krzymuski (1988) definiuje postęp odmianowy jako całokształt zagadnień związanych z hodowlą, importem, reprodukcją nasienną, wykorzystaniem w produkcji oraz oceną nowych odmian. W innych swoich pracach Krzymuski (1984, 1991 d, 1996) definiuje jednak postęp odmianowy jako postęp wnoszony jedynie przez hodowlę krajową, natomiast za postęp hodowlany uznaje postęp odmianowy i postęp wnoszony wraz z wprowadzaniem do produkcji odmian zagranicznych.

Przy takiej rozbieżności definicji należałoby sprecyzować terminologię związaną z postępowaniem w rolnictwie i hodowli roślin. W niniejszej pracy przyjęto następujące definicje postępu:

Postęp biologiczny — całokształt zmian samoczynnych (naturalnych), bądź wynikających z celowej działalności człowieka (antropogeniczny), w organizmach roślinnych i zwierzęcych, wpływający na cechy indywidualne tych organizmów. W sensie rolniczym jest to całokształt zmian wpływających na wartość technologiczno-użytkową roślin i zwierząt gospodarskich. Postęp biologiczny w rolnictwie ma na celu podniesienie wydajności i/lub poprawienie jakości produkcji rolniczej.

Postęp hodowlany w roślinach rolniczych — wszystkie nowe cechy użytkowe, bądź polepszenie cech posiadanych przez roślinę, wnoszone przez nowo wyhodowanerody i odmiany zgłoszone do doświadczeń przedrejestracyjnych.

Postęp odmianowy w roślinach rolniczych — wszystkie nowe cechy użytkowe, bądź polepszenie cech posiadanych przez roślinę, wnoszone przez nowo zarejestrowane odmiany.

Postęp w rolnictwie możemy podzielić ze względu na cechy, których on dotyczy, na postęp ilościowy (mierzony plonem, zawartością suchej masy, zawartością pożądanych substancji, itd.) oraz postęp jakościowy (zmiany odporności roślin, poprawa cech jakościowych, kształtu, wypełnienia, smaku, itd.).

O ile postęp ilościowy można wyliczyć stosując modele matematyczne i statystyczne, o tyle postęp jakościowy można oceniać jedynie uznaniowo (Kamasa, 1983; Oleksiak, 1997 b; Mańkowski i Oleksiak, 2003).

Oszacowanie efektów postępu biologicznego w przypadku różnych gatunków roślin rolniczych, może być, w dłuższym okresie czasu, podstawą do przyszłej strategii w hodowli nowych odmian (Ustun i in., 2001).

POSTĘP HODOWLANY I ODMIANOWY W ZIEMNIAKU

Kamasa (1983) stwierdził, iż postęp biologiczny, utożsamiany przeważnie z postępowaniem hodowlanym, przejawia się w wielu czynnikach, które bezpośrednio lub pośrednio wpływają na plon. Niewątpliwie najważniejszym czynnikiem działającym bezpośrednio na uzyskiwane plony jest plenność odmian uwarunkowana genetycznie. Zespół cech odpornościowych, również uwarunkowanych genetycznie, w sposób pośredni, przez ograniczenie strat plonu, determinuje pełniejsze wykorzystanie plenności. Plon, jako końcowy efekt hodowli i uprawy, jest wypadkową współdziałania tych czynników w określonych warunkach środowiska. Stąd też obserwowana jest duża zmienność plonów w latach, w zależności od zmienności czynników klimatycznych i warunków uprawy. Wahania wysokości osiągniętych plonów są spowodowane istnieniem interakcji pomiędzy genotypem lub odmianą, a środowiskiem (klimatem i warunkami siedliskowymi).

Ocena postępu hodowlanego, zwłaszcza wyrażana przez hodowców, jest często zbyt optymistyczna, ponieważ uwzględnia tylko niektóre cechy interesujące hodowcę i obejmuje zbyt krótki okres czasu.

Istotną sprawą jest również transmisja efektów postępu hodowlanego bezpośrednio do produkcji. Najważniejszym ogniwem tej transmisji jest produkcja kwalifikowanego materiału siewnego ziemniaka (sadzeniaków). Tą tematyką szerzej zajmowali się między innymi: Kamasa (1983), Krzymuski i Wilkos (1986), Krzymuski (1993 a, 1997).

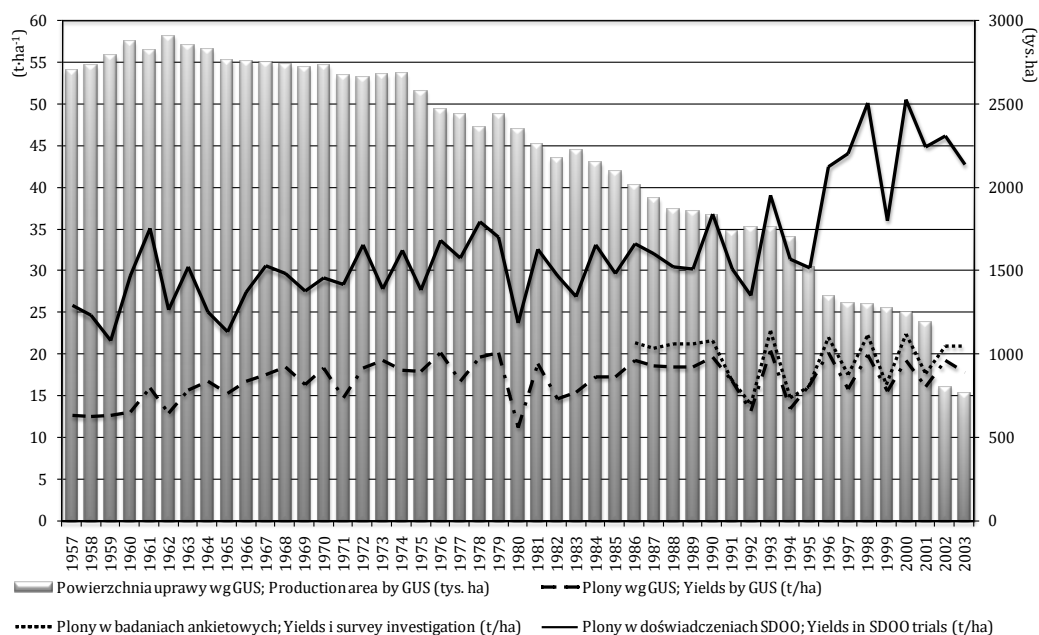
Runowski (1997) stwierdził, że postęp biologiczny jest uważany za jeden z podstawowych czynników wpływających na wzrost poziomu plonów oraz wartości biologicznej, technologicznej i konsumpcyjnej uzyskiwanych produktów rolniczych. Jednak dla wykorzystania PB konieczne jest zapewnienie odpowiednich warunków wzrostu i rozwoju roślin. W nowoczesnych technologiach produkcji stosowanie kwalifikowanego materiału siewnego oraz właściwy dobór odmian do określonego środowiska (układu klimatyczno-glebowego) jest warunkiem niezbędnym do uzyskania wysokich plonów. Uważa się, iż stosowanie nośników PB jest najtańszym z wielu czynników plonotwórczych. Jest to szczególnie ważne w obecnej sytuacji gospodarczej polskiego rolnictwa, gdzie przemysłowe środki produkcji rolniczej są relatywnie drogie. Upowszechnienie nośników PB takich, jak nowe odmiany czy kwalifikowany materiał nasienny, sprzyja poprawie efektywności wykorzystania wszelkich nakładów produkcyjnych.

Krzymuski (1993 b) zauważa, że nowe odmiany ziemniaka docierają do produkcji znacznie wolniej niż odmiany innych gatunków roślin uprawnych. W związku z tym transmisja PB z hodowli do produkcji ziemniaka jest przesunięta w czasie.

Jak podaje Kamasa (1983) plenność odmian ziemniaka w latach 1900–1954 wzrosła przeciętnie o 10%, a średni plon skrobi o 2%. Już przed ponad stu laty uzyskiwano w doświadczeniach plony na poziomie 40 t z hektara. Analiza wyników z doświadczeń przeprowadzonych w latach 1933–1939 przez Wielkopolski Związek Kół Doświadczalnych wykazała, że poziom plonowania odmian nie różnił się znacząco od uzyskiwanego w doświadczeniach Stacji Doświadczalnych Oceny Odmian (SDOO) Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU). Natomiast przeciętne plony w produkcji znacznie odbiegały od możliwości produkcyjnych odmian.

Średnie plony odmian ziemniaka osiągnęte w latach 1957–2003 w doświadczeniach COBORU znacząco różniły się od średnich plonów uzyskiwanych w produkcji, podawanych przez GUS (rys. 1). Różnica w plonowaniu odmian wyraźnie narastała od połowy lat 90. XX wieku. Wielkość plonów osiągniętych, w latach 1986–2003, w produkcji ziemniaka stanowiła średnio 48,5% plonów z doświadczeń odmianowych. Niewiele wyższy wynik uzyskała w analogicznym okresie pszenica ozima, dla której rzeczony stosunek wyniósł ponad 50% (Oleksiak, 2002).

Arseniuk (2003) zauważył, że elementem przenoszącym osiągnięcia nauki do praktyki rolniczej jest odmiana. Wymaga ona jednak właściwej agrotechniki, która powinna być opracowywana już na etapie tworzenia odmiany. Przy niewłaściwej agrotechnice następuje spadek plonowania każdej, nawet najlepszej odmiany. Tym spadkiem można tłumaczyć różnice w wysokości plonów osiągniętych w doświadczeniach i produkcji rolniczej.



Rys. 1. Powierzchnia uprawy ziemniaka w Polsce (tys. ha) oraz średnie plony ($t \cdot ha^{-1}$) w doświadczeniach SDOO, wg GUS i w badaniach ankietowych, w latach 1957–2003
Fig. 1. Potato area production in Poland (thousands of ha) and average yields ($t \cdot ha^{-1}$) in SDOO trials, by GUS and in survey investigations, in years 1957–2003

Analizując postęp w hodowli roślin rolniczych i jego wykorzystanie w produkcji, Oleksiak (1992) stwierdził, iż polskie odmiany wielu gatunków roślin uprawnych skutecznie konkurowały z odmianami zagranicznymi. Świadczyły o tym zmiany zachodzące w doborze odmian poszczególnych gatunków. Niezadowalające było jednak wykorzystanie efektów postępu hodowlanego. Wysokość plonów w produkcji stanowiła średnio około 60% plonów uzyskiwanych w doświadczeniach (w Europie zachodniej było to blisko 90%). Zasadniczymi przyczynami takiego stanu rzeczy były niski poziom agrotechniki, uniemożliwiający pełne wykorzystanie potencjału plonowania oraz zbyt wolne przenoszenie postępu biologicznego z hodowli, poprzez reprodukcję, aż do produkcji polowej. Autor stwierdził, że wynikało to ze złej organizacji nasiennictwa.

Plonowanie roślin w praktyce rolniczej jest niższe niż w doświadczeniach ścisłych. Różnice w plonach są wynikiem odmiennych, często gorszych warunków siedliskowych, nieprzestrzegania zaleceń agrotechnicznych, niskich nakładów środków produkcji oraz stosowania materiału siewnego o niskiej jakości. Wszystkie te czynniki oraz trudna sytuacja ekonomiczna rolników, którzy ograniczają zużycie wszelkich środków produkcji, kształtują poziom plonów na dużo niższym poziomie niż wynikałoby to z potencjalnych możliwości plonowania posiadanych przez uprawiane odmiany (Runowski, 1997).

Duże wahania w plonowaniu ziemniaków są obserwowane nie tylko w poszczególnych latach, ale i w ciągu tego samego roku pomiędzy rejonami, a nawet pomiędzy gospodarstwami w tym samym rejonie. Do głównych przyczyn powodujących wahania plonów należy zaliczyć warunki agrotechniczno-siedliskowe, pogodę w trakcie trwania wegetacji, stopień nasilenia chorób, w tym głównie zarazy ziemniaczanej oraz poziom zdrowotności sadzeniaków (Roztropowicz, 1971).

Kamasa (1983), w swojej pracy, oceniając postęp hodowlany w ziemniaku w latach 1965–1978, doszedł do następujących wniosków:

- w badanym okresie zaszły znaczące zmiany w krajowym doborze odmian ziemniaka (duży ruch odmianowy);
- wprowadzono pierwsze odmiany o specyficznej odporności na wirulentne biotypy raka ziemniaka i odporne na mątwika ziemniaczanego;
- w badanym okresie zaobserwowano wyraźny wzrost plonów kłębów, przy minimalnym wzroście zawartości skrobi, a także wzrost plonu handlowego odmian jadalnych, przy jednoczesnym pogorszeniu ich smakowości.

Postęp hodowlany, jaki dokonał się w badanym przez autora okresie, nie miał znaczącego wpływu na produkcję ziemniaka. Potencjał wytworzony przez hodowlę nie został wystarczająco wykorzystany w praktyce rolniczej. Prawdopodobną tego przyczyną było nienadążanie produkcji sadzeniaków dla rolnictwa za postępem w hodowli nowych odmian i za zmianami w ich doborze.

Kamasa (1983) wskazywał na potrzebę zmian oraz poprawy organizacji, gospodarowania i technologii we wszystkich ogniwach transmisji postępu hodowlanego z hodowli do produkcji ze szczególnym naciskiem na nasiennictwo ziemniaka.

Krzymuski i Wilkos (1986) ocenili postęp hodowlany na podstawie plonów ziemniaka uzyskanych w latach 1965–1984. Badacze dokonali oceny indywidualnych odmian bez podziału na grupy oraz skonfrontowali postęp potencjalny z jego wykorzystaniem w produkcji. Potencjalny przyrost plonów w badanym okresie (20 lat) wyniósł $3,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, przyrost roczny natomiast utrzymywał się na poziomie 200 kg.

Autorzy na podstawie swoich badań sformułowali następujące wnioski:

- w badanym okresie nastąpiły zmiany w strukturze powierzchni uprawy na rzecz odmian wczesnych;
- postęp hodowlany jaki dokonał się w tym okresie był porównywalny do postępu osiąganego w innych krajach, w związku z czym krajowe odmiany mogły śmiało konkurować z odmianami zagranicznymi;
- polskie nowe odmiany po wpisaniu do rejestru wykazywały w kolejnych latach spadek plonów, co mogło świadczyć o niewłaściwej hodowli zachowawczej i reprodukcji sadzeniaków;
- opóźnienie transmisji postępu odmianowego do produkcji sięgało 10 lat, co wskazywało na kolejne błędy i trudności w produkcji sadzeniaków.

Krzymuski (1993 a) dokonał porównania transmisji postępu hodowlanego ziemniaka do produkcji pomiędzy latami 1971–1975 a początkiem lat 90. W porównywanych okresach liczba badanych nowych rodów nieznacznie wzrosła z średnio 37,6 w latach 1971–1975 do 40 w roku 1992. Można było zaobserwować wyraźniejszy wzrost liczby

zarejestrowanych odmian z 31,6 w latach 1971–1975 do 55 na początku lat 90. Jednocześnie drastycznie zmalała powierzchnia uprawy sadzeniaków z 142 tys. ha w latach 1971–1975, do 16,4 tys. ha w roku 1992. Znacząco zmniejszyła się również powierzchnia uprawy superelit z 1664 ha do 916 ha. Spowodowało to znaczne spowolnienie transmisji postępu hodowlanego ziemniaka do produkcji. Autor stwierdził, że teoretyczny okres wymiany sadzeniaków, wynikający ze stosunku zapotrzebowania na materiał siewny, oszacowanego na podstawie powierzchni uprawy ziemniaka, do produkcji materiału kwalifikowanego, wynosił średnio 8,2 roku w latach 1971–1975. W roku 1992 okres ten wynosił już 82 lata. Brak częstej wymiany sadzeniaków uniemożliwił wykorzystanie potencjału wytworzonego przez hodowlę oraz jego skuteczne przeniesienie do produkcji.

Krzymuski (1996) stwierdził, iż wytworzony przez hodowlę postęp w plonach bulw nie wpływał wyraźnie na wzrost średnich plonów w doświadczeniach COBORU. Tempo rozpowszechniania najnowszych odmian w produkcji, w latach 1986–1993, było dość wolne. W tym okresie znacznie zmniejszył się udział odmian nowych, na korzyść odmian starszych, które dominowały w uprawie. Ponadto wyraźnie zauważalny był już rozłam na dwie gałęzie produkcji ziemniaka — intensywną, z przeznaczeniem na konsumpcję i przetwórstwo spożywcze oraz ekstensywną, z przeznaczeniem na paszę i produkcję skrobi (Krzymuski, 1996). Produkcja intensywna charakteryzowała się powolnym ale systematycznym wzrostem powierzchni uprawy, szczególnie w przypadku ziemniaków przeznaczonych na przetwórstwo. W przypadku produkcji ekstensywnej zauważalny był wyraźny spadek powierzchni uprawy. Autor prognozował zachowanie tych tendencji w kolejnych latach.

Według Krzymuskiego (1997), w latach 1991–1995, postęp w hodowli ziemniaka był znaczny, ale nie wpłynął na wzrost plonów w doświadczeniach odmianowych. Występujący już od pewnego czasu regres w nasiennictwie ziemniaka, w wyżej wymienionym okresie znacznie się pogłębił. Powierzchnia plantacji kwalifikowanych sadzeniaków w roku 1995 wynosiła — 8,1 tys. ha, podczas gdy w najlepszych latach (1979–1980) było to 160 tys. ha. Teoretyczny średni okres wymiany sadzeniaków wzrósł w 1995 roku do 60 lat. W badanym okresie następował również znaczący spadek powierzchni uprawy ziemniaka w Polsce.

Runowski (1997) stwierdził, że cechą postępu biologicznego jest to, że jego efekty w produkcji pojawiają się ze znacznym opóźnieniem. Rozpiętość pomiędzy osiągnięciami hodowli a zastosowaniem ich w praktyce zależy w znacznym stopniu od poziomu kultury rolnej i wiedzy producentów oraz od poziomu kosztów nośników PB.

Ilościowy postęp odmianowy ziemniaka w produkcji rolniczej w latach 1986–2001 był znaczny i wynosił 239 kg rocznie, czyli 1,6% średnich plonów (Mańkowski i Oleksiak, 2003). Postęp odmianowy w tym okresie nie szedł jednak w parze ze stosowaną technologią produkcji, stąd też nie obserwowano wzrostu średnich plonów uzyskiwanych w produkcji. Niezadowalające było też wykorzystanie potencjału plonotwórczego odmian, mierzone relacją plonów uzyskiwanych w gospodarstwach towarowych do plonów z doświadczeń odmianowych (Mańkowski i Oleksiak, 2003).

Kamasa (2003) podaje, iż według stanu na dzień 30 marca 2003 roku polski rejestr odmian ziemniaka liczył 117 oryginalnych odmian, z których 83 było krajowej hodowli, a pozostałe zagranicznej (głównie holenderskiej i niemieckiej). Uwzględniając podział na dwa główne kierunki użytkowania, 71% odmian stanowiły odmiany jadalne (najwięcej odmian średnio wczesnych). W grupie odmian skrobiowych (29%) przeważały odmiany o dłuższym okresie wegetacji. W pięcioleciu 1999–2003 nastąpił bardzo duży dopływ nowych odmian ziemniaka. W tym okresie zarejestrowano 33 odmiany krajowe i 26 odmian zagranicznych.

Łuniewski (1996) analizując sytuację w hodowli i nasiennictwie ziemniaka w Polsce stwierdził, iż nasze krajowe odmiany górują nad odmianami zagranicznymi przede wszystkim odpornością na choroby wirusowe, zarazę ziemniaka i bioty py raka.

Pomimo istniejącego postępu biologicznego plony ziemniaka w Polsce wyglądają bardzo skromnie w porównaniu z plonami ziemniaków w krajach zachodnich. Przykładowo w 2002 roku średnie plony ziemniaka w Unii Europejskiej wynosiły 35,2 t·ha⁻¹, podczas gdy średnie plony w Polsce w tym okresie wyniosły 19,3 t·ha⁻¹ (Arseniuk, 2003).

Próbę spojrzenia na postęp hodowlany w ziemniaku, w latach 1946–2007, podjęli Chotkowski i Stypa (2007). Dokonali oni oceny zmian w hodowli ziemniaka przez analizę ruchu odmianowego z uwzględnieniem udziału poszczególnych polskich stacji hodowli ziemniaka, wysokości plonowania oraz efektów hodowli odpornościowej. Na podstawie uzyskanych wyników autorzy stwierdzili, że w badanym okresie (1946–2007):

- polska hodowla ziemniaka notowała sukcesy adekwatne do znaczenia ziemniaka w polskim rolnictwie;
- rocznie wprowadzano średnio 3–4 nowe odmiany;
- prace hodowlane skupiały się głównie na odmianach średnio wczesnych, średnio późnych i późnych;
- odmiany skrobiowe stanowiły około 30% liczby nowo rejestrowanych odmian;
- odnotowano wyraźny postęp w plonowaniu, zawartości skrobi oraz innych ważnych cechach gospodarczych i biologicznych ziemniaka.

ILOŚCIOWE METODY SZACOWANIA POSTĘPU HODOWLANEGO I ODMIANOWEGO

W literaturze dotyczącej postępu biologicznego można spotkać szereg różnych podejść do problemu jego ilościowej estymacji. Stosowane metody oceny są bardzo różne i zależą w głównej mierze od rodzaju i pochodzenia analizowanych danych.

Oceny postępu hodowlanego i odmianowego dokonuje się często na podstawie ścisłych doświadczeń odmianowych i stosuje się zwykłą analizę funkcji regresji liniowej ($y = a + b \cdot x$) plonów względem lat rejestracji badanych odmian (Kamasa, 1983; Calderini i in., 1995; Schuster i in., 1977, 1982; Fisher i in., 1998; Sayre i in., 1998; Slafer i Peltonen-Sainio, 2001; Ustun i in., 2001; Trethowan i in., 2002). W przypadku ścisłych doświadczeń rzadko stosuje się funkcję regresji wielomianowej drugiego stopnia ($y = a + b \cdot x + c \cdot x^2$) (Hesselbach, 1985; Ustun i in., 2001). W literaturze można również odnaleźć prace, w których autorzy wykorzystali analizę regresji wielokrotnej i analizę wariancji do oceny

potencjału plonotwórczego, a co za tym idzie do oceny postępu genetycznego w roślinach uprawnych (Teklu i Tefera, 2005).

Różnice w obserwowanych wartościach cech ilościowych wynikające z występowania interakcji genotypowo-środowiskowych oraz z różnych warunków przeprowadzania doświadczeń mogą utrudniać i zaciemniać obraz wykonanych analiz. Dlatego też, zależnie od ilości dostępnych danych i od okresu jaki obejmuje analiza, często wykorzystuje się metody oparte na porównaniach efektów poszczególnych odmian z wzorcem stałym, wzorcem zbiorowym, bądź wzorcem pomostowym. Zastosowanie jednego z wyżej wymienionych wzorców pozwala wyeliminować lub zminimalizować zmienność, wynikającą ze zróżnicowanych warunków środowiskowych pomiędzy latami (Oleksiak i in., 2004).

Metodę oceny postępu odmianowego opartą na ocenie procentowego potencjału doboru w latach zaproponowała Silvey (1978 a, 1978 b, 1981, 1986). Potencjał doboru wyznacza się według poniższego wzoru:

$$Pd_r = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \cdot Y_{ir}^{(\%C)})}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (1)$$

gdzie: Pd_r — potencjał doboru w roku r [%]; P_i — udział i -tej odmiany w całej powierzchni uprawy gatunku w roku r [%]; $Y_{ir}^{(\%C)}$ — plon i -tej odmiany w procentach wzorca w r -tym roku [%].

Tak wyznaczone wartości porównuje się między latami i ocenia się kierunek trendu. Rosnący w czasie potencjał doboru świadczy o postępie, natomiast malejący o regresie (Oleksiak, 1997 a).

Metodę opartą na porównaniu efektów poszczególnych odmian ze zbiorowym zmiennym wzorcem ważonym (ZZWW — EFEK) zaproponowali Krzymuski i Kaczyński (1980). Autorzy wyznacжали wskaźnik postępu odmianowego jako różnicę średniego plonu odmian wprowadzonych po raz pierwszy do obrotu w rozpatrywanym roku oraz średniego plonu pozostałych odmian (wzorca zbiorowego) według wzoru:

$$W_{PO} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} - \frac{\sum_{j=1}^s y_j}{s} \quad (2)$$

gdzie: W_{PO} — wskaźnik postępu odmianowego; x_i , y_i — średnie plony odmian (odpowiednio nowych i starych) w roku; n — liczba nowych odmian; s — liczba odmian starych.

Autorzy zaznaczyli jednak, iż może się zdarzyć, że w określonym roku nowe odmiany będą plonowały powyżej lub poniżej swoich potencjalnych możliwości. Wyniki takie nie odpowiadałyby wówczas rzeczywistemu postępowi i dlatego autorzy zaproponowali, aby analizę postępu biologicznego wykonywać tą metodą na podstawie kilkuletnich obserwacji.

Zaproponowana metoda nie umożliwiała jednak oszacowania efektu ulepszenia odmiany w hodowli zachowawczej. Efekt ten szacuje się przez obliczenie efektywności doboru odmian. Efektywność doboru odmian wyznacza się na podstawie plonów odmian w doświadczeniach oraz zmian ich procentowego udziału w doborze krajowym. Można wyróżnić planowaną efektywność doboru odmian (EF_p), obliczaną na podstawie plonów

odmiany w dwóch latach poprzedzających decyzje rejonizacyjne i stanowiące ich podstawę oraz realizowaną efektywność doboru odmian (EF_r), wyznaczaną na podstawie plonów w danym roku, którego decyzje nie dotyczą.

$$EF_p = \frac{1}{100} \cdot \sum_{i=1}^{n+s+w} \left(\frac{x_{(k-1)i} - \bar{x}_{(k-1)} + x_{(k-2)i} - \bar{x}_{(k-2)}}{2} \right) \cdot (y_{ki} - y_{(k-1)i}) \quad (3)$$

$$EF_r = \frac{1}{100} \cdot \sum_{i=1}^{n+s+w} (x_{ki} - \bar{x}_k) \cdot (y_{ki} - y_{(k-1)i}) \quad (4)$$

gdzie: EF_p — potencjalna efektywność doboru odmian; EF_r — realizowana efektywność doboru odmian; x — średnie plony odmiany w roku; y — procentowy udział odmiany w doborze w roku; n — liczba nowych odmian w doborze; s — liczba starych odmian w doborze; w — liczba odmian wycofanych; k — rozpatrywany rok.

Metoda ZZWW — EFEK została dobrze opisana i była często stosowana w badaniach rejonizacyjnych odmian roślin uprawnych (Bilski i in., 1979; Krzymuski i Kaczyński, 1980; Kamasa, 1983; Krzymuski i Wilkos 1985, 1986; Krzymuski, 1988).

W 1993 roku Krzymuski i wsp. zaproponowali inną metodę, opartą na zbiorowym zmiennym wzorcu ważonym (ZZWW). Polegała ona na obliczeniu średniego plonu zarejestrowanych odmian na podstawie wyników z doświadczeń odmianowych, ważonego procentowym udziałem tych odmian w produkcji. W każdym roku określa się plon średni na podstawie danych z obecnego roku i z roku poprzedniego. Postęp odmianowy (autorzy zamiennie używali terminu „postęp genetyczny”) wyznacza się według wzoru:

$$PG_r = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_{ir} \cdot P_{ir}) - \sum_{i=1}^n (Y_{ir} \cdot P_{i(r-1)})}{100} \quad (5)$$

gdzie: PG_r — postęp odmianowy („postęp genetyczny”) w roku r ; P_{ir} — udział i -tej odmiany w całej powierzchni uprawy gatunku w roku r ; $P_{i(r-1)}$ — udział i -tej odmiany w całej powierzchni uprawy gatunku w roku poprzedzającym rok r ; Y_{ir} — plon i -tej odmiany w roku r ; n — liczba badanych odmian.

Postać wzoru (5) jest uproszczona i ma zastosowanie tylko wtedy, gdy w badanym roku uprawiane były wyłącznie te same odmiany co w roku poprzednim. W praktyce sytuacja taka zdarza się niezmiernie rzadko. W pozostałych przypadkach zastosowanie ma pełna forma wzoru (Oleksiak i in., 2004):

$$PG_r = \left[\left(\frac{\sum_{i=1}^n (Y_{ir}^{(\%) \cdot P_{ir}})}{\sum_{i=1}^n P_{ir}} \right) - \left(\frac{\sum_{i=1}^n (Y_{ir}^{(\%) \cdot P_{i(r-1)}})}{\sum_{i=1}^n P_{i(r-1)}} \right) \right] \cdot Y_r \quad (6)$$

gdzie: PG_r — postęp odmianowy („postęp genetyczny”) w roku r ; P_{ir} — udział i -tej odmiany w całej powierzchni uprawy gatunku w roku r ; $P_{i(r-1)}$ — udział i -tej odmiany w całej powierzchni uprawy gatunku w roku poprzedzającym rok r ; $Y_{ir}^{(\%)}$ — plon i -tej odmiany w procentach średniego plonu gatunku w roku r ; Y_r — średni plon gatunku w roku r ; n — liczba badanych odmian.

Oszacowane w ten sposób wartości postępu odmianowego z kilku lat można uogólnić za pomocą równania regresji liniowej. Możliwość stosowania tej metody jest jednak ograniczona długością okresu prowadzenia badań, który nie może być krótszy niż 5 lat. Ponadto, często nie udaje się wyznaczyć statystycznie istotnego trendu zmian w postępie odmianowym.

Metodę ZZWW stosowano w wielu pracach (Krzymuski, 1989, 1991 a, 1991 b, 1991 c, 1994, 1996, 1997; Krzymuski i in., 1993; Krzymuski i Laudański, 1994, 1996; Oleksiak, 1997 a; Runowski, 1997; Krzeczowska i Krzymuski, 1998; Krzymuski i Krzeczowska, 1998; Arseniuk i in., 2004), jednak wyniki osiągnięte z zastosowania tej metody jest trudno porównać z wynikami osiągniętymi przy zastosowaniu innych metod.

Jedną z najlepszych, metod oceny ilościowego postępu biologicznego w roślinach rolniczych, zaproponowali Feyerherm i Paulsen (1984). Metoda ta, zwana potocznie „metodą Feyerherma”, oparta jest na wyznaczeniu indeksów DYA_i (differential yielding ability — efektu różnicującego potencjału plonotwórczego) według wzoru:

$$DYA_i = \sum_{r=1}^{N_{ic}} \frac{(Y_{ir} - Y_{cr})}{N_{ic}} \quad (7)$$

gdzie: DYA_i — indeks różnicującego potencjału plonotwórczego i -tej odmiany; N_{ic} — liczba lat w których badano i -tą odmianę oraz wzorzec c ; Y_{ir} — plon i -tej odmiany w r -tym roku; Y_{cr} — plon wzorca c w r -tym roku.

Indeksy DYA_i były wyznaczane dla poszczególnych regionów, uwzględnianych w badaniach. Następnie różnice pomiędzy indeksami DYA_i w tych regionach były sprawdzane za pomocą testu F analizy wariancji. Jeżeli nie stwierdzano istotnego zróżnicowania indeksów pomiędzy regionami, do dalszej analizy wyznaczano indeks łączny ze wszystkich regionów, natomiast gdy stwierdzano istotne różnice pomiędzy regionami, dzielono badane obszary za pomocą wielokrotnego testu Duncana na mniejsze grupy jednorodne i dalsze analizy wykonywano oddzielnie, w ramach poszczególnych grup.

Następnie dla tak ustalonego indeksu DYA_i wyznaczano błąd standardowy według wzoru:

$$SE(DYA_i) = \sqrt{\frac{MSE}{N_{ic}}} \quad (8)$$

gdzie: $SE(DYA_i)$ — błąd standardowy oceny wartości indeksu DYA_i ; N_{ic} — liczba lat w których badano odmianę i oraz wzorzec c ; MSE — średni kwadrat odchyłeń dla błędu wyznaczany w teście F analizy wariancji.

Kolejnym krokiem w tej metodzie jest wyznaczenie średnich wartości indeksu różnicującego potencjału plonotwórczego dla poszczególnych lat. Indeks średni wyznaczano według wzoru:

$$\overline{DYA}_r = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \cdot DYA_i)}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (9)$$

gdzie: $\overline{DYA}_r$ — średni indeks różnicujący potencjał plonotwórczy; P_i — procentowy udział i -tej odmiany w powierzchni uprawy gatunku.

Błąd standardowy dla indeksu średniego $\overline{DYA}_r$ wyznaczano ze wzoru:

$$SE(\overline{DYA}_r) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_i \cdot P_j \cdot C(DYA_i; DYA_j)}{\sum_{i=1}^n P_i}} \quad (10)$$

gdzie: $SE(\overline{DYA}_r)$ — błąd standardowy dla indeksu średniego $\overline{DYA}_r$; $C(DYA_i; DYA_j)$ — kowariancja pomiędzy indeksami DYA_i oraz DYA_j ; $i \neq j$.

W ostatnim kroku prezentowanej metody, dla badanego regionu wyznaczano różnicę pomiędzy badanymi latami. Różnicę tą wyrażano jako dystans o rozkładzie t-Studenta wyznaczany według wzoru:

$$t_D = \left| \frac{\overline{DYA}_{r_1} - \overline{DYA}_{r_2}}{\sqrt{[SE(\overline{DYA}_{r_1})]^2 + [SE(\overline{DYA}_{r_2})]^2}} \right| \quad (11)$$

gdzie: t_D — dystans obrazujący różnicę pomiędzy wynikami uzyskanymi dla dwóch lat; $\overline{DYA}_{r_1}$ — średni indeks $\overline{DYA}_r$ w roku 1; $\overline{DYA}_{r_2}$ — średni indeks $\overline{DYA}_r$ w roku 2; $SE(\overline{DYA}_{r_1})$ — błąd średniego indeksu $\overline{DYA}_r$ w roku 1; $SE(\overline{DYA}_{r_2})$ — błąd średniego indeksu $\overline{DYA}_r$ w roku 2.

Na podstawie wyznaczonego dystansu szacowano wielkość faktycznego postępu biologicznego w obrębie badanego gatunku roślin pomiędzy dwoma latami (okresami). Metoda ta była wielokrotnie modyfikowana i wykorzystywana do szacowania postępu biologicznego, odmianowego i hodowlanego w obrębie większości gatunków roślin uprawnych (Oleksiak, 1997 a, 2001, 2002, 2003; Mańkowski i Oleksiak, 2003; Arseniuk i in., 2004; Oleksiak i in., 2004).

Ocena PB w produkcji na podstawie doświadczeń ścisłych w niewielkim tylko stopniu oddaje rzeczywistość. Istnieje zatem potrzeba gromadzenia rzeczywistych danych z gospodarstw rolnych (np. za pomocą badań ankietowych lub prowadząc doświadczenia produkcyjne). Tego typu informacje charakteryzują się jednak bardzo dużą zmiennością i są obciążone dużym błędem systematycznym, związanym w głównej mierze z odmiennymi uwarunkowaniami geograficzno-glebowymi oraz z różnicami w poziomie kultury gospodarowania w gospodarstwach rolnych (Mańkowski, 2003; Oleksiak i in., 2004). W celu zminimalizowania wspomnianego błędu systematycznego, do oceny postępu biologicznego włącza się ocenę interakcji genotypowo-środowiskowej ($G \times E$). Jest ona jedną z podstawowych analiz przeprowadzanych w przypadku danych z tzw. doświadczeń łanowych czy też produkcyjnych (ang. on-farm) (Eskridge i in., 1993; Evans i Fisher, 1999; Sumith de i Abey Siriwardena, 2001; Mekbib, 2003).

W roku 2004 Oleksiak i wsp. zaproponowali modyfikację „metody Feyerherma”. Zmodyfikowana metoda składała się z następujących kroków:

Budowa wzorca do porównań

W przypadku badań obejmujących długi okres czasu, wzorca do porównań nie można było oprzeć na jednej odmianie (wzorzec pojedynczy). Dlatego zaproponowano zastosowanie wzorca pomostowego, zbudowanego z kilku odmian, w taki sposób, by w każdym roku badań występowały obserwacje przynajmniej dla dwóch odmian wchodzących w skład wzorca. Braki danych ekstrapolowano.

O ile w przypadku doświadczeń ścisłych ważnym jest aby panować nad jak największą liczbą czynników wpływających na badaną roślinę, o tyle w produkcji polowej na znaczną większość takich czynników badacz nie ma wpływu. Genotypy często wykazują interakcję ze zmieniającymi się warunkami otoczenia. Interakcja ta może uzewnętrznić się zarówno w warunkach polowych, jak i w doświadczeniach ścisłych. Aby uniezależnić wyniki od wpływu tych losowych czynników oraz interakcji genotypowo-środowiskowej konieczna

jest ocena stabilności cech badanych odmian. W przypadku porównań z wzorcem wystarczy, aby wzorzec zbudowany był z odmian charakteryzujących się stabilnością badanych cech. W celu oceny stabilności plonowania i wyboru właściwych odmian do budowy wzorca przeprowadzono analizę interakcji genotypowo-środowiskowej ($G \times E$) badanych odmian. W przypadku roślin rolniczych wyróżnić można dwa rodzaje stabilności cech (Becker i Léon, 1988) — stabilność w sensie biologicznym (średnia wartość cechy praktycznie nie zmienia się w zmieniających się warunkach środowiska) oraz stabilność w sensie rolniczym (średnia wartość obserwowanej cechy zmienia się proporcjonalnie ze współczynnikiem korelacji $r = 1$, do przeciętnej reakcji określonej na podstawie średniej środowiskowej tej cechy).

Metody statystyki matematycznej pozwalają na szacowanie stabilności cech w sensie rolniczym. Istnieje szereg modeli interakcji genotypowo-środowiskowej, spośród których do najczęściej używanych można zaliczyć model mieszany Shukli wraz z modelem regresji łącznej Eberharta-Russella-Shukli (Eberhart i Russell, 1966; Shukla, 1972; Piepho, 1996, 1999; Maragi i Kang, 1997; Mądry, 2003; Mądry i Kang, 2005) oraz model mieszany Scheffégo-Calińskiego wraz z modelem regresji łącznej Calińskiego-Kaczmarka (Scheffé, 1959; Caliński, 1966; Caliński i in., 1979, 1997; Kaczmarek, 1986; Mądry i Rajfura, 2003; Mądry i Kang, 2005).

Ponieważ w zmodyfikowanej „metodzie Feyerherma” (Oleksiak i in., 2004) analizę stabilności plonowania odmian wykonuje się na podstawie danych pochodzących najczęściej bezpośrednio z produkcji polowej, przed analizą należy wyłączyć efekty wpływu warunków uprawy na obserwowane plony. W tym celu dokonuje się „poprawienia” plonów metodą regresyjną (Oleksiak i in., 2004). Analizę interakcji $G \times E$ wykonuje się na plonach „poprawionych”.

Wzorzec pomostowy budują te odmiany, które w wyniku przeprowadzonej analizy interakcji $G \times E$ zostały uznane za plonujące stabilnie w sensie rolniczym.

Wyznaczenie indeksów potencjału plonotwórczego dla poszczególnych odmian

Po wyznaczeniu plonów dla wzorca pomostowego można przejść do wyznaczenia indeksów potencjału plonotwórczego dla wszystkich odmian objętych badaniami. W tym celu wyznacza się indeksy $CDYA_i$ (ang. cultivar differential yielding ability), które na podstawie średniej dla wieloleci wielkości odchylenia od wzorca, określały zdolność plonotwórczą poszczególnych odmian. Wartości $CDYA_i$ obliczono według wzoru:

$$CDYA_i = \frac{1}{N_{ic}} \cdot \sum_{r=1}^{N_{ic}} (Y_{ir} - Y_{cr}) \quad (12)$$

gdzie: $CDYA_i$ — indeks i -tej odmiany ($t \cdot ha^{-1}$); Y_{ir} — plon i -tej odmiany w r -tym roku ($t \cdot ha^{-1}$); Y_{cr} — plon wzorca w r -tym roku ($t \cdot ha^{-1}$); N_{ic} — liczba lat, w których badano odmiany.

Wyznaczenie indeksów potencjału plonotwórczego dla gatunku w danym roku

Po uwzględnieniu procentowego udziału poszczególnych odmian w produkcji lub udziału w ogóle badanych odmian wyznacza się indeksy gatunku w poszczególnych latach według wzoru:

$$SDYA_r = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \cdot CDYA_i)}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (13)$$

gdzie: $SDYA_r$ — indeks gatunku (ang. species differential yielding ability) w roku r ($t \cdot ha^{-1}$); P_i — udział i -tej odmiany w produkcji lub w ogóle badanych odmian w roku r (%); n — liczba odmian badanych w r -tym roku.

Dla wyznaczonych indeksów $SDYA_r$ przeprowadza się analizę regresji liniowej w czasie, na podstawie której identyfikuje się trendy zmian tych efektów. Trendy te określają postęp hodowlany, bądź postęp odmianowy w ujęciu ilościowym (Mańkowski i Oleksiak, 2003; Oleksiak i in., 2004).

Do oceny ilościowego postępu hodowlanego i odmianowego w dalszych częściach niniejszej pracy wykorzystano zmodyfikowaną „metodę Feyerherma” (Oleksiak i in., 2004). Pozwala ona na ocenę efektów postępu hodowlanego i odmianowego na podstawie danych pochodzących z różnych źródeł (doświadczeń odmianowych, nasiennictwa, czy też produkcji polowej — badań ankietowych). Ponadto wyniki oceny postępu hodowlanego i odmianowego uzyskane tą metodą, pochodzące z różnych źródeł są w pełni porównywalne i pozwalają na kompleksowe podejście do tematyki postępu w hodowli roślin.

DYSKUSJA I PODSUMOWANIE

Zagadnienia związane z postępow biologicznym są bardzo złożone. Może o tym świadczyć różne rozumienie i definiowanie takich pojęć, jak postęp biologiczny, hodowlany, odmianowy czy genetyczny. Można spotkać wiele podejść do tego zagadnienia. Różnorodność ta nie wpływa jednak pozytywnie na stan wiedzy w tym zagadnieniu. W przypadku ziemniaka niewiele jest prac, które obejmują długi okres jego uprawy i opisują równocześnie zagadnienie postępu biologicznego, obejmującego plenność, jakość czy zmiany w efektach hodowli, nasiennictwie i uprawie polowej. Zdecydowana większość opracowań dotyczy bądź to krótkich okresów czasu, bądź tylko wybranych zagadnień związanych z postępow biologicznym.

Niniejsze opracowanie powstało z zamiarem szerszego spojrzenia na zagadnienia związane z postępow biologicznym.

Analiza średnich plonów ziemniaka podawanych przez GUS (rys. 1) wykazała, że w latach 1957–2003 oscylowały one w granicach $12\text{--}20\text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$. W tym okresie występowały wyraźne wahania plonów, ale brak było wyraźnego trendu ich zmian. W przypadku plonów uzyskiwanych w doświadczeniach odmianowych, prócz wyraźnych wahań w latach, dało się dostrzec trend wzrostowy. Rosła więc dysproporcja pomiędzy plonami w doświadczeniach a plonami uzyskiwanymi przez rolników. Pod koniec lat 50. XX wieku średnie plony w produkcji wynosiły $12,7\text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$, w tym samym czasie plony w doświadczeniach SDOO (Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian) były na poziomie $24,1\text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$. Tak więc różnica w uzyskiwanych plonach wynosiła około 47%. Na początku XXI wieku średnia wysokość plonów w produkcji wynosiła $17,8\text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$, a w doświadczeniach SDOO $44,6\text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$. Różnica wzrosła więc do około 60%. Średnio w latach 1986–2003 plony podawane przez GUS wynosiły $17,8\text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$, plony uzyskiwane w gospodarstwach produkcyjnych objętych badaniami ankietowymi wynosiły $19,5\text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$, natomiast plony w doświadczeniach odmianowych wynosiły $37,7\text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$. Różnica pomiędzy plonami podawanymi przez GUS a plonami z doświadczeń wynosiła w tym

okresie 53%, a różnica pomiędzy plonami uzyskiwanymi w gospodarstwach produkcyjnych a plonami z doświadczeń SDOO wynosiła około 48%. Oleksiak (1992) zaznacza, że średni stosunek plonów uzyskiwanych w produkcji do plonów uzyskiwanych w doświadczeniach w krajach Europy Zachodniej wynosi blisko 90%. Arseniuk (2003) tłumaczył różnice pomiędzy plonami uzyskiwanymi w produkcji polowej i w doświadczeniach odmianowych niewłaściwą agrotechniką, która może powodować spadek plonowania nawet najlepszych odmian. Tak więc w parze z postępowaniem, wnoszonym przez nowe, lepsze i plenniejsze odmiany, powinien iść postęp w technologii i technice produkcji polowej. Oleksiak (1992), prócz zbyt niskiego poziomu agrotechniki, do przyczyn tak słabego wykorzystania potencjału plonotwórczego odmian dodaje zbyt wolne przenoszenie postępu odmianowego wytworzonego przez hodowlę do produkcji polowej. Ponadto wyżej wymieniony autor stwierdza, że przyczyną zbyt słabego przenoszenia efektów hodowli może być zła organizacja nasiennictwa. Do wymienionych przyczyn różnic w plonowaniu odmian w doświadczeniach i w produkcji polowej ziemniaka Runowski (1997) dodaje złą sytuację finansową rolników, która ogranicza nakłady na produkcję, a także stosowanie materiału siewnego złej jakości. Zimnoch-Guzowska i wsp. (2006) wskazują dodatkowo na duże rozdrobnienie produkcji ziemniaka (średnia powierzchnia pola ziemniaków według GUS wynosi 0,52 ha) oraz słabą ochronę chemiczną zwłaszcza przed zarazą ziemniaczaną i stonką ziemniaczaną.

Wahania plonów ziemniaka, obserwowane zarówno w produkcji polowej, jak i w doświadczeniach odmianowych, mogły być powodowane różnymi warunkami pogodowymi, agrotechniczno-siedliskowymi oraz nasileniem chorób w czasie trwania wegetacji. Na te i inne przyczyny wahań plonowania ziemniaka wskazuje Roztropowicz (1971). Dodatkowym czynnikiem, powodującym zmienność w wysokości uzyskiwanych plonów, może być interakcja genotypowo-środowiskowa ($G \times E$). Istnienie interakcji $G \times E$ dla znajdujących się w uprawie odmian ziemniaka potwierdziły badania prowadzone między innymi przez COBORU, czy Mańkowskiego (2003).

Przy takiej złożoności ocena postępu odmianowego, czy też hodowlanego w ziemniaku jest bardzo trudna. Po pierwsze należy podzielić postęp odmianowy i hodowlany na postęp ilościowy — związany ze zmianami wielkości cech mierzalnych (np. plon) oraz postęp jakościowy — związany ze zmianami cech jakościowych, często nie dających się jednoznacznie zmierzyć (odporność na choroby, wartość użytkowa, itp.).

Ocena ilościowa postępu hodowlanego i odmianowego, wymaga dobrania właściwej metody. W literaturze opisanych jest wiele podejść. Każde z nich posiada swoje zalety i wady, każde ma również jakieś ograniczenia. Przedstawione w niniejszej pracy metody pozwalają na ocenę różnicy w podejściu badacza do oceny ilościowego postępu odmianowego i hodowlanego.

Zmodyfikowana „metoda Feyerherma” (Feyerherm i in., 1989; Oleksiak i in., 2004), zaproponowana do oceny ilościowego postępu hodowlanego i odmianowego, umożliwia wyznaczenie potencjałów plonotwórczych pojedynczych odmian (indeksy $CDYA_i$) na podstawie danych z wielolecia oraz wyznaczenie potencjałów plonotwórczych (indeksy $SDYA_r$) całego gatunku lub wybranych grup odmian w danym roku. Wyznaczone dla

indeksów *SDYA*, trendy liniowe pozwalają na ocenę charakteru zmian zachodzących w badanych odmianach. Rodzaj tych zmian może świadczyć o postępie, bądź regresie w ilościowej ocenie odmian i efektów hodowli.

Wykorzystanie, w analizach danych pochodzących z badań produkcyjnych (ankietowych), plonów „poprawionych”, nie obciążonych efektem towarzyszących czynników uprawy, pozwala na uniezależnienie wyników wykonywanych analiz od zmiennych warunków technologicznych i agrotechnicznych w produkcji polowej. Ponadto zastosowanie wzorca zbiorowego o charakterze pomostowym (z ekstrapolacją brakujących danych) pozwala na wykorzystanie jednego wzorca dla całego analizowanego okresu oraz dla różnych zbiorów danych (z doświadczeń odmianowych, z produkcji nasiennej oraz z badań ankietowych, czyli produkcji polowej).

LITERATURA

- Arseniuk E. 2003. Nowy wizerunek polskiego ziemniaka. W: Ziemniaki — nowe wyzwania. Warszawa, Agro Serwis: 3 — 8.
- Arseniuk E., Krzymuski J. (red.), Martyniak J., Oleksiak T. 2004. Historia hodowli i nasiennictwa na ziemiach Polskich w XX wieku. Rośliny rolnicze. Poznań, IHAR Radzików.
- Becker H. C., Léon J. 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding*, 10: 1 — 23.
- Bell M. A., Fischer R. A., Byerlee D., Sayre K. 1995. Genetic and agronomic contributions to yield gains: a case study for wheat. *Field Crops Research*, 44: 55 — 65.
- Bilski E., Krzymuski J., Szymczyk R. 1979. Zastosowanie elektronicznej techniki obliczeniowej w niektórych pracach nad rejonizacją odmian roślin uprawnych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*: 323 — 336.
- Calderini D. F., Dreccer M. F., Slafer G. A. 1995. Genetic improvement in wheat yield and associated traits. A re-examination of previous results and the latest trends. *Plant Breeding*, 114: 108 — 112.
- Caliński T. 1966. On the distribution of the F-type statistic in the analysis of a group of experiments. *J. Roy. Stat. Soc. Series B*, 28: 526 — 542.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z. 1979. Analiza interakcji genotypowo-środowiskowej. Cz. 3. Zastosowanie analizy regresji oraz analizy składowych głównych. IX Coll. Metodol. Z Agrobiom. PAN, Warszawa: 5 — 28.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z. 1997. A multivariate approach to analysis genotype-environment interactions. In: Krajewski P., Kaczmarek Z. (ed.), *Advances in Biometrical Genetics*. Poznań: 3 — 14.
- Chotkowski J., Stypa I. 2007. Ocena postępu hodowlanego w produkcji ziemniaka w Polsce w latach 1946–2007. *Biul. IHAR* 245: 181 — 189.
- Eberhart S. A., Russel W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.*, 6: 36 — 40.
- Eskridge K. M., Smith O. S., Byrne P. E. 1993. Comparing test cultivars using reliability functions of test-check differences from on-farm trials. *Theor. Appl. Gen.* 87: 60 — 64.
- Evans L. T., Fisher R. A. 1999. Yield potential: its definition, measurement and significance. *Crop Sci.* 39: 1544 — 1551.
- Feyerherm A. M., Paulsen G. M., Sebaugh J. L. 1984. Contribution of genetic improvement to recent wheat yield increases in the USA. *Agronomy Journal*, 76: 985 — 990.
- Fisher R. A., Rees D., Sayre K. D., Lu Z.-M., Condon A. G., Larque Saavedra A. 1998. Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. *Crop Sci.*, 38: 1467 — 1475.
- Hesselbach J. 1985. Breeding progress with winter barley (*Hordeum vulgare* L.). *Z. Pflanzenzüchtg.* 94: 101 — 110.

- Kaczmarek Z. 1986. Analiza doświadczeń wielokrotnych zakładanych w blokach niekompletnych. *Roczniki AR w Poznaniu, Rozprawy Naukowe*, Poznań.
- Kamasa J. 1983. Postęp odmianowy ziemniaka w Polsce. Praca doktorska, Słupia Wielka, COBORU.
- Kamasa J. 2003. Charakterystyka rejestru odmian ziemniaka. W: *Ziemniaki — nowe wyzwania*. Warszawa, Agro Serwis: 21 — 24.
- Krzeczkowska A., Krzymuski J. 1998. Postęp odmianowy oraz zmiany w agrotechnice i produkcji buraka cukrowego w Polsce w latach 1994–1996. *Biuletyn IHAR*, Nr 207: 153 — 162.
- Krzymuski J. 1984. Efektywność plonotwórcza postępu odmianowego. *Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych*, 305: 179 — 182.
- Krzymuski J. 1988. Ocena postępu odmianowego w plonach głównych ziemniaków w skali kraju. *Biuletyn Oceny Odmian*, Tom XIII Z. 19: 13 — 23.
- Krzymuski J. 1989. Potencjalna i rzeczywista efektywność postępu biologicznego w produkcji zbóż w Polsce. *Biuletyn IHAR*, Nr 171–172: 29 — 38.
- Krzymuski J. 1991 a. Postęp biologiczny w buraku cukrowym w świetle wyników doświadczalnych i produkcyjnych. *Biuletyn IHAR*, Nr 178: 3 — 10.
- Krzymuski J. 1991 b. Postęp odmianowy w produkcji zbóż w Polsce. Część I. Problematyka, zakres, materiał i metody badań. *Biuletyn IHAR*, Nr 177: 3 — 8.
- Krzymuski J. 1991 c. Postęp odmianowy w produkcji zbóż w Polsce. Część II. Wyniki doświadczeń ekstrapolowane do produkcji. *Biuletyn IHAR*, Nr 177: 9 — 16.
- Krzymuski J. 1991 d. Postęp w hodowli odmian i jego wykorzystanie w produkcji. Cz. I. Zboża, okopowe, oleiste. *Biuletyn IHAR*, Nr 180: 65 — 73.
- Krzymuski J. 1993 a. Ekonomiczne aspekty nasiennictwa. *Biul. IHAR* 188: 187 — 193.
- Krzymuski J. 1993 b. O sytuacji w postępie biologicznym. *Hodowla Roślin i Nasiennictwo*, 2: 1 — 5.
- Krzymuski J. 1994. Postęp odmianowy w plonach zbóż w latach 1991–1993. *Biul. IHAR* 192: 69 — 78.
- Krzymuski J. 1996. Zmiany w uprawie i w produkcji ziemniaka. Cz. I. Postęp biologiczny. *Biul. IHAR* 197: 273 — 282.
- Krzymuski J. 1997. Postęp w hodowli odmian i jego wykorzystanie w produkcji w latach 1991–1995. Cz. I. Główne ziemniaki — zboża podstawowe, ziemniak, burak cukrowy i rzepak ozimy. *Biul. IHAR* 201: 5 — 13.
- Krzymuski J. 1998. Postęp biologiczny w rolnictwie. W: Woś A. (red.), *Encyklopedia Agrobiznesu*. Warszawa, Fundacja Innowacja — Wyższa Szkoła Społeczno-Ekonomiczna.
- Krzymuski J., Kaczyński L. 1980. Efektywność postępu odmianowego w zbożach w latach 1996–1997. *Biul. Oc. Odm. Zesz. 2* (12): 47 — 65.
- Krzymuski J., Krzeczkowska A. 1998. Postęp odmianowy w plonach zbóż w latach 1994–1996. *Biul. IHAR* 207: 3 — 13.
- Krzymuski J., Laudański Z. 1994. Optymalizacja częstotliwości wymiany odmian i nasion zbóż. Część 3. Postęp odmianowy. *Biul. IHAR* 189: 133 — 139.
- Krzymuski J., Laudański Z. 1996. Ilościowe wskaźniki postępu genetycznego pszenicy ozimej i żyta. *Biul. IHAR* 200: 47 — 52.
- Krzymuski J., Laudański Z., Oleksiak T. 1993. Metody oceny postępu genetycznego. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu*, 223: 49 — 56.
- Krzymuski J., Wilkos S. 1985. Ilościowe wskaźniki postępu i wartości odmian. *KUR-PAN I PTB*: 47 — 85.
- Krzymuski J., Wilkos S. 1986. Postęp odmianowy w ziemniaku i jego wykorzystanie. *Biuletyn Instytutu Ziemniaka*, 34: 13 — 23.
- Łuniewski H. 1996. Aktualna sytuacja w hodowli i nasiennictwie ziemniaka w Polsce. *Hodowla Roślin i Nasiennictwo*, 1: 20 — 22.
- Mańkowski D. R. 2003. Ocena postępu w uprawie ziemniaka w Polsce w latach 1986–2001. Cz. I. Analiza stabilności plonowania wybranych odmian ziemniaka. *Biul. IHAR* 228: 185 — 191.
- Mańkowski D. R., Oleksiak T. 2003. Ocena postępu w uprawie ziemniaka w Polsce w latach 1986–2001. Cz. II. Postęp hodowlany w uprawie ziemniaka. *Biul. IHAR* 228: 193 — 203.
- Maragi R., Kang M. S. 1997. SAS-STABLE: Stability analysis of balanced and unbalanced data. *Agron. J.*, 90: 929 — 932.

- Mądry W. 2003. Analiza statystyczna miar stabilności na podstawie danych w klasyfikacji genotypy $\times$ środowiska. Cz. II. Model mieszany Shukli i model regresji łącznej. *Colloquium Biometryczne*, 33: 207 — 220.
- Mądry W., Kang M. S. 2005. Scheffe-Caliński and Shukla Models: Their interpretation and usefulness in stability and adaptation analyses. *Journal of Crop Improvement*, 14(1/2): 325 — 369.
- Mądry W., Rajfura A. 2003. Analiza statystyczna miar stabilności na podstawie danych w klasyfikacji genotypy $\times$ środowiska. Cz. I. Model mieszany Scheffego-Calińskiego i model regresji łącznej. *Colloquium Biometryczne*, 33: 181 — 205.
- Mekbib F. 2003. Yield stability in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Euphytica*, 130: 147 — 153.
- Oleksiak T. 1992. Postęp w hodowli roślin i jego wykorzystanie w produkcji. *Biul. IHAR* 181/182: 61 — 72.
- Oleksiak T. 1997 a. Efekty postępu w hodowli rzepaku ozimego w Polsce. *Biul. IHAR* 201: 27 — 44.
- Oleksiak T. 1997 b. Wpływ czynników agrotechnicznych na plonowanie rzepaku. *Biul. IHAR* 201: 45 — 60.
- Oleksiak T. 2001. Postęp w hodowli żyta i jego praktyczne wykorzystanie w produkcji w Polsce w latach 1986–2000. *Biul. IHAR* 220: 171 — 178.
- Oleksiak T. 2002. Efekty hodowli pszenicy ozimej. Cz. I. Zmiany potencjału plonowania odmian. *Biul. IHAR* 223/224, 67 — 75.
- Oleksiak T. 2003. Efekty hodowli pszenicy ozimej. Cz. II. Odmiana jako czynnik plonotwórczy w doświadczeniach i produkcji. *Biul. IHAR* 228, 11 — 19.
- Oleksiak T., Mańkowski D. R., Laudański Z. 2004. Metoda oceny postępu hodowlanego w warunkach produkcyjnych. *Colloquium Biometryczne*, 34a: 109 — 121.
- Piepho H. P. 1996. Analysis of genotype-by-environment interaction and phenotypic stability. In: Kang M. S., Gauch H. G. (ed.), *Genotype-by-Environment Interaction*. CRC Press, Boca Raton, FL: 151 — 174.
- Piepho H. P. 1999. Stability Analysis using SAS system. *Agron. J.*, 91: 154 — 160.
- Roztropowicz S. 1971. Analiza przyczyn wahań w plonach ziemniaków oraz ich niskiego poziomu w skali kraju i województw. *Biuletyn Instytutu Ziemniaka*, 7: 145 — 170.
- Runowski H. 1997. Postęp biologiczny w rolnictwie. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Sayre K. D., Singh R. P., Huerta-Espino J., Rajaram S. 1998. Genetic progress in reducing losses to leaf rust in CIMMYT-Derived Mexican spring wheat cultivars. *Crop Sci.*, 38: 654 — 659.
- Scheffé 1959. *The analysis of variance*. J. Wiley & Sons, New York.
- Schuster W., Schreiner W., Leonhäuser H., Zschoche K.-H. 1982. Über die Ertragssteigerung bei einigen Kulturpflanzen in den letzten 30 Jahren in der Bundesrepublik Deutschland. *Z. Acker- und Pflanzenbau (J. Agronomy & Crop Science)*, 151: 368 — 387.
- Schuster W., Schreiner W., Müller G. R. 1977. Über die Ertragssteigerung bei einigen Kulturpflanzen in den letzten 24 Jahren in der Bundesrepublik Deutschland. *Z. Acker- und Pflanzenbau (J. Agronomy & Crop Science)*, 145: 119 — 141.
- Shukla G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype $\times$ environment components of variability. *Heredity*, 29: 237 — 245.
- Silvey V. 1978 a. The contribution of new varieties to increasing cereal yield in England and Wales. *J. Natn. Inst. Agric. Bot.*, 14: 367 — 384.
- Silvey V. 1978 b. Methods of analyzing NIAB variety trial data over many sites and several seasons. *J. Natn. Inst. Agric. Bot.*, 14: 385 — 400.
- Silvey V. 1981. The contribution of new wheat, barley and oat varieties to increasing cereal yield in England and Wales 1947-78. *J. Natn. Inst. Agric. Bot.*, 15: 399 — 412.
- Silvey V. 1986. The contribution of new varieties to cereal yields in England and Wales between 1947 and 1983. *J. Natn. Inst. Agric. Bot.*, 17: 155 — 168.
- Slafer G. A., Peltonen-Sainio P. 2001. Yield trends of temperate cereals in high latitude countries from 1940 to 1998. *Agricultural and Food Science in Finland*, 10: 121 — 131.
- Stankiewicz D. 1999. Rola postępu biologicznego w rolniczej produkcji roślinnej. Informacja nr 672, Sejm RP.
- Sumith de Z. Abeyisiriwardena D. 2001. Statistical analysis of on-farm yield trials for testing adaptability of rice. *Euphytica*, 121: 215 — 222.

- Teklu Y., Tefera H. 2005. Genetic improvement in grain yield potential and associated agronomic traits of tef (*Eragrostis tef*). *Euphytica*, 141: 247 — 254.
- Trethowan R. M., van Ginkel M., Rajaram S. 2002. Progress in breeding wheat for yield and adaptation in global drought affected environments. *Crop Sci.*, 42: 1441 — 1446.
- Ustun A., Allen F. L., English B. C. 2001. Genetic progress in soybean of the U.S. Midsouth. *Crop Sci.*, 41: 993 — 998.
- Zimnoch-Guzowska E., Flis B., Pawlak A. 2006. Strategiczne kierunki hodowli ziemniaka. W: Ulepszanie roślin uprawnych dla zróżnicowanych agroekosystemów. Materiały z Sympozjum Naukowego z okazji 55-lecia IHAR. IHAR, Radzików.

DARIUSZ R. MAŃKOWSKI¹**ZBIGNIEW LAUDAŃSKI**²¹ Pracownia Ekonomiki Nasiennictwa i Hodowli Roślin

Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa, IHAR — Radzików

² Zakład Biometrii, Wydział Zastosowań Informatyki i Matematyki, SGGW — Warszawa

Postęp biologiczny w hodowli, nasiennictwie i produkcji ziemniaka w Polsce Część II. Ocena ilościowego postępu hodowlanego i odmianowego na podstawie doświadczeń odmianowych z lat 1957–2003

Biological progress in breeding, seed technology and production of potato in Poland Part II. Estimation of quantitative breeding and cultivar progress based on cultivar trials 1957–2003

Praca prezentuje rezultaty podjętej próby oceny postępu biologicznego w hodowli, nasiennictwie i produkcji polowej ziemniaka w Polsce. Na podstawie danych ankietowych wyznaczono wzorzec pomostowy do porównań (zbudowany w oparciu o plony kilku odmian w wieloleciu). Następnie przeprowadzono ocenę ilościowego postępu hodowlanego na podstawie danych z doświadczeń przedrejestracyjnych oraz ocenę ilościowego postępu odmianowego na podstawie danych z doświadczeń porejestracyjnych. Analizy wykonano łącznie i w ramach grup wczesności odmian ziemniaka.

Słowa kluczowe: interakcja genotypowo-środowiskowa, postęp biologiczny, postęp hodowlany, postęp odmianowy, postęp technologiczny, ziemniak

This paper presents the results of estimation of biological progress in breeding, seed technology and production of potato in Poland. Based on survey data the gangway-standard for comparisons was assigned. Next, quantitative breeding progress based on the results of pre-registration trials and quantitative cultivar progress based on the results of after-registration trials were estimated. Joint analysis for all potato cultivars as well as analyses for particular earliness groups were done.

Key words: genotype-environment interaction, biological progress, breeding progress, cultivar progress, technological progress, potato

WSTĘP

W Polskim rolnictwie ziemniak był i jest uważany za jedną z ważniejszych roślin uprawnych. W szczytowym okresie (1938), powierzchnia jego uprawy sięgała około

3 000 000 hektarów (Arseniuk i in., 2004). Ziemniak miał bardzo duże znaczenie w żywieniu ludzi i zwierząt, w przemyśle skrobiowym oraz gorzelnictwie.

W ostatnim okresie (od roku 1996) obserwuje się wyraźny spadek powierzchni produkcji ziemniaka. Spada również jego znaczenie w żywieniu zwierząt i w przemyśle gorzelniczym. Wzrasta natomiast rola przetwórstwa spożywczego ziemniaka (chipsy, frytki, itp.). Zmniejszaniu powierzchni uprawy towarzyszy postępująca specjalizacja produkcji.

Obserwując średnie plony ziemniaka w Polsce podawane przez GUS, można by stwierdzić, że od wielu lat nic się nie zmienia. Średnie plony wahają się w przedziale 16–19 t·ha⁻¹. Tymczasem prace traktujące o postępie biologicznym, postępie odmianowym i postępie hodowlanym, wskazują na ciągły postęp w hodowli nowych odmian ziemniaków, świadczy o tym również ciągły ruch odmianowy, czyli wykreślanie przez COBORU z rejestru odmian starych, a wpisywanie odmian nowych, teoretycznie lepszych. Pojawia się więc pytanie, jaki dokładnie jest ten „postęp” i jak wygląda jego transmisja z hodowli do produkcji oraz jak wygląda jego wykorzystanie. Ponieważ nie obserwuje się wzrostu plonów w produkcji polowej, pojawia się pytanie o przyczynę takiego stanu rzeczy. Wielu analityków i badaczy poszukuje wytłumaczenia tego zjawiska.

Produkcja ziemniaka była przez wiele lat polską specjalnością. W chwili obecnej nie jesteśmy już potentatem w skali światowej w produkcji tego gatunku. Jednak nasza hodowla wciąż pozostaje na bardzo wysokim poziomie.

W niniejszym opracowaniu podjęto próbę oceny postępu biologicznego w hodowli, nasiennictwie i produkcji ziemniaka w Polsce. W tej części zaprezentowane zostaną wyniki oceny ilościowego postępu hodowlanego i odmianowego.

CEL PRACY

Celem pracy, jest przede wszystkim oszacowanie wielkości postępu biologicznego w hodowli, nasiennictwie i produkcji polowej ziemniaka w Polsce w okresie powojennym.

Niniejsza praca koncentruje się na oszacowaniu ilościowego postępu hodowlanego i odmianowego ocenionego na etapie doświadczeń przed i porejestrowych w latach 1957–2003.

MATERIAŁ I METODY

Do oceny postępu hodowlanego i odmianowego na etapie rejestracji nowych odmian ziemniaka wykorzystano dane pochodzące z doświadczeń odmianowych prowadzonych od roku 1957 przez Ministerstwo Rolnictwa (Wyniki doświadczeń..., 1961, 1962, 1964, 1966 a, 1966 b, 1968, 1969), a następnie przez Centralny Ośrodek Badań Odmian Roślin Uprawnych (Lista odmian..., 1970–2003; Rozmiarek, 1970; Syntezy wyników..., 1970–1999; Syntezy wyników..., 2000–2003; Wyniki porejestrowych..., 2000–2003).

Dane z doświadczeń odmianowych obejmowały łącznie 1234 odmiany i rody hodowlane. Do oceny postępu wybrano informacje o tych odmianach i rodach, które były

badane w doświadczeniach dłużej niż jeden rok, co stanowiło łącznie 819 odmian i rodów hodowlanych.

Do wyboru odmian do budowy wzorca pomostowego wykorzystano dane pochodzące z badań ankietowych indywidualnych gospodarstw rolniczych. Badania te prowadzone były przez Pracownię Ekonomiki Nasiennictwa i Hodowli Roślin, Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie. Rozpoczęto je w roku 1986. Badania ankietowe przeprowadzane były w gospodarstwach prowadzących rachunkowość rolną dla potrzeb Instytutu Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej. W latach 1986–2003, ankietowano rocznie od 420 do 620 indywidualnych gospodarstw rolniczych. Dane z badań ankietowych dotyczące ziemniaka obejmowały łącznie, w latach 1986–2003, 14 847 pól uprawnych.

Ocenę postępu hodowlanego i odmianowego poprzedzono wyznaczeniem wzorca pomostowego do porównań. W tym celu, opierając się na wynikach badań ankietowych, przeprowadzono analizę stabilności plonowania odmian ziemniaka z wykorzystaniem modelu mieszanego Scheffégo-Calińskiego wraz z modelem regresji łącznej Calińskiego-Kaczmarka (Scheffé, 1959; Caliński, 1966; Caliński i in., 1979, 1997; Kaczmarek, 1986; Mądry i Rajfura, 2003; Mądry i Kang, 2005) zaimplementowanego w programie SERGEN 3 (Caliński i in., 1998). Do analizy stabilności cech wykorzystano dane pochodzące z badań ankietowych gospodarstw indywidualnych. Wybrano odmiany, które w ciągu 18 lat badań znajdowały się w produkcji nie krócej niż 15. Dodatkowo odmiany te musiały występować przynajmniej 4 razy w każdym roku. Powyższe kryteria zdeterminowane były konstrukcją modelu oraz wymaganiami związanymi z odpowiednią liczebnością obserwacji. Dane pochodzące z badań ankietowych charakteryzowały się dużą nieortogonalnością, co wymuszało zachowanie odpowiedniej reprezentatywności danych. Poszczególne lata badań potraktowano jako odrębne środowiska. Każdy rok reprezentował losowy układ warunków klimatycznych. Aby uniknąć wpływu innych warunków otoczenia, takich jak warunki siedliska czy stosowana agrotechnika, analizę stabilności plonowania badanych odmian wykonano na plonach poprawionych, nieobciążonych wpływem warunków siedliskowo-agrotechnicznych. Do „poprawienia” plonów wykorzystano analizę regresji wielokrotnej, którą wykonano w Systemie SAS® (SAS Institute Inc., 2004 b). Identyfikację czynników agrotechnicznych, wpływających istotnie na obserwowane plony badanych odmian, przeprowadzono w oparciu o statystykę $C(p)$ Mallowsa (1973). $C(p)$ wyznacza się dla modeli zawierających wszystkie możliwe kombinacje zmiennych niezależnych, według wzoru:

$$C(p) = \frac{SSE_q}{MSE_{full}} - n + 2 \cdot q$$

gdzie: $C(p)$ — wartość statystyki $C(p)$ Mallowsa; q — liczba wszystkich zmiennych w analizowanym modelu (zarówno zmiennych niezależnych jak i zmiennej zależnej); SSE_q — suma kwadratów odchyłeń dla modelu z q zmiennymi; MSE_{full} — średni kwadrat odchyłeń dla modelu ze wszystkimi badanymi zmiennymi; n — liczba obserwacji.

Do wyboru najlepszego modelu (zawierającego właściwy zestaw zmiennych) stosuje się dwa różne kryteria, zależnie od przeznaczenia szacowanego modelu (Rawlings i in., 2001, Konishi i Kitagawa, 2008). W przypadku modeli służących do predykcji zmiennej zależnej stosuje się kryterium Mallowsa w postaci warunku: $C(p) \leq q$ (Mallows, 1973; Konishi i Kitagawa, 2008). Natomiast w przypadku modeli, dla których najważniejsze jest jak najlepsze oszacowanie ich parametrów, stosuje się kryterium Hockinga w postaci warunku: $C(p) \leq 2 \cdot q - p$, gdzie p oznacza liczbę wszystkich badanych zmiennych (Hocking, 1976; Konishi i Kitagawa, 2008). Jeżeli żaden z analizowanych modeli nie spełnia danego kryterium, wybiera się pierwszy model najbliższy temu kryterium. Na podstawie cząstkowych współczynników regresji ustalono wagi istotnych czynników plonotwórczych. Następnie, z pomocą tych wag, wyznaczono tak zwane „plony poprawione”, czyli takie wartości teoretyczne plonów badanych odmian, dla których występowałyby średnie poziomy istotnych czynników plonotwórczych.

Do grupy odmian wzorcowych wybrano odmiany plonujące stabilnie. Aby wzorzec obejmował cały badany okres, rozszerzono go o odmiany powszechnie uprawiane przez długi czas w latach 50., 60. i 70. XX wieku. Dla tych odmian nie dysponowano szczegółowymi danymi, które umożliwiłyby stwierdzenie ich stabilności plonowania. Występujące braki danych ekstrapolowano w relacji do pozostałych odmian z wzorca. Tak zbudowany wzorzec wykorzystano do dalszych analiz.

Ocenę postępu hodowlanego i odmianowego wykonano z wykorzystaniem zmodyfikowanej „metody Feyerherma” (Oleksiak i in., 2004; Mańkowski, 2009).

WYNIKI

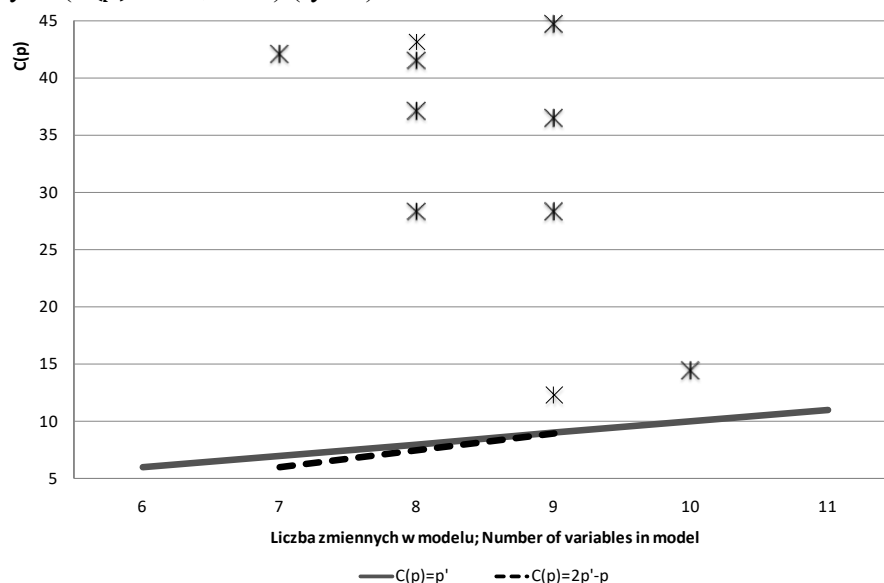
Wyznaczenie wzorca pomostowego do porównań

Ze względu na wieloletni okres badań, mających na celu ocenę postępu biologicznego, konieczne było utworzenie wzorca pomostowego, zbudowanego z kilku odmian. Aby porównania z takim wzorcem były miarodajne i nieobciążone wpływem interakcji genotypowo-środowiskowych, odmiany budujące wzorzec powinna cechować stabilność plonowania ze względu na zróżnicowane warunki uprawy.

Na zmienność danych, pochodzących z produkcji polowej, poza interakcją genotypu z warunkami klimatycznymi, mogą mieć także wpływ interakcje genotypu z warunkami siedliskowymi i poziomem stosowanej agrotechniki. W celu wyeliminowania wpływu wyżej wymienionych czynników na ocenę stabilności plonowania badanych odmian, „poprawiono” ich plony, czyli wyznaczono odpowiednie plony teoretyczne odmian w jednakowych, uśrednionych warunkach siedliskowo-agrotechnicznych. „Poprawienia” plonów dokonano metodą regresji wielokrotnej.

W pierwszej kolejności do modelu regresyjnego dobrano zmienne wpływające istotnie na obserwowane plony. Dla każdej z możliwych kombinacji czynników plonotwórczych uwzględnionych w badaniach ankietowych wyznaczono wartości statystyki $C(p)$ Mallowsa. Wybór właściwego modelu oparto na kryterium Hockinga, gdyż dla potrzeb „poprawiania” plonów najważniejsze było jak najbardziej precyzyjne oszacowanie

parametrów modelu. Wartość $C(p)$ najbliższą progowi kryterium Hockinga miał model z 9 zmiennymi ($C(p) = 12,3036$) (rys. 1).



Rys. 1. Wykres $C(p)$ Mallowsa z uwzględnieniem kryteriów Mallowsa i Hockinga
Fig. 1. Mallows $C(p)$ graph with Mallows's and Hocking's criteria

Tabela 1

Główne czynniki plonotwórcze wybrane do analizy regresji wielokrotnej
Main yielding factors chosen to multiple regression analysis

Zmienna — Variable	Oznaczenie* Code name*	$\bar{x}$	SD
Gleba w punktach waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej Soil quality in agriculture area valorization points	soil_p	49,0026	19,1744
Ilość wysiewu (kg·ha ⁻¹) Sowing amount	seed_no	2495,2500	317,0042
Liczba zabiegów fungicydami Number of fungicide treatments	fungi	0,7623	0,9279
Liczba zabiegów herbicydami Number of herbicide treatments	herb	0,2063	0,4279
Materiał siewny (odsiew) Seed material	seed	5,1893	1,2039
Nawożenie K (kg·ha ⁻¹) K fertilization (kg·ha ⁻¹)	K	42,9226	53,8660
Nawożenie N (kg·ha ⁻¹) P fertilization (kg·ha ⁻¹)	N	53,7330	48,3100
Nawożenie obornikiem (ile lat temu) Manure (numbers of years before now)	manure	0,4165	0,8133
Nawożenie P (kg·ha ⁻¹) P fertilization (kg·ha ⁻¹)	P	31,8687	38,6491

* — Oznaczenie przyjęte do dalszych obliczeń; Code name used in next calculations

W tabeli 1 przedstawiono średnie i odchylenia standardowe czynników plonotwórczych uwzględnionych w badaniach ankietowych gospodarstw indywidualnych, które weszły do budowanego modelu regresji wielokrotnej. W tabelach 2 oraz 3 przedstawiono podsumowanie analizy regresji wielokrotnej dla tych czynników. Współczynnik determinacji modelu regresji wielokrotnej wynosił 0,1599, co oznacza, że model ten tłumaczy około 16% zmienności plonów. Najsilniejszy wpływ (około 8%) na plonowanie miała liczba wykonanych zabiegów ochrony chemicznej przed chorobami grzybowymi.

Tabela 2

Podsumowanie procedury krokowej regresji wielokrotnej
Multiple regression stepwise procedure summary

Krok Step	Zmienna wprowadzona [‡] Insert variable [‡]	Zmienna usunięta Removed variable	Liczba zmiennych w modelu Number of variables in model	Cząstkowy R^2 Partial R^2	R^2 modelu Models R^2	$C(p)$ Mallowsa Mallows $C(p)$	Statystyka F F statistic
1.	fungi	—	1	0,0822	0,0822	1337,0000	1300,33**
2.	K	—	2	0,0408	0,1230	635,0290	674,59**
3.	seed	—	3	0,0120	0,1349	460,6670	200,47**
4.	soil_p	—	4	0,0061	0,1411	326,7930	103,58**
5.	N	—	5	0,0060	0,1471	225,4470	101,81**
6.	seed_no	—	6	0,0046	0,1517	147,7900	78,89**
7.	herb	—	7	0,0032	0,1548	95,0447	54,42**
8.	P	—	8	0,0027	0,1576	50,2008	46,71**
9.	manure	—	9	0,0023	0,1599	12,3036	39,89**

Prawdopodobieństwo wejścia zmiennej do modelu; Significance level to entry into model — $SLE = 0,05$;

Prawdopodobieństwo pozostania zmiennej w modelu; Significance level to stay in model — $SLS = 0,10$;

** — Istotne przy $\alpha=0,01$; Significant at $\alpha = 0.01$

[‡] — Oznaczenia z tabeli 1; Codes from Table 1

Wyznaczony model regresji wielokrotnej był istotny statystycznie (statystyka $F_{emp} = 306,69^{**}$) wszystkie zmienne budujące model miały również istotne (na poziomie istotności $\alpha = 0,01$) cząstkowe współczynniki regresji (tab. 3). Na podstawie, cząstkowych współczynników regresji wyliczono plony teoretyczne, sprowadzając każdy z istotnych czynników plonotwórczych do poziomu średniego. Uzyskane w ten sposób plony „poprawione”, nieobciążone warunkami agrotechnicznymi, wykorzystano do dalszej analizy, której celem było zbudowanie wzorca pomostowego i oszacowanie postępu odmianowego w produkcji polowej ziemniaka.

Do prawidłowego przeprowadzenia statystycznej analizy interakcji $G \times E$ każda odmiana musi być reprezentowana w każdym środowisku w kilku powtórzeniach (minimum 3). Ze względu na liczebności obiektów oraz zróżnicowanie warunków uprawy, analizę stabilności plonowania przeprowadzono na danych, pochodzących z badań ankietowych gospodarstw indywidualnych. Środowiskami były lata doświadczeń, ponieważ każdy rok reprezentował inne, losowe układy warunków klimatycznych. Do analizy wybrano odmiany, które występowały nie krócej niż przez 15 w ciągu 18 lat objętych badaniami. Dodatkowo każda odmiana musiała występować minimum cztery razy w roku. Zgodnie z wcześniej założonymi kryteriami, z puli 151 odmian objętych badaniami ankietowymi, wybrano 14, były to: Atol, Bronka, Bryza, Bzura, Flisak, Frezja, Ina, Irga, Irys, Janka, Kalina, Mila, Pola i Sokół.

Tabela 3

Model regresji wielokrotnej
Multiple regression model

Zmienna [‡] Variable [‡]	Ocena cząstkowego współczynnika regresji Partial regression coefficient estimation	Błąd standardowy Standard error	Suma kwadratów odchyłeń Sum of squares	Statystyka F F statistic
Stała — Intercept	142,88586	5,5478	3063561	663,33**
soil_p	0,30582	0,0298	487371	105,53**
manure	4,57745	0,7248	184233	39,89**
N	0,08881	0,0142	180545	39,09**
P	0,13860	0,0219	184383	39,92**
K	0,10868	0,0154	229630	49,72**
seed	-6,06662	0,4882	713071	154,40**
seed_no	0,01532	0,0018	332761	72,05**
herb	10,45485	1,4323	246066	53,28**
fungi	15,90015	0,6714	2590482	560,90**

Tabela analizy wariancji dla modelu — Models analysis of variance table

Źródło zmienności Source of variation	Stopnie swobody Degrees of freedom	Suma kwadratów odchyłeń Sum of squares	Średni kwadrat odchyłeń Mean square	Statystyka F F statistic
Model — Model	9	12747765	1416418,0000	306,69**
Błąd Error	14505	66990319	4618,4295	
Razem skorygowane Total corrected	14514	79738084		

** — istotne przy $\alpha=0,01$; significant at $\alpha=0,01$

‡ — Oznaczenia z tabeli 1; Codes from Table 1

Tabela 4

Ogólna analiza wariancji dla układu odmiany × lata uprawy
General analysis of variance for cultivars × years interaction

Źródło zmienności Source of variation	Stopnie swobody Degrees of freedom	Suma kwadratów odchyłeń Sum of squares	Średni kwadrat odchyłeń Mean square	Statystyka F F statistic
Środowiska Environments	16	1478,28	92,39	28,82**
— Regresja względem interakcji — Interaction regression	13	1412,88	108,68	4,99
— Odchylenia od regresji — Regression deviations	3	65,40	21,80	
Genotypy Genotypes	13	170,67	13,13	6,34*
Genotypy × Środowiska Genotypes × Environments	208	832,62	4,00	2,77**
— Regresja względem — Environment regression	13	102,23	7,86	
— Odchylenia od regresji — Regression deviations	195	730,39	3,75	2,54**
Błąd losowy Random error	8180		3,21	

* — Istotne przy $\alpha=0,05$; Significant at $\alpha=0,05$;

** — Istotne przy $\alpha=0,01$; Significant at $\alpha=0,01$

Wybrane odmiany poddano analizie stabilności plonowania, którą przeprowadzono w programie SERGEN 3. Wykonano ogólną analizę wariancji (tab. 4), a także szczegółową analizę oraz testowanie regresji plonów genotypów względem lat uprawy (środowiska) (tab. 5). Na rysunku 2 przedstawiono oceny efektów głównych i proste regresji efektów interakcyjnych odmian względem środowiska.

Tabela 5

Szczegółowa analiza dla układu odmiany $\times$ lata uprawy oraz testowanie regresji względem środowisk
Detailed cultivars $\times$ years interaction analysis and environment regression testing

Odmiana Cultivar	Ocena efektu głównego Main effect estimation	Statystyka F dla efektu głównego Main effect F statistic	Statystyka F dla interakcji Interaction F statistic	Współczynnik regresji Regression coefficient	R^2	Statystyka F dla regresji Regression F statistic	Statystyka F dla odchylenia od regresji regression deviation F statistic
Irys	-0,725	6,85*	1,31	—	—	—	—
Frezja	-1,064	4,84*	1,84*	-0,171	0,0487	0,77	1,86*
Kalina	0,999	1,23	5,67**	0,460	0,1014	1,69	5,44**
Pola	-0,651	3,39	0,25	—	—	—	—
Mila	-0,127	0,21	1,84*	0,117	0,0688	1,11	1,83*
Ina	-0,593	0,82	0,44	—	—	—	—
Irga	0,055	0,01	5,16**	0,503	0,4110	10,47**	1,49
Sokół	-0,199	0,70	1,30	—	—	—	—
Bryza	-0,322	0,73	5,69**	-0,032	0,0028	0,04	6,05**
Atol	0,572	2,25	3,83**	-0,177	0,0836	1,37	3,74**
Flisak	-0,624	1,24	1,80*	-0,481	0,2844	5,96*	1,38
Janka	-0,599	2,40	1,23	—	—	—	—
Bronka	1,653	37,09**	2,34**	0,116	0,0705	1,14	2,32**
Bzura	1,625	14,13*	1,54*	0,210	0,0920	1,52	3,24**

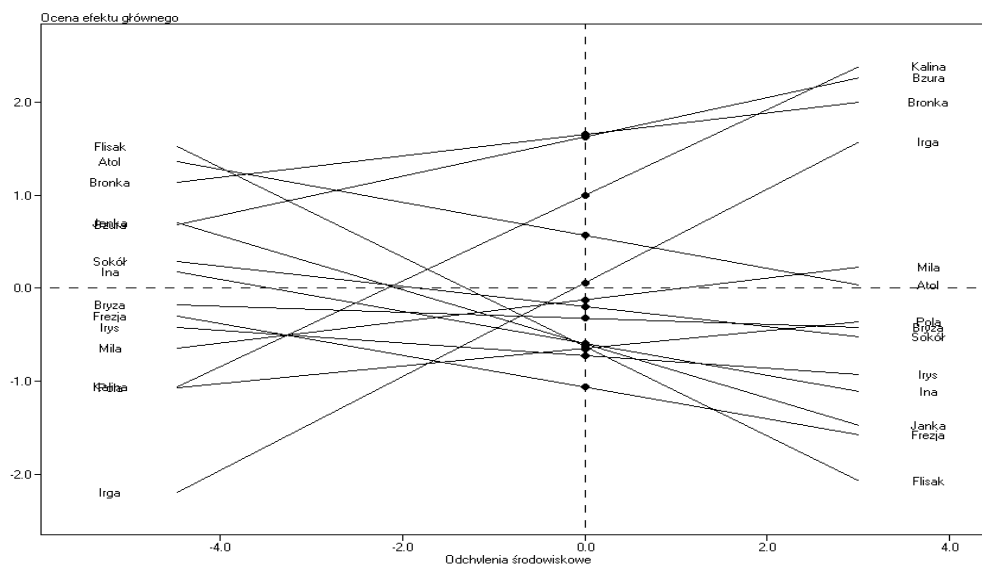
* — Istotne przy $\alpha=0,05$; Significant at $\alpha=0,05$;

** — Istotne przy $\alpha=0,01$; Significant at $\alpha=0,01$

Ogólna analiza wariancji dla układu $G \times E$ (tab. 3) wykazała istotną interakcję badanych odmian z warunkami środowiska. Stwierdzono również istotne statystycznie efekty głównych i interakcji (dla środowisk $F_{emp}=28,82^{**}$; dla genotypów $F_{emp}=6,34^{*}$; dla interakcji genotypy $\times$ środowiska $F_{emp}=2,77^{**}$) oraz odchylenia od regresji względem środowisk ($F_{emp}=2,54^{**}$; tab. 4).

Szczegółowa analiza wraz z testowaniem regresji względem środowisk umożliwiła wyodrębnienie odmian, których plony różniły się istotnie od średniej środowiskowej. Plonowanie odmian Irys i Frezja (efekty główne odpowiednio -0,7 i -1,1) było istotnie gorsze, a odmian Bronka i Bzura (efekt główny odpowiednio +1,7 i +1,6) istotnie lepsze od średniej środowiskowej. Odmiany Frezja, Kalina, Mila, Irga, Bryza, Atol, Flisak, Bronka i Bzura wykazały istotną interakcję ze zmieniającymi się warunkami klimatycznymi. Odmianę Irga można uznać za odmianę niestabilną, intensywną (istotna regresja interakcyjna, współczynnik regresji ($\beta_1=+0,5$), czyli plonującą relatywnie lepiej w lepszych warunkach klimatycznych. Odmianę Flisak można uznać za odmianę niestabilną, ekstensywną (istotna regresja względem środowisk, współczynnik regresji ($\beta_1=-0,5$), czyli plonującą relatywnie lepiej w gorszych warunkach klimatycznych. Zachowanie pozostałych odmian, wykazujących istotną interakcję ze środowiskiem, której nie da się

opisać za pomocą regresji liniowej (regresji względem środowisk) wskazywało, że są to odmiany niestabilne, „nieprzewidywalne”. Odmiany Irys, Pola, Ina, Sokół oraz Janka można uznać za odmiany plonujące stabilnie, ponieważ nie wykazały one istotnej interakcji ze środowiskiem. Wymienione odmiany wykorzystano do budowy wzorca pomostowego.



Rys. 2. Oceny efektów głównych i proste regresji efektów interakcyjnych badanych odmian względem środowiska

Fig. 2. Estimation of main effects and regression lines for interaction effects regression lines for cultivars in environments

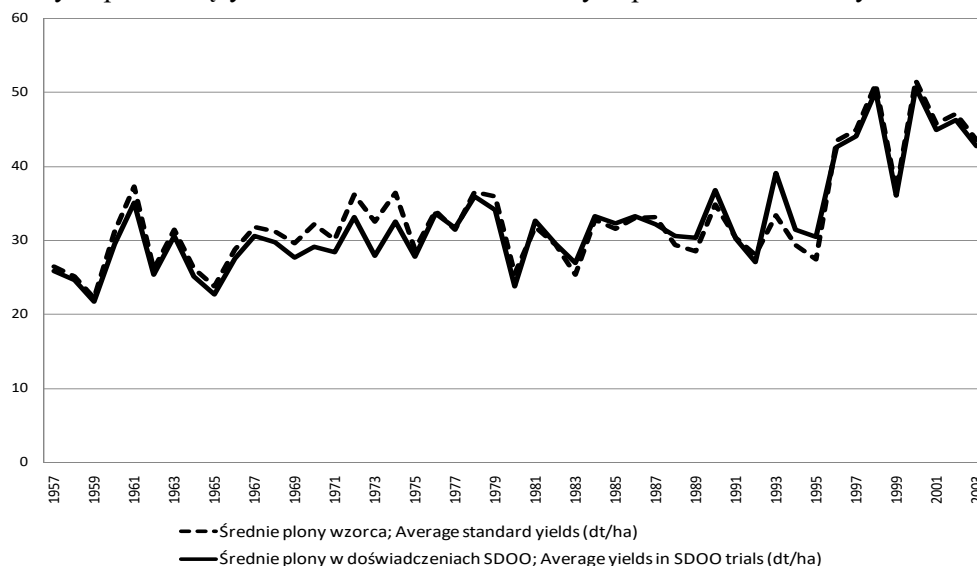
Tabela 6

**Odmiany budujące wzorec pomostowy
Cultivars building the gangway-standard**

Odmiana Cultivar	Grupa wczesności Earliness group	Rok wpisania do rejestru Year of registration	Rok wykreślenia z rejestru Year of removing from register
Ina	średnio wczesne — medium early	1977	1986
Irys	bardzo wczesne — very early	1975	...
Janka	średnio późne i późne — medium late and late	1976	1996
Lenino	średnio późne i późne — medium late and late	1955	1990
Pola	średnio wczesne — medium early	1974	1990
Sieglinde	Wczesne — early	1968	1995
Sokół	średnio późne i późne — medium late and late	1972	1998

Ponieważ okres w którym przeprowadzano ocenę postępu hodowlanego i odmianowego był bardzo długi (od 1957 roku), należało rozszerzyć zbiór odmian wzorcowych o odmiany stare. Wybór tych odmian na podstawie analizy stabilności plonowania nie był możliwy ze względu na brak odpowiednich danych. Do wzorca włączono zatem odmiany Lenino i Sieglinde (znajdujące się w Rejestrze Odmian Roślin Uprawnych odpowiednio 36 i 28 lat),

które wybrano uznaniowo. Wzorzec pomostowy składał się więc z siedmiu odmian, których opis zamieszczono w tabeli 6. Braki danych w plonowaniu odmian wzorcowych ekstrapolowano metodą regresyjno-proporcjonalną. Średnie plony ogólne i plony wzorca dla danych pochodzących z doświadczeń odmianowych przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Średnie plony odmian ziemniaka i plony wzorca na podstawie danych z doświadczeń odmianowych SDOO

Fig. 3. Average yield of potato cultivars and standard based on data from SDOO cultivar trials

Postęp hodowlany na etapie rejestracji nowych odmian

Ocenę postępu hodowlanego na etapie rejestracji nowych odmian przeprowadzono na podstawie danych pochodzących z doświadczeń odmianowych SDOO. Ponieważ postęp hodowlany obejmuje wszystko to, co zostało wytworzone przez hodowlę i zgłoszone do doświadczeń odmianowych, do analiz wybrano wszystkie odmiany i rody, które badano w doświadczeniach COBORU nie krócej niż dwa lata. Łącznie w okresie 47 lat (1957-2003) było to 819 odmian i rodów hodowlanych. Analizę przeprowadzono w oparciu o wyznaczone wcześniej wzorzec pomostowy. Odmiany analizowano łącznie, a następnie oddzielnie w grupach wczesności (bardzo wczesne, wczesne, średnio wczesne oraz średnio późne i późne) zgodnie z metodyką opisaną w części pierwszej niniejszej pracy (Mańkowski, w druku).

W pierwszej kolejności dla każdej odmiany i dla każdego roku wyznaczono indeksy $CDYA_i$ (indeksy zdolności plonotwórczej i -tej odmiany). Następnie indeksom $CDYA_i$ przypisano wagi odpowiadające udziałowi odmian w doświadczeniach w danym roku (1 — jeśli odmiana występowała w doświadczeniach w danym roku i 0 — gdy nie występowała). W ten sposób wyznaczono indeksy $SDYA_r$ (indeksy zdolności plonotwórczej gatunku w roku r). W celu opisanie zmian tych indeksów w kolejnych latach przeprowadzono

analizę trendu liniowego, gdzie zmienną zależną były wartości indeksów $SDYA_r$, a zmienną determinującą następujące kolejno po sobie lata (rok 1957 — 1, 1958 — 2, ..., 2003 — 47). Wyniki analizy funkcji regresji przedstawiono w tabeli 7. Wykres wartości indeksów $SDYA_r$ oraz wyznaczone funkcje regresji przedstawiono na rysunkach 4a, 4b, 4c, 4d oraz 4e.

Tabela 7

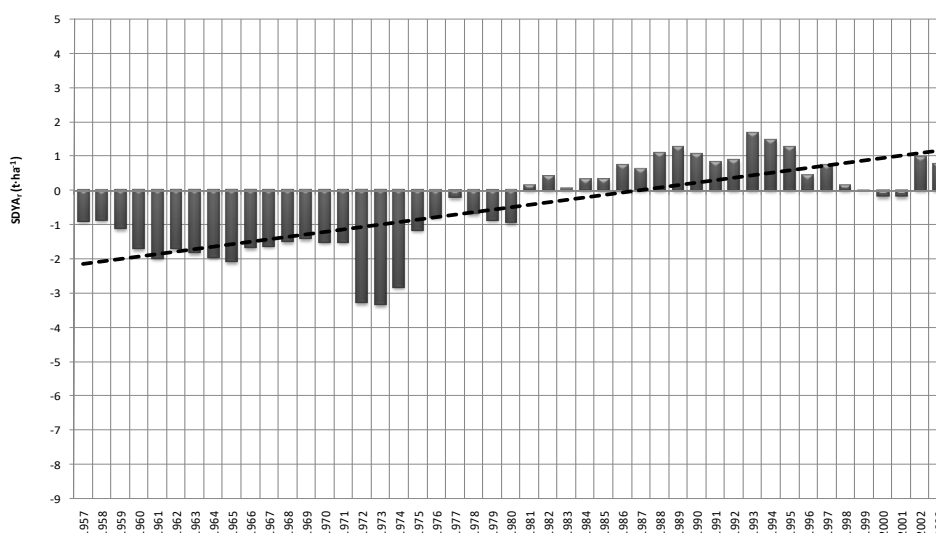
Analiza funkcji regresji dla wyznaczonych indeksów $SDYA_r$
Analysis of regression function for estimated $SDYA_r$ indexes

Grupa odmian i rodów Cultivars and lines groups	Statystyka F dla modelu Models F statistic	R^2	Poprawiony R^2 Adjusted R^2	Stała regresji Intercept		Współczynnik regresji Regression coefficient	
				wartość value	statystyka t t statistic	wartość value	statystyka t t statistic
Wszystkie odmiany i rody All cultivars and lines	62,22**	0,5803	0,5710	-2,20163	-8,77**	0,07183	7,89**
Bardzo wczesne Very early	60,29**	0,5726	0,5631	-6,34635	-10,89**	0,16413	7,76**
Wczesne Early	58,13**	0,5636	0,5540	-7,18981	-9,51**	0,20915	7,62**
Średnio wczesne Medium early	79,51**	0,6386	0,6305	-2,42964	-10,26**	0,07663	8,92**
Średnio późne i późne Medium late and late	10,36**	0,1872	0,1691	-0,36104	-1,09 ^{NS}	0,03870	3,22*

^{NS} — Nieistotne; Not significant

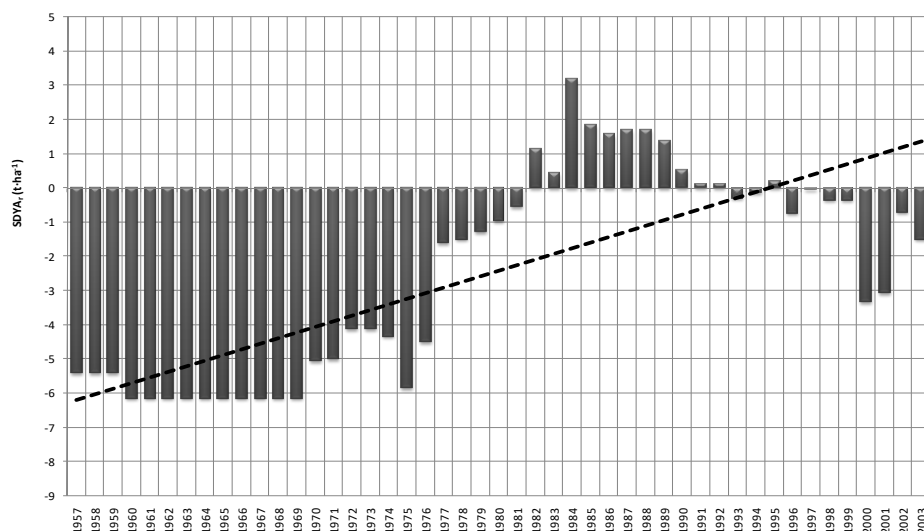
* — Istotne przy $\alpha = 0,05$; Significant at $\alpha=0.05$

** — Istotne przy $\alpha = 0,01$; Significant at $\alpha = 0.01$



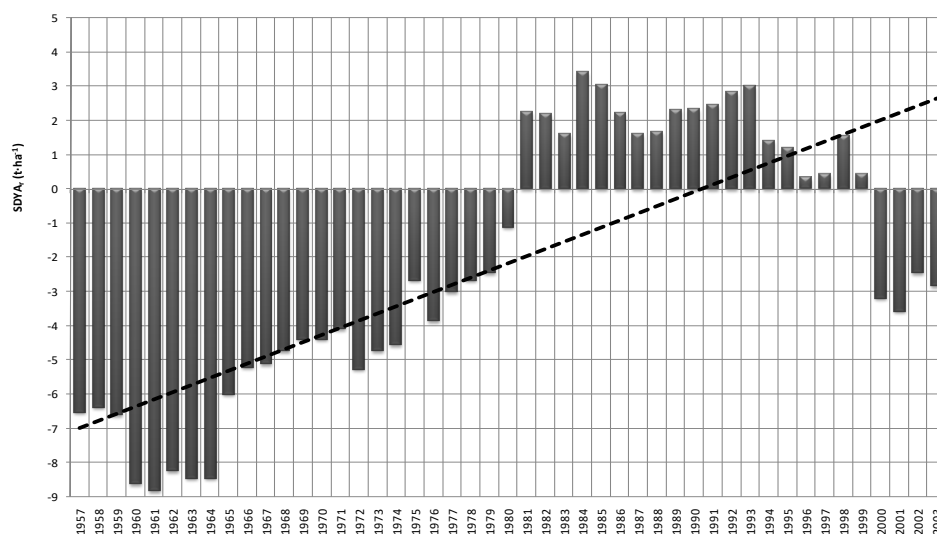
Rys. 4 a. Trendy i wartości indeksów $SDYA_r$ dla wszystkich odmian i rodów znajdujących się w doświadczeniach COBORU w latach 1957–2003

Fig. 4 a. Linear trends and values of $SDYA_r$ indexes for all cultivars and lines tested in COBORU trials in the years 1957–2003



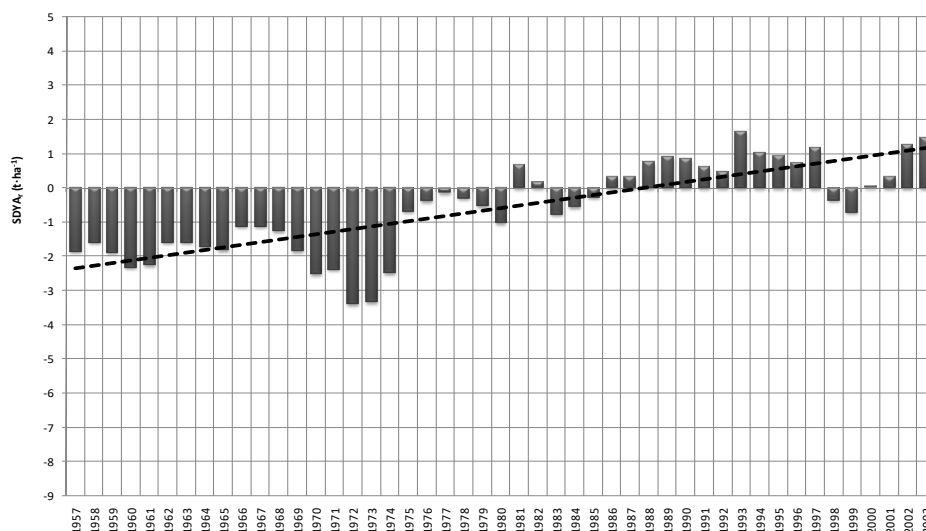
Rys. 4 b. Trendy i wartości indeksów $SDYA_r$ dla bardzo wczesnych odmian i rodów znajdujących się w doświadczeniach COBORU w latach 1957–2003

Fig. 4 b. Linear trends and values of $SDYA_r$ indexes for very early cultivars and lines tested in COBORU trials in the years 1957–2003



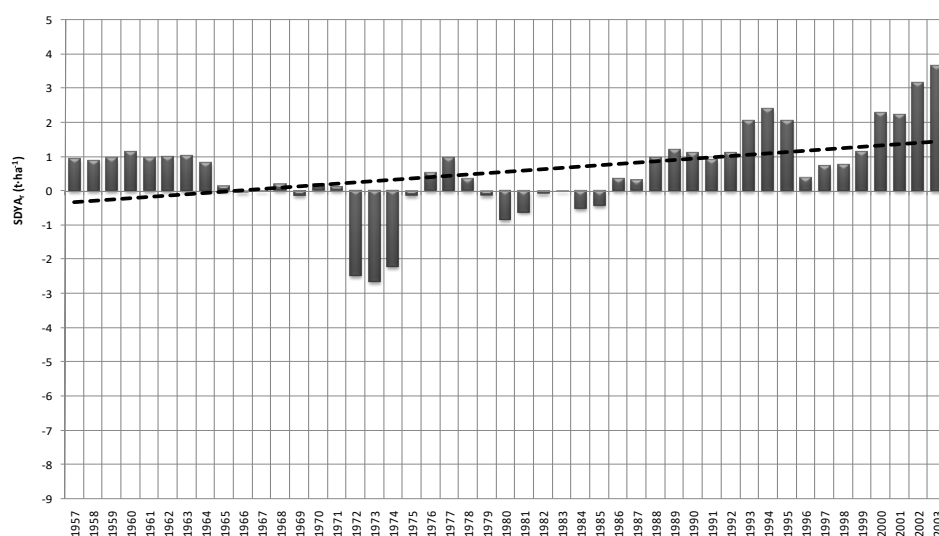
Rys. 4 c. Trendy i wartości indeksów $SDYA_r$ dla wczesnych odmian i rodów znajdujących się w doświadczeniach COBORU w latach 1957–2003

Fig. 4 c. Linear trends and values of $SDYA_r$ indexes for early cultivars and lines tested in COBORU trials in the years 1957–2003



Rys. 4 d. Trendy i wartości indeksów $SDYA_r$ dla średnio wczesnych odmian i rodów znajdujących się w doświadczeniach COBORU w latach 1957–2003

Fig. 4 d. Linear trends and values of $SDYA_r$ indexes for medium early cultivars and lines tested in COBORU trials in the years 1957–2003



Rys. 4e. Trendy i wartości indeksów $SDYA_r$ dla średnio późnych i późnych odmian i rodów znajdujących się w doświadczeniach COBORU w latach 1957–2003

Fig. 4e. Linear trends and values of $SDYA_r$ indexes for medium late and late cultivars and lines tested in COBORU trials in the years 1957–2003

We wszystkich grupach odmian stwierdzono istotny trend świadczący o przyroście indeksów $SDYA_r$ w latach. Roczny przyrost wartości indeksów $SDYA_r$ dla wszystkich odmian wynosił $0,07 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, dla bardzo wczesnych — $0,16 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, dla wczesnych — $0,21 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, dla średnio wczesnych — $0,08 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, dla średnio późnych i późnych — $0,04 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ rocznie. Tak więc największy postęp w hodowli w latach 1957-2003 odnotowano w odmianach wczesnych ziemniaka (rys. 4c), a najmniejszy w odmianach średnio późnych i późnych (rys. 4e).

Postęp odmianowy na etapie rejestracji nowych odmian

Ocenę postępu odmianowego na etapie rejestracji nowych odmian przeprowadzono na podstawie danych pochodzących z doświadczeń odmianowych SDOO. Do analiz wybrano wszystkie zarejestrowane odmiany, które badano w doświadczeniach COBORU minimum przez dwa lata. Łącznie w okresie 47 lat (1957–2003) było to 258 odmian. Analizę przeprowadzono w oparciu o wcześniej wyznaczony wzorzec pomostowy. Odmiany analizowano łącznie, a następnie oddzielnie w grupach wczesności (bardzo wczesne, wczesne, średnio wczesne oraz średnio późne i późne).

Wyznaczonym wcześniej dla każdej odmiany indeksem $CDYAi$ przypisano wagi odpowiadające udziałowi odmian w doświadczeniach w danym roku (1 lub 0). W ten sposób wyznaczono indeksy $SDYA_r$. W celu opisu zmienności tych indeksów w kolejnych latach przeprowadzono analizę funkcji regresji liniowej (tab. 8). Rysunki 5a, 5b, 5c, 5d oraz 5e przedstawiają wykresy wartości indeksów $SDYA_r$ oraz wyznaczone funkcje regresji.

Tabela 8

Analiza funkcji regresji dla wyznaczonych indeksów $SDYA_r$
Analysis of regression function for estimated $SDYA_r$ indexes

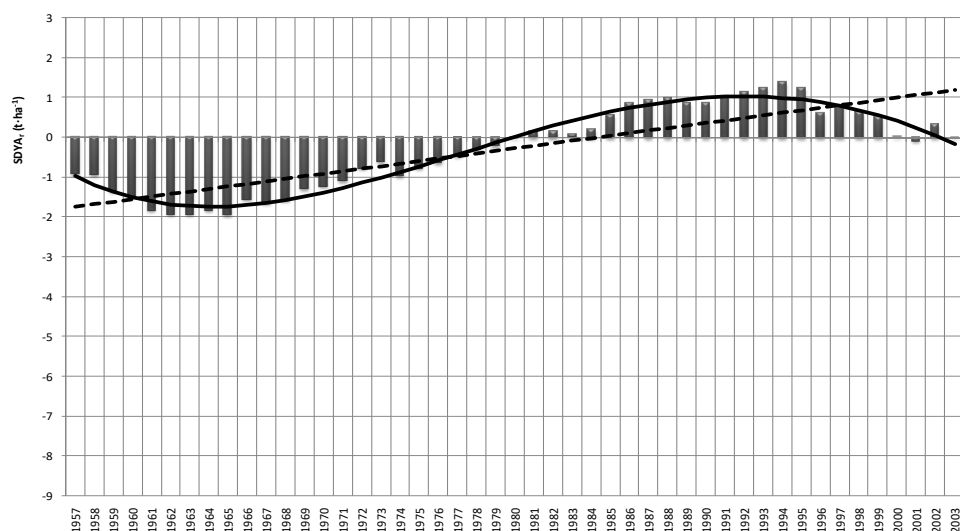
Grupa odmian Cultivars groups	Statystyka F dla modelu Models F statistic	R^2	Poprawiony R^2 Adjusted R^2	Stała regresji Intercept		Współczynnik regresji Regression coefficient	
				wartość value	statystyka t t statistic	wartość value	statystyka t t statistic
Wszystkie odmiany All cultivars	115,08**	0,7189	0,7126	-1,80134	-10,98**	0,06383	10,73**
Bardzo wczesne Very early	98,46**	0,6863	0,6794	-6,29520	-13,70**	0,16540	9,92**
Wczesne Early	42,46**	0,4855	0,4740	-6,51307	-7,84**	0,19629	6,52**
Średnio wczesne Medium early	213,41**	0,8259	0,8220	-2,20183	-15,39**	0,07582	14,61**
Średnio późne i późne Medium late and late	0,04 ^{NS}	0,0008	0,0004	0,67559	5,45**	-0,00087	0,19 ^{NS}

NS — Nieistotne; Not significant;

* — Istotne przy $\alpha=0,05$; Significant at $\alpha=0,05$;

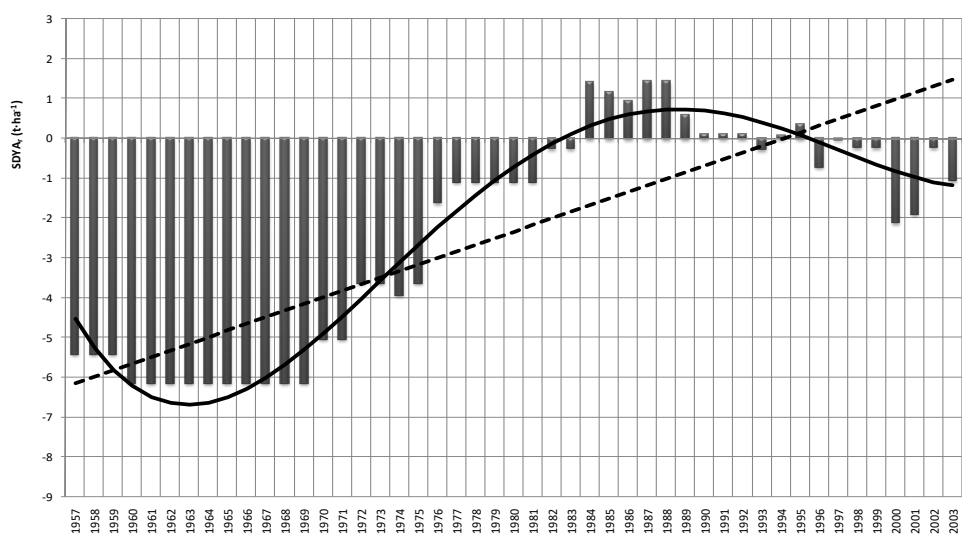
** — Istotne przy $\alpha = 0,01$; Significant at $\alpha = 0,01$

Istotne funkcje regresji liniowej stwierdzono w przypadku analizy wszystkich odmian łącznie (rys. 5a), oraz w grupie odmian bardzo wczesnych (rys. 5b), wczesnych (rys. 5c), i średnio wczesnych (rys. 5d). Nie stwierdzono występowania istotnego trendu liniowego w grupie odmian średnio późnych i późnych (tab. 8, rys. 5e).



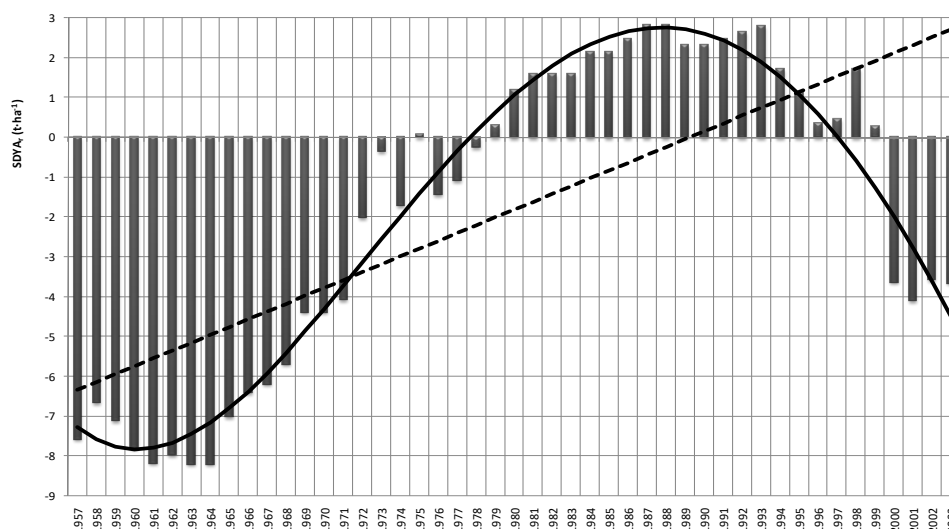
Rys. 5 a. Trendy i wartości indeksów $SDYA_r$ dla wszystkich odmian znajdujących się w doświadczeniach COBORU w latach 1957–2003

Fig. 5 a. Trends and values of $SDYA_r$ indexes for all cultivars tested in COBORU trials in the years 1957–2003



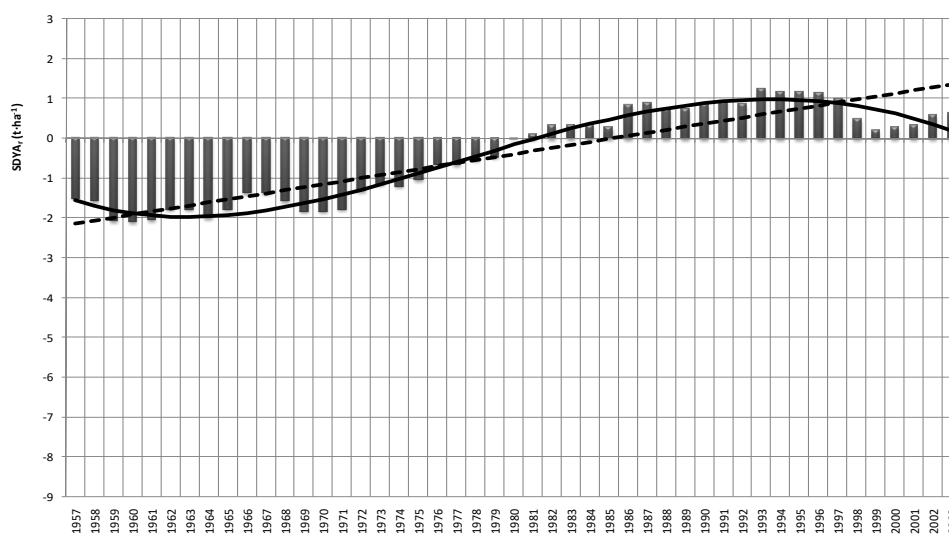
Rys. 5 b. Trendy i wartości indeksów $SDYA_r$ dla bardzo wczesnych odmian znajdujących się w doświadczeniach COBORU w latach 1957–2003.

Fig. 5 b. Trends and values of $SDYA_r$ indexes for very early cultivars tested in COBORU trials in the years 1957–2003



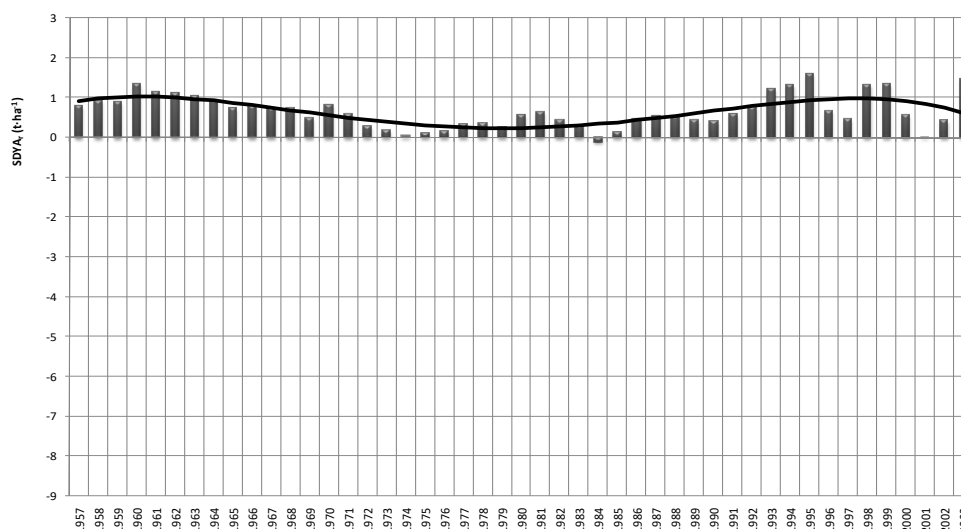
Rys. 5 c. Trendy i wartości indeksów $SDYA_r$ dla wczesnych odmian znajdujących się w doświadczeniach COBORU w latach 1957–2003

Fig. 5 c. Trends and values of $SDYA_r$ indexes for early cultivars tested in COBORU trials in the years 1957–2003



Rys. 5 d. Trendy i wartości indeksów $SDYA_r$ dla średnio wczesnych odmian znajdujących się w doświadczeniach COBORU w latach 1957–2003

Fig. 5 d. Trends and values of $SDYA_r$ indexes for medium early cultivars tested in COBORU trials in the years 1957–2003



Rys. 5 e. Trendy i wartości indeksów $SDYA_r$ dla średnio późnych i późnych odmian znajdujących się w doświadczeniach COBORU w latach 1957–2003

Fig. 5 e. Trends and values of $SDYA_r$ indexes for medium late and late cultivars tested in COBORU trials in the years 1957–2003

Roczne przyrosty indeksów $SDYA_r$ dla wszystkich odmian wynosiły $0,06 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, dla bardzo wczesnych — $0,17 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, dla wczesnych — $0,20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz $0,08 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ — dla średnio wczesnych. Na tej podstawie stwierdzono, że największy postęp odmianowy miał miejsce w grupie odmian wczesnych, a najmniejszy w grupie odmian średnio wczesnych. W przypadku grupy odmian średnio późnych i późnych nie zanotowano istotnych zmian indeksów $SDYA_r$. Należy jednak zwrócić uwagę, że indeksy $SDYA_r$ dla tej grupy wczesności, miały w badanym okresie wartość dodatnią, co można interpretować jako zachowanie istniejącego postępu odmianowego na stałym i dość korzystnym poziomie (rys. 5e).

Postęp odmianowy na etapie rejestracji nowych odmian, analiza w przedziałach czasowych

Obserwując wykresy indeksów $SDYA_r$ obrazujących postęp odmianowy na etapie rejestracji nowych odmian stwierdzono, że występują pewne trendy lokalne obejmujące krótsze okresy czasu. W celu ich opisania przeprowadzono analizę regresji wielomianowej czwartego stopnia według modelu liniowego: $y = a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3 + e \cdot x^4$. W tabeli 9 zamieszczono wyniki analizy regresji wielomianowej czwartego stopnia. Dodatkowo wskazano ekstrema funkcji i miejsca przecięcia wyznaczonych funkcji wielomianowych z osią rzędnych. Na rysunkach 5a, 5b, 5c, 5d oraz 5e przedstawiono wyznaczone funkcje wielomianowe z uwzględnieniem grup wczesności odmian.

Obserwacja zmiany indeksów $SDYA_r$ dla wszystkich analizowanych odmian ziemniaka (rys. 5a) wykazała, że w początkowym okresie (lata 1957–1964) pogłębiał się regres,

dopiero po roku 1964 można było mówić o stopniowej poprawie w potencjale plonotwórczym odmian. W roku 1980 potencjał plonotwórczy odmian znajdujących się w doświadczeniach zaczął przewyższać potencjał odmian wzorcowych. Wzrost potencjału plonotwórczego następował aż do roku 1992, po którym wartości indeksów $SDYA_r$ znów zaczęły spadać. Od roku 2002 obserwowany potencjał plonotwórczy badanych odmian był niższy niż potencjał odmian wzorcowych.

W przypadku odmian bardzo wczesnych (rys 5b) pod koniec lat 50. XX wieku potencjał plonotwórczy badanych odmian był aż o $5,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ mniejszy niż potencjał odmian wzorcowych. W latach 60. następował dalszy spadek indeksów $SDYA_r$. Po roku 1970 następowała stopniowa poprawa. W latach 1982–1983 wartość oszacowanego potencjału plonotwórczego dla badanych odmian bardzo wczesnych przewyższyła potencjał odmian wchodzących w skład wzorca. Dalszy wzrost potencjału plonotwórczego następował do roku 1989. Od tego roku obserwowano systematyczny spadek indeksów $SDYA_r$.

Tabela 9

Analiza funkcji regresji wielomianowej czwartego stopnia dla indeksów $SDYA_r$
Analysis of fourth degree multinomial regression for $SDYA_r$ indexes

Wyszczególnienie Specification		Wszystkie odmiany All cultivars	Bardzo wczesne Very early	Wczesne Early	Średnio wczesne Medium early	Średnio późne i późne Medium late and late
Statystyka F dla modelu — Models F statistic		286,90**	233,39**	245,83**	263,37**	9,24**
R^2		0,9647	0,9569	0,9590	0,9617	0,4681
Poprawiony R^2 — Adjusted R^2		0,9613	0,9528	0,9551	0,9580	0,4174
Stała regresji	wartość — value	-0,70865	-3,61778	-6,80785	-1,36248	0,83084
Intercept $a^{1)}$	statystyka t — t statistic	-4,19**	-7,30**	-9,99**	-6,98**	3,15**
Współczynnik	wartość — value	-0,28013	-1,00075	-0,52672	-0,18987	0,10533
Coefficient $b^{1)}$	statystyka t — t statistic	-5,87**	-7,16**	-2,74**	-3,44**	1,42 ^{NS}
Współczynnik	wartość — value	0,02256	0,09825	0,07579	0,01718	-0,01605
Coefficient $c^{1)}$	statystyka t — t statistic	5,66**	8,42**	4,72**	3,73**	-2,59*
Współczynnik	wartość — value	-0,00045607	-0,00270	-0,00201	-0,00033372	0,00059956
Coefficient $d^{1)}$	statystyka t — t statistic	-3,68**	-7,43**	-4,01**	-2,33*	3,10**
Współczynnik	wartość — value	0,00000230	0,00002311	0,00001400	0,00000147	-0,00000655
Coefficient $e^{1)}$	statystyka t — t statistic	1,79 ^{NS}	6,15**	2,71**	0,99 ^{NS}	-3,28**
Ekstrema funkcji (rok)	minimum — minimum	1964	1963	1960	1963	1960 1997
Function extreme (year)	maksimum — maximum	1992	1989	1988	1994	1979
Miejsca przecięcia wyznaczonych funkcji						
wielomianowych z osią rzędnych		1980	1982/1983	1978	1981	—
Estimate multinomial regression functions cross location with X axis		2002	1995/1996	1997		

¹⁾ — Oznaczenie współczynników regresji zgodne z zapisem modelu regresji wielomianowej; Notation of regression coefficient corresponding to multinomial regression model: $y = a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3 + e \cdot x^4$

Indeksy $SDYA_r$ dla odmian wczesnych ziemniaka (rys 5c) cechowały się największymi zmianami. Potencjał plonotwórczy badanych odmian na początku lat 60. XX wieku był aż o $8,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ niższy niż potencjał odmian wzorcowych. Po roku 1964 widoczna była stopniowa poprawa, a w latach 1987–1988 indeksy $SDYA_r$ osiągnęły poziom maksymalny. Po roku 1993 potencjał plonotwórczy tej grupy odmian ponownie zaczął spadać.

Najniższy potencjał plonotwórczy odmian średnio wczesnych (rys. 5d) obserwowano w latach 1959–1971. Najwyższy poziom indeksów $SDYA_r$ w tej grupie wczesności stwierdzono w latach 1993–1997.

Potencjał plonotwórczy odmian średnio późnych i późnych (rys. 5e) w badanym okresie przewyższał potencjał odmian wzorcowych. Najwyższe wartości indeksów $SDYA_r$ obserwowano na początku lat 60. oraz w latach 90. XX wieku. Najniższe wartości odnotowano pod koniec lat 70.

DYSKUSJA I PODSUMOWANIE

Analiza efektów prac hodowlanych (w postaci badanych w doświadczeniach 1 234 odmian i rodów hodowlanych) prowadzonych w latach 1957–2003 umożliwiła ocenę postępu hodowlanego na etapie rejestracji nowych odmian. W latach 1957–2003, w badaniach obejmujących okres minimum 2 lat, pozostawało 819 odmian i rodów hodowlanych. Może to świadczyć o dużej efektywności prac hodowlanych. W ziemniaku średnio rocznie do doświadczeń zgłaszano ponad 17 nowych odmian i rodów.

W przypadku wszystkich grup wczesności odnotowano istotne trendy wzrostowe potencjału plonotwórczego badanych odmian i rodów ziemniaka (tab. 7). Wartości indeksu $SDYA_r$ wykazywały jednak duże wahania (rys. 5), które mogły być wywołane różnorodnością odmian i rodów zgłaszanych do doświadczeń przedrejestracyjnych. Najważniejsze jest jednak to, że średnio co roku odnotowywano wzrost potencjału plonotwórczego. Na przestrzeni lat 1957–2003 największe zmiany obserwowano w przypadku grup odmian bardzo wczesnych i wczesnych. U odmian i rodów bardzo wczesnych średni roczny przyrost indeksu $SDYA_r$ wynosił $0,164 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$, a u wczesnych $0,209 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Ilościowy postęp odmianowy na etapie rejestracji nowych odmian, został oszacowany na podstawie wyników doświadczeń porejestrowych, w których obserwowano znajdujące się w rejestrze odmiany ziemniaka. W latach 1957–2003 badano łącznie 258 zarejestrowanych odmian. Porównanie liczby odmian badanych w doświadczeniach porejestrowych z liczbą odmian i rodów badanych w doświadczeniach przedrejestracyjnych wskazuje wyraźnie na ich ostrą selekcję przeprowadzoną przez COBORU podczas rejestracji nowych odmian ziemniaka.

Wyraźny efekt selekcji odmian i rodów przed wpisaniem do rejestru był widoczny również w samych wartościach indeksów $SDYA_r$ oraz ich trendach liniowych. O ile w przypadku postępu hodowlanego (tab. 7) występowały wyraźne i znaczące odchylenia obserwacji od wyznaczonego trendu (stosunkowo niskie wartości współczynnika determinacji R^2), to w przypadku oceny postępu odmianowego (tab. 8) odchylenia obserwacji od wyznaczonej funkcji trendu były znacznie mniejsze.

Przy ocenie postępu odmianowego nie stwierdzono istotnego trendu w grupie odmian średnio późnych i późnych, jednak wartości potencjału plonotwórczego były dodatnie. W pozostałych grupach wczesności obserwowano istotne trendy wzrostowe, świadczące o postępie odmianowym. Analogicznie, jak w przypadku oceny postępu hodowlanego, najwyższe średnie przyrosty obserwowano dla odmian z grupy bardzo wczesnych ($0,165 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$) oraz wczesnych ($0,196 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$).

W celu dokładnego opisu charakteru zmian indeksów $SDYA_r$, wyznaczono funkcje trendów w postaci wielomianów czwartego stopnia, które charakteryzowały się wysokimi współczynnikami determinacji (tab. 9). Na podstawie wyznaczonych trendów możliwe było dokładne opisanie zmian w czasie w wartościach indeksów $SDYA_r$.

Największe zmiany obserwowano w grupie odmian bardzo wczesnych i wczesnych. Najmniejsze, aczkolwiek istotne zmiany obserwowano w grupie odmian średnio późnych i późnych. W grupie odmian bardzo wczesnych wartości potencjału plonotwórczego wyrażone wartościami indeksów $SDYA_r$ były w początkowym okresie ujemne. Oznacza to, że odmiany wczesne plonowały na poziomie znacznie niższym niż średnie plony wzorca. Dopiero od roku 1963 nastąpił, w tej grupie odmian, dynamiczny wzrost potencjału plonotwórczego. Po roku 1982 średnie plony odmian bardzo wczesnych zaczęły przewyższać plony odmian wzorcowych. Wzrost potencjału plonotwórczego obserwowano do roku 1989, po którym aż do roku 2003 następował powolny spadek wartości indeksów $SDYA_r$. W grupie odmian wczesnych, podobnie jak w grupie bardzo wczesnych, średnie plony były w początkowym okresie znacznie niższe niż plony wzorca. Od roku 1960 potencjał plonotwórczy odmian z tej grupy zaczął wzrastać. Indeks $SDYA_r$ osiągnął najwyższe wartości w roku 1988, po którym nastąpił spadek potencjału plonotwórczego. W grupie odmian średnio wczesnych obserwowane zmiany miały łagodniejszy charakter. W latach 50. i 60. XX wieku średnie plony odmian z tej grupy były niższe niż plony wzorca. Różnica ta nie była jednak tak znacząca, jak w przypadku odmian z grup bardzo wczesnych i wczesnych. Przyrost indeksów $SDYA_r$ obserwowano w okresie 1963–1994, po którym nastąpił niewielki spadek potencjału plonotwórczego odmian średnio wczesnych. Indeksy $SDYA_r$ dla odmian średnio późnych i późnych przez cały okres badań były dodatnie, występowały jednak pewne okresowe zmiany w ich poziomie. Najwyższe wartości potencjału plonotwórczego tych odmian obserwowano w roku 1960 i 1997, najniższe natomiast w roku 1979.

Istotny wpływ na ocenę ilościowego postępu odmianowego i hodowlanego w doświadczeniach odmianowych COBORU mogły mieć zmiany w stosowanej ochronie chemicznej doświadczeń. Kluczowym mógł zatem okazać się przełom lat 60. i 70. XX wieku, kiedy zaczęto częściowo chronić chemicznie doświadczenia oraz rok 1996, od którego zaczęto stosować pełną ochronę chemiczną. W tych latach jednak nie zaobserwowano żadnych nietypowych odchyłeń indeksów $SDYA_r$. Może to świadczyć o tym, że zastosowana metodyka oceny ilościowego postępu hodowlanego i odmianowego pozwoliła na wyeliminowanie wpływu czynników towarzyszących, które mogłyby istotnie wpływać na ocenę wyznaczanych parametrów.

Porównanie obserwowanych efektów postępu hodowlanego i postępu odmianowego na etapie rejestracji nowych odmian wskazuje, iż po selekcji i rejestracji nowych odmian zachowały się ogólne trendy w obserwowanych wartościach potencjału plonotwórczego gatunku w roku. Zmniejszeniu uległy jedynie wahania (zmiennność) tych efektów. Świadczy to o prawidłowych działaniach COBORU, które polegały na rejestrowaniu odmian o cechach najlepszych, spośród badanych w doświadczeniach przedwstępnych odmian i rodów.

Prezentowane w niniejszej pracy wyniki pokrywały się ze spostrzeżeniami innych autorów, zajmujących się postępowaniem odmianowym i hodowlanym. Ocenę postępu odmianowego i hodowlanego w latach 1965–1978 przeprowadził Kamasa (1983), w latach 1965–1984 Krzymuski i Wilkos (1986), w latach 1966–1980, 1966–1993 i 1991–1995 Krzymuski (odpowiednio 1988, 1996 a, 1997). Wszyscy autorzy stwierdzili występowanie postępu hodowlanego i odmianowego w analizowanych okresach. Ocena postępu hodowlanego w ziemniaku w latach 1946–2007 przeprowadzona przez Chotkowskiego i Stypę (2007) wykazała wyraźny postęp w potencjale plonotwórczym odmian. Prezentowane w niniejszej pracy wyniki potwierdzają opinie prezentowane przez innych autorów.

Zimnoch-Guzowska i wsp. (2006) stwierdzili, że dalsze prace nad plennością odmian są zasadne, powinny jednak iść w parze z pracami nad strukturą i wyrównaniem plonów nowych odmian ziemniaka.

LITERATURA

- Arseniuk E., Krzymuski J., Martyniak J., Oleksiak T. (red.). 2004. Historia hodowli i nasiennictwa na ziemiach Polskich w XX wieku. Rośliny rolnicze. Poznań, IHAR Radzików.
- Caliński T. 1966. On the distribution of the F-type statistic in the analysis of a group of experiments. *J. Roy. Stat. Soc. Series B*, 28: 526 — 542.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z. 1979. Analiza interakcji genotypowo-środowiskowej. Cz. 3. Zastosowanie analizy regresji oraz analizy składowych głównych. IX Coll. Metodol. Z Agrobiom. PAN, Warszawa: 5 — 28.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z. 1997. A multivariate approach to analysis genotype-environment interactions. In: Krajewski P., Kaczmarek Z. (ed.), *Advances in Biometrical Genetics*. Poznań: 3 — 14.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z., Krajewski P., Siatkowski I. 1998. SERGEN — Analiza serii doświadczeń odmianowych i genetyczno hodowlanych. Program komputerowy, Poznań, IGR.
- Chotkowski J., Stypa I. 2007. Ocena postępu hodowlanego w produkcji ziemniaka w Polsce w latach 1946–2007. *Biul. IHAR* 245: 181 — 189.
- Hocking R. R. 1976. The analysis and selection of variables in linear regression. *Biometrics*, 32: 1 — 49.
- Kaczmarek Z. 1986. Analiza doświadczeń wielokrotnych zakładanych w blokach niekompletnych. *Roczniki AR w Poznaniu, Rozprawy Naukowe*, Poznań.
- Kamasa J. 1983. Postęp odmianowy ziemniaka w Polsce. Praca doktorska, Słupia Wielka, COBORU.
- Konishi S., Kitagawa G. 2008. Information criteria and statistical modeling. New York: Springer Science+Business Media LLC.
- Krzymski J. 1988. Ocena postępu odmianowego w plonach głównych ziemniaków w skali kraju. *Biuletyn Oceny Odmian*, Tom XIII Z. 19: 13 — 23.
- Krzymski J. 1996 a. Zmiany w uprawie i w produkcji ziemniaka. Cz. I. Postęp biologiczny. *Biuletyn IHAR*, Nr 197: 273 — 282.
- Krzymski J. 1997. Postęp w hodowli odmian i jego wykorzystanie w produkcji w latach 1991–1995. Cz. I. Główne ziemniaki — zboża podstawowe, ziemniak, burak cukrowy i rzepak ozimy. *Biuletyn IHAR*, Nr 201: 5 — 13.
- Krzymski J., Wilkos S. 1986. Postęp odmianowy w ziemniaku i jego wykorzystanie. *Biuletyn Instytutu Ziemniaka*, 34: 13 — 23.
- Lista Odmian Roślin Rolniczych. 1970–2003. Słupia Wielka, COBORU.
- Mallows C. L. 1973. Some comments on Cp. *Technometrics* 15: 661 — 675.
- Mańkowski D. R. 2009. Postęp biologiczny w hodowli, nasiennictwie i produkcji ziemniaka w Polsce. Część 1. Przegląd ilościowych metod oceny postępu hodowlanego i odmianowego. *Biul. IHAR* 251: 153 — 173.

- Mądry W., Kang M. S. 2005. Scheffe-Caliński and Shukla Models: Their interpretation and usefulness in stability and adaptation analyses. *Journal of Crop Improvement*, 14 (1/2): 325 — 369.
- Mądry W., Rajfura A. 2003. Analiza statystyczna miar stabilności na podstawie danych w klasyfikacji genotypy $\times$ środowiska. Cz. I. Model mieszany Scheffego-Calińskiego i model regresji łącznej. *Colloquium Biometryczne*, 33: 181 — 205.
- Oleksiak T., Mańkowski D. R., Laudański Z. 2004. Metoda oceny postępu hodowlanego w warunkach produkcyjnych. *Colloquium Biometryczne*, 34a: 109 — 121.
- Rawlings J. O., Pantula S. G., Dickey D. A. 2001. *Applied Regression Analysis — a Research Tool*. 2nd Edition. New York, USA, Springer-Verlag Inc.
- Rozmiarek A. 1970. Ziemniak — wyniki doświadczeń odmianowych przeprowadzonych w roku 1969. Słupia Wielka, COBORU.
- SAS Institute Inc. 2004 a. *BASE SAS 9.1.3 Procedures Guide*. SAS Publishing, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- SAS Institute Inc. 2004 b. *SAS/STAT 9.1 Users Guide*. SAS Publishing, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Scheffé 1959. *The analysis of variance*. J. Wiley & Sons, New York.
- Syntezy wyników doświadczeń odmianowych — Ziemniak. 1970–1999. Słupia Wielka, COBORU.
- Syntezy wyników doświadczeń rejestrowych — Ziemniak. 2000–2003. Słupia Wielka, COBORU.
- Wyniki doświadczeń odmianowych. 1961. Seria A. Sprawozdanie roczne. Zeszyt 53. Ziemniak. 1960 r. Warszawa, Ministerstwo Rolnictwa.
- Wyniki doświadczeń odmianowych. 1962. Seria B. Opracowanie wieloletnie. Tom XX. Ziemniak w latach 1957–1959. Warszawa, Ministerstwo Rolnictwa.
- Wyniki doświadczeń odmianowych. 1964. Seria A. Sprawozdanie roczne. Zeszyt 104. Ziemniak. 1963 r. Warszawa, Ministerstwo Rolnictwa.
- Wyniki doświadczeń odmianowych. 1966 a. Seria A. Sprawozdanie roczne. Zeszyt 116. Ziemniak. 1964 r. Warszawa, Ministerstwo Rolnictwa.
- Wyniki doświadczeń odmianowych. 1966 b. Seria B. Ziemniak w latach 1960–0962. Warszawa, Ministerstwo Rolnictwa.
- Wyniki doświadczeń odmianowych. 1968. Seria A. Sprawozdanie roczne. Zeszyt 151. Ziemniak 1966 r. Warszawa, Ministerstwo Rolnictwa.
- Wyniki doświadczeń odmianowych. 1969. Seria A. Sprawozdanie trzyletnie. Ziemniak 1966–1968. Warszawa, Ministerstwo Rolnictwa.
- Wyniki porejestrowych doświadczeń odmianowych — Ziemniak. 2000–2003. Słupia Wielka, COBORU.
- Zimnoch-Guzowska E., Flis B., Pawlak A. 2006. Strategiczne kierunki hodowli ziemniaka. W: *Ulepszanie roślin uprawnych dla zróżnicowanych agroekosystemów*. Materiały z Sympozjum Naukowego z okazji 55-lecia IHAR. IHAR, Radzików.

ANNA PŁAZAKatedra Szczegółowej Uprawy Roślin
Akademia Podlaska w Siedlcach

Plon i struktura plonu bulw ziemniaka nawożonego międzyplonami i słomą

The yield and the structure of the yield of potato tubers fertilized with intercrops and straw

W pracy przedstawiono wyniki doświadczeń z lat 2001–2004. Badania miały na celu określenie wpływu wsiewki międzyplonowej przyoranej jesienią oraz międzyplonu ścierniskowego przyoranego jesienią i pozostawionego do wiosny w formie mulczu w kombinacjach bez słomy lub ze słomą na plonowanie i strukturę plonu bulw ziemniaka. W doświadczeniu badano dwa czynniki. I. nawożenie międzyplonem: obiekt kontrolny, obornik, wsiewka międzyplonowa — biomasa przyorana jesienią (koniczyna biała + życica wielokwiatowa), międzyplon ścierniskowy — biomasa przyorana jesienią (gorczyca biała), międzyplon ścierniskowy — biomasa pozostawiona do wiosny w formie mulczu (gorczyca biała). II. nawożenie słomą: podblok bez słomy, podblok ze słomą. Podczas zbioru ziemniaka określono plon ogólny i handlowy, a po zbiorze strukturę plonu bulw. Otrzymane wyniki badań pozwalają stwierdzić, iż największe plony bulw ziemniaka otrzymano z obiektu nawożonego mieszkanką koniczyny białej z życią wielokwiatową. Nawożenie międzyplonami i obornikiem wpływało korzystnie na kształtowanie się struktury plonu bulw. W kombinacji z zastosowaniem słomy odnotowano zmniejszenie udziału frakcji bulw średnich, a zwiększenie liczby bulw drobnych w polnie w porównaniu do kombinacji bez słomy.

Słowa kluczowe: nawożenie międzyplonem, nawożenie słomą, mulcz, plon ogólny, plon handlowy, struktura plonu bulw, ziemniak

The paper presents the results of research carried out in the years 2001–2004. The aim of the investigations was to evaluate the influence of undersown crop plowed down in autumn, and of stubble crop plowed down in autumn and left in the form of mulch till spring in combinations with or without straw on potato tuber yield and its structure. The effects of two factors were assessed: I — intercrop fertilization: control object, farmyard manure, undersown crop — biomass which was plowed down in autumn (white clover + Italian ryegrass), stubble crop — biomass plowed down in autumn (white mustard), stubble crop — biomass left in the form of mulch till spring (white mustard). II — straw fertilization: a subblock with straw and a subblock without straw. During harvest time the total yield and commercial yield were assessed. The yield structure was determined after harvest. The highest yield of potato tubers was obtained from the object that had been fertilized with a mixture of white clover with Italian ryegrass. Fertilization with intercrops and farmyard manure had favourable influence on shaping of tuber yield structure. The yield produced in subblocks with straw, as compared to that produced in subblocks with no straw, was characterized by a lower share of medium –sized tubers and higher share of small tubers.

Key words: intercrop fertilization, straw fertilization, mulch, total yield, commercial yield, yield structure of tubers, potato

WSTĘP

Ziemniak jest rośliną, która do wydania wysokich plonów, o dużym udziale bulw frakcji handlowej wymaga stosowania prawidłowej agrotechniki, w tym nawożenia. Podstawowym nawozem naturalnym stosowanym w uprawie ziemniak jest obornik. Jednak zmniejszająca się jego produkcja skłania do poszukiwania alternatywnych rozwiązań. W integrowanej uprawie ziemniaka zaleca się wysycenie płodozmianu międzyplonami, z przeznaczeniem na zielony nawóz. Wprowadzenie do uprawy międzyplonów, to nie tylko produkcja biomasy, są one również pewnego rodzaju sorbentem zapobiegającym wymywaniu składników pokarmowych do głębszych warstw gleby i wód gruntowych, co ma istotne znaczenie w ochronie środowiska rolniczego (Dzienia i Boligłowa, 1993; Spiertz i in., 1996). Innym zastępczym źródłem biomasy może być też słoma pozostająca na polu po zbiorze zbóż, a zwłaszcza stosowana łącznie z międzyplonami (Sadowski, 1992; Szymankiewicz, 1993; Śnieg i Piramowicz, 1995; Boligłowa i Gleń, 2003). Niewiele jest danych eksperymentalnych dotyczących oddziaływania różnych międzyplonów i słomy na strukturę plonu bulw ziemniaka. Stąd wyłania się potrzeba prowadzenia tego typu badań. Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu wsiewki międzyplonowej przyoranej jesienią, międzyplonu ścierniskowego przyoranego jesienią i pozostawionego do wiosny w formie mulczu w kombinacjach bez słomy lub ze słomą na plonowanie i strukturę plonu bulw ziemniaka.

MATERIAŁ I METODY

Eksperyment polowy przeprowadzono w latach 2001–2004 w RSD w Zawadach należącej do Akademii Podlaskiej w Siedlcach. Badania prowadzono na glebie kompleksu żyniego bardzo dobrego, o odczynie obojętnym, średniej zasobności w przyswajalny fosfor, potas i magnez. Zawartość próchnicy wynosiła 1,39%. Doświadczenie założono w układzie split-block, w trzech powtórzeniach. Badano dwa czynniki.

- I. Nawożenie międzyplonem: obiekt kontrolny (bez nawożenia międzyplonem), obornik ($30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), wsiewka międzyplonowa – biomasa przyorana jesienią (koniczyna biała + życica wielokwiatowa $9 + 15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), międzyplon ścierniskowy — biomasa przyorana jesienią (gorczyca biała $25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), międzyplon ścierniskowy — biomasa pozostawiona do wiosny w formie mulczu (gorczyca biała $25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).
- II. Nawożenie słomą: podblok bez słomy, podblok ze słomą.

Wsiewki międzyplonowe wsiewano w jęczmień jary uprawiany na ziarno. Podczas zbioru jęczmienia, na każdym poletku określono plon słomy, który wynosił średnio dla trzech lat $4,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Na poletkach ze słomą rozdrobnioną słomę pozostawiono, a na poletkach bez słomy, zebrano i wywieziono ją z pola. Na wszystkich poletkach ze słomą stosowano wyrównawczą dawkę azotu w ilości 7 kg na 1 tonę słomy. Gorczycę białą uprawianą w międzyplonie ścierniskowym wysiewano w połowie sierpnia. Jesienią, na każdym poletku określono plon świeżej masy międzyplonów łącznie z ich masą

korzeniową z 30 cm warstwy gleby. Średni plon wynosił dla: mieszanki koniczyny białej z życią wielokwiatową 35,8 t·ha⁻¹ i gorczycy białej 36,4 t·ha⁻¹. Następnie na wyznaczone poletka wywieziono obornik bydlęcy i wykonano orkę przedzimową, z wyjątkiem poletek z gorczycą białą pozostawioną do wiosny w formie mulczu. Badane nawozy organiczne wprowadziły do gleby następujące ilości makroelementów w przeliczeniu na 1 ha: obornik (165 kg N; 47 kg P; 133,4 kg K), słoma jęczmienna (31,2 kg N; 10,6 kg P; 73,8 kg K), mieszanka koniczyny białej z życią wielokwiatową (156,3 kg N; 30,2 kg P; 114,3 kg K) oraz gorczyca biała (112,9 kg N; 25,3 kg P; 119,7 kg K).

W pierwszym roku po zastosowaniu nawożenia organicznego uprawiano ziemniaki jadalne odmiany Rywał. Wczesną wiosną wysiano nawozy mineralne, których ilość w przeliczeniu na 1 ha wynosiła: 90 kg N, 36,9 kg P i 99,6 kg K. Na poletkach, na których jesienią wykonano orkę przedzimową, nawozy mineralne wymieszano z glebą za pomocą kultywatora zagregatowanego z broną. Natomiast na poletkach z mulczem stosowano bronę talerzową. Ziemniaki wysadzano w trzeciej dekadzie kwietnia, a zbierano w drugiej dekadzie września. Podczas zbioru ziemniaka określono plon ogólny i handlowy, przyjmując za plon handlowy bulwy o średnicy powyżej 40 mm. Następnie w pobranych próbach bulw określono strukturę plonu, wydzielając frakcje o średnicy poniżej 30, 30–40, 40–50, 50–60 i powyżej 60 mm, a także wyliczono wagowo procentowy ich udział w plonie. Każdą z badanych cech poddano analizie wariancji zgodnie ze schematem układu split-block. W przypadku istotnych źródeł zmienności dokonano szczegółowego porównania średnich testem Tuckeya.

Lata prowadzenia badań charakteryzowały się znacznym zróżnicowaniem warunków pogodowych (tab. 1).

Tabela 1

Warunki pogodowe w okresie prowadzenia badań według danych Stacji Meteorologicznej w Zawadach
Weather conditions in the period of investigations according to the records of Meteorological Station at Zawady

Lata Years	Miesiące — Months						Średnie Mean
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Temperatura w °C — Temperature in °C							
2001	8,7	15,5	17,1	23,8	20,6	12,1	16,3
2002	9,0	17,0	17,2	21,0	20,2	12,9	16,2
2003	7,1	15,6	18,4	20,0	18,5	13,5	15,5
2004	8,0	11,6	15,4	17,5	18,9	13,0	14,1
Średnie z lat Means for years 1951–2000	7,8	13,8	17,1	18,7	18,0	13,0	14,7
Opady (mm) — Rainfall (mm)							
2001	69,8	28,0	36,0	55,4	24,0	108,0	321,2
2002	12,9	51,3	61,1	99,6	66,5	18,7	310,1
2003	13,6	37,2	26,6	26,1	4,7	24,3	132,5
2004	35,9	97,0	52,8	49,0	66,7	19,5	320,9
Średnie z lat Means for years 1951–2000	37,1	50,6	61,5	71,6	53,8	50,0	324,6

O udaniu się międzyplonów decyduje ilość opadów i rozkład temperatur w miesiącach sezonu wegetacyjnego. Korzystnym zarówno dla uprawy wsiewek, jak i międzyplonów ścierniskowych okazał się 2002 rok. Nieco gorsze warunki pogodowe odnotowano w 2001 roku, a najgorsze w niekorzystnym, suchym 2003 roku. Warunki pogodowe różnicowały także plony bulw ziemniaka uprawianego bezpośrednio po nawożeniu międzyplonem i słomą. Najkorzystniejszym dla uprawy ziemniaka okazał się 2004 rok, nieco gorsze warunki pogodowe wystąpiły w 2002 roku, a najgorsze w suchym i ciepłym 2003 roku.

WYNIKI

Plon ogólny bulw ziemniaka istotnie modyfikowały warunki sezonu wegetacyjnego, badane czynniki doświadczenia i ich współdziałanie (tab. 2).

Tabela 2

Plon ogólny bulw ziemniaka ($t \cdot ha^{-1}$) w zależności od nawożenia międzyplonem i słomą
Total yield of potato tubers ($t \cdot ha^{-1}$) depending on intercrop and straw fertilization

Nawożenie międzyplonem Intercrop fertilization	Nawożenie słomą Straw fertilization								Średnie Mean			
	Podblok bez słomy Subblock without straw				Podblok ze słomą Subblock with straw							
	2002	2003	2004	średnie mean	2002	2003	2004	średnie mean	2002	2003	2004	średnie mean
Obiekt kontrolny Control object	29,2	20,4	30,5	26,7	38,5	29,6	39,6	35,9	33,9	25,0	35,1	31,3
Obornik Farmyard manure	45,8	34,4	47,0	42,4	43,2	31,8	44,4	39,8	44,5	33,1	45,7	41,4
Koniczyna biała + życica wielokwiatowa White clover + Italian ryegrass	48,4	36,6	49,7	44,9	46,5	34,7	47,8	43,0	47,5	35,7	48,8	44,0
Gorzyczka biała White mustard	45,2	33,7	46,5	41,8	42,9	31,4	44,2	39,5	44,1	32,6	45,4	40,7
Gorzyczka biała – mulcz White mustard – mulch	41,0	29,4	42,1	37,5	45,6	34,0	46,7	42,1	43,3	31,7	44,4	39,8
Średnie Mean	41,9	30,9	43,2	38,7	43,3	32,3	44,5	40,1	42,7	31,6	43,9	-

NIR_{0,05} – LSD_{0,05}

lata – years = 0,9; nawożenie międzyplonem – intercrop fertilization = 1,0; nawożenie słomą – straw fertilization = 0,8;

lata × nawożenie międzyplonem – years × intercrop fertilization = 1,2; lata × nawożenie słomą – years × straw fertilization

= n.i.- n.s; nawożenie międzyplonem x nawożenie słomą – intercrop fertilization x straw fertilization = 1,4

Największy plon bulw ziemniaka zebrano w korzystnym 2004 roku, istotnie mniejszy w 2002 roku, a najmniejszy w niekorzystnym, suchym 2003 roku. Spośród badanych międzyplonów najwyższą wartość nawozową wykazała mieszanka koniczyny białej z życicą wielokwiatową. Wartość nawozowa gorzycy białej dorównywała wartości nawozowej obornika. Natomiast wartość nawozowa gorzycy białej stosowanej w formie mulczu była istotnie niższa niż wartość nawozowa obornika. Jednak i w tym przypadku

plon ogólny bulw ziemniaka był istotnie wyższy od odnotowanego na obiekcie kontrolnym. Nawożenie słomą także istotnie różnicowało plon ogólny bulw ziemniaka. Na obiektach ze słomą plon ogólny bulw ziemniaka był większy o 3,6% od odnotowanego na obiektach bez słomy. Wykazano interakcję warunków pogodowych z nawożeniem międzyplonem, z której wynika, że największy plon ogólny bulw ziemniaka otrzymano w 2004 roku z obiektu nawożonego mieszkanką koniczyny białej z życią wielokwiatową, a najmniejszy w 2003 roku z obiektu kontrolnego. Plon ogólny bulw ziemniaka był także istotnie modyfikowany przez współdziałanie nawożenia międzyplonem z nawożeniem słomą. Największy plon ogólny bulw ziemniaka otrzymano z obiektu nawożonego mieszkanką koniczyny białej z życią wielokwiatową w kombinacjach bez słomy i ze słomą. Plon ogólny bulw ziemniaka nawożonego gorczycą białą oraz gorczycą białą w formie mulczu z dodatkiem słomy kształtował się na zbliżonym poziomie, jak plon ogólny bulw ziemniaka nawożonego obornikiem. Natomiast najmniejszy plon ogólny bulw ziemniaka odnotowano na obiekcie kontrolnym.

Analiza statystyczna wykazała istotny wpływ warunków pogodowych, badanych czynników doświadczenia i ich interakcji na plon handlowy bulw ziemniaka (tab. 3).

Tabela 3

Plon handlowy bulw ziemniaka ($t \cdot ha^{-1}$) w zależności od nawożenia międzyplonem i słomą
Commercial yield ($t \cdot ha^{-1}$) of potato tubers depending on intercrop and straw fertilization

Nawożenie międzyplonem Intercrop fertilization	Nawożenie słomą Straw fertilization								Średnie Mean			
	Podblok bez słomy Subblock without straw				Podblok ze słomą Subblock with straw							
	2002	2003	2004	Średnie Mean	2002	2003	2004	Średnie Mean	2002	2003	2004	Średnie Mean
Obiekt kontrolny Control object	19,3	10,5	20,6	16,8	28,4	20,2	30,4	26,5	23,9	15,5	25,6	21,7
Obornik Farmyard manure	40,8	29,4	42,0	37,4	38,3	26,9	39,5	34,9	39,6	28,2	40,8	36,2
Koniczyna biała + żyćica wielokwiatowa White clover + Italian ryegrass	46,4	34,6	47,7	42,9	44,8	33,0	46,1	41,3	45,6	33,8	46,9	42,1
Gorczyca biała White mustard	40,,6	29,1	41,9	37,2	39,0	27,5	40,3	35,6	39,8	28,3	41,1	36,4
Gorczyca biała – mulcz White mustard – mulch	33,2	21,6	34,3	29,7	40,5	28,9	41,6	37,0	36,9	25,3	38,0	33,4
Średnie Mean	36,1	25,0	37,3	32,7	38,2	27,3	39,6	35,1	37,2	26,2	38,5	-
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} lata – years = 0,8; nawożenie międzyplonem – intercrop fertilization = 0,9; nawożenie słomą – straw fertilization = 0,8; lata × nawożenie międzyplonem – years × intercrop fertilization = 1,1; lata × nawożenie słomą – years x straw fertilization = n.i.- n.s; nawożenie międzyplonem × nawożenie słomą – intercrop fertilization × straw fertilization = 1,3												

Największy plon handlowy, podobnie jak plon ogólny bulw ziemniaka odnotowano w korzystnym 2004 roku, istotnie mniejszy w 2002 roku, a najmniejszy w niekorzystnym 2003 roku. Nawożenie międzyplonem także istotnie różnicowało plon handlowy bulw ziemniaka. Największy plon handlowy otrzymano z obiektu nawożonego mieszanką koniczyny białej z życią wielokwiatową. Plon handlowy ziemniaka nawożonego gorczyczą białą nie różnił się istotnie od odnotowanego na oborniku, a na obiekcie nawożonym gorczyczą białą w formie mulczu był istotnie mniejszy. Nawożenie słomą również istotnie modyfikowało plon handlowy. Na obiektach ze słomą plon handlowy był istotnie większy niż na obiektach bez słomy. Ze współdziałania warunków sezonu wegetacyjnego z nawożeniem międzyplonem wynika, że największy plon handlowy bulw ziemniaka otrzymano w 2004 roku z obiektu nawożonego mieszanką koniczyny białej z życią wielokwiatową, a najmniejszy w suchym 2003 roku z obiektu kontrolnego. Wykazano także interakcję badanych czynników doświadczenia, z której wynika, że największy plon handlowy otrzymano z obiektu nawożonego mieszanką koniczyny białej z życią wielokwiatową w kombinacji bez słomy i ze słomą, a najmniejszy z obiektu kontrolnego. Jednak należy tu dodać, że plon handlowy ziemniaka z obiektu nawożonego gorczyczą białą oraz gorczyczą białą w formie mulczu w kombinacji ze słomą kształtował się na zbliżonym poziomie, jak plon handlowy ziemniaka nawożonego obornikiem.

Strukturę plonu bulw ziemniaka istotnie różnicowało nawożenie międzyplonem (tab. 4). Największy udział bulw drobnych w plonie (o średnicy poniżej 40 mm) odnotowano na obiekcie kontrolnym, bez nawożenia międzyplonem. Stosowanie międzyplonów w porównaniu do obiektu kontrolnego powodowało spadek udziału frakcji bulw drobnych, a wzrost udziału frakcji bulw średnich i dużych w plonie. Największy udział frakcji bulw o średnicy 40-60 mm, otrzymano z obiektu nawożonego gorczyczą białą, a bulw dużych (o średnicy powyżej 60 mm) z obiektu nawożonego mieszanką koniczyny białej z życią wielokwiatową, na którym odnotowano największy plon bulw ziemniaka.

Tabela 4

Procentowy udział frakcji bulw w plonie ogólnym w zależności od nawożenia międzyplonem (średnie z lat 2002–2004)
Percentage share of different tuber fractions in total yield depending on intercrop fertilization (mean for 2002–2004)

Nawożenie międzyplonem Intercrop fertilization	Średnica bulw — tuber diameter (mm)		
	> 60	40-60	< 40
Obiekt kontrolny Control object	0	63,6	36,4
Obornik Farmyard manure	16,7	74,3	9,0
Koniczyna biała + życica wielokwiatowa White clover + Italian ryegrass	28,9	70,5	0,6
Gorczyca biała White mustard	11,8	79,7	8,5
Gorczyca biała-mulcz White mustard-mulch	4,9	70,4	24,7
Średnie Means	12,5	72,0	15,5
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	5,2	4,2	4,6

Nawożenie słomą także istotnie modyfikowało procentowy udział frakcji bulw w plonie (tab. 5). Na obiektach ze słomą odnotowano istotnie większy udział frakcji bulw drobnych w plonie niż na obiektach bez słomy. Natomiast udział frakcji bulw średnich w plonie (o średnicy 40-60 mm) kształtował się odwrotnie, a mianowicie był istotnie większy na obiektach bez słomy. Podczas gdy udział frakcji bulw dużych w plonie (o średnicy powyżej 60 mm) nie był istotnie różnicowany przez nawożenie słomą.

Tabela 5

Procentowy udział frakcji bulw w plonie w zależności od nawożenia słomą (średnie z lat 2002-2004)
Percentage participation of tuber fractions in the yield depending on straw fertilization
(mean for 2002-2004)

Nawożenie słomą Straw fertilization	Średnica bulw — tuber diameter (mm)		
	> 60	40-60	< 40
Podbłok bez słomy Subblock without straw	13,2	74,2	12,6
Podbłok ze słomą Subblock with straw	12,4	72,3	15,3
Średnie Mean	12,8	73,3	12,8
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	n.i. — n.s.	1,8	1,6

DYSKUSJA

Badania własne, analogicznie jak Głuskiej (2000) dowodzą, że wielkość plonu bulw ziemniaka zależy nie tylko od czynników agrotechnicznych, lecz również od czynników środowiskowych, a przede wszystkim od sumy opadów i rozkładu temperatur w okresie wegetacji roślin. Niekorzystne warunki pogodowe odnotowane w 2003 roku spowodowały silny spadek plonu bulw ziemniaka pomimo dużej produkcji biomasy międzyplonów, w roku poprzedzającym uprawę ziemniaka. Wynika to z faktu, iż niedobór opadów w okresie wegetacji ziemniaka hamuje rozkład biomasy w glebie, co zmniejsza ilość składników pokarmowych udostępnianych roślinie uprawnej, efektem czego jest niski plon bulw ziemniaka. W przeprowadzonym doświadczeniu wykazano, że stosowanie alternatywnych form nawożenia organicznego w uprawie ziemniaka jest w pełni uzasadnione. Na szczególną uwagę zasługują tu nawozy zielone z wsiewek międzyplonowych i międzyplonów ścierniskowych oraz słoma pozostająca na polu po zbiorze zbóż. Najwyższą wartość nawozową wykazała tu mieszanka koniczyny białej z życicą wielokwiatową. Jak podaje Nowak (1982), podczas rozkładu roślin motylkowatych mogą zachodzić wysokie straty azotu. W zależności od temperatury, wilgotności i czasu rozkładu straty azotu mogą dochodzić nawet do 50%. Aby temu zapobiec należy do rozkładającej się masy roślin motylkowatych dodać materiału wzbogaconego w węgiel, np. traw w celu rozszerzenia stosunku C:N. W badaniach własnych wartość nawozowa międzyplonu ścierniskowego z gorczycy białej dorównywała obornikowi. Jest to zbieżne z wynikami badań Boligłowy i Gleń (2003), Dziemi i Szarka (1999) oraz Grześkiewicza i Trawczyńskiego (1997). W nawożeniu ziemniaka międzyplony ścierniskowe można stosować także w formie mulczu. Jednak wartość nawozowa gorczycy białej stosowanej w formie mulczu nie dorównuje

wartości nawozowej obornika. Potwierdzają to badania Boligłowy i Dzienni (1996) oraz Dzienni i Szarka (1999). W integrowanej uprawie ziemniaka można zalecać ten sposób nawożenia, a zwłaszcza mulczem z gorczycy białej w kombinacji ze słomą, po zastosowaniu której plon bulw ziemniaka nie różnił się istotnie od odnotowanego na oborniku. Stosowanie międzyplonu w formie mulczu pełni wiele korzystnych funkcji: spowalnia mineralizację substancji organicznej, nie dopuszcza do wymywania azotu, magazynuje wodę z opadów jesienno-zimowych, poprawia strukturę gleby i wzbogaca ją w masę organiczną (Hoyt i in., 1986; Frey i in., 1988; Dzienna i Boligłowa, 1993).

W omawianym doświadczeniu nawożenie ziemniaka słomą jęczmienną dało niższy efekt niż nawożenie obornikiem. Jest to zbieżne z wynikami badań Sadowskiego (1992), Szymankiewicza (1993), Śnieg i Piramowicz (1995) oraz Płazy i Ceglarka (2004). Natomiast badania własne wykazały, że łączne stosowanie słomy z międzyplonem ścierniskowym pozostawionym do wiosny w formie mulczu wyraźnie wzmacniało jej wartość nawozową. Również Boligłowa i Gleń (2003), Dzienna i Szarek (1999) oraz Grześkiewicz i Trawczyński (1997) zalecają łączne jej stosowanie z międzyplonami ścierniskowymi.

Z badań własnych wynika, że nawożenie organiczne oddziałuje nie tylko na plon, ale i jego strukturę. Spośród badanych międzyplonów, najkorzystniej na omawianą cechę oddziaływało nawożenie mieszanką koniczyny białej z życicą wielokwiatową. Można zauważyć tu pewną zależność, którą potwierdzają badania innych autorów (Roztropowicz, 1987; Szymankiewicz, 1993; Boligłowa i Dzienna, 1996). Mianowicie, na obiektach, gdzie otrzymuje się największe plony ziemniaka, występuje wzrost udziału bulw dużych, a spadek udziału bulw średnich i małych. Nawożenie słomą zwiększało udział bulw drobnych w plonie. Zdaniem Szymankiewicza (1993) nie tylko słoma, ale i nawozy zielone obniżają udział bulw dużych w plonie, szczególnie w latach suchych. Natomiast w przeprowadzonym doświadczeniu nawożenie ziemniaka międzyplonami i międzyplonami ze słomą nie różnicowało istotnie udziału bulw dużych w plonie.

WNIOSKI

1. Warunki sezonu wegetacyjnego istotnie różnicowały plony bulw ziemniaka.
2. Największe plony bulw ziemniaka otrzymano z obiektu nawożonego mieszanką koniczyny białej z życicą wielokwiatową.
3. Nawożenie międzyplonami i obornikiem wpływało korzystnie na kształtowanie się struktury plonu bulw. Największy udział frakcji bulw dużych w plonie odnotowano z obiektu nawożonego mieszanką koniczyny białej z życicą wielokwiatową.
4. Na obiektach ze słomą odnotowano spadek udziału frakcji bulw średnich, a wzrost udziału frakcji bulw drobnych w plonie w porównaniu do obiektów bez słomy.
5. Nawożenie ziemniaka mieszanką koniczyny białej z życicą wielokwiatową w kombinacji bez słomy i ze słomą, gorczycą białą przyorana jesienią oraz gorczycą białą stosowaną w formie mulczu w kombinacji ze słomą w pełni zastępuje obornik.

LITERATURA

- Boligłowa E., Dzień S. 1996. Wpływ nawożenia organicznego i sposobu uprawy roli na plonowanie i jakość bulw ziemniaka. Zesz. Nauk. AR Szczecin Rol. LXII 172: 37 — 42.
- Boligłowa E., Gleń K. 2003. Yielding and quality of potato tubers depending on the kind of organic fertilization and tillage method. EJPAU, Ser. Agronom. Is. 1, 6: 1 — 10.
- Dzień S., Boligłowa E. 1993. Rola mulczowania w podnoszeniu żyzności i urodzajności gleby. Post. Nauk Rol. 1: 107 — 111.
- Dzień S., Szarek P. 1999. Wpływ systemów uprawy i nawożenia organicznego na plonowanie ziemniaka. Fol. Univ. Agric. Stetin, Agric. 195(74): 197 — 202.
- Frye W.W., Blevins R.L., Smith M.S., Corak S., Varco J.J. 1988. Role of annual legume cover crops in efficient use water and nitrogen. Spec. Pub. 51, Am. Soc. Agronom., Medison.
- Głuska A. 2000. Wpływ agrotechniki na kształtowanie jakości plonu ziemniaka. Biul. IHAR 213: 173 — 178.
- Grześkiewicz H., Trawczyński C. 1997. Poplony ścierniskowe jako nawóz organiczny w uprawie ziemniaka. Biul. Inst. Ziemn. 48: 73 — 82.
- Hoyt G. D., Hargrove W. L. 1986. Legume cover crop for improving crop and soil management in the Southern United States. Hort. Sci. 21.
- Nowak G. 1982. Przemiany roślinnej materii organicznej znakowanej izotopem C¹⁴ w glebach intensywnie nawożonych. Zesz. Nauk. ART Olsztyn Ser. Rol. 35: 3 — 57.
- Płaza A., Ceglarek F. 2004. Reakcja ziemniaka odmiany Rywał na nawożenie wsiewkami międzyplonowymi w warunkach środkowo — wschodniej Polski. Biul. IHAR 232: 101 — 106.
- Roztropowicz S. 1987. Wpływ terminu stosowania obornika na plon ziemniaka uprawianego w różnych warunkach glebowych. Mat. konf. nauk. pt. „Agrotechnika ziemniaka i wybrane zagadnienia z przechowalnictwa”. Bonin: 41 — 43.
- Sadowski W. 1992. Porównanie efektywności obornika, słomy, nawozów zielonych i biohumusu w uprawie ziemniaka. Mat. konf. nauk. nt. „Produkcyjne skutki zmniejszenia nakładów na agrotechnikę roślin uprawnych”. ART Olsztyn: 216 — 222.
- Spiertz J.H.J., Haverkort A. J., Vereijken P.H. 1996. Environmentally safe and consumer friendly potato production in The Netherlands. 1. Development of ecologically sound productions systems. Potato Res. 39: 371 — 378.
- Śnieg L., Piramowicz W. 1995. Wpływ sposobu nawożenia na plonowanie ziemniaka i zboża jarego w ogniwie zmianowania. Rocz. Nauk Rol., Ser. A, T. 111, Z. 1-2: 127 — 134.
- Szymankiewicz K. 1993. Wpływ stosowania pod ziemniak słomy na plon i jego strukturę ze szczególnym uwzględnieniem bulw dużych. Biul. Inst. Ziemn. 43: 93 — 103.

MAREK GUGAŁA¹**KRYSTYNA ZARZECKA**¹**ALICJA BARANOWSKA**²¹ Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Akademia Podlaska, Siedlce² Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Białej Podlaskiej

Oddziaływanie sposobów uprawy roli i pielęgnacji na jednostkową wydajność roślin ziemniaka

Affecting of soil tillage systems and weed control methods on the individual productivity of potato plants

W latach 2002–2004 przeprowadzono doświadczenie polowe na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego, w którym porównywano wpływ dwóch sposobów uprawy roli: tradycyjnej i uproszczonej oraz siedmiu sposobów pielęgnacji z zastosowaniem herbicydów na jednostkową wydajność roślin ziemniaka. Analiza statystyczna wykazała istotny wpływ sposobów pielęgnacji i warunków pogodowych w latach prowadzenia badań na masę i liczbę bulw pod jedną rośliną oraz średnią masę jednej bulwy. Stwierdzono występowanie wysokiej współzależności pomiędzy liczbą, świeżą i powietrznie suchą masą chwastów a cechami jednostkowej wydajności roślin ziemniaka. Większe ujemne oddziaływanie na jednostkową wydajność roślin wystąpiło przed zbiorem bulw niż na początku wegetacji, tj. przed zwarciem rzędów rośliny uprawnej. Wzrost zachwaszczenia o 1 g powietrznie suchej masy chwastów na m² spowodował zmniejszenie masy bulw pod 1 rośliną i średniej masy 1 bulwy przed zwarciem rzędów o 3,27 i 0,62 g, a przed zbiorem ziemniaków o 9,05 i 1,67g.

Słowa kluczowe: analiza regresji, sposoby pielęgnacji, sposoby uprawy, współczynnik korelacji, ziemniak

The field experiments were carried out in 2002–2004 on a very good rye soil complex, which the effects of two soil tillage systems traditional and simplified, and of seven methods of weed control with herbicides on individual productivity of potato plants were compared. Statistical analysis revealed significant effects of the methods of weed control and of the weather conditions over the experimental years on the mass and number of the tubers per plant and on the average mass of one. High correlation between the number, fresh matter and air-dry matter of weeds and individual productivity of potato plants was found. A negative influence of weed infestation on individual productivity of plants appeared to be stronger before tubers harvest than at the beginning of crop growth, i.e. before closing of potato rows. The increase in weed infestation by 1 g of air-dry matter of weeds per m² resulted in the reduction of tuber mass per plant and of the average mass of tuber by 3.27 and 0.62 g, respectively, when recorded before closing of potato rows, and by 9.05 g and 1.67 g, when estimated before potato harvest.

Key words: analysis of regression, coefficient of correlation, potato, tillage systems, weed control methods

WSTĘP

W wyniku wprowadzania coraz dalej idących uproszczeń w uprawie roli i związanego z nimi zwiększonego zachwaszczenia istnieje potrzeba poszukiwania skutecznych sposobów pielęgnacji z udziałem herbicydów, mieszanin herbicydowych oraz z dodatkiem adiuwantów w celu zmniejszenia presji na środowisko. Rośliny zachwaszczone wydają mniejszy plon, jest on najczęściej gorszej jakości, ponadto zwiększają się nakłady pracy i koszty produkcji (Gruczek, 2001; Kraska i Pałys, 2002; Sawicka i Pszczółkowski, 2003; Sobótka, 1999). Ziemniak należy do roślin o dużej wrażliwości na zachwaszczenie, co wynika z powolnego początkowego tempa rozwoju rośliny. Uprawa w szerokich rzędach i długi okres od posadzenia do zwarcia rzędów ograniczają konkurencję ziemniaka z chwastami (Gruczek, 2002). Stwarza to doskonałe warunki do rozwoju chwastów, a w konsekwencji obniża plon bulw i jego cechy jakościowe (Rychcik i in., 2004; Sawicka i in., 2005; Zarzecka, 2000). Skłoniło to do określenia wpływu sposobów uprawy i pielęgnacji na wydajność jednostkową czyli na masę i liczbę bulw pod jedną rośliną ziemniaka, które warunkują plon oraz średnią masę jednej bulwy. Podjęto również próbę określenia zależności pomiędzy zachwaszczeniem a wymienionymi składowymi plonu.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2002–2004 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady na glebie kompleksu żynnego bardzo dobrego o składzie granulometrycznym piasków gliniastych lekkich i piasków gliniastych mocnych. Zasobność gleby w przyswajalny fosfor była wysoka, w potas średnia do wysokiej zaś w magnez średnia do bardzo wysokiej.

Schemat statycznego, dwuczynnikowego doświadczenia polowego założonego metodą losowanych podbloków w trzech powtórzeniach uwzględniał dwa sposoby uprawy roli: tradycyjny (orka odwrotka, orka przedzimowa, bronowanie, kultywatorowanie, bronowanie) i uproszczony (orka odwrotka, kultywatorowanie) i siedem sposobów pielęgnacji z zastosowaniem herbicydów i ich mieszanin. Warianty ochrony przed chwastami obejmowały:

- 1. obiekt kontrolny — zabiegi mechaniczne,
- 2. Plateen 41,5 WG 2,0 kg·ha⁻¹,
- 3. Plateen 41,5 WG 2,0 kg·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC 2,5 dm³·ha⁻¹,
- 4. Plateen 41,5 WG 1,6 kg·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC 2,0 dm³·ha⁻¹ + Atpolan 80 EC 1,5 dm³·ha⁻¹,
- 5. Barox 460 SL 3,0 dm³·ha⁻¹,
- 6. Barox 460 SL 3,0 dm³·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC 2,5 dm³·ha⁻¹,
- 7. Barox 460 SL 2,4 dm³·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC 2,0 dm³·ha⁻¹ + Atpolan 80 EC 1,5 dm³·ha⁻¹.

Na obiektach 2–4 herbicydy aplikowano przed wschodami, a w wariantach 5–7 po wschodach roślin ziemniaka. Ziemniak jadalny odmiany Wiking sadzono ręcznie w rozstawie $67,5 \times 37$ cm. Stosowano nawożenie obornikiem ilości $25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz nawożenie mineralne wynoszące: 90 kg N, 32,9 kg P i 112,1 kg K na 1 ha. Tuż przed zbiorem wykopano bulwy z 10 krzaków każdego poletka i określono masę i liczbę bulw z jednej rośliny oraz przeciętną masę bulwy. Analizę zachwaszczenia wykonano dwukrotnie (przed zwarcie rzędów i tuż przed zbiorem bulw) oznaczając liczbę, świeżą i powietrznie suchą masę chwastów na powierzchni 1 m^2 (Roztropowicz, 1999). Wyniki badań opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji, a istotność różnic testowano testem Tukeya. Do obliczenia zależności między zachwaszczeniem i cechami plonu wykorzystano współczynniki korelacji i równania regresji. Sumy opadów w okresie wegetacji ziemniaka w pierwszym i trzecim roku badań były zbliżone do średniej sumy wieloletniej, a w drugim sezonie ponad dwukrotnie mniejsze niż w okresie wieloletnim. Temperatury powietrza we wszystkich latach przewyższały średnią wieloletnią (tab. 1).

Tabela 1

Warunki atmosferyczne w okresie wegetacji ziemniaka
Weather conditions during the vegetation of potato

Miesiące Months	Współczynnik hydrotermiczny Sielanianowa* Sielanianov's hydrothermic coefficient		
	2002	2003	2004
Kwiecień — April	1,5	0,6	1,5
Maj — May	1,0	0,8	2,7
Czerwiec — June	1,2	0,5	1,1
Lipiec — July	1,5	0,4	0,9
Sierpień — August	2,1	0,1	1,1
Wrzesień — September	1,5	0,6	0,5
Średnio Mean	1,1	0,4	1,2
Suma opadów w okresie wegetacji (mm) Rainfall in the vegetation period (mm)	310,1	132,5	320,9
Odchylenie od średniej wieloletniej Deviation from multi-year average 1981–1995	-33,6	-211,2	-22,8
Średnia temperatura powietrza (°C) Mean air temperature (°C)	16,2	15,5	14,1
Odchylenie od średniej wieloletniej Deviation from multi-year average 1981–1995	+2,2	+1,5	+0,1

*Wartość współczynnika; Value of coefficient

≤ 0,5 silna posucha – strong mild drought; 0,51–0,69 posucha – mild drought; 0,70–0,99 słaba posucha – weak mild drought; ≥ 1 brak posuchy – fault mild drought

WYNIKI I DYSKUSJA

Masa bulw pod jedną rośliną wynosiła średnio 843,8 g i była zbliżona do wartości, którą otrzymali Kraska i Pałys (2002) (tab. 2). Udowodniono statystycznie istotnie większą masę bulw ziemniaka z jednego krzaka na poletkach chronionych herbicydami w porównaniu z obiektem pielęgnowanym mechanicznie.

Tabela 2

Wpływ sposobów uprawy i pielęgnacji na jednostkową wydajność roślin ziemniaka
Influence of tillage systems and weed control methods on the individual productivity
of potato plants

Sposoby pielęgnacji* Weed control methods	Sposoby uprawy roli Tillage system		Lata Years			Średnia Average
	tradycyjna traditional	uproszczona simplified	2002	2003	2004	
Masa bulw pod jedną rośliną (g) — Tuber mass per plant (g)						
1.	762,2	721,7	1005,1	457,7	745,2	742,0
2.	877,0	784,7	1128,9	495,4	868,4	830,9
3.	908,6	846,5	1130,6	512,9	988,4	877,3
4.	950,5	923,8	1164,5	532,5	114,1	937,0
5.	853,7	759,0	1017,3	547,2	854,6	806,4
6.	884,5	787,8	1063,1	550,9	894,5	836,2
7.	910,0	843,0	1079,8	607,8	942,0	876,5
Średnia Average	878,0	809,7	1084,2	531,8	915,4	843,8
NIR _{0,05} dla: LSD _{0,05} for: sposobów uprawy - tillage system = rn-ns; sposobów pielęgnacji - weed control methods = 44,1; lat – years = 97,7; interakcji - interaction: sposoby uprawy × lata – tillage systems × years = rn-ns; sposoby pielęgnacji × lata – weed control methods × years = 100,4; sposoby uprawy × sposoby pielęgnacji - tillage system × weed control methods =rn-ns						
Liczba bulw pod jedną rośliną (szt.) — Tuber number per plant						
1.	11,3	11,4	13,6	11,0	9,5	11,4
2.	11,0	10,6	13,3	10,5	8,6	10,8
3.	10,0	10,7	13,2	9,9	8,0	10,4
4.	9,5	10,2	13,1	9,7	6,8	9,9
5.	10,4	10,5	13,6	9,0	8,8	10,5
6.	10,3	10,4	13,6	9,0	8,5	10,4
7.	9,8	10,2	13,4	8,3	8,3	10,0
Średnia Average	10,3	10,6	13,4	9,7	8,4	10,5
NIR _{0,05} dla: LSD _{0,05} for: sposobów uprawy - tillage system =rn-ns; sposobów pielęgnacji - weed control methods = 1,0; lat – years = 2,3; interakcji - interaction: sposoby uprawy × lata – tillage systems × years = rn-ns; sposoby pielęgnacji × lata – weed control methods × years = rn-ns; sposoby uprawy × sposoby pielęgnacji - tillage system × weed control methods =rn-ns						
Średnia masa jednej bulwy (g) — Average mass of tuber (g)						
1.	67,4	63,2	73,9	43,1	79,0	65,3
2.	81,1	76,0	84,8	47,2	103,8	78,6
3.	93,1	82,4	86,1	53,1	124,1	87,8
4.	106,9	100,3	89,3	56,1	165,6	103,7
5.	82,9	73,7	75,6	61,9	97,5	78,3
6.	87,7	78,0	76,5	63,7	106,5	82,2
7.	94,5	84,8	80,5	73,8	114,7	89,7
Średnia Average	87,6	79,7	81,2	56,9	113,0	83,7

NIR_{0,05} dla: LSD_{0,05} for: sposobów uprawy - tillage system = rn-ns; sposobów pielęgnacji - weed control methods = 11,2; lat – years = 24,4; interakcji - interaction: sposoby uprawy × lata – tillage systems × years = 17,4; sposoby pielęgnacji × lata – weed control methods × years = 19,5; sposoby uprawy × sposoby pielęgnacji - tillage system × weed control methods = 10,4

*Oznaczenia jak w metodach badań

*For explanations see the unit Materiał i Metody

Sawicka i wsp. (2006) większe wartości plonu ogólnego i handlowego uzyskali w integrowanym systemie produkcji niż w ekologicznym, w którym ograniczanie chwastowania polegało na stosowaniu tylko zabiegów mechanicznych. W prowadzonych

badaniach największą masę bulw z jednej rośliny stwierdzono w roku 2002, istotnie mniejszą w 2004, zaś najmniejszą w roku 2003. Statystycznie udowodniono interakcję sposobów pielęgnacji z latami badań. Masa bulw pod jedną rośliną była największa w latach 2002 i 2004 na obiektach opryskiwanych mieszaninami herbicydów Plateen 41,5 WG i Fusilade Forte 150 EC (obiekty 3 i 4), a w 2003 roku mieszaninami Barox 460 SL i Fusilade Forte 150 EC (obiekty 6 i 7). Sposoby uprawy nie różnicowały istotnie omawianej cechy. Do podobnych spostrzeżeń doszli Kraska i Pałys (2002). Intensywna pielęgnacja (zastosowanie mieszanin herbicydowych) przyczyniła się do polepszenia struktury plonu, co wynikało ze zmniejszenia liczby bulw z jednego krzaka. Brak wpływu poziomu ochrony na liczbę bulw zanotowali Rychcik i wsp. (2004), natomiast Kraska i Pałys (2002) stwierdzili istotne zwiększenie liczby bulw pod rośliną pod wpływem intensywnego nawożenia i ochrony w stosunku do podstawowego, nie zaobserwowali zaś oddziaływania systemu uprawy na omawianą cechę. Również Dzienia i Szarek (2000) wykazali, że system uprawy roli jak i interakcja badanych czynników, nie miały istotnego wpływu na liczbę bulw pod jedną rośliną.

W przeprowadzonym doświadczeniu średnia masa pojedynczej bulwy wynosiła 83,7 g i zależała istotnie od sposobów pielęgnacji i warunków panujących w latach badań (tab. 2). Była ona większa na obiektach pielęgnowanych z użyciem herbicydów w porównaniu do pielęgnacji mechanicznej. W roku 2003 średnia masa jednej bulwy była istotnie mniejsza aniżeli w latach 2002–2004. Zbliżone wyniki uzyskali Kraska i Pałys (2002) oraz Rychcik i wsp. (2004). Udowodniono interakcję sposobów pielęgnacji z latami, sposobów uprawy z latami oraz sposobów pielęgnacji ze sposobami uprawy. Najkorzystniejszymi sposobami pielęgnacji było stosowanie mieszanin herbicydowych z dodatkiem adiuwanta Atpolan 80 EC oraz mieszanin herbicydowych (obiekty 4 i 7 oraz 3 i 6).

Ziemniak charakteryzuje się dużą zmiennością plonowania poszczególnych roślin w zróżnicowanych warunkach pogodowych, stąd ważna jest analiza zależności w obrębie pojedynczej rośliny (Kołodziejczyk, 2000).

Wyniki analizy korelacji zamieszczone w tabeli 3 wskazują na istotną zależność wydajności jednostkowej ziemniaka (masy i liczby bulw pod jedną rośliną oraz średniej masy jednej bulwy) od liczby, świeżej i suchej masy chwastów oznaczonych na początku i pod koniec wegetacji. W największym stopniu cechy plenności jednostkowej były skorelowane z powietrznie suchą masą oznaczoną przed zbiorem bulw, co świadczy, że długość ich rozwoju i przebywania w łanie decydowała o konkurencyjności i wpływie na rośliny ziemniaka. Jednocześnie zaobserwowano, że zarówno świeża jak i sucha masa chwastów były ściślej skorelowane z cechami plonu niż liczba chwastów w obydwu terminach oznaczeń. Potwierdzają to współczynniki korelacji uzyskane przez Pomykalską (1986, 1991), Sawicką i Pszczółkowskiego (2003) i Zarzecką (2000).

W większości prac innych autorów przedmiotem badań było głównie określenie wpływu zachwaszczenia na plonowanie (Gruczek, 2002; Kraska i in., 2006; Rychcik i in., 2004), natomiast tylko niektórzy badacze określali zależność plonowania od liczby czy masy chwastów (Pomykalska, 1991; Lehoczky i in., 2003; Sawicka i in., 2006; Zarzecka, 2000).

Tabela 3

**Współczynniki korelacji między zachwaszczeniem a jednostkową wydajnością roślin ziemniaka
(średnie dla lat i sposobów uprawy)**
**The correlation coefficients between weediness and individual productivity of potato plants (mean for 3
years and tillage systems)**

Wskaźniki zachwaszczenia Indexes of weediness	Współczynniki korelacji — correlation coefficients		
	masa bulw pod jedną rośliną (g) tuber mass per plant (g)	liczba bulw pod jedną rośliną tuber number per plant	średnia masa jednej bulwy (g) average mass of tuber (g)
Liczba chwastów na m ² przed zwarciem rzędów Number of weeds per m ² before closing of rows	-0,9136	0,8669	-0,8608
Liczba chwastów na m ² przed zbiorem bulw Number of weeds m ² before harvest of tubers	-0,9476	0,9264	-0,9226
Świeża masa chwastów w g na m ² przed zwarciem rzędów Fresh matter of weeds in g per m ² before closing of rows	-0,9460	0,8635	-0,9022
Świeża masa chwastów w g na m ² przed zbiorem bulw Fresh matter of weeds in g per m ² before harvest of tubers	-0,9784	0,9432	-0,9578
Powietrznie sucha masa chwastów w g na m ² przed zwarciem rzędów Air-dry matter of weeds in g per m ² before closing rows	-0,9633	0,8699	-0,9243
Powietrznie sucha masa chwastów w g na m ² przed zbiorem bulw Air-dry matter of weeds in g per m ² before harvest of tubers	-0,9906	0,9208	-0,9693

* Współczynniki korelacji istotne

* Significant coefficients of correlation

Stąd w poniższej pracy scharakteryzowano zmniejszenie lub zwiększenie ważniejszych cech plonu powodowane zachwaszczeniem oznaczonym dwukrotnie podczas wegetacji ziemniaka. Do realizacji tego celu opracowano równania regresji, opisujące zależność masy i liczby bulw pod jedną rośliną oraz średniej masy jednej bulwy od liczby chwastów, świeżej i suchej masy chwastów występujących na powierzchni m² poletka. Równania określające zależność masy bulw pod jedną rośliną od wskaźników zachwaszczenia przyjęły prostoliniową postać i zostały zamieszczone w tabeli 4. Wzrost zachwaszczenia o 1 chwast na m² na początku wegetacji obniżał masę bulw o 16 g, a przed zbiorem o 18 g, a wzrost świeżej masy chwastów o 1 g zmniejszał masę bulw pod 1 rośliną odpowiednio o 0,87 i 2,27 g, a powietrznie suchej masy chwastów o 3,27 g i 9,05 g. Podobne oddziaływanie zachwaszczenia na masę bulw pod rośliną obserwowała Zarzecka (2004). Lehoczky i wsp. (2003) stwierdzili zależność pomiędzy świeżą masą chwastów i obniżeniem masy bulw pod krzakiem o 28%, a masy łodyg o 16%.

Opis zależności średniej masy jednej bulwy od zachwaszczenia przedstawiają równania zamieszczone w tabeli 4. Wzrost zachwaszczenia o 1 roślinę na każdym 1 m² obniżył masę 1 bulwy o 2,9 i 3,5 g, a wzrost świeżej i powietrznie suchej masy odpowiednio o 0,16 i 0,24 g oraz o 0,62 i 1,67 g. Podobną zależność masy 1 bulwy od świeżej masy chwastów przed zbiorem bulw wynoszącą 0,37 g wykazała Zarzecka (2000).

Zależność liczby bulw pod 1 rośliną od wskaźników zachwaszczenia obrazują równania regresji zamieszczone w tabeli 4.

Tabela 4

Zależności między zachwaszczeniem a jednostkową wydajnością roślin ziemniaka (średnie dla lat i sposobów uprawy)
The relationship between weediness and individual productivity of potato plants (mean for 3 years and tillage systems)

Wskaźniki zachwaszczenia Indexes of weediness	Równania regresji — Equations of regression		
	masa bulw pod jedną rośliną (g) tuber mass per plant (g)	liczba bulw pod jedną rośliną (szt.) tuber number per plant	średnia masa jednej bulwy (g) average mass of tuber (g)
Liczba chwastów na m ² przed zwarciem rzędów Number of weeds per m ² before closing of rows	$y=1023,8-16,02x$	$y=8,77+0,12x$	$y=116,4-2,91x$
Liczba chwastów na m ² przed zbiorem bulw Number of weeds m ² before harvest of tubers	$y=1058,9-18,62x$	$y=9,09+0,15x$	$y=124,0-3,49x$
Świeża masa chwastów w g na m ² przed zwarciem rzędów Fresh matter of weeds in g per m ² before closing of rows	$y=940,3-0,87x$	$y=8,86+0,01x$	$y=101,4-0,16x$
Świeża masa chwastów w g na m ² przed zbiorem bulw Fresh matter of weeds in g per m ² before harvest of tubers	$y=1050,6-2,27x$	$y=9,77+0,02x$	$y=122,7-0,42x$
Powietrznie sucha masa chwastów w g na m ² przed zwarciem rzędów Air-dry matter of weeds in g per m ² before closing rows	$y=949,9-9,05x$	$y=8,87+0,02x$	$y=103,3-0,62x$
Powietrznie sucha masa chwastów w g na m ² przed zbiorem bulw Air-dry matter of weeds in g per m ² before harvest of tubers	$y=1056,2-9,05x$	$y=9,70+0,07x$	$y=123,7-1,67x$

Zwiększenie zachwaszczenia o 1 chwast na każdym m² powodowało zwiększenie liczby bulw pod krzakiem o 0,12 i 0,15 sztuk, natomiast wzrost świeżej i suchej masy chwastów przyczynił się do zwiększenia ilości bulw odpowiednio o 0,01 i 0,02 oraz 0,02 i 0,07 sztuk. Zbliżoną zależność obserwowali Hashim i wsp. (2003), przy czym współczynnik korelacji wynosił +0,138 i wykazywał słabą korelację. Zwiększona liczba bulw pod krzakiem w warunkach wzrostu zachwaszczenia wynikała z pogorszenia struktury plonu i większego zdrobnienia bulw.

WNIOSKI

1. Masa i liczba bulw pod jedną rośliną oraz średnia masa jednej bulwy zależały istotnie od sposobów pielęgnacji i warunków pogodowych w latach prowadzenia badań.
2. Ścisły związek między cechami wydajności jednostkowej roślin ziemniaka a powietrznie suchą masą chwastów niż ich liczbą w łanie wskazuje, że masa roślinności segetalnej jest właściwszym miernikiem szkodliwości zachwaszczenia w roślinie uprawnej.
3. Współczynniki korelacji i równania regresji dowodzą, że bardziej szkodliwe oddziaływanie na masę i liczbę bulw pod jedną rośliną oraz na średnią masę jednej bulwy ma zachwaszczenie oznaczone przed zbiorem ziemniaka niż na początku wegetacji.

LITERATURA

- Dzienia S., Szarek P. 2000. Efektywność uprawy bezpłazowej oraz międzyplonów i słomy w produkcji ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 470: 145 — 152.
- Gruczek T. 2001. Efektywne sposoby walki z chwastami i ich wpływ na jakość bulw ziemniaka. Biul. IHAR 217: 221 — 231.
- Gruczek T. 2002. Skuteczność zabiegów mechanicznych w systemach pielęgnowania ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 489: 123 — 135.
- Hashim S., Marwat K. B., Hasan G. 2003. Chemical weed control efficiency in potato (*Solanum tuberosum* L.) under agro-climatic conditions of Peshawar, Pakistan. Pak. J. Weed Sci. 9 (1-2): 105 — 110.
- Kołodziejczyk M. 2000. Kształtowanie się plonu bulw łanu i pojedynczej rośliny ziemniaka jadalnego. Biul. IHAR 214: 221 — 230.
- Kraska P., Pałys E. 2002. Wpływ systemów uprawy roli, poziomów nawożenia i ochrony na plonowanie ziemniaka uprawianego na glebie lekkiej. Biul. IHAR 223/224: 383 — 395.
- Kraska P., Pałys E., Kuraszkiewicz R. 2006. Zachwaszczenie łanu ziemniaka w zależności od systemu uprawy, poziomu nawożenia mineralnego i intensywności ochrony. Acta Agrophysica 8 (2): 423 — 433.
- Lehoczyk E., Dobozi M., Gyüre K. 2003. Competition between weeds and potato with special regard to competition for nutrients. Magyar Gyomkutatás és Technológia, 4(1): 19 — 30.
- Pomykańska A. 1986. Wpływ stopnia zachwaszczenia i okresu przebywania chwastów w łanie na plonowanie ziemniaka. Rozprawa nauk. 93, Wyd. AR Lublin: 1 — 52.
- Pomykańska A. 1991. Badania nad określeniem progów szkodliwości chwastów w łanie ziemniaków. Rocz. Nauk Rol. A-109, 2: 21 — 35.
- Roztropowicz S. (red.) 1999. Metodyka obserwacji, pomiarów i pobierania prób w agrotechnicznych doświadczeniach z ziemniakiem. Wyd. IHAR, Oddział w Jadwisinie: 1 — 50.
- Rychcik B., Tyburski J., Zawisławski K. 2004. Kształtowanie się plonu i jakości bulw ziemniaka pod wpływem zmianowania i ochrony roślin. Annales UMCS, Sec. E, 59 (3): 1283 — 1288.
- Sawicka B., Pszczółkowski P. 2003. Próby ograniczenia zachwaszczenia łanu ziemniaka w uprawie pod osłonami. Cz. III. Wpływ zachwaszczenia łanu na plon ogólny i handlowy bulw. Biul. IHAR 228: 233 — 247.
- Sawicka B., Barbaś P., Kawalec A. 2005. Zachwaszczenie łanu ziemniaka w warunkach ekologicznego i integrowanego systemu produkcji. Pam. Puł. 139: 211 — 223.
- Sawicka B., Barbaś P., Kuś J. 2006. Wpływ zachwaszczenia łanu na plon ogólny i handlowy bulw ziemniaka w warunkach ekologicznego i integrowanego systemu produkcji. Pam. Puł. 142: 429 — 443.
- Sobótka W. 1999. Herbicydy wczoraj i dziś. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 39 (1): 218 — 223.
- Zarzecka K. 2000. Zależność plonowania ziemniaka od zachwaszczenia. Fragm. Agron. 2: 120 — 134.
- Zarzecka K. 2004. Ocena różnych sposobów odchwaszczania ziemniaka. Cz. II. Zależności pomiędzy zachwaszczeniem a plonowaniem. Acta Sci. Pol., Agriculturae 3 (2): 195 — 202.

MAREK GUGAŁA
KRYSTYNA ZARZECKA
PAWEŁ ARTYCH

Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin
Akademia Podlaska, Siedlce

Wpływ insektycydów na plon bulw ziemniaka i jego strukturę

The effects of insecticides on potato tuber yield and its structure

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2004–2006 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady należącej do Akademii Podlaskiej w Siedlcach. W doświadczeniu badano dwa czynniki: czynnik I — odmiany ziemniaka: Wiking, Mors, Żagiel, czynnik II — sześć sposobów zwalczania stonki ziemniaczanej z udziałem insektycydów: Actara 25 WG, Regent 200 SC, Calypso 480 SC (w trzech dawkach) i obiekt kontrolny bez ochrony chemicznej. Plony bulw w latach badań były niskie i wahały się od 17,59 do 33,33 t·ha⁻¹. Plon ogólny zależał istotnie od właściwości odmianowych i środków stosowanych przeciwko stonce ziemniaczanej. Największy średni plon ogólny bulw uzyskano u odmiany Mors — 26,28 t·ha⁻¹, natomiast najmniejszy u odmiany Żagiel — 22,25 t·ha⁻¹. Istotny wpływ na omawianą cechę miały również zastosowane insektycydy.

Słowa kluczowe: insektycydy, odmiany, plon ogólny, stonka ziemniaczana, struktura plonu

A field experiment was carried out in the years 2004–2006 at the Experimental Farm in Zawady owned by the University of Podlasie in Siedlce. Two factors were investigated in the study: factor I — potato cultivars: Wiking, Mors and Żagiel, factor II — six ways of Colorado beetle control including the following insecticides: Actara 25 WG, Regent 200 SC and Calypso 480 S.C. (each at three rates), and a control treatment without chemical control. Yields in the study years were low and ranged from 17.59 to 33.33 t·ha⁻¹. The total tuber yield largely depended on cultivar properties and chemicals applied to control Colorado beetle. The highest (26.3 t·ha⁻¹) and the lowest (22.3 t·ha⁻¹) average total tuber yields were recorded for cultivars Mors and Żagiel, respectively. Significant effects of the insecticides applied upon yielding of potato plants were observed.

Key words: insecticides, cultivars, total yield, yield structure, Colorado beetle

WSTĘP

Szkodniki i choroby ziemniaka, a także chwasty ograniczają wielkość plonów oraz pogarszają ich jakość, a zastosowanie chemicznych środków ochrony roślin (insektycydów, fungicydów i herbicydów) ogranicza działanie agrofagów (Leszczyński, 1994).

Szkodliwość stonki ziemniaczanej wynika przede wszystkim z intensywnego żerowania larw uszkadzających liście. Straty w plonie spowodowane żerowaniem szkodnika, przy braku ochrony chemicznej szacuje się na około 35%–40% (Wójtowicz i Jörg, 2004), a skrajnych przypadkach straty mogą sięgać 80% plonu (Wachowiak i Mrówczyński, 2003). Upowszechnienie chemicznego zwalczania stonki przyczyniło się do zmniejszenia strat plonów (Chotkowski i in., 1995).

Obecnie w pracach nad nowymi insektycydami poszukuje się nie tylko środków o dużej skuteczności, ale także bezpiecznych dla środowiska. Najnowszą generację takich insektycydów stanowią środki o działaniu systemicznym, oparte na syntetycznych analogach neonikotynoidów (Pawińska 2000, 2002).

Celem badań było określenie wpływu wybranych insektycydów na plon ogólny ziemniaka i jego strukturę.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2004–2006 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady należącej do Akademii Podlaskiej w Siedlcach. Doświadczenie założono metodą losowanych podbloków (split-plot) w trzech powtórzeniach.

W doświadczeniu badano dwa czynniki: I. czynnik — odmiany ziemniaka: Wiking, Mors, Żagiel. II czynnik — sześć sposobów zwalczania stonki ziemniaczanej z udziałem trzech insektycydów w tym jeden w 3 dawkach:

- 1. Obiekt kontrolny, bez insektycydów,
- 2. Actara 25 WG w dawce $80 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$,
- 3. Regent 200 SC w dawce $0,1 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$,
- 4. Calypso 480 SC w dawce $0,05 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$,
- 5. Calypso 480 SC w dawce $0,075 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$,
- 6. Calypso 480 SC w dawce $0,1 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

Ziemniak uprawiano na stanowisku po zbożach (pszenica ozima). Po zbiorze przedplonu wykonywano zespół uprawek późniwnych. Jesienią każdego roku poprzedzającego sadzenie stosowano nawożenie organiczne w postaci obornika w ilości $25,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz nawożenie mineralne fosforowo-potasowe w ilości P — $44,0 (100 \text{ P}_2\text{O}_5 \cdot 0,44) \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (superfosfat potrójny 46%) i K — $124,5 (150 \text{ K}_2\text{O} \cdot 0,83) \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (sól potasowa 60%). Nawozy te przyorano orką przedzimową. Nawozy azotowe wysiewano wiosną w ilości N = $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (saletra amonowa 34%) i wymieszano je z glebą za pomocą kultywatora. Bulwy sadzono ręcznie, pod znacznik w rozstawie $67,5 \text{ cm} \times 37 \text{ cm}$, w trzeciej dekadzie kwietnia. Ochronę przeciwko chwastom i chorobom prowadzono zgodnie z zaleceniami. W zwalczaniu chwastów zastosowano przedwschodowo mieszaninę herbicydów Plateen 41,5 WG $2,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ + Fusilade Forte 150 EC w ilości $2,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, natomiast do ochrony plantacji przed chorobami zastosowano preparat Bravo 500 SC $2,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ i Dithane 455 SC $3,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Opryskiwanie przeciwko stonce wykonano po wystąpieniu stadium larwalnego L₁ i L₂, opryskiwaczem plecakowym.

W trakcie wegetacji wykonano pomiary wysokości roślin ziemniaka oraz ocenę plonów pod względem ilościowym i jakościowym. Przed przystąpieniem do zbioru doświadczenia ze wszystkich poletek wykopano losowo bulwy spod 10 roślin ziemniaka (z wyłączeniem roślin brzeżnych). W próbach tych określono strukturę plonu według frakcji o średnicy poprzecznej: poniżej 30, 30–40, 40–50, 50–60 i powyżej 60 mm. Plon ogólny wyliczono na podstawie masy bulw zebranych z powierzchni poletka dodając masę wcześniej pobranych prób.

Wyniki badań opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji. Istotność źródeł zmienności testowano testem F- Fischera-Sendecora, a ocenę istotności różnic przy poziomie istotności $P = 0,05$ pomiędzy porównywanymi średnimi za pomocą wielokrotnych przedziałów Tukeya (Trętowski i Wójcik, 1988).

W latach prowadzenia badań panowały zróżnicowane warunki pogodowe. Przebieg warunków pogodowych, panujących w poszczególnych sezonach wegetacji, przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Charakterystyka warunków pogodowych w okresie wegetacji ziemniaka
Characteristics of weather conditions during of potato vegetation

Miesiąc Month	Współczynnik hydrotermiczny Sieliana* Sielianinov's hydrothermic coefficients		
	2004	2005	2006
Kwiecień — April	1,5	0,5	1,2
Maj — May	2,7	1,6	1,0
Czerwiec — June	1,1	0,9	0,5
Lipiec — July	0,9	1,5	0,2
Sierpień — August	1,1	0,8	4,2
Wrzesień — September	0,5	0,4	0,5
Średnio — Mean	1,2	0,95	1,26
Opady — Rainfall	320,9	269,2	358,6
Odchylenie opadów od średniej wieloletniej (1981–1995) Deviation of rainfall from multi-year mean (1981–1995)	-22,8	-74,5	+14,9
Temperatura powietrza - Air temperature (°C)	14,1	15,0	15,8
Odchylenie temperatur od średniej wieloletniej (1981–1995) Deviation of temperatures from multi-year mean (1981–1995)	+ 0,1	+1,0	+1,8

*Wartość współczynnika; Coefficient value

do 0,5 Silna posucha; Strong mild drought

0,51-0,69 Posucha; Mild drought

0,70-0,99 Słaba posucha; Weak mild drought

≥1 Brak posuchy; Fault mild drought

Na podstawie obliczonego współczynnika hydrotermicznego ($K = 1,2$), rok 2004 odznaczał się brakiem posuchy. W omawianym roku suma opadów w sezonie wegetacyjnym wynosiła 320,9 mm, a średnia temperatura powietrza 14,1°C. Warunki pogodowe w 2005 roku były bardzo zróżnicowane. Pod względem wilgotnościowym był to sezon suchy, a według współczynnika Sieliana* wystąpiła słaba posucha. Suma opadów była mniejsza od średniej wieloletniej o 74,5 mm, a średnia temperatura powietrza była o 1,0°C wyższa od średniej z wielolecia. Największą sumę opadów — 358,6 mm zanotowano w 2006 roku, co stanowiło 104,3% normy. Średnia miesięczna temperatura powietrza była

większa o 1,8°C od średniej z okresu wieloletniego. Zarówno rok 2005, jak i 2006 był najbardziej sprzyjającym do rozwoju stonki ziemniaczanej.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Obliczenia statystyczne wykazały istotny wpływ lat badań, odmian oraz stosowanych insektycydów na plon ogólny ziemniaka (tab. 2).

Tabela 2

Plon ogólny bulw (t·ha ⁻¹) Total yield of tubers (t·ha ⁻¹)					
Odmiany Cultivars	Sposoby zwalczania stonki ziemniaczanej Method of potato beetle control	Lata — Years			Średnio Mean
		2004	2005	2006	
Wiking	1. Obiekt kontrolny — Control object	28,24	10,73	11,60	16,86
	2. Actara 25 WG 80 g·ha ⁻¹	32,88	16,16	16,76	21,93
	3. Regent 200 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	34,11	17,33	21,11	24,18
	4. Calypso 480 SC 0,05 dm ³ ·ha ⁻¹	33,47	17,00	17,33	22,60
	5. Calypso 480 SC 0,075 dm ³ ·ha ⁻¹	34,82	19,11	22,15	25,36
	6. Calypso 480 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	36,47	21,00	28,18	28,55
	Średnio — Mean	33,33	16,88	19,53	23,25
Mors	1. Obiekt kontrolny — Control object	29,60	13,13	19,65	20,79
	2. Actara 25 WG 80 g·ha ⁻¹	33,64	16,95	22,35	24,31
	3. Regent 200 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	34,69	19,87	26,62	27,06
	4. Calypso 480 SC 0,05 dm ³ ·ha ⁻¹	34,18	19,00	24,93	26,04
	5. Calypso 480 SC 0,075 dm ³ ·ha ⁻¹	36,04	23,02	27,65	28,90
	6. Calypso 480 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	38,11	23,98	29,56	30,55
	Średnio — Mean	34,38	19,33	25,13	26,28
Żagiel	1. Obiekt kontrolny — Control object	25,16	10,22	10,49	15,29
	2. Actara 25 WG 80 g·ha ⁻¹	32,14	15,67	16,18	21,33
	3. Regent 200 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	33,49	17,29	20,31	23,70
	4. Calypso 480 SC 0,05 dm ³ ·ha ⁻¹	33,02	16,87	16,27	22,05
	5. Calypso 480 SC 0,075 dm ³ ·ha ⁻¹	34,44	19,02	21,82	25,09
	6. Calypso 480 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	35,47	20,27	22,45	26,06
	Średnio — Mean	32,29	16,56	17,91	22,25
Średnio Mean	1. Obiekt kontrolny — Control object	27,67	11,36	13,91	17,65
	2. Actara 25 WG 80 g·ha ⁻¹	32,89	16,26	18,43	22,53
	3. Regent 200 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	34,10	18,16	22,69	24,98
	4. Calypso 480 SC 0,05 dm ³ ·ha ⁻¹	33,56	17,62	19,50	23,56
	5. Calypso 480 SC 0,075 dm ³ ·ha ⁻¹	35,10	20,38	23,87	26,45
	6. Calypso 480 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	36,68	21,75	26,73	28,39
	Średnio dla lat — Mean for years	33,33	17,59	20,86	23,93
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}					
lata — years					1,06
odmiany — cultivars					1,06
sposoby zwalczania stonki — methods of potato beetle control					1,37
lata × odmiany — years × cultivars					1,83
lata × sposoby zwalczania stonki — years × methods of potato beetle control					r.n., n.s.
odmiany × sposoby zwalczania stonki — cultivars × methods of potato beetle control					r.n., n.s.

Plony w poszczególnych latach badań były niskie i wahały się od 17,59 do 33,33 t·ha⁻¹. Największy plon uzyskano w roku 2004, który zarówno pod względem opadów i temperatur był najkorzystniejszym do wzrostu i rozwoju ziemniaka, najmniejszy zaś

w 2005 roku. Plon ogólny bulw zależał istotnie od właściwości odmianowych i stosowanych preparatów przeciwko stoncy ziemniaczanej. Największy średni plon ogólny bulw uzyskano u odmiany Mors — 26,28 t·ha⁻¹, natomiast najmniejszy u odmiany Żagiel – 22,25 t·ha⁻¹.

Tabela 3

Wysokość roślin ziemniaka w pełni kwitnienia (cm)
Height of plants at full bloom stage (cm)

Odmiany Cultivars	Sposoby zwalczania stonki ziemniaczanej Method of potato beetle control	Lata — Years			Średnio Mean
		2004	2005	2006	
Wiking	1. Obiekt kontrolny — Control object	41,0	37,7	41,7	40,1
	2. Actara 25 WG 80 g·ha ⁻¹	41,7	38,3	43,7	41,2
	3. Regent 200 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	43,0	40,7	46,0	43,2
	4. Calypso 480 SC 0,05 dm ³ ·ha ⁻¹	42,8	43,0	41,7	42,5
	5. Calypso 480 SC 0,075 dm ³ ·ha ⁻¹	44,5	47,3	43,3	45,0
	6. Calypso 480 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	46,9	50,0	43,0	46,6
	Średnio — Mean	43,3	42,8	43,2	43,1
Mors	1. Obiekt kontrolny — Control object	49,1	41,7	55,3	48,7
	2. Actara 25 WG 80 g·ha ⁻¹	53,4	43,3	56,7	51,1
	3. Regent 200 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	54,6	48,3	54,0	52,3
	4. Calypso 480 SC 0,05 dm ³ ·ha ⁻¹	54,1	46,7	55,0	51,9
	5. Calypso 480 SC 0,075 dm ³ ·ha ⁻¹	55,3	51,7	54,7	53,9
	6. Calypso 480 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	56,4	55,0	53,3	54,9
	Średnio — Mean	53,8	47,8	54,8	52,1
Żagiel	1. Obiekt kontrolny — Control object	31,0	33,3	39,7	34,7
	2. Actara 25 WG 80 g·ha ⁻¹	32,1	35,7	39,3	35,7
	3. Regent 200 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	32,6	36,7	40,0	36,4
	4. Calypso 480 SC 0,05 dm ³ ·ha ⁻¹	31,9	39,0	41,3	37,4
	5. Calypso 480 SC 0,075 dm ³ ·ha ⁻¹	34,1	41,7	39,7	38,5
	6. Calypso 480 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	36,4	45,0	40,7	40,7
	Średnio — Mean	33,0	38,6	40,1	37,2
Średnio Mean	1. Obiekt kontrolny — Control object	40,4	37,6	45,6	41,2
	2. Actara 25 WG 80 g·ha ⁻¹	42,4	39,1	46,6	42,7
	3. Regent 200 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	43,4	41,9	47,0	44,1
	4. Calypso 480 SC 0,05 dm ³ ·ha ⁻¹	42,9	42,9	46,0	43,9
	5. Calypso 480 SC 0,075 dm ³ ·ha ⁻¹	44,6	46,9	45,9	45,8
	6. Calypso 480 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	43,4	50,0	45,7	46,4
	Średnio dla lat — Mean for years	42,9	43,1	46,1	44,0
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}					
lata — years					2,29
odmiany — cultivars					2,29
sposoby zwalczania stonki — methods of potato beetle control					1,88
lata × odmiany — years × cultivars					3,97
lata × sposoby zwalczania stonki — years × methods of potato beetle control					4,61
odmiany × sposoby zwalczania stonki — cultivars × methods of potato beetle control					r.n., n.s.

Istotny wpływ na omawianą cechę miały również zastosowane insektycydy. Największy plon ogólny bulw zebrano z obiektów chronionych preparatem Calypso 480 SC w dawkach 0,075 i 0,1 dm³·ha⁻¹, wartość uzyskanego plonu wyniosła odpowiednio 26,45 i 28,39 t·ha⁻¹. Najmniejszy plon otrzymano z obiektu kontrolnego i był on ponad

półtora razy mniejszy w porównaniu do plonu z obiektu opryskiwanego insektycydem Calypso 480 SC w dawce $0,1 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Analiza wariancji wykazała istotny wpływ lat, odmian oraz insektycydów na wysokość roślin ziemniaka (tab. 3).

Warunki pogodowe istotnie różnicowały omawianą cechę. Najwyższe łodygi były w 2006 roku — średnio 46,1 cm, a najniższe w 2004 roku — średnio 42,9 cm.

Również właściwości genetyczne badanych odmian istotnie różnicowały wysokość roślin. Najwyższą wysokość osiągnęły rośliny odmiany Mors — średnio 52,1 cm, najniższą zaś odmiany Żagiel — średnio 37,2 cm.

Tabela 4

Procentowy udział masy poszczególnych frakcji bulw w plonie (średnio dla lat 2004–2006)

The mass percentage of particular tuber fractions in the yield (mean for 2004–2006)

Odmiany Cultivars	Sposoby zwalczania stonki ziemniaczanej Methods of potato beetle control	Struktura plonu — Structure of yield (mm)					
		do 30	30–40	40–50	50–60	> 60	od 40 do > 60
Wiking	1. Obiekt kontrolny — Control object	5,13	24,33	35,53	20,80	14,20	70,53
	2. Actara 25 WG 80 g·ha ⁻¹	3,67	14,90	30,07	35,47	15,90	81,43
	3. Regent 200 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	2,67	14,57	35,77	29,73	17,67	83,17
	4. Calypso 480 SC 0,05 dm ³ ·ha ⁻¹	3,37	13,77	27,23	32,63	23,00	82,87
	5. Calypso 480 SC 0,075 dm ³ ·ha ⁻¹	4,60	9,57	35,30	36,57	13,97	85,83
	6. Calypso 480 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	1,33	8,00	25,17	34,20	31,30	90,67
	Średnio — Mean	3,46	14,19	31,51	31,57	19,34	82,41
Mors	1. Obiekt kontrolny — Control object	4,20	22,38	22,50	26,47	21,47	73,43
	2. Actara 25 WG 80 g·ha ⁻¹	2,10	12,53	29,87	31,80	23,70	85,37
	3. Regent 200 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	2,10	9,67	28,48	36,13	23,70	88,23
	4. Calypso 480 SC 0,05 dm ³ ·ha ⁻¹	2,17	8,33	28,30	36,47	24,73	89,50
	5. Calypso 480 SC 0,075 dm ³ ·ha ⁻¹	1,73	6,10	29,40	42,43	20,34	92,17
	6. Calypso 480 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	2,13	4,67	26,57	34,53	32,10	93,20
	Średnio — Mean	2,39	10,61	27,52	34,64	24,33	86,98
Żagiel	1. Obiekt kontrolny — Control object	5,23	26,10	28,90	21,12	18,64	68,67
	2. Actara 25 WG 80 g·ha ⁻¹	5,63	19,64	23,40	30,23	21,10	71,13
	3. Regent 200 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	3,67	18,03	31,83	33,17	13,30	76,30
	4. Calypso 480 SC 0,05 dm ³ ·ha ⁻¹	4,00	16,43	31,13	26,50	21,43	79,57
	5. Calypso 480 SC 0,075 dm ³ ·ha ⁻¹	3,87	12,53	30,83	32,74	20,03	82,93
	6. Calypso 480 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	2,10	12,17	23,53	37,50	24,70	85,73
	Średnio — Mean	4,08	17,48	28,27	30,21	30,21	77,39
Średnio Mean	1. Obiekt kontrolny — Control object	4,85	24,27	29,00	22,80	18,10	70,87
	2. Actara 25 WG 80 g·ha ⁻¹	3,80	15,70	27,80	32,50	20,23	79,31
	3. Regent 200 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	2,81	14,09	32,03	33,01	28,23	82,57
	4. Calypso 480 SC 0,05 dm ³ ·ha ⁻¹	3,18	12,84	28,90	31,88	23,50	83,98
	5. Calypso 480 SC 0,075 dm ³ ·ha ⁻¹	3,40	9,40	31,85	37,24	18,11	86,98
	6. Calypso 480 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	1,85	8,28	25,10	35,41	29,37	89,86
	Średnio — Mean	3,31	14,10	29,11	32,13	21,18	82,26

Udowodnione statystycznie różnice stwierdzono pomiędzy sposobami ochrony ziemniaka przed stonką ziemniaczaną. Najwyższe rośliny ziemniaka były na obiektach: 5. i 6., opryskiwanych preparatem Calypso 480 SC w dawkach 0,075 i $0,1 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, z których zebrano największe plony.

Analizując strukturę plonu bulw ziemniaka stwierdzono, że zarówno procentowy, jak i wagowy, oraz liczbowy udział poszczególnych frakcji bulw różnicowały odmiany i stosowane insektycydy (tab. 4, 5).

Tabela 5

Procentowy udział liczny frakcji bulw w plonie (średnio dla lat 2004–2006)
The number percentage of particular tuber fractions in the yield (mean for 2004–2006)

Odmiany Cultivars	Sposoby zwalczania stonki ziemniaczanej Methods of potato beetle control	Struktura plonu — Structure of yield (mm)					
		do 30 mm	30-40	40-50	50-60	> 60	od 40 do > 60
Wiking	1. Obiekt kontrolny — Control object	17,53	32,60	28,50	14,60	6,80	49,86
	2. Actara 25 WG 80 g·ha ⁻¹	14,77	28,20	26,77	19,10	11,17	57,03
	3. Regent 200 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	11,77	27,57	35,47	18,23	6,97	60,67
	4. Calypso 480 SC 0,05 dm ³ ·ha ⁻¹	15,23	24,27	27,63	25,97	6,90	60,50
	5. Calypso 480 SC 0,075 dm ³ ·ha ⁻¹	12,50	21,14	33,64	24,60	8,10	66,33
	6. Calypso 480 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	7,13	18,68	28,63	32,93	12,63	74,20
	Średnio — Mean	13,16	25,41	30,11	22,57	8,76	61,43
Mors	1. Obiekt kontrolny — Control object	16,00	29,30	24,80	19,00	10,90	54,70
	2. Actara 25 WG 80 g·ha ⁻¹	10,03	24,03	31,23	25,93	8,78	65,93
	3. Regent 200 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	12,83	15,07	29,17	29,24	13,68	72,10
	4. Calypso 480 SC 0,05 dm ³ ·ha ⁻¹	10,80	18,60	28,40	31,30	10,88	70,57
	5. Calypso 480 SC 0,075 dm ³ ·ha ⁻¹	7,50	17,10	35,60	30,33	9,47	75,40
	6. Calypso 480 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	8,40	12,43	37,83	31,07	10,30	79,20
	Średnio — Mean	10,93	19,42	31,17	21,81	10,67	69,65
Żagiel	1. Obiekt kontrolny — Control object	15,93	35,63	26,37	13,73	8,34	48,43
	2. Actara 25 WG 80 g·ha ⁻¹	23,17	24,33	25,37	20,30	6,83	52,50
	3. Regent 200 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	17,50	24,73	31,38	20,70	5,38	57,77
	4. Calypso 480 SC 0,05 dm ³ ·ha ⁻¹	16,33	28,03	31,03	16,47	8,13	55,63
	5. Calypso 480 SC 0,075 dm ³ ·ha ⁻¹	15,40	21,43	36,67	17,50	9,00	63,17
	6. Calypso 480 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	9,57	23,20	28,97	26,30	11,97	67,23
	Średnio — Mean	16,32	26,18	29,96	19,17	8,28	57,46
Średnio Mean	1. Obiekt kontrolny — Control object	16,49	32,51	26,56	15,78	8,68	50,99
	2. Actara 25 WG 80 g·ha ⁻¹	16,00	25,52	27,80	21,78	8,93	58,49
	3. Regent 200 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	14,03	22,46	32,00	22,72	8,68	63,51
	4. Calypso 480 SC 0,05 dm ³ ·ha ⁻¹	14,13	23,63	29,02	24,60	8,64	62,23
	5. Calypso 480 SC 0,075 dm ³ ·ha ⁻¹	11,78	19,90	35,30	24,14	8,86	68,30
	6. Calypso 480 SC 0,1 dm ³ ·ha ⁻¹	8,37	18,10	31,81	30,10	11,63	73,54
	Średnio — Mean	13,47	23,69	30,41	23,19	9,23	62,84

Z badanych odmian największym udziałem bulw dużych w obu omawianych parametrach cechowała się odmiana Mors, natomiast najmniejszym Żagiel.

Otrzymane wyniki badań dowiodły, że w strukturze plonu z obiektów chronionych uzyskano większy udział bulw dużych. Największą masę oraz liczbę jadalnych bulw ziemniaka o średnicy poprzecznej powyżej 40 mm zebrano z obiektów, na których zastosowano Calypso 480 SC w dawkach 0,075 i 0,1 dm³·ha⁻¹.

DYSKUSJA

Mimo wzrostu przeciętnej liczby zabiegów ochrony chemicznej przeciwko stoncy ziemniaczanej, która w latach 1987–2002 wynosiła 1,4 oraz zmniejszenia areалу uprawy ziemniaka nie mającego bezpośredniego wpływu na występowanie stonki, ale pośrednio ograniczającego dostęp do rośliny żywicielskiej, stonka ziemniaczana uznawana jest nadal jako główny problem ochrony plantacji (Pawińska, 2003; Pawińska i Przybysz, 2004; Pawińska i Mrówczyński, 2000).

Wyniki badań dowiodły, że na plon ogólny bulw ziemniaka miały istotny wpływ uprawiane w doświadczeniu odmiany, co znalazło potwierdzenie w badaniach Maka i Lenartowicza (2007), którzy stwierdzili, że wymiana materiału nasiennego oraz trafny dobór odmian mogą przynieść wzrost wydajności ziemniaka nawet o kilkaset dt z ha. Ponadto zdaniem Widerskiego i wsp. (1994) uprawa odmian mniej uszkodzanych przez szkodniki czy wręcz odpornych jest ważnym elementem integracji metod ochrony roślin oraz umożliwia również ograniczenie liczby zabiegów chemicznych.

Z badań Pawińskiej (2004) na temat wpływu zwalczania stonki ziemniaczanej insektycydami z różnych grup chemicznych na wielkość i jakość plonu średnio późnej odmiany Arkadia wynika, że z obiektów chronionych insektycydami uzyskano wyższy plon niż z poletek, na których nie stosowano ochrony. Ponadto plon ten był różnicowany przez czynniki atmosferyczne panujące w poszczególnych latach badań, co znalazło potwierdzenie w badaniach własnych.

Z przeprowadzonych badań wynika, że na strukturę uzyskanego plonu wywarły wpływ stosowane w doświadczeniu insektycydy oraz odmiany, co znalazło potwierdzenie w badaniach Kapsy i wsp. (1999), którzy stwierdzili, że brak ochrony plantacji ziemniaka przed stonką wpływa na jakość bulw, a w strukturze plonu występuje zwiększony udział bulw drobnych. Ponadto Pawińska (2004) odnotowała w strukturze plonu z poletek chronionych większy udział bulw dużych (od 17 do 36%).

WNIOSKI

1. Stosowane w doświadczeniu insektycydy przyczyniły się do wzrostu plonu ogólnego bulw ziemniaka.
2. Zastosowanie insektycydów wpłynęło korzystnie na zwiększenie udziału bulw dużych od 8,44 do 18,99% w stosunku do obiektu kontrolnego.
3. Istotny wpływ zarówno na plon, jak i jego strukturę miały uprawiane odmiany oraz warunki atmosferyczne panujące w poszczególnych latach badań.

LITERATURA

- Chotkowski J., Gaziński B., Rembeza J. 1995. Problemy ochrony ziemniaka przed chorobami i szkodnikami. *Post. Nauk Rol.* 6: 59 — 66.
- Kapsa J., Pawińska M., Osowski J., Gawińska H., Urbanowicz J., Erlichowski T. 1999. Kompleksowa ochrona plantacji ziemniaka jadalnego przed agrofagami. *Mat. Konf. Nauk. pt. Ziemniak jadalny i dla*

- przetwórstwa spożywczego — czynniki agrotechniczne i przechowalnicze warunkujące jakość. Radzików, 23–25 lutego: 76 — 78.
- Leszczyński W. 1994. Wpływ czynników działających w okresie wegetacji ziemniaka na jego jakość. Post. Nauk Rol., 6: 55 — 68.
- Mak J., Lenartowicz T. 2007. Porejestrowe doświadczalnictwo odmianowe ziemniaka. Pierwsze listy odmian zalecanych do uprawy w województwach. Plonowanie odmian ziemniaka w doświadczeniach PDO roku 2007 w kraju i na Pomorzu. Mat. Konf. Nauk.-Szkol. nt. Nasiennictwo i ochrona ziemniaka. Kołobrzeg, 19–20 kwietnia: 11 — 14.
- Pawińska M., Mrówczyński M. 2000. Występowanie i zwalczanie stonki ziemniaczanej *Leptinotarsa decemlineata* Say. w latach 1978–1999. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 40 (1): 292 — 299.
- Pawińska M. 2000. Zmiany w dynamice populacji stonki ziemniaczanej *Leptinotarsa decemlineata* Say oraz w zakresie jej zwalczania. Konf. nt. Ochrona ziemniaka. Kołobrzeg, 4–5 kwiecień: 63 — 68.
- Pawińska M. 2002. Nowe perspektywy ochrony ziemniaka przed stonką ziemniaczaną. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 387: 265 — 269.
- Pawińska M. 2003. Changes of potato growing area and protection scale in the years 1977–2002. J. Plant Protection Res. 43 (3): 255 — 261.
- Pawińska M. 2004. Wpływ zwalczania stonki ziemniaczanej wybranymi insektycydami na jakość plonu ziemniaków. Mat. XLIV Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin, Poznań 12–13 luty, Streszczenia: 82 — 83.
- Pawińska M., Przybysz E. 2004. Zmiany zagrożenia i ochrony ziemniaka przed stonką ziemniaczaną. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 500: 383 — 389.
- Trętowski J., Wójcik R. 1988. Metodyka doświadczeń rolniczych. Wyd. WSRP Siedlce: 1 — 500.
- Widerski K., Wachowiak H., Mrówczyński M., Grola B. 1997. The occurrence of Colorado beetle on potato varieties and strains. J. Plant Protection Res. 37 (1/2): 85 — 93.
- Wójtowicz A., Jörg E. 2004. Prognozowanie rozwoju stonki ziemniaczanej za pomocą programu komputerowego SIMLEP. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 44 (1): 538 — 541.

MAREK GUGAŁA**KRYSTYNA ZARZECKA**Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin
Akademia Podlaska, Siedlce

Ocena skuteczności herbicydów w uprawie ziemniaka

Evaluation the effectiveness of herbicides in potato cultivation

Celem podjętych badań była ocena skuteczności chwastobójczej wybranych herbicydów i ich mieszanin na plantacji ziemniaka. Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2002–2004 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady należącej do Akademii Podlaskiej w Siedlcach. Doświadczenie założono metodą losowanych podbloków (split-plot) w trzech powtórzeniach. Badanymi czynnikami były: czynnik I — dwa sposoby uprawy roli (tradycyjna i uproszczona) oraz czynnik II — siedem sposobów odchwaszczania (1. obiekt kontrolny — pielęgnacja mechaniczna przed i po wschodach roślin ziemniaka, 2. Plateen 41,5 WG 2,0 kg·ha⁻¹, 3. Plateen 41,5 WG 2,0 kg·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC 2,5 dm³·ha⁻¹ (mieszanina), 4. Plateen 41,5 WG 1,6 kg·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC 2,5 dm³·ha⁻¹ + adiuwant Atpolan 80 EC 1,5 dm³·ha⁻¹ (mieszanina), 5. Barox 460 SL 3,0 dm³·ha⁻¹, 6. Barox 460 SL 3,0 dm³·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC 2,5 dm³·ha⁻¹ (mieszanina), 7. Barox 460 SL 3,0 dm³·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC 2,5 dm³·ha⁻¹ + adiuwant Atpolan 80 EC 1,5 dm³·ha⁻¹ (mieszanina). Na obiektach 2–7 do wschodów wykonano pielęgnację mechaniczną. Herbicydy stosowano tuż przed wschodami ziemniaków (obiekty 2, 3, 4) i po wschodach przy wysokości roślin ziemniaka 10–15 cm (obiekty 5, 6, 7). Procent zniszczenia masy chwastów przed zwarciem rzędów ziemniaka był zróżnicowany w zależności od sposobów odchwaszczania i wynosił od 41,1 do 83,5%. Największą skuteczność chwastobójczą stwierdzono na obiektach 3. (Plateen 41,5 WG 2,0 kg·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC 2,5 dm³·ha⁻¹) i 4. (Plateen 41,5 WG 1,6 kg·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC 2,5 dm³·ha⁻¹ + adiuwant Atpolan 80 EC 1,5 dm³·ha⁻¹), tj. opryskiwanych mieszaninami herbicydowymi oraz mieszaninami z dodatkiem adiuwanta.

Słowa kluczowe: plon, skuteczność chwastobójcza, sposoby odchwaszczania, świeża masa chwastów, uprawa roli

The research was undertaken to evaluate the effectiveness of selected herbicides and their mixtures in potato stands. A field experiment was conducted in the years 2002–2004 at the Experimental Farm in Zawady owned by the University of Podlasie, Siedlce. The experimental design was a split-plot design with three replications. The factors examined were as follows: factor I — two soil tillage methods (traditional and simplified), factor II — seven weed control methods (1. control treatment — mechanical weed control before and after potato emergence, 2. Plateen 41.5 WG 2.0 kg·ha⁻¹, 3. Plateen 41.5 WG 2.0 kg·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC 2.5 dm³·ha⁻¹ (mixture), 4. Plateen 41.5 WG 1.6 kg·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC 2.5 dm³·ha⁻¹ + adjuvant Atpolan 80 EC 1.5 dm³·ha⁻¹ (mixture), 5. Barox 460 SL 3.0 dm³·ha⁻¹, 6. Barox 460 SL 3.0 dm³·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC 2.5 dm³·ha⁻¹ (mixture), 7. Barox

460 SL 3.0 dm³·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC 2.5 dm³·ha⁻¹ + adjuvant Atpolan 80 EC 1.5 dm³·ha⁻¹ (mixture). In treatments 2–7, pre-emergence mechanical weed control was done. The herbicides were applied immediately before potato emergence (treatments 2, 3, 4) and after emergence, when the plants were 10–15 cm high (treatments 5, 6, 7). The proportion of weeds destroyed before closing of potato rows differed depending on the method of weed control, and ranged from 41.1% to 83.5%. The highest effectiveness was provided by treatments 3 (Plateen 41.5 WG 2.0 kg·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC 2.5 dm³·ha⁻¹) and 4 (Plateen 41.5 WG 1.6 kg·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC 2.5 dm³·ha⁻¹ + adjuvant Atpolan 80 EC 1.5 dm³·ha⁻¹), performed with the use of herbicide mixtures and adjuvant-supplemented mixtures.

Key words: yield, weed control effectiveness, weed control methods, weed fresh matter, soil tillage

WSTĘP

Zagrożenie plantacji ziemniaka przez chwasty jest wyjątkowo duże, co wynika z wolnego początkowego rozwoju rośliny i braku konkurencji z jej strony w okresie od posadzenia do wschodów a następnie do zwarcia rzędów. Intensywnie rozwijające się w tym czasie chwasty stanowią duże zagrożenie (Gruczek, 2001 a, 2005).

Do walki z chwastami należy przystąpić w początkowym okresie wzrostu roślin, gdy młode taksony znajdują się w fazie siewki, mają słaby system korzeniowy i można je łatwo zniszczyć. Jedną z metod ograniczania zachwaszczenia jest stosowanie herbicydów. Odpowiednio dobrane herbicydy zapewniają prawie całkowite zniszczenie większości gatunków chwastów występujących w łanie ziemniaka, ponadto są w pełni selektywne dla rośliny chronionej. Herbicydy wykazują aktywność nie tylko w stosunku do chwastów, ograniczają również rozwój chorób niszcząc źródła infekcji patogenów (Giebel i in., 1992).

Korzystne działanie herbicydów wyraża się: wysoką skutecznością zwalczania chwastów, ograniczeniem konkurencji chwastów, podniesieniem poziomu plonowania roślin, obniżeniem nakładów na ich pielęgnację, zwiększeniem efektywności integrowanych metod ochrony roślin (Rola i Rola, 2001).

Celem podjętych badań była ocena skuteczności chwastobójczej wybranych herbicydów i ich mieszanin na plantacji ziemniaka.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2002–2004 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady należącej do Akademii Podlaskiej w Siedlcach. Doświadczenie założono metodą losowanych podbloków (split-plot) w trzech powtórzeniach.

W doświadczeniu badanymi czynnikami były:

I. dwa sposoby uprawy roli:

- uprawa tradycyjna (klasyczna) — jesienią obornik 25 t·ha⁻¹ → orka odwrotka (przykrywająca obornik i nawozy fosforowo-potasowe) → orka przedzimowa. Wiosną — bronowanie → nawozy azotowe → kultywatorowanie → bronowanie.
- uprawa uproszczona — jesienią obornik 25 t·ha⁻¹ → orka odwrotka (przykrywająca obornik i nawozy fosforowo-potasowe). Wiosną — nawozy azotowe → kultywatorowanie.

II. siedem sposobów odchwaszczania:

- 1. obiekt kontrolny — pielęgnacja mechaniczna do i po wschodach roślin ziemniaka,
- 2. pielęgnacja mechaniczno-chemiczna, tj. do wschodów obredlanie połączone z bronowaniem a tuż przed wschodami herbicyd Plateen 41,5 WG 2,0 kg·ha⁻¹,
- 3. pielęgnacja mechaniczno-chemiczna, tj. do wschodów obredlanie połączone z bronowaniem a tuż przed wschodami opryskiwanie herbicydami Plateen 41,5 WG 2,0 kg·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC 2,5 dm³·ha⁻¹,
- 4. pielęgnacja mechaniczno-chemiczna, tj. do wschodów obredlanie połączone z bronowaniem a tuż przed wschodami opryskiwanie herbicydami Plateen 41,5 WG 1,6 kg·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC 2,0 dm³·ha⁻¹ + Atpolan 80 EC 1,5 dm³·ha⁻¹,
- 5. pielęgnacja mechaniczno-chemiczna, tj. do wschodów obredlanie połączone z bronowaniem, a po wschodach opryskiwanie herbicydem Barox 460 SL 3,0 dm³·ha⁻¹,
- 6. pielęgnacja mechaniczno-chemiczna, tj. do wschodów obredlanie połączone z bronowaniem a po wschodach, opryskiwanie herbicydami Barox 460 SL 3,0 dm³·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC 2,5 dm³·ha⁻¹,
- 7. pielęgnacja mechaniczno-chemiczna, tj. do wschodów obredlanie połączone z bronowaniem a po wschodach, opryskiwanie herbicydami Barox 460 SL 2,4 dm³·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC 2,0 dm³·ha⁻¹ + Atpolan 80 EC 1,5 dm³·ha⁻¹.

Ziemniak uprawiano na stanowisku po zbożach. Jesienią każdego roku poprzedzającego sadzenie bulw stosowano nawożenie organiczne w postaci obornika w ilości 250 dt·ha⁻¹ i nawożenie mineralne: fosforowo-potasowe w ilości P₂O₅ 90 kg·ha⁻¹ i K₂O 135 kg·ha⁻¹. Wiosną, przed sadzeniem bulw wysiewano nawozy azotowe w dawce N — 90 kg·ha⁻¹. Bulwy ziemniaka we wszystkich latach badań sadzono ręcznie w trzeciej dekadzie kwietnia. Zbioru bulw ziemniaka dokonywano w pierwszej dekadzie września, po osiągnięciu dojrzałości technologicznej.

W celu porównania skuteczności badanych sposobów pielęgnacji określono stan i stopień zachwaszczenia ziemniaka. Analizę zachwaszczenia poletek wykonano metodą ilościowo wagową w dwóch terminach: 2–3 tygodnie po zastosowaniu herbicydów (przed zwarciem rzędów) i pod koniec wegetacji ziemniaka (1–2 tygodnie przed zbiorem bulw). Obserwacje przeprowadzono na powierzchni 0,5 m² określonej przez ramkę o wymiarach 33,4 × 150 cm. Skuteczność chwastobójczą wyrażono w procentach, w stosunku do obiektu kontrolnego, odchwaszczanego wyłącznie mechanicznie.

Wyniki badań opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji. Istotność źródeł zmienności testowano testem 'F' Fischera-Snedecora, a ocenę istotności różnic przy poziomie istotności P = 0,05 pomiędzy porównywanymi średnimi za pomocą wielokrotnych przedziałów Tukeya.

Warunki pogodowe w latach prowadzenia badań były zróżnicowane i przedstawiono je w tabeli 1. Rok 2002 był najkorzystniejszy dla gromadzenia plonu. Opady były zbliżone do średniej sumy z okresu wieloletniego, a temperatura była wyższa niż w wieloleciu. Sezon wegetacyjny 2003 roku charakteryzował się dużym niedoborem opadów i wyższą temperaturą niż średnia z wielolecia. W 2004 roku opady były zbliżone do wieloletnich, ale rok był najchłodniejszy w porównaniu do dwóch poprzednich sezonów wegetacyjnych.

Tabela 1

Charakterystyka warunków pogodowych w okresie wegetacji ziemniaka w latach 2002–2004 (Stacja Meteorologiczna Zawady)

Characteristics of weather conditions in the vegetation period in the years 2002–2004 (Zawady Meteorological Station)

Lata — Years	Miesiące — Months						IV–IX
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
	Opady Rainfall (mm)						Suma — Sum
2002	12,9	51,3	61,1	99,6	66,5	18,7	310,1
2003	13,6	37,2	26,6	26,1	4,7	24,3	132,5
2004	35,9	97,0	52,8	49,0	66,7	19,5	320,9
Średnia z wielolecia Multiyear average (1981–1995)	52,3	50,0	68,2	45,7	66,8	60,7	343,7
Temperatura powietrza Air temperature (°C)							Średnia — Mean
2002	9,0	17,0	17,2	21,0	20,2	12,9	16,2
2003	7,1	15,6	18,4	20,0	18,4	13,5	15,5
2004	8,0	11,7	16,1	19,3	18,0	13,0	14,1
Średnia z wielolecia Multiyear average (1981–1995)	7,7	10,0	16,1	19,3	18,0	13,0	14,0
Współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa Sielianinov's hydrothermic coefficients*							Średnia — Mean
2002	1,5	1,0	1,2	1,5	2,1	1,5	1,1
2003	0,6	0,8	0,5	0,4	0,1	0,6	0,4
2004	1,5	2,7	1,1	0,9	1,1	0,5	1,2

*Wartość współczynnika; Value of coefficient (Bac i in., 1998)

< 0,5 Silna posucha; Strong mild drought

0,51–0,69 Posucha; Mild drought

0,70–0,99 Słaba posucha; Weak mild drought

≥ 1 Brak posuchy; Fault mild drought

WYNIKI BADAŃ

Świeża masa chwastów przed zwarciem rzędów ziemniaka zależała istotnie od sposobów uprawy, sposobów odchwaszczania i lat badań. Porównywane sposoby uprawy roli miały istotny wpływ na świeżą masę chwastów. Najmniejsze zachwaszczenie plantacji ziemniaka przed zwarciem rzędów ziemniaka zanotowano przy uprawie tradycyjnej, świeża masa chwastów w tym wariantcie wynosiła średnio $34,7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, natomiast w uprawie uproszczonej — $50,2 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ (tab. 2).

Analizując zachwaszczenie w pierwszym terminie badań stwierdzono istotne różnice pomiędzy obiektem kontrolnym a pozostałymi sposobami odchwaszczania. Najmniejszą średnią wartość omawianej cechy ($15,4 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$) zanotowano na obiekcie 3. (pielęgowanym do wschodów mechanicznie, a tuż przed wschodami opryskiwanym herbicydami Plateen 41,5 WG $2,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ + Fusilade Forte 150 EC $2,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) i 4. (pielęgowanym do wschodów mechanicznie, a tuż przed wschodami opryskiwanym herbicydami Plateen 41,5 WG $1,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ + Fusilade Forte 150 EC $2,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ + Atpolan 80 EC $1,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), natomiast największą świeżą masę chwastów przed zwarciem rzędów ziemniaka

odnotowano na obiektach 2. i 5. odpowiednio 44,9 i 53,7 g·m⁻². Ponadto analizując omawianą cechę istotne różnice zanotowano pomiędzy obiektami 2. (pielęgowanym do wschodów mechanicznie, a tuż przed wschodami opryskiwanym herbicydem Plateen 41,5 WG 2,0 kg·ha⁻¹) a obiektami 3. i 4., gdzie zastosowano mieszaninę herbicydów lub mieszaninę herbicydów z dodatkiem adiuwanta. Istotne różnice zanotowano również pomiędzy obiektem 5. (pielęgowanym do wschodów mechanicznie, a po wschodach opryskiwanym herbicydem Barox 460 SL 3,0 dm³·ha⁻¹) a 7. (pielęgowanym do wschodów mechanicznie, a po wschodach opryskiwanym herbicydami Barox 460 SL 2,4 dm³·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC 2,0 dm³·ha⁻¹ + Atpolan 80 EC 1,5 dm³·ha⁻¹).

Tabela 2

Zachwaszczenie lanu ziemniaka (g·m⁻²)
Weed infestation of potato canopy (g·m⁻²)

Sposoby odchwaszczania Methods of weed control		Świeża masa chwastów (g·m ⁻²) Fresh matter of weeds (g·m ⁻²)					średnio mean
		sposoby uprawy tillage system		lata — years			
		tradycyjna traditional	uproszczona simplified	2002	2003	2004	
przed zwraniem rzędów ziemniaka — before closing of potato rows							
1. Obiekt kontrolny – pielęgnacja mechaniczna Control object – mechanical weeding	73,2	109,5	45,8	43,2	185,0	91,3	
2. Plateen 41,5 WG	40,2	49,2	10,0	15,0	109,7	44,9	
3. Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC	13,1	20,7	8,0	9,4	33,3	15,4	
4. Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC + adiuwant (adjuvant) Atpolan 80 EC	11,0	19,8	7,0	9,1	30,0	15,4	
5. Barox 460 SL	44,0	63,3	41,7	6,0	113,4	53,7	
6. Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC	33,6	45,1	34,2	3,1	80,8	39,4	
7. Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC + adiuwant (adjuvant) Atpolan 80 EC	27,8	43,5	31,7	2,1	73,2	35,7	
Średnio — Mean	34,7	50,2	25,5	12,6	89,3	42,5	
NIR _{0,05} dla: LSD _{0,05} for: sposobów uprawy — tillage system = 11,9; sposobów odchwaszczania - weed control methods = 17,3; lat — years = 18,3; interakcji sposoby odchwaszczania × lata — weed control methods × years = 29,9;							
przed zbiorem bulw – before tubers harvest							
1. Obiekt kontrolny – pielęgnacja mechaniczna Control object – mechanical weeding	345,6	380,0	260,0	161,7	666,7	362,8	
2. Plateen 41,5 WG	225,8	297,7	165,0	70,2	550,0	261,7	
3. Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC	176,1	198,3	140,0	65,0	356,7	187,2	
4. Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC + adiuwant (adjuvant) Atpolan 80 EC	144,4	161,6	81,7	62,5	315,0	153,1	
5. Barox 460 SL	253,9	281,1	231,7	42,5	528,4	267,5	
6. Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC	218,3	240,0	198,3	32,4	456,7	229,1	
7. Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC + adiuwant (adjuvant) Atpolan 80 EC	183,4	207,8	176,7	21,4	388,4	195,5	
Średnio — Mean	221,1	252,4	179,1	65,1	466,0	236,7	
NIR _{0,05} dla: LSD _{0,05} for: sposobów odchwaszczania — weed control methods = 71,8; lat – years = 63,6; interakcji sposoby odchwaszczania × lata – weed control methods × years = 124,4							

Istotne różnice w świeżej masie chwastów zanotowano także między latami. Najwyższą wartość omawianej cechy (89,3 g·m⁻²) odnotowano w 2004 roku, w którym miesiące maj

i kwiecień były wilgotne i chłodne, natomiast najniższą ($12,6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$) w posusznym 2003 roku.

Stwierdzono również istotną interakcję pomiędzy latami a sposobami odchwaszczania, która wynika z faktu ścisłego współdziałania stosowanych herbicydów z warunkami meteorologicznymi panującymi w latach prowadzenia badań. Oznacza to że te same herbicydy stosowane przy zmiennych warunkach pogodowych w poszczególnych latach badań wpływają na ograniczenie zachwaszczenia w różnym stopniu.

Obliczenia statystyczne wykazały istotny wpływ sposobów odchwaszczania i warunków pogodowych w latach badań na świeżą masę chwastów oznaczoną przed zbiorem bulw ziemniaka (tab. 2). Największą wartość omawianej cechy oznaczono na obiektach, na których stosowano wyłącznie pielęgnację mechaniczną (obiekt 1) oraz pielęgnację mechaniczną z zastosowaniem pojedynczych herbicydów Plateen 41,5 WG $2,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (obiekt 2.) bądź Barox 460 SL $3,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (obiekt 5.). Istotnie niższą świeżą masę chwastów odnotowano na obiektach, na których stosowano pielęgnację mechaniczną do wschodów, a po wschodach mieszaniny herbicydów lub mieszaniny herbicydów z dodatkiem adiuwanta: obiekt 3. (pielęgnacja mechaniczna do wschodów, a tuż przed wschodami Plateen 41,5 WG $2,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ + Fusilade Forte 150 EC $2,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), 4. (odchwaszczanie mechaniczne do wschodów, a tuż przed wschodami Plateen 41,5 WG $1,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ + Fusilade Forte 150 EC $2,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ + adiuwant Atpolan 80 EC $1,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) i 7. (pielęgnacja mechaniczna do wschodów, po wschodach Barox 460 SL $2,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ + Fusilade Forte 150 EC $2,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ + adiuwant Atpolan 80 EC $1,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$).

Czynnik pogodowy istotnie modyfikował wartość badanej cechy. Największe zachwaszczenie odnotowano w 2004 roku, w którym miesiące lipiec i sierpień obfitowały w opady, natomiast najniższe w 2003 roku, który był rokiem posusznym.

Stopień zniszczenia masy chwastów przed zwraniem rzędów ziemniaka był zróżnicowany w zależności od sposobów odchwaszczania i wynosił od 41,1 do 83,5% (tab. 3). Największą skuteczność chwastobójczą stwierdzono na obiektach: 3. i 4., tj. opryskiwanych mieszaninami herbicydowymi oraz mieszaninami z dodatkiem adiuwanta.

Zniszczenie chwastów przed zbiorem bulw było zróżnicowane i wynosiło od 26,3 do 84,4 % (tab. 3). Najlepszą skuteczność chwastobójczą uzyskano na obiektach: 3., 4., i 7., stosując zabiegi mechaniczne do wschodów, a przed wschodami lub po wschodach aplikując mieszaninę herbicydów (Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC) oraz mieszaniny herbicydów z adiuwantem (Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC + adiuwant Atpolan 80 EC lub Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC + adiuwant Atpolan 80 EC).

Skuteczna eliminacja zachwaszczenia ziemniaka miała szczególny wpływ na wielkość i jakość plonu.

Obliczenia statystyczne udowodniły istotny wpływ sposobów uprawy roli, sposobów odchwaszczania oraz warunków klimatycznych panujących w poszczególnych sezonach wegetacyjnych na plon ogólny bulw ziemniaka (tab. 4).

Tabela 3

Udział zniszczonej masy chwastów, w stosunku do obiektu kontrolnego (2002–2004) (%)
Proportion of destroyed weeds in relation to control object (2002–2004) (%)

Sposoby odchwaszczania Methods of weed control	Procent zniszczonych chwastów — Weed control (%)					
	przed zwarciem rzędów before row closing			przed zbiorem bulw before tubers harvest		
	sposoby uprawy tillage system		średnio mean	sposoby uprawy tillage system		średnio mean
	tradycyjna traditional	uproszczona simplified		tradycyjna traditional	uproszczona simplified	
1. Obiekt kontrolny – pielęgnacja mechaniczna Control object – mechanical weeding	0	0	0	0	0	0
2. Plateen 41,5 WG	45,1	54,7	49,9	34,7	21,7	28,2
3. Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC	82,1	81,1	81,6	49,0	47,8	84,4
4. Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC + adiuwant (adjuvant) Atpolan 80 EC	85,0	81,9	83,5	58,2	57,5	57,9
5. Barox 460 SL	39,9	42,2	41,1	26,5	26,0	26,3
6. Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC	54,1	58,8	56,5	36,8	36,8	36,8
7. Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC + adiuwant (adjuvant) Atpolan 80 EC	62,0	60,3	61,2	46,9	45,3	46,1
Średnio dla 2–7 Mean for 2–7	61,4	63,2	62,3	42,0	39,2	40,6

Tabela 4

Plon ogólny bulw ziemniaka (dt·ha⁻¹)
Total yield of potato tubers (dt·ha⁻¹)

Sposoby odchwaszczania Methods of weed control	Plon ogólny bulw ziemniaka (dt·ha ⁻¹) Total yield (dt·ha ⁻¹)					
	sposoby uprawy tillage system		lata — years			średnio mean
	tradycyjna traditional	uproszczona simplified	2002	2003	2004	
1. Obiekt kontrolny – pielęgnacja mechaniczna Control object – mechanical weeding	297,5	271,2	363,4	222,0	267,9	284,4
2. Plateen 41,5 WG	320,6	297,1	391,7	237,3	297,7	308,9
3. Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC	340,6	315,6	420,4	243,9	317,0	327,1
4. Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC + adiuwant (adjuvant) Atpolan 80 EC	357,2	322,8	422,5	247,4	350,2	340,0
5. Barox 460 SL	321,4	291,0	369,6	254,0	294,7	306,1
6. Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC	329,8	296,1	371,3	257,9	309,7	312,9
7. Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC + adiuwant (adjuvant) Atpolan 80 EC	338,5	302,7	373,3	273,6	314,9	320,6
Średnio Mean	329,4	299,2	387,5	248,0	307,4	–
NIR _{0,05} dla: LSD _{0,05} for: sposobów uprawy — tillage system = 7,1; sposobów odchwaszczania — weed control methods = 22,2; lat — years = 11,4; interakcji sposoby odchwaszczania × lata — weed control methods × years = 38,5						

Analizując sposoby uprawy roli uzyskano istotnie większe plony przy tradycyjnym sposobie uprawy roli — 329,4 dt·ha⁻¹, natomiast przy metodzie uproszczonej plony te były niższe i wynosiły — 299,2 dt·ha⁻¹.

Na wielkość omawianej cechy miały również istotny wpływ stosowane sposoby odchwaszczania. Uzyskane dane liczbowe wskazują na wysoką plonochronną rolę herbi-

cydów wskutek usunięcia konkurencji chwastów. Istotne różnice uzyskano pomiędzy obiektem kontrolnym a pozostałymi sposobami odchwaszczania (warianty 2–7) na obiektach tych stwierdzono wzrost plonu ogólnego bulw ziemniaka średnio o $21,7 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$ do $55,6 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Analizując poszczególne warianty odchwaszczania z użyciem herbicydów i ich mieszanin uzyskano istotne różnice pomiędzy obiektem 4. (pielęgnacja mechaniczna do wschodów, a tuż przed wschodami opryskiwanie mieszaniną herbicydów Plateen 41,5 WG $1,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ + Fusilade Forte 150 EC $2,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ + adiuwant Atpolan 80 EC $1,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, plon ogólny na tym obiekcie był największy i wyniósł $340,0 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$), a obiektami 2. i 5., na których zastosowano pojedynczy herbicyd, a plony kształtowały się na poziomie $308,9$ i $306,1 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Warunki pogodowe panujące w poszczególnych sezonach wegetacyjnych prowadzenia badań w istotny sposób modyfikowały wartość uzyskanego plonu ogólnego bulw ziemniaka. Najwyższy plon zebrano w 2002 roku średnio $387,5 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$. Był to rok o najkorzystniejszym rozkładzie temperatur i opadów w początkowej fazie wzrostu i rozwoju ziemniaka, jak również w okresie kwitnienia i zawiązywania bulw. Najniższe plony $248,0 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$ zebrano w posuszonym 2003 roku.

Analiza wariancji wykazała istotną interakcję pomiędzy latami i sposobami odchwaszczania, co wskazuje, że działanie stosowanych herbicydów było zależne od warunków meteorologicznych w czasie wegetacji.

DYSKUSJA

Badania własne dowiodły, że sposoby uprawy roli były czynnikami modyfikującymi zachwaszczenie plantacji ziemniaka, co znalazło potwierdzenie w badaniach Sekutowskiego i Roli (2006), którzy stwierdzili, że obecne tendencje wprowadzania uproszczonych technologii uprawy roli są powodem wzrostu zachwaszczenia.

Obliczenia statystyczne dowiodły, że zabiegi mechaniczno-chemiczne w porównaniu z mechanicznymi w istotny sposób wpłynęły na zmniejszenie świeżej masy chwastów w obu terminach oznaczeń. Zarówno przed zwarciem rzędów jak i zbiorem bulw ziemniaka najefektywniejszym sposobem odchwaszczania okazał się wariant 4. (do wschodów pielęgnacja mechaniczna, a tuż przed wschodami opryskiwanie herbicydami Plateen 41,5 WG $1,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ + Fusilade Forte 150 EC $2,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ + Atpolan 80 EC $1,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), co znalazło potwierdzenie w badaniach Gruczka (2004), Gruczka i Pastusiak (1999), Rymaszewskiego i wsp. (1996), Gugąły i Zarzeckiej (2006) oraz Zarzeckiej (2002), którzy dowiedli, że pielęgnacja mechaniczna nie daje zadawalających efektów, gdyż niszczy najczęściej 60%–70%.

Natomiast odmiennego zdania są Adamiak i wsp. (1982) oraz Pytlarz-Kozicka (2002), którzy stwierdzili, że jeśli istnieją warunki do przeprowadzenia systematycznej, starannej pielęgnacji mechanicznej, użycie herbicydów w agrotechnice ziemniaka jest zbędne, a zabiegi mechaniczne mogą być skutecznie stosowane na polach w wysokiej kulturze i o małym zachwaszczeniu.

Uzyskane wyniki badań własnych wskazują na wysoką skuteczność chwastobójczą pielęgnacji mechaniczno-chemicznej w porównaniu z mechaniczną. Zarówno przed zwarciem rzędów, jak i przed zbiorem bulw najskuteczniejszymi sposobami odchwaszczania okazały się warianty: 3., 4. i 7., na których zastosowano mieszaniny herbicydów. O wysokiej skuteczności zabiegów pielęgnacyjnych z udziałem herbicydów donoszą publikacje Eberlaina i wsp. (1997), Gruczka (2004), Rennera (1998), Sawickiej i Skalskiego (1996), oraz Wilsona i wsp. (2002). Autorzy ci największy procent zniszczenia chwastów odnotowali stosując, co najmniej dwa herbicydy lub ich mieszaniny.

Stosowane w doświadczeniu sposoby uprawy roli i odchwaszczania istotnie różniły zachwaszczenie, co znalazło odzwierciedlenie w wielkości plonu.

Zastosowanie uproszczonej uprawy roli przyczyniło się do zmniejszenia plonu ogólnego bulw ziemniaka o 9,2% w porównaniu do uprawy tradycyjnej, co znalazło potwierdzenie w badaniach Deryły i Szymankiewicza (2003) oraz Boligłowy i Gleń (2003), autorzy ci zanotowali po wyeliminowaniu niektórych zabiegów uprawowych obniżenie plonu odpowiednio o 11,4% i 6,9%.

Analizując sposoby odchwaszczania zanotowano wzrost plonu ogólnego bulw od 21,7 do 55,6 dt·ha⁻¹ w stosunku do obiektu kontrolnego odchwaszczanego wyłącznie mechanicznie, o wzroście plonu po zastosowaniu herbicydów i ich mieszanin donoszą w swoich badaniach Ciberkis i wsp. (2007), Gruczk (2001 b) oraz Zarzecka (2004)

WNIOSKI

1. Mniejszemu zachwaszczeniu plantacji ziemniaka sprzyjał tradycyjny sposób uprawy roli w porównaniu z uproszczonym.
2. Spośród badanych sposobów odchwaszczania największą skutecznością w ograniczaniu masy chwastów odznaczała się mieszanina herbicydów (Plateen 41,5 WG 2,0 kg·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC 2,5 dm³·ha⁻¹) oraz mieszaniny tych herbicydów z dodatkiem adiuwanta (Plateen 41,5 WG 1,6 kg·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC 2,0 dm³·ha⁻¹ + adiuwant Atpolan 80 EC 1,5 dm³·ha⁻¹) i (Barox 460 SL 2,4 dm³·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC 2,0 dm³·ha⁻¹ + adiuwant Atpolan 80 EC 1,5 dm³·ha⁻¹).
3. Herbicydy i ich mieszaniny zastosowane w uprawie ziemniaka w wyniku usunięcia konkurencji chwastów, przyczyniły się do wzrostu plonu ogólnego. Największe plony uzyskano na obiektach najmniej zachwaszczonych, tj. 4., 3. i 7. Średnie plony na tych obiektach wynosiły odpowiednio 340,0; 327,1 oraz 320,6 dt·ha⁻¹.

LITERATURA

- Adamiak J., Zawisławski K., Janczak D. 1982. Wpływ sposobów pielęgnacji na właściwości fizyczne gleby, zachwaszczenie i plonowanie ziemniaka. Zesz. Nauk. ART w Olsztynie, Rol. 33: 65 — 75.
- Bac S., Koźmiński Cz., Rojek M. 1998. Agrometeorologia. Wyd. PWN, Warszawa: 274 s.
- Boligłowa E., Gleń K. 2003. Yielding and quality of potato tubers depending on the kind of organic fertilization and tillage method. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, S. Agronomy, Vol. 6, Issue 1. www.ejpau.media.pl/sereis/volu_mne6/issue/agronomy/art-03.html.

- Ciuberkis S., Bernotas S., Raudonius S., Felix J. 2007. Effect of weed emergence time and intervals of weed and crop competition on potato yield. *Weed Technology* 21 (1): 213 — 218.
- Deryło. S., Szymankiewicz K. 2003. Plonowanie i zachwaszczenie ziemniaka w warunkach zróżnicowanego poziomu agrotechniki na glebie lekkiej. *Annales UMCS, Sec. E*, 58: 247 — 255.
- Enerlein C. V., Petersom P. E., Guttieri M. J., Stark J. C. 1997. Efficacy and economics of cultivation weed control in potato. *Weed Technology* 11 (2): 257 — 264.
- Giebel J., Wnękowski S., Słomińska R., Dziedzic M. 1992. Effect of Sencor (metribuzin) on the inoculum activity of potato gangrene (*Phoma exigua* var. *foreata*). *Materiały 32. Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin, Cz. II.*: 28 — 32.
- Gruczek T. 2001 a: System pielęgnowania ziemniaka a jakość plonu. *Fragm. Agronom.*, 2 (70): 37 — 50.
- Gruczek T. 2001 b: Efektywne sposoby walki z chwastami i ich wpływ na jakość bulw ziemniaka. *Biul. IHAR* 217: 221 — 231.
- Gruczek T. 2004. Chemiczne i mechaniczne zwalczanie chwastów w ziemniakach oraz wpływ na jakość plonu. *Prog. Plant Protection /Post. Ochr. Roślin*, 44 (2): 715 — 717.
- Gruczek T. 2005. Wykorzystanie herbicydu Roundup 360 SL w pielęgnowaniu ziemniaka. *Prog. Plant Protection /Post. Ochr. Roślin*, 45 (2) : 697 — 700.
- Gruczek T., Pastusiak A. 1999. Efektywne sposoby walki z chwastami i ich wpływ na jakość produkowanych bulw. *Mat. Konf. Nauk. nt. Ziemniak jadalny i dla przetwórstwa spożywczego — czynniki agrotechniczne i przechowalnicze warunkujące jakość. Radzików*, 23–25 luty: 72 — 75.
- Gugła M., Zarzecka K. 2006. Efektywność ekonomiczna ochrony ziemniaka przed chwastami. *Mat. IV Konf. Nauk. nt. „Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie”*. Szklarska Poręba, 8–11 maja: 169 — 170.
- Pytlarz-Kozicka M. 2002. Wpływ sposobów pielęgnowania na wysokość i jakość plonów ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 489: 147 — 155.
- Renner K. A. 1998. Weed control in potato with rimsulfuron and metibuzin. *Weed Technol.* 12, (2): 406 — 409.
- Rola H., Rola J. 2001. Pozytywne i negatywne stosowanie herbicydów w uprawach rolniczych w Polsce w latach 1950–2000. *Prog. Plant Protection /Post. Ochr. Roślin*, 41 (1): 47 — 57.
- Rymaszewski J., Sobiech S., Więckowski A. 1996. Przydatność herbicydów i ich mieszanek do przed i powschodowego zwalczania chwastów w ziemniakach. *Prog. Plant Protection/ Post. Ochr. Roślin*, 36 (2): 314 — 316.
- Sawicka B., Skalski J. 1996. Zachwaszczenie ziemniaka w warunkach stosowania herbicydu Sencor 70 WP. *Cz. I. Skuteczność chwastobójcza herbicydu. Rocz. Nauk Rol.* 112-A-1–2: 169 — 182.
- Sekutowski T., Rola H. 2006. Oddziaływanie różnych systemów uprawy i zabiegów herbicydowych na zapas diaspor chwastów w glebie. *Mat. XLVI Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin. Streszczenia, Poznań*, 16–17 luty: 304 — 305.
- Wilson D. E., Nissan S. J., Thompson A. 2002. Potato (*Solanum tuberosum*) variety and weed response to sulfentrazone and flumioxazin. *Weed Technology* 16 (3): 567 — 574.
- Zarzecka K. 2002. Ekonomiczna ocena ochrony ziemniaka przed chwastami. *Zesz. Nauk. AP Siedlce, Rol.*, 61: 40 — 48.
- Zarzecka K. 2004. Ocena różnych sposobów odchwaszczania ziemniaka. *Cz. II. Zależność pomiędzy zachwaszczeniem a plonowaniem. Acta Sci. Pol., Agricultura*, 3 (2): 195 — 202.

KRYSTYNA ZARZECKA¹**MAREK GUGAŁA**¹**KATARZYNA RYMUZA**²¹ Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Akademia Podlaska, Siedlce² Katedra Doświadczalnictwa Rolniczego, Akademia Podlaska, Siedlce

Wpływ metod agrotechnicznych i herbicydów na porażenie przez rizoktoniozę (*Rhizoctonia solani*) bulw ziemniaka odmiany Wiking

The effect of tillage systems and herbicides on infection of tubers of potato c.v. Wiking by black scurf (*Rhizoctonia solani*)

W latach 2002–2004 prowadzono badania nad wpływem sposobów uprawy roli i niektórych herbicydów i ich mieszanin (Plateen 41,5 WG, Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC, Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC + Atpolan 80 EC, Barox 460 SL, Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC, Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC + Atpolan 80 EC) na porażenie bulw ziemniaka odmiany Wiking przez *Rhizoctonia solani*. Oceniano: procent bulw porażonych, średni stopień porażenia próby i średni stopień porażenia bulw porażonych. Uzyskane wyniki wykazały, że zastosowanie uprawy uproszczonej (dwa zabiegi uprawowe) w porównaniu z tradycyjną (pięć zabiegów uprawowych) istotnie ograniczało stopień porażenia bulw przez rizoktoniozę. Warunki meteorologiczne panujące w okresie wegetacji były zróżnicowane i wpłynęły na intensywność porażenia bulw przez ocenianą chorobę. Herbicydy nie wpłynęły istotnie na porażenie bulw rizoktoniozą.

Słowa kluczowe: herbicydy, rizoktonioza, sposoby uprawy roli, ziemniak

The effects of tillage systems and of some herbicides and their mixtures (Plateen 41,5 WG, Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC, Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC + Atpolan 80 EC, Barox 460 SL, Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC, Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC + Atpolan 80 EC) on infection of tubers of potato c.v. Wiking by *Rhizoctonia solani* were investigated in the years 2002–2004. The percentage of infected tubers, mean degree of tuber sample infection and mean degree of tuber infection were scored. The results obtained showed that simplified tillage (two tillage treatments), as compared with traditional tillage (five treatments), significantly reduced the degree of tuber infection by black scurf. The weather conditions differed between the growing seasons and influenced the intensity of tuber disease. The herbicide treatments had no significant effect on tuber infestation by black scurf.

Key words: black scurf, herbicides, potato, tillage systems

WSTĘP

Ziemniak jest rośliną trudną w uprawie, gdyż jest atakowany przez wiele chorób i szkodników, i to zarówno na polu w okresie wegetacji, jak i po zbiorze w czasie przechowywania (Błaszczak i Weber, 1976). Powszechnie występującą chorobą jest rizoktonioza powodowana przez grzyb *Rhizoctonia solani*, a pojawia się ona w trzech formach: zgnilizna kielków, próchnienie podstawy łodyg i ospowatość bulw (Sadowski, 2006). Ospowatość skórki stanowią sklerocja grzyba występujące na powierzchni bulw w postaci czarnych gruzełkowatych strupów o średnicy od kilku do kilkunastu milimetrów (Bernat, 2005). Sklerocje obecne na sadzeniakach są źródłem porażenia dla roślin i bulw potomnych. Ponadto stanowią one wadę estetyczną bulw, co zmniejsza wartość rynkową ziemniaków przeznaczonych na cele konsumpcyjne czy dla przemysłu przetwórczego (Lutomirska, 2007).

Rizoktonioza powoduje obniżkę plonu od kilku do kilkunastu procent, zdrobnienie i zdeformowanie bulw, a więc pogarsza ich jakość (Häni i in. 1998, Zimny i in. 1998). Liczne prace wskazują, że występowanie ospowatości zależy głównie od warunków meteorologicznych (Choroszewski, 1993; Wróbel, 2003; Lenc, 2006; Puła i Labza, 2007), odnotowuje się też zróżnicowaną reakcję odmianową (Lenc, 2006; Lutomirska, 2007), a pojedyncze badania sygnalizują wpływ niektórych zabiegów agrotechnicznych (Pszczółkowski i Sawicka, 1998; Gruczek, 2002). Aktualnie bardzo mało jest prac opisujących wpływ zabiegów pielęgnacyjnych czy stosowanych uproszczeń w uprawie roli (wyeliminowanie niektórych zabiegów uprawowych) na porażenie bulw chorobami skórki.

Celem badań było ustalenie w jakim stopniu herbicydy zastosowane do odchwaszczania plantacji i uproszczenia w uprawie roli oddziałują na ospowatość bulw ziemniaka powodowaną przez *Rhizoctonia solani*.

MATERIAŁ I METODY

Dwuczynnikowe doświadczenie polowe, założone metodą losowanych podbloków przeprowadzono w latach 2002–2004 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej. Czynnikiem eksperymentu były 2 sposoby uprawy roli:

- a) tradycyjna (orka odwrotka + orka przedzimowa + bronowanie + kultywatorowanie + bronowanie),
- b) uproszczona (orka odwrotka + kultywatorowanie) oraz 7 sposobów odchwaszczania z udziałem herbicydów:
 - a) obiekt kontrolny (zabiegi mechaniczne),
 - b) Plateen 41,5 WG w dawce $2,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$,
 - c) Plateen 41,5 WG $2,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ + Fusilade Forte 150 EC $2,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$
 - d) Plateen 41,5 WG $1,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ + Fusilade Forte 150 EC $2,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ + adiuwant Atpolan 80 EC $1,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$,
 - e) Barox 460 SL w ilości $3,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$,
 - f) Barox 460 SL $3,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ + Fusilade Forte 150 EC $2,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$,

— g) Barox 460 SL 2,4 dm³·ha⁻¹ + Fusilade Forte 150 EC 2,0 dm³·ha⁻¹ + adiuwant Atpolan 80 EC 1,5 dm³·ha⁻¹.

Stosowano nawożenie mineralne (90 kg N, 32,9 kg P i 112,1 kg·ha⁻¹) i organiczne w postaci obornika w dawce 25,0 t·ha⁻¹. Uprawiano średnio wczesną, jadalną odmianę Wiking. Porażenie bulw ospowatością oceniono corocznie bezpośrednio po zbiorze na 100 bulwach pobranych z każdego obiektu posługując się 9-stopniową skalą, w której 1° — oznacza ponad 25% pokrycia powierzchni bulwy sklerocjami, 9° — brak objawów (bulwy zdrowe). Obliczono: procentowy udział bulw z ospowatością, średni stopień porażenia próby i średni stopień porażenia bulw porażonych zgodnie z metodyką podaną przez Roztropowicz (1999). Wyniki opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji, wnioskowanie przy poziomie istotności $p = 0,05$ przeprowadzono w oparciu o test Tukeya. Warunki pogodowe (suma opadów i średnia temperatura powietrza) w drugiej części okresu wegetacji (lipiec-wrzesień) decydujące o występowaniu ospowatości na bulwach przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Warunki meteorologiczne w latach 2002–2004 (lipiec-wrzesień)
Meteorological conditions in the years 2002–2004 (July–September)

Dekady Decades	Sumy opadów (mm) Rainfall (mm)			Średnie temperatury powietrza (°C) Mean air temperature (°C)		
	lipiec July	sierpień August	wrzesień September	lipiec July	sierpień August	wrzesień September
	2002					
I	36,3	43,8	0,0	21,1	20,9	18,8
II	63,3	22,7	12,3	22,2	19,9	10,8
III	0,0	0,0	6,3	19,6	19,8	9,3
Suma — Sum	99,6	66,5	18,7	21,0	20,2	12,9
Średnia — Mean						
Średnia wieloletnia Multiyear mean 1981–1995	45,7	66,8	60,7	19,3	18,0	13,0
2003						
I	14,3	1,2	0,6	17,9	20,0	12,3
II	11,0	2,3	5,2	19,5	18,7	14,3
III	0,8	1,2	18,5	22,7	16,6	13,9
Suma — Sum	26,1	4,7	24,3	20,0	18,4	13,5
Średnia — Mean						
Średnia wieloletnia Multiyear mean 1981–1995	45,7	66,8	60,7	19,3	18,0	13,0
2004						
I	11,4	27,2	1,7	16,9	20,0	14,0
II	17,8	22,7	3,8	16,8	19,7	14,2
III	19,8	16,8	14,0	18,9	16,9	10,7
Suma — Sum	49,0	66,7	19,5	17,5	18,9	13,0
Średnia — Mean						
Średnia wieloletnia Multiyear mean 1981–1995	45,7	66,8	60,7	19,3	18,0	13,0

WYNIKI I DYSKUSJA

Przeciętny procentowy udział bulw z ospowatością (*Rhizoctonia solani*) stanowił 10,5%, średni stopień porażenia próby 8,4°, a stopień porażenia bulw porażonych wynosił 4,9° w skali 9-stopniowej (tab. 2). Również Wróbel (2003) stwierdził, że procentowy udział bulw porażonych u odmiany Mila był niewielki i wynosił 14,0. W prowadzonych badaniach istotny wpływ na procentowy udział bulw porażonych i średni stopień porażenia bulw porażonych miały warunki atmosferyczne w sezonach wegetacji, a z czynników agrotechnicznych tylko sposoby uprawy oddziaływały na średni stopień porażenia bulw porażonych przez rizoktoniozę (tab. 2, 5).

Tabela 2

Porażenie bulw ziemniaka rizoktoniozą (*Rhizoctonia solani*) w latach 2002–2004
The infection of potato tubers by black scurf (*Rhizoctonia solani*) in the 2002–2004

Kryteria oceny Criteria of assessment	Lata — Years			Śrenio Mean	NIR LSD _{0,05}
	2002	2003	2004		
Procent bulw porażonych Percentage of infected tubers	0,8	14,2	16,6	10,5	4,0
Średni stopień porażenia próby (skala 1-9) Mean degree of sample infection (scale 1-9)	8,9	8,1	8,0	8,4	r.n.–n.s.
Średni stopień porażenia bulw porażonych (skala 1-9) Mean degree of tuber infection (scale 1-9)	8,0	3,0	3,7	4,9	0,9

Tabela 3

Procentowy udział bulw porażonych rizoktoniozą (*Rhizoctonia solani*) w badanej próbie
Percentage of potato tubers infected by black scurf (*Rhizoctonia solani*) in assessed tuber sample

Herbicydy Herbicides	Dawka na 1 ha Dose per 1 ha	Sposoby uprawy Tillage systems		Średnio Mean
		tradycyjny traditional	uproszczony simplified	
Obiekt kontrolny — zabiegi mechaniczne Control object — mechanical treatment	—	9,1	12,7	10,9
Plateen 41,5 WG	2,0 kg	12,5	14,6	13,6
Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC	2,0 kg + 2,5 dm ³	13,2	9,2	11,2
Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC + Atpolan 80EC	1,6 kg + 2,0 dm ³ + 1,5 dm ³	10,6	8,6	9,6
Barox 460 SL	3,0 dm ³	8,3	11,6	10,0
Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC	3,0 dm ³ + 2,5 dm ³	6,9	7,3	7,1
Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC + Atpolan 80 EC	2,4dm ³ + 2,0 dm ³ + 1,5dm ³	15,6	8,7	12,2
Średnio Mean		10,7	10,4	10,5
NIR — LSD _{0,05} sposoby uprawy roli — tillage systems				r.n.–n.s.
— sposoby odchwaszczania — weed control methods				r.n.–n.s.
— interakcja — interaction				r.n.–n.s.

r.n. — Różnice nieistotne

n.s. — Differences not significant

Analiza uzyskanych wyników wykazała, że największy procent bulw porażonych był w 2004 roku (średnio 16,6), w którym w okresie tworzenia i dojrzewania bulw (lipiec-sierpień) było chłodno (temperatury od 16,8 do 20°C) i wilgotno (sumy opadów w lipcu i

sierpniu odpowiednio 49,0 i 66,7 mm). Warunki atmosferyczne września nie miały większego znaczenia, gdyż zbiór bulw przeprowadzono w pierwszej dekadzie września. Średni stopień porażenia bulw porażonych w skali 9-stopniowej był największy również w sezonie 2004 i 2003 roku, natomiast wysokie temperatury w roku 2002 najbardziej ograniczały porażenie bulw rizoktoniozą. Podobny wpływ warunków pogodowych na występowanie ospowatości odnotowali inni autorzy (Choroszewski, 1993; Bernat, 2006; Lenc, 2006). Lutomirska (2007) stwierdziła, że optymalne warunki dla rozwoju grzyba stwarza temperatura w zakresie 15,3–20,9°C dla odmian wcześniejszych i 12,1–18,2°C — dla odmian późniejszych oraz wysoka wilgotność.

Spośród porównywanych sposobów agrotechnicznych uprawa uproszczona przyczyniła się do istotnego spadku porażenia bulw przez *Rhizoctonia solani* w stosunku do tradycyjnej uprawy ziemniaka. Wpływ technologii uprawy na porażenie bulw przez *Rhizoctonia solani* uwidocznił się także w badaniach Rębarz i Borówcza (2007). Sposoby uprawy nie zmieniały istotnie udziału bulw porażonych i średniego stopnia porażenia próby określonego w skali 9-stopniowej (tab. 3, 4).

Tabela 4

Średni stopień porażenia próby bulw ziemniaka przez rizoktoniozę (*Rhizoctonia solani*)
Mean degree of tuber sample infection by black scurf (*Rhizoctonia solani*)

Herbicydy Herbicides	Dawka na 1 ha Dose per 1 ha	Sposoby uprawy Tillage systems		Średnio Mean
		tradycyjny traditional	uproszczony simplified	
Obiekt kontrolny — zabiegi mechaniczne Control object — mechanical treatment	—	8,4	8,2	8,3
Plateen 41,5 WG	2,0 kg	8,3	8,2	8,3
Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC	2,0 kg + 2,5 dm ³	8,2	8,5	8,4
Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC + Atpolan 80EC	1,6 kg + 2,0 dm ³ + 1,5 dm ³	8,3	8,5	8,4
Barox 460 SL	3,0 dm ³	8,4	8,3	8,4
Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC	3,0 dm ³ +2,5dm ³	8,6	8,6	8,6
Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC + Atpolan 80 EC	2,4dm ³ + 2,0 dm ³ +1,5dm ³	8,0	8,5	8,3
Średnio Mean		8,3	8,4	8,4
NIR — LSD _{0,05} sposoby uprawy roli — tillage systems				r.n.—n.s.
— sposoby odchwaszczania — weed control methods				r.n.—n.s.
— interakcja — interaction				0,5

r.n. — Różnice nieistotne

n.s. — Differences not significant

Herbicydy zastosowane do odchwaszczania ziemniaka nie różnicowały istotnie nasilenia występowania omawianej choroby, które przedstawiono w procentowym udziale bulw z objawami, w średnim stopniu porażenia próby i w średnim stopniu porażenia bulw porażonych. Zaobserwowano jednak zmniejszenie zarówno udziału bulw porażonych, jak i ograniczenie stopnia porażenia bulw po opryskiwaniu mieszaniną herbicydów Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC + Atpolan 80 EC (obiekt 4), preparatem Barox 460 SL (obiekt 5) i herbicydami Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC (obiekt 6). W badaniach Burgiela i Gleń (1997) zastosowanie Afalonu przyczyniło się do zmniejszenia występowania ospowatości bulw, a także osłabiło rozwój wyrażony indeksem porażenia.

Boligłowa i wsp. (2004) zanotowali hamowanie rozwoju *Rhizoctonia solani* pod wpływem linuronu i mieszanki rimusulfuronu z metrybuzyną, a Pszczółkowski i Sawicka (1998) po użyciu preparatu Afalon i mieszaniny Afalon + Command.

Tabela 5

Średni stopień porażenia bulw przez rizoktoniozę (*Rhizoctonia solani*)
Mean degree of tuber infection by black scurf (*Rhizoctonia solani*)

Herbicydy Herbicides	Dawka na 1 ha Dose per 1 ha	Sposoby uprawy Tillage systems		Średnio Mean
		tradycyjny traditional	uproszczony simplified	
Obiekt kontrolny — zabiegi mechaniczne Control object — mechanical treatment	—	3,5	5,0	4,3
Plateen 41,5 WG	2,0 kg	3,6	5,3	4,5
Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC	2,0 kg + 2,5 dm ³	4,8	5,6	5,2
Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC + Atpolan 80EC	1,6 kg + 2,0 dm ³ + 1,5 dm ³	4,7	5,4	5,2
Barox 460 SL	3,0 dm ³	5,7	4,3	5,0
Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC	3,0 dm ³ + 2,5 dm ³	6,0	5,3	5,7
Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC + Atpolan 80 EC	2,4 dm ³ + 2,0 dm ³ + 1,5 dm ³	4,7	5,0	4,9
Średnia Mean		4,7	5,1	4,9
NIR — LSD _{0,05} sposoby uprawy roli — tillage systems				0,3
— sposoby odchwaszczania — weed control methods				r.n.—n.s.
— interakcja — interaction				r.n.—n.s.

r.n. — Różnice nieistotne

n.s. — Differences not significant

Boligłowa i wsp. (2004) sugerują, że niszcząc chwasty herbicydami w uprawie ziemniaka można ograniczyć stosowanie fungicydów, a w konsekwencji wprowadzać mniejsze ilości pestycydów do środowiska.

WNIOSKI

1. Warunki meteorologiczne w latach badań miały zdecydowanie większy wpływ na występowanie ospowatości niż czynniki agrotechniczne.
2. Procent bulw porażonych przez *Rhizoctonia solani* i stopień porażenia bulw porażonych były większe w warunkach chłodnej i wilgotnej pogody niż w temperaturach ponad 20°C.
3. Uprawa uproszczona obejmująca dwa zabiegi uprawowe w porównaniu z tradycyjną, w której stosowano pięć zabiegów, ograniczała stopień porażenia bulw przez rizoktoniozę.

LITERATURA

- Bernat E. 2005. Problem ospowatości na wybranych odmianach ziemniaka. Mat. Konf. Nasiennictwo i ochrona ziemniaka. Bonin, 10–11 marca: 32 — 35.
- Błaszczak W., Weber Z. 1976. Rizoktonioza ziemniaka i jej zwalczanie. Wyd. AR Poznań: 1 — 38.
- Boligłowa E., Gleń K., Pisulewski P. 2004. Wpływ stosowania herbicydów na plonowanie i niektóre cechy jakości bulw ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 500: 391 — 397.
- Burgiel Z., Gleń K. 1997. Wpływ herbicydu Afalon na zdrowotność bulw ziemniaka. Pestycydy, 3–4: 85 — 91.

- Choroszewski P. 1993. Wpływ warunków klimatycznych na porażenie bulw ziemniaka sprawcami chorób w latach 1997–1988. Biul. Inst. Ziemn. 43: 113 — 129.
- Gruczek T. 2002. Skuteczność zabiegów mechanicznych w systemach pielęgnowania ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 489: 123 — 135.
- Häni F., Popow G., Reinhard A. 1998. Ochrona roślin rolniczych w uprawie integrowanej. PWRiL, Warszawa: 130 — 131.
- Lenc L. 2006. Wpływ podkiełkowania sadzeniaków na występowanie *Rhizoctonia solani* Kühn na kielkach i bulwach sześciu odmian ziemniaka uprawianego w systemie ekologicznym. J. Res. Application in Agric. Engineering 51 (2):104 — 107.
- Lutomirska B. 2007. Wpływ odmiany i czynników meteorologicznych okresu wegetacji na ospowatość bulw ziemniaka. Prog. Plant Protection /Post. Ochr. Roślin 47 (2): 173 — 177.
- Pszczółkowski P., Sawicka B. 1998. Stosowanie osłon i różnych sposobów pielęgnacji w uprawie wczesnych odmian ziemniaka w aspekcie zdrowotności roślin. Roczn. AR w Poznaniu, CCCVII: 191 — 197.
- Puła J., Łabza T. 2007. Porażenie bulw ziemniaka patogenami w zależności od nawożenia i terminu oceny. Prog. Plant Protection /Post. Ochr. Roślin, 47 (2): 284 — 286.
- Rębarz K., Borówczak F. 2007. Porażenie patogenami bulw ziemniaka odmiany Bila w zależności od deszczowania, technologii uprawy i nawożenia azotowego. Prog. Plant Protection /Post. Ochr. Roślin 47 (2): 294 — 298.
- Roztropowicz S. (red.) 1999. Metodyka obserwacji, pomiarów i pobierania prób w agrotechnicznych doświadczeniach z ziemniakiem. Praca zbiorowa. Wyd. IHAR Radzików, Oddział Jadwisin: 1 — 50.
- Sadowski Cz. 2006. Stan zdrowotności polskiego ziemniaka i jej zagrożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 511: 37 — 51.
- Wróbel S. 2003. Porażenie bulw ziemniaka parchem zwykłym i rizoktoniozą w zależności od zabiegów stosowanych w nasiennictwie. Biul. IHAR 228; 283 — 289.
- Zimny L., Waclawowicz R., Oliwa T. 2006. Porażenie bulw przez *Rhizoctonia solani* w zależności od systemów uprawy ziemniaka. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 46(1): 388 — 394.

JERZY OSOWSKIInstytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików
Zakład Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka, Bonin

Antraknoza (*Colletotrichum coccodes*) nowym zagrożeniem plantacji ziemniaka

Black dot (*Colletotrichum coccodes*) as a new threat to potato plantation

Antraknoza ziemniaka jest chorobą skórki bulw i liści ziemniaka wywoływaną przez grzyba *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) S. J. Hughes (synonimy *C. atramentarium* (Berk. & Br. Taub) and *C. phomoides*). Jest chorobą powszechnie występującą w większości rejonów uprawy ziemniaka na świecie i może powodować straty plonu na odmianach podatnych sięgające do 30%–75%. Objawy antraknozy (*C. coccodes*) mogą występować na wszystkich częściach podziemnych (bulwy potomne, stolony i korzenie), podstawie łodygi i na liściach. Cechą charakterystyczną antraknozy ziemniaka jest występowanie małych czarnych sklerocjów na korzeniach, łodygach, rozłogach i bulwach potomnych zakażonych roślin. Stosunkowo małe znaczenie antraknozy wzrosło po części z powodu rosnącego rynku ziemniaków świeżych i ziemniaków półprzetworzonych wynikającego ze wzrostu popytu na wysokiej jakości ziemniaki myte.

Słowa kluczowe: antraknoza, *Colletotrichum coccodes*, objawy

Black dot is a tuber blemish and foliar disease of potato caused by the fungus *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) S. J. Hughes (synonyms *C. atramentarium* (Berk. & Br. Taub) and *C. phomoides*). It is common in most potato growing areas in the world and may cause up to 30%–75% yield reduction on susceptible cultivars. *Colletotrichum coccodes* can colonize all underground parts (daughter tubers, stolons and roots), basal stems and foliage of potato plants. The typical symptoms of the disease are small black sclerotia on the roots, stems, stolons, and progeny tubers of infected plants. The relative importance of *Colletotrichum coccodes* on potato has increased, in part due to the growing market for fresh, prepacked potatoes, which has resulted in an increase in the demand for washed potatoes with a high-quality appearance.

Key words: black dot, *Colletotrichum coccodes*, symptoms

W Polsce, w ciągu ostatniej dekady zaszły ogromne zmiany zarówno w wielkości powierzchni, jak i w kierunkach uprawy ziemniaków. Od początku lat dziewięćdziesiątych obserwujemy stały spadek powierzchni uprawy ziemniaków z 1,7 mln ha do około 550 tys. ha w roku 2008.

Dużym zmianom uległy także kierunki uprawy ziemniaków i ich przeznaczenie. Nastąpił spadek zużycia ziemniaków na paszę dla zwierząt i jako surowiec do produkcji spirytusu. Zamiast tego, obserwujemy wzrost uprawy ziemniaków z przeznaczeniem na przetwory ziemniaczane (w 2006 roku 2,5-krotny wzrost spożycia produktów przetworzonych na jednego mieszkańca w porównaniu do 1996 roku). Zmiany te wymuszają na producentach nie tylko poszukiwanie nowych odmian, ale także dbałość o jakość produkowanych bulw. Nowego podejścia wymagają także patogeny powodujące choroby roślin i bulw ziemniaka, a szczególnie sprawcy chorób skórki: ospowatość bulw (*Rhizoctonia solani*), parch zwykły (*Streptomyces scabies*) i parch srebrzysty (*Helminthosporium solani*). W ostatnich latach obserwujemy wzrost znaczenia innego sprawcy chorób skórki, jakim jest grzyb *Colletotrichum coccodes*.

Antraknoza ziemniaka jest chorobą bulw i liści (Lees i Hilton, 2003) wywołowaną przez grzyb *Colletotrichum coccodes* [Wallr] Hughes, synonimy *C. atramentarium* [Berk. et Br.] Taubenh. i *C. phomoides*. Pierwsze doniesienia na temat wystąpienia tej choroby na ziemniaku pochodzą z pierwszej połowy XIX wieku. Szczegółowy opis został jednak dokonany dopiero w XX wieku przez Dicksona (1926). Zasięg występowania choroby obejmuje wszystkie rejony uprawy ziemniaka na świecie (Harrison, 1963; Mordue, 1976; Raid i Pennypacker, 1987; Andrivon i in., 1997). Denner i Marais (1989) za jedną z przyczyn występowania antraknozy w Afryce Południowej uznają podatność uprawianych tam odmian. Także Read i wsp. (1995) w badaniach prowadzonych w latach 1989–1990 w Wielkiej Brytanii stwierdzali występowanie grzyba *Colletotrichum coccodes* na około 80% obserwowanych pól.

Chesters i Hornby (1965 a) oraz Zitter i wsp. (1989) opisywali antraknozę jako chorobę korzeni o małym znaczeniu ekonomicznym. Jednakże doniesienia innych autorów (Mohan i Davis, 1987; Barkdoll i Davis, 1992; Johnson, 1994; Tsrer (Lahkim) i in., 1994; Read i Hide, 1995; Andrivon i in., 1997; Denner i in., 1997 oraz Tsrer (Lahkim) i in., 1999) stwierdzają wzrost znaczenia, częstotliwości występowania choroby i strat przez nią powodowanych. Według Lees i Hilton (2003) stosunkowo małe znaczenie antraknozy wzrosło po części z powodu rosnącego popytu na wysokiej jakości ziemniaki świeże i paczkowane. British Potato Council ocenia, że straty wynikające z występowania w Wielkiej Brytanii antraknozy i parcha srebrzystego mogą rokrocznie dochodzić do 5 mln funtów (Anonymous, 1998). W doświadczeniach polowych Johnson (1994) stwierdzał wysokość strat sięgającą 7–12% plonu. Tsrer (Lahkim) i wsp. (1999) ubytki plonu w doświadczeniach szklarniowych oceniali na 19–32%. W USA, Gudmestad (2003) stwierdza, że wysokość strat w stanach Minnesota i Północna Dakota w roku 2002 wynosiła 15–25 mln dolarów. Nitzan (2006) ocenia ubytki plonu spowodowane przez występowanie i rozwój antraknozy na 30% plonu bulw potomnych. Według Wnękowskiego i Błaszczaka (1997) obniżenie wysokości plonu w skrajnych przypadkach może wynosić nawet 75%.

Colletotrichum Coccodes może występować na wszystkich podziemnych częściach (bulwy potomne, stolony i korzenie), podstawie łodygi (Hooker, 1981; Wnękowski i Błaszczak, 1997; Andrivon i in., 1998; Christ, 1998) i liściach (Mohan i in., 1992; Johnson i Miliczky, 1993; Johnson, 1994) ziemniaka. Objawy chorobowe na częściach

nadziemnych są trudne do rozpoznania i często mogą być mylone z objawami wywołwanymi przez *Verticillium dahliae* lub *Fusarium* (Hooker, 1981; Christ, 1998).



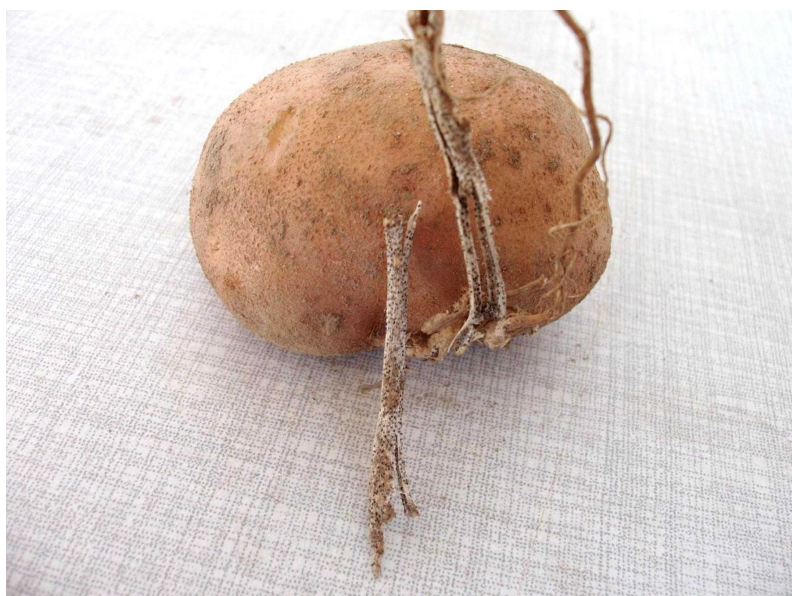
Rys. 1. Objawy antraknozy na lodydze
Fig. 1. Symptoms of black dot on the stem



Rys. 2. Przebarwienia na lodydze — objaw charakterystyczny
Fig. 2. Stem discolouration a characteristic symptom

Zmiany chorobowe rozpoczynają się od wierzchołka rośliny, liście powoli żółkną, zwijają się, więdną i stopniowo zamierają (Wnękowski i Błaszczak, 1997). Łodygi roślin porażonych antraknozą po zaschnięciu liści długo jeszcze zachowują swoją naturalną barwę lub brązowieją a później usychają. Na podstawie łodygi, korzeniach i stolonach rozwija się suchy proces gnilny. Kora na tych częściach roślin gnije, pęka, łuszczy się i łatwo oddziela od drewna w skutek, czego chore łodygi lekko można wyciągnąć z gleby (rys. 1). Na porażonej warstwie drewna często barwy jasnofioletowej występują liczne czarne mikrosklerocja (rys. 2) — objaw charakterystyczny dla antraknozy (Wnękowski i Błaszczak, 1997). Uszkodzenia występujące w początkowej fazie na podziemnych częściach łodyg i stolonów mogą być również podobne do rizoktoniozy (Hooker, 1981; Christ, 1998).

W okresie zbiorów często występującym objawem są bulwy z przylegającymi do nich kawałkami wysuszonych stolonów pokrytych sklerocjami lub bez nich (Wnękowski i Błaszczak, 1997). Stolony nie odrywają się w pełni od bulwy (rys. 3) i często można zauważyć odcinki stolonu o długości 15–45 mm (Hooker, 1981).



Rys. 3. Objawy antraknozy na stolonie
Fig. 3. Symptoms of black dot on the stolon

Wynikiem rozwoju infekcji *C. coccodes* na bulwach jest tworzenie się na powierzchni srebrzystej barwy uszkodzeń charakteryzujących się występowaniem czarnych mikrosklerocjów (Hooker, 1981; Dillard, 1992). Niekiedy w części przystolonowej są obserwowane brązowej barwy uszkodzenia słabo odgraniczone od zdrowej tkanki, w przeciwieństwie do parcha srebrzystego, gdzie nekrozy są wyraźnie odgraniczone od

zdrowej tkanki. Aby móc zidentyfikować te dwie choroby konieczne jest skorzystanie z mikroskopu w celu zauważenia charakterystycznych dla antraknozy czarnych mikro-sklerocjów lub w przypadku parcha srebrzystego konidioforów *Helminthosporium solani* (Errampalli i in., 2001). Bulwy porażonych roślin tracą turgor, stają się gumowate i pomarszczone. Takie bulwy dają duży procent nitkowatych kiełków (Wnękowski i Błaszczak, 1997).

Sprawca antraknozy należy do rzędu warstwiaków (Melanconiales) w podgromadzie grzyby niedoskonałe (Deuteromycotina). Na łodygach i bulwach wytwarza on acerwulusy o średnicy 180–200 µm, a na nich jednokomórkowe, bezbarwne, cylindryczne zarodniki konidialne (Wnękowski i Błaszczak, 1997). Hooker (1981) uważa, że barwa zarodników jest zależna od pH podłoża, na którym się rozwijają. Acerwulusy otoczone są czarnymi szczecinkami, które również pokrywają liczne, czarne, sklerocja wielkości 0,1–0,6 mm (Hooker, 1981; Wnękowski i Błaszczak, 1997). Grzyb zimuje w postaci mikro-sklerocjów na powierzchni bulw i resztkach roślin. Według Blakeman i Hornby (1966) przeżywalność sklerocjów w glebie może wynosić do 83 tygodni. Nowsze badania przeprowadzone przez Dillard i Cobb (1998) na materiale uzyskanym z pomidora wykazały zdolność do infekowania po ośmiu latach przebywania w glebie. Cullen i wsp. (2001) przeprowadził badania przy wykorzystaniu techniki PCR, na materiale z trzech różnych miejsc w Wielkiej Brytanii, pochodzącym z pól naturalnie zainfekowanych i stwierdził żywotność sklerocjów po 5, 8 i 13 latach od uprawiania ziemniaków.

Warunki środowiskowe sprzyjające rozwojowi choroby są jeszcze ciągle nie do końca poznane. Jednakże rozległy zasięg geograficzny tej choroby (Mordue, 1967) sugeruje, że infekcja w warunkach polowych może wystąpić w szerokim zakresie temperatur. W warunkach *in vitro* optymalna temperatura dla kiełkowania zarodników konidialnych wynosiła 22°C a grzybnia najszybciej rosła w temperaturze między 25 a 31°C (Dillard, 1988; Wnękowski i Błaszczak, 1997). Doniesienia na temat warunków środowiskowych korzystnych dla rozwoju patogena są ograniczone. Jednakże w doświadczeniach w warunkach nawadniania patogen lepiej rozwijał się w warunkach ze zwilżoną glebą (Firman i Allen, 1993; Hide i in., 1994). Także Gudmestad (2003) zwraca uwagę na znaczenie wilgoci i temperatury dla rozwoju choroby. Według niego kluczowe warunki do rozwoju choroby to stan nasycenia gleby wilgocią tuż przed zwarcie roślin w rzędach, na który może mieć wpływ nawadnianie lub silne opady atmosferyczne a wyższa temperatura w późniejszym okresie wegetacji będzie czynnikiem przyspieszającym proces zamierania roślin.

Jako pierwszy na możliwość przenoszenia choroby przez bulwy wskazał Dickson (1926). Późniejsze badania przeprowadzone przez Komm i Stevenson (1978), Dashwood i wsp. (1992) i Read i Hide (1995a) potwierdziły tę hipotezę. Johnson i wsp. (1997) w badaniach prowadzonych na bulwach sadzeniakowych w latach 1994-1995 wykazał obecność *C. coccodes* na odpowiednio 0 do 90% i 0 do 53% bulw sadzeniakowych. Według Barkdoll i Davis (1992), Dillard i Cobb (1998) oraz Cullen i wsp. (2002) źródłem przenoszenia zarodników o dużym znaczeniu jest także gleba. Mohan i wsp. (1992), Johnson i Miliczky (1993 a), Johnson (1994) oraz Tsrer (Lahkim) i wsp. (1999 b) za

potencjalne źródło przenoszenia materiału infekcyjnego, zwłaszcza w rejonach umiarkowanie suchych, uważają silne wiatry, sugerując zaklasyfikowanie patogena do powietrznych czynników chorobotwórczych. Jako alternatywne źródło materiału infekcyjnego Raid i Pennypacker (1987) zidentyfikowali w stanie Pensylwania (USA) 15 gatunków chwastów, które mogłyby być zakażane od stadium siewki do starzenia się rośliny. Harding i Wicks (2007) zidentyfikowali jako rośliny gospodarze następujące chwasty: *Solanum nigrum* (psianka czarna), *Chenopodium album* (komosa biała), *Capsella bursa-pastoris* (tasznik pospolity), *Polygonum aviculare* (rdest ptasi), *Datura stramonium* (bieluń dziędzierzawa), *Heliotropium europeum* (heliotrop europejski).

Zwalczanie antraknozy, tak jak innych chorób ziemniaka, opiera się na wykorzystaniu metod agrotechnicznych i stosowaniu chemicznej ochrony roślin. Według Hooker (1981), Wnękowski i Błaszczak (1997) oraz Harding i Wicks (2007) pierwszym ze sposobów agrotechnicznych jest zdrowy sadzeniak. Gudmestad (2003) uważa, że w partii sadzeniaków ilość bulw z objawami choroby nie powinna przekraczać 15%. Hooker (1981), Honeycutt (1996), Wnękowski i Błaszczak (1997), Zitter (2001), Gudmestad (2003) oraz Harding i Wicks (2007) za skuteczny sposób zmniejszania ilości materiału infekcyjnego uważają stosowanie właściwe dobranego płodozmianu, w którym ziemniaki przychodzą na to samo pole po 3-4 latach; stosowanie nawozu zielonego np. gorczycy indyjskiej może korzystnie wpływać na zmniejszenie poziomu inokulum w glebie. Jednak Komm i Stevenson (1978) kwestionują skuteczność stosowania płodozmianu uważając, że uprawiając ziemniaki ponownie wprowadzamy materiał infekcyjny do gleby. Denner i wsp. (2000) podkreślają znaczenie właściwej agrotechniki gleby stwierdzając, że stosowanie orki na głębokość 30 cm efektywnie zmniejsza ilość materiału infekcyjnego.

Obecnie mało jest dostępnych informacji o poziomie naturalnej odporności na antraknozę wśród uprawianych odmian ziemniaka. W ocenach prowadzonych w warunkach polowych odmiany wczesne są ogólnie bardziej podatne na antraknozę niż odmiany później dojrzewające (Read, 1991; Andrivon i in., 1997). Hunger i McIntyre (1979) uważają, że odmiany o cienkiej skórce są bardziej podatne niż odmiany o skórce grubej. Gans i wsp. (2002) wyrażają pogląd, że do poznania genetycznych podstaw odporności i hodowli odmian odpornych należy zrozumieć mechanizmy odpowiadające za odporność wykorzystując do tego celu standardowe metody badawcze.

Hooker (1981), Wnękowski i Błaszczak (1997), Gudmestad (2003) i Harding i Wicks (2007) zwracają uwagę na znaczenie odpowiedniego doboru stanowiska (typ gleby) pod uprawę ziemniaków. Według nich nie powinny to być gleby zbyt ciężkie, zaskorupiające się, na których trudno jest utrzymać właściwy poziom wilgotności. Dodatkowo Gudmestad (2003) stwierdza, że przy uprawie na glebach lżejszych, należy dokładnie obsypać redliny i niedopuszczać do wychodzenia bulw na powierzchnię, aby uniknąć ranienia ich przez podmuchy wiatru zmieszanego z drobinami piasku i tym samym ułatwiania zakażenia sprawcą choroby.

Prace Hooker (1981), Raid i Pennypacker (1987) oraz Harding i Wicks (2007) za skuteczny sposób zmniejszania ilości materiału infekcyjnego podają zwalczanie chwastów, szczególnie tych będących gospodarzami pośrednimi. Według teorii Harding i Wicks

(2007) zwalczanie chwastów na polu, gdzie będą uprawiane ziemniaki należy prowadzić już sezonie poprzedzającym, w trakcie ich uprawy oraz w sezonie następnym.

Jak donoszą Lees i Hilton (2003) skuteczność stosowania środków chemicznych jest ograniczona tym, że brak jest obecnie fungicydów przeznaczonych tylko do zwalczania antraknozy. Jellis i Taylor (1974) za efektywne do zwalczania antraknozy uważali środki rtęciowe. Read i Hide (1995b) w badaniach prowadzonych z wykorzystaniem fenpiclonilu uzyskali pozytywne wyniki w ograniczaniu rozwoju antraknozy, jednakże znaleźli też izolaty *C. coccodes* wyhodowane na podłożu zawierającym fenpiclonil, które były odporne. Podobne rezultaty uzyskali Uribe i Loria (1994). Efekt ograniczenia ilości materiału infekcyjnego w glebie uzyskał Denner i wsp. (1998) po zastosowaniu bromku metylu, który jest obecnie wycofany ze stosowania w krajach Unii Europejskiej. Harding i Wicks (2007) także potwierdzają skuteczność fumigacji gleby uważając jednak ten zabieg za drogi i zawodny. Gudmestad (2003) poleca jako skuteczny sposób zmniejszania zagrożenia chorobą stosowanie, co 14 dni od momentu tuż przed zwarciem roślin w rzędach, fungicydowych zabiegów nalistnych.

Wnękowski i Błaszczak (1997) oraz Harding i Wicks (2007) podkreślają znaczenie zabiegu desykacji i właściwego zagospodarowania resztek roślin. Według nich ziemniaki powinny być zbierane tak szybko, po osiągnięciu dojrzałości technologicznej, jak to tylko możliwe a resztki roślinne powinno się starannie zebrać i usunąć z pola lub spalić.

Czas przechowywania bulw ziemniaków może wynosić do 9 miesięcy, dlatego ogromnie ważne staje się właściwe ich przygotowanie do tego okresu. Obniżenie poziomu wilgotności i wysuszenie bulw w temperaturze 15°C przez okres 14 dni jest jak uważają Hardy i wsp. (1997) skutecznym sposobem ograniczania rozwoju parcha srebrzystego, a według Pringle i Robson (1996) bakterii z rodzaju *Erwinia*. Hide i Boorer (1991) uzyskali zmniejszenie poziomu nasilenia antraknozy po 14-dniowym okresie suszenia w porównaniu do bulw przechowywanych w plastikowej torbie, jednak redukcja poziomu wilgotności względnej z 95% do 75% nie miała żadnego wpływu na ograniczenie rozwoju antraknozy — sugerować to może, że dla rozwoju choroby bardziej korzystna jest wilgotność skórki niż poziom wilgotności względnej. Okres wysuszania bulw staje się, więc szczególnie efektywny w redukcji poziomu choroby podczas przechowywania, kiedy bulwy zbierane w wilgotnych warunkach są ubłoczone składowane do przechowalni. Hide i wsp. (1994) wysuwa przypuszczenie, że suszenie zmniejsza poziom rozwoju choroby.

Wzrastające znaczenie antraknozy może w dużej mierze zostać przypisane zmianami zachodzącymi w upodobaniach konsumenta. W przeszłości ziemniaki były kupowane w tradycyjnych sklepach z warzywami, gdzie sprzedawano je luzem i nie myte. Obecnie w supermarketach ziemniaki sprzedawane są po umyciu i w różnego rodzaju opakowaniach i wygląd ich ma bardzo duże znaczenie. Rosnąca liczba chętnych do dodatkowego płacenia za ziemniaki myte sprawia, że producenci (plantatorzy) będą musieli wyprodukować ziemniaki o wysokiej jakości skórki, by uzyskać dodatkowe przychody.

LITERATURA

- Andrивon D., Ramage K., Guérin C., Lucan M., Jouan B. 1997. Distribution and fungicide sensitivity of *Colletotrichum coccodes* in French potato-producing areas. *Plant Pathology* 46: 722 — 728.
- Andrивon D., Lucas J.M., Guérin C., Jouan B. 1998. Colonization of roots, stolons, tubers and stems of various potato (*Solanum tuberosum*) cultivars by the black dot fungus *Colletotrichum coccodes*. *Plant Pathology* 47: 440 — 445.
- Anonymous 1998. Quality. Eyewitness 1, 13.
- Barkdoll A. W., Davis J. R. 1992. Distribution of *Colletotrichum coccodes* in Idaho and variation in pathogenicity on potato. *Plant Disease* 76: 131 — 135.
- Blakeman J. P., Homby D. 1966. The persistence of *Colletotrichum coccodes* and *Mycosphaerella ligulicola* in soil, with special reference to sclerotia and conidia. *Transactions of the British Mycological Society* 49: 227 — 440.
- Christ B. J. 1998. Potato diseases in Pennsylvania. Pennsylvania State University: 14.
- Cullen D. W., Lees A. K., Toth I. K., Duncan J. M. 2001. Conventional PCR and real-time quantitative PCR detection of *Helminthosporium solani* in soil and on potato tubers. *European Journal of Plant Pathology* 107: 387 — 398.
- Cullen D. W., Lees A. K., Toth I. K., Duncan J. M. 2002. Detection of *Colletotrichum coccodes* from soil and potato tubers by conventional PCR and real-time quantitative PCR. *Plant Pathology* 51: 281 — 292.
- Dashwood E. P., Fox R. A., Perry D. A. 1992. Effect of inoculum source on root and tuber infection by potato blemish disease fungi. *Plant Pathology* 41: 215 — 223.
- Denner F. D. N., Marais L. 1989. Silver scurf and anthracnose on potatoes. *South African Journal of Science* 85: 673.
- Denner F. D. N., Millard C. P., Geldenhuys A., Wehner F. C. 1997. Treatment of seed potatoes with prochloraz for simultaneous control of silver scurf and black dot on daughter tubers. *Potato Research* 40: 221 — 227.
- Denner F. D. N., Millard C. P., Wehner F. C. 1998. The effect of seed and soil-borne inoculum of *Colletotrichum coccodes* on the incidence of black dot on potatoes. *Potato Research* 41: 51 — 56.
- Denner F. D. N., Millard C. P., Wehner F. C. 2000. Effect of soil solarization and mouldboard ploughing on black dot of potato, caused by *Colletotrichum coccodes*. *Potato Research* 43: 195 — 201.
- Dickson B. T. 1926. The black dot disease of potato. *Phytopathology* 16: 23 — 40.
- Dillard H. R. 1988. Influence of temperature, pH, osmotic potential, and fungicide sensitivity on germination of conidia and growth from sclerotia of *Colletotrichum coccodes* in vitro. *Phytopathology* 78: 1357 — 1361.
- Dillard H. R. 1992. *Colletotrichum coccodes*: the pathogen and its hosts. In: Bailey J. A., Jeger M. J, eds. *Colletotrichum: Biology, Pathology and Control*. Wallingford, UK: CAB International: 225 — 236.
- Dillard H.R., Cobb A.C. 1998. Survival of *Colletotrichum coccodes* in infected tomato tissue and in soil. *Plant Disease* 82: 235 — 238.
- Gans P. T., Vaughan J. E., Thomas J. E. 2002. The evaluation of potato cultivar resistance to fungal diseases causing tuber blemishes. In: *Crop Protection in Northern Britain*. Farnham, Surrey, UK: British Crop Protection Council: 263 — 268.
- Errampalli D., Saunders J., Cullen D. W. 2001. A PCR-based method for detection of potato pathogen, *Helminthosporium solani*, in silver scurf infected tuber tissue and soils. *Journal of Microbiological Methods* 44: 59 — 68.
- Firman D. M., Allen E. J. 1993. Effects of windrowing, irrigation and defoliation of potatoes on silver scurf (*Helminthosporium solani*) disease. *Journal of Agricultural Science* 121: 47 — 53.
- Gudmestad N. 2003. NDSU Plant Pathologists Focus On Black Dot <http://www.ext.nodak.edu/extnews/newsrelease/2003/041003/agcomm@ndsuent.nodak.edu>.
- Hardy C. E., Burgess P.J., Pringle R.T. 1997. The effect of condensation on sporulation of *Helminthosporium solani* on potato tubers infected with silver scurf and held in simulated store conditions. *Potato Research* 40: 169 — 180.
- Harding R., Wicks T. 2007. What is black dot? Australia Potato Industry, February: 28 — 29.
- Harrison D.E., 1963. Black dot disease of potato. *Journal of Agriculture Victoria* 61, 573 — 576.

- Hide G. A., Boorer K. J., Hall S. M. 1994. Effects of watering potato plants before harvest and of curing conditions on development of tuber diseases during storage. *Potato Research* 37, 169 — 172.
- Hooker W. J. 1981. Compendium of Potato Diseases. American Phytopathological Society: 55 — 56.
- Honeycutt C. W., Clapham W. M., Leach S. S. 1996. Crop rotation and N fertilization effects on growth, yield, and disease incidence in potato. *Amer. Potato J.* 73: 45 — 61.
- Jellis G. J., Taylor G. S. 1974. The relative importance of silver scurf and black dot: two disfiguring diseases of potato tubers. *ADAS Quarterly Review* 14: 53 — 61.
- Johnson D. A. 1994. Effect of foliar infection caused by *Colletotrichum coccodes* on yield of Russett Burbank potato. *Plant Disease* 78: 1075 — 1078.
- Johnson D. A., Miliczky E. R. 1993. Effects of wounding and wetting duration on infection of potato foliage by *Colletotrichum coccodes*. *Plant Disease* 77: 13 — 17.
- Johnson D. A., Rowe R. C., Cummings T. F. 1997. Incidence of *Colletotrichum coccodes* in certified potato seed tubers planted in Washington State. *Plant Disease* 81: 1199 — 1202.
- Komm D. A., Stevenson W. R. 1978. Tuber-borne infection of *Solanum tuberosum* 'Superior' by *Colletotrichum coccodes*. *Plant Disease Reporter* 62: 682 — 687.
- Lees A. K., Hilton A. J. 2003. Black dot (*Colletotrichum coccodes*): an increasingly important disease of potato. *Plant Pathology* 52: 3 — 12.
- Mohan S. K., Davis J. R. 1987. Pathogenic potential of *Colletotrichum coccodes* on potato: some new evidence. *Amer. Potato J.* 64: 449.
- Mohan S.K., Davis J.R., Sorensen L.H., Schneider A.T. 1992. Infection of aerial parts of potato plants by *Colletotrichum coccodes* and its effects on premature vine death and yield. *Amer. Potato J.* 69, 547 — 559.
- Mordue J. E. M. 1967. *Colletotrichum coccodes*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, no. 131. Kew, UK: Commonwealth Agricultural Bureau.
- Nitzan N. 2006. Colonization of potato plants after aerial infection by *Colletotrichum coccodes*, causal agent of potato black dot. *Plant Disease* August 2006: 999 — 1003.
- Pringle R. T., Robson K. 1996. Storage of seed potatoes in pallet boxes. 1. The role of tuber surface moisture on the population of *Erwinia* bacteria. *Potato Research* 39: 205 — 222.
- Raid R. N., Pennypacker S. P. 1987. Weeds as hosts for *Colletotrichum coccodes*. *Plant Disease* 71, 643 — 646.
- Read P. J., Hide G. A. 1995 a. Development of black dot disease [*Colletotrichum coccodes* (Wallr.) Hughes] and its effects on the growth and yield of potato plants. *Annals of Applied Biology* 127: 57 — 72.
- Read P. J., Hide G. A., 1995 b. Effects of fungicides on the growth and conidial germination of *Colletotrichum coccodes* and on the development of black dot disease of potatoes. *Annals of Applied Biology* 126: 437 — 447.
- Read P. J., Storey R. M. J., Hudson D. R. 1995 a. A survey of black dot and other fungal tuber blemishing diseases in British potato crops at harvest. *Annals of Applied Biology* 126: 249 — 258.
- Tsrur (Lahkim) L., Erlich O., Hazanovsky M. 1999. Effect of *Colletotrichum coccodes* on potato yield, tuber quality, and stem colonization during spring and autumn. *Plant Disease* 83: 561 — 565.
- Tsrur (Lahkim) L., Erlich O., Hazanowsky M., Peretz I. 1994. *Colletotrichum* on potato in Israel, is it a new disease? *Phytoparasitica* 22: 88.
- Uribe E., Loria R. 1994. Response of *Colletotrichum coccodes* to fungicides *in vitro*. *Amer. Potato J.* 71: 455 — 465.
- Wnękowski S., Błaszczyk W. 1997. Choroby ziemniaka. p. 505-535. In: „Ochrona Roślin” (J. Kochman, W. Węgorzek, eds.). Plantpress Kraków.
- Zitter T. 2001. Black dot. http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/factsheets/Potato_BlDot.htm.

SYLWESTER SOBKOWIAK**HANNA ZARZYCKA****RENATA LEBECKA****EWA ZIMNOCH-GUZOWSKA**

Zakład Genetyki i Materiałów Wyjściowych Ziemniaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Młochowie

Reakcja wzorców w testach odporności ziemniaka na *Phytophthora infestans*

Reaction of potato standards to *Phytophthora infestans* in resistance tests

W latach 2000–2004 oceniano reakcje odpornościowe odmian i rodów ziemniaka stanowiących wzorce do badania odporności materiałów hodowlanych na *Phytophthora infestans* — sprawcy zarazy ziemniaka. Stosowano wzorce używane od wielu lat oraz takie, które włączono do badań w 2004 roku. Odporność niektórych starszych wzorców uległa przełamaniu przez nowe rasy patogena. Wzorce takie powinny być zastąpione przez odmiany lub rasy ziemniaka, reagujące stabilnie pod względem ekspresji odporności. W prezentowanej pracy oceniano stabilność ekspresji odporności wzorców na *P. infestans* w testach listkowych, plastrowych i bulwowych. Najbardziej stabilne w testach listkowych okazały się wrażliwa odmiana Irys, odporna odmiana Wawrzyn i ród DG 94-15. W testach plastrowych najbardziej stabilne były odmiany Irys i Bzura, a ród DG 94-15 jako wzorzec odporny okazał się średnio stabilny. W teście bulwowym największą stabilnością odznaczały się odmiany Sokół i Meduza, które reagowały jak odmiany średnio odporne. Odmiana Irys będąca wzorcem wrażliwości, w teście bulwowym reagowała bardzo stabilnie, ale na pograniczu odmian podatnych i średnio odpornych. Wysoką wartość współczynników korelacji obserwowano w testach listkowych i plastrowych między poszczególnymi latami oraz w testach plastrowych między poszczególnymi terminami testów. Wysoka stabilność porażenia wzorców w testach listkowych i plastrowych wskazuje na przydatność tych metod do oceny odporności ziemniaka na *P. infestans*. Zmienna reakcja wzorców w teście bulwowym wskazuje na konieczność analizy stabilności wzorców bądź dopracowanie metody oceny odporności bulw w tym teście. Z odmian stanowiących grupę standardów zalecanych przez projekt Eucablight, które oceniano w testach listkowych przez jeden rok, najmniejszą zmiennością charakteryzowały się odmiana Bintje jako wzorzec podatności i odmiany Escort i Robijn jako wzorce średnio odporne.

Słowa kluczowe: wzorce odporności, zaraza ziemniaka

Resistance reaction to *Phytophthora infestans* of potato standards used for a long time and of those introduced lately were examined in laboratory tests in 2000–2004. The resistance of some older standards has been broken down by the new *P. infestans* races. These standards ought to be replaced by the new ones, showing stability in the expression of resistance. The level and stability of resistance expression was evaluated in tests performed on leaflets, tuber slices and in whole tubers. High values of correlation coefficients were observed among years for leaflet tests, and among dates for tuber slices tests. These results indicate that the both choice of tests and their realization were correct. Highly stable

reaction of standards in both leaflet and tuber slices tests confirmed the proper use of methods applied to assess the resistance and a suitable choice of the standard. However, the whole tuber test was found to be less stable and it ought to be improved. In leaflet tests, the most stable expression of resistance was observed in a susceptible standard cv. Irys, resistant cv. Wawrzyn and clone DG 94-15. The resistance reaction in tuber slice tests was most stable in the susceptible standard cv. Irys and moderately resistant cv. Bzura, whereas it was medium stable in the resistant standard clone DG 94-15. In the whole tuber tests, the expressions of resistance was most stable in the standard cv. Irys, moderately resistant cvs Sokół and Meduza, and it was medium stable in the clone DG 94-15.

Key words: late blight, resistance standards

WSTĘP

Dobór właściwej metody oceny odporności ziemniaka stanowi ważny element w pracach hodowlanych nad uzyskaniem ziemniaka odpornego na *Phytophthora infestans*. Wybrana metoda powinna spełniać szereg warunków: przede wszystkim powinna dawać powtarzalne wyniki, a ponadto powinna być tania, łatwa w zastosowaniu, a jednocześnie zapewniać szybkie przetestowanie dużych ilości materiału hodowlanego (Zarzycka i Sujkowski, 1988; Zarzycka, 2001 a). Do oceny odporności ziemniaka na *P. infestans* w IHAR O/ Młochów, obok oceny polowej stosowane są trzy metody laboratoryjne: test listkowy stanowiący wstęp do oceny odporności nadziemnych części ziemniaka na *P. infestans* oraz testy z zakażaniem całych bulw i test na plastrach wyciętych z bulw (Zarzycka, 2001 a i b). Wyniki oceny rodów i badanych odmian w danym roku i w latach badań porównuje się z wynikami otrzymanymi dla wzorców — odmian lub rodów ziemniaka o znanym poziomie odporności w stosunku do tego patogena (Colon i in., 1995; Sieczka, 2001).

Wzorce są wielokrotnie oceniane w prowadzonym teście, gdyż są umieszczane w każdym pojemniku, obok badanego materiału hodowlanego, co pozwala na kontrolę skuteczności prowadzonych zakażeń (Sieczka i in., 1979).

Wzorce odporności powinny być wymieniane, jeśli ich odporność zostanie przełamana przez nowe rasy patogena (Zarzycka i Sobkowiak, 1997) lub, gdy zostaną wykreślone z rejestru odmian i uzyskanie zdrowego materiału sadzeniakowego jest utrudnione.

Celem badań przedstawionych w omawianej pracy była ocena reakcji odpornościowej wzorców na *P. infestans* stosowanych w standardowych testach badania odporności materiałów hodowlanych ziemniaka, przeprowadzonych w Oddziale Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Młochowie w latach 2000–2004.

MATERIAŁ I METODY

Odporność na *Phytophthora infestans* części nadziemnej ziemniaka oceniano w teście listkowym, a bulw — w teście plastrowym i bulwowym.

MATERIAŁ

Test listkowy

W testach oceny odporności listków ziemniaka na *P. infestans* przeprowadzonych w latach 2001–2004 jako wzorce zastosowano odmiany o zróżnicowanym poziomie odporności na *P. infestans*: Irys (3), Sokół (4), Meduza (8), Bzura (8) i Wawrzyn (8) oraz rody IHAR Młochów: DG 94–15 (8) i DG 94–668 (4). W nawiasach podano ocenę (skala 1–9, gdzie 9 = najodporniejszy) odporności naci na *P. infestans* wg COBORU, a w przypadku rodów wg oceny własnej. W roku 2004 wycofano odmiany Irys i Sokół, a wprowadzono do badań grupę standardów zalecanych przez projekt „Eucablight”, charakteryzujących się zróżnicowaną odpornością naci na zarazę ziemniaka: Eersteling (2), Bintje (3), Gloria (5), Alpha (5), Escort (7), Robijn (8).

Testy listkowe w 2001 roku przeprowadzono w dwóch terminach i odporność każdego wzorca na *P. infestans* oceniano na 50 listkach w każdym teście, w 2002 testy przeprowadzono w sześciu terminach i w zależności od terminu testu poszczególne wzorce oceniano na 6–60 listkach, w 2003 testy przeprowadzono w dziewięciu terminach i wzorce oceniano na 18–39 listkach, w 2004 testy wykonano w pięciu terminach i wzorce oceniano na 21–45 listkach. Liczba testowanych listków w danym terminie zależała od ilości testowanych rodów hodowlanych, co determinowało liczbę pojemników, w których umieszczano wzorce.

Test oceny odporności plastrów wyciętych z bulw i całych bulw

W testach oceny odporności na *P. infestans* plastrów wyciętych z bulw i całych bulw przeprowadzonych w latach 2000–2003 jako wzorce użyto odmian: Irys (3), Sokół (6), Meduza (5) i Bzura (4) oraz rodów: DG 94–15 (8) i DG 94–668 (5).

Testy na plastrach wyciętych z bulw w 2000 roku przeprowadzono w pięciu terminach i w zależności od terminu testu, odporność każdego wzorca na *P. infestans* oceniono na 42–114 plastrach, w 2001 testy wykonano w jedenastu terminach i wzorce badano na 6–72 plastrach, w 2002 testy przeprowadzono w pięciu terminach i wzorce oceniano na 18–72 plastrach, w 2003 testy wykonano w pięciu terminach i wzorce oceniano na 24–78 plastrach.

Testy na całych bulwach w 2000 roku przeprowadzono w dwóch terminach i w zależności od terminu testu, odporność każdego wzorca na *P. infestans* badano na 90 lub 114 bulwach, w 2001 testy wykonano w pięciu terminach i wzorce oceniono na 3–66 bulwach, w 2002 testy przeprowadzono w pięciu terminach i wzorce oceniano na 6–54 bulwach, w 2003 testy przeprowadzono w pięciu terminach i wzorce oceniano na 6–78 bulwach.

Liczba testowanych plastrów i bulw w danym terminie, podobnie jak przy testach listkowych, zależała od ilości testowanych rodów hodowlanych, co determinowało liczbę pojemników z badanymi wzorcami.

METODY

Test listkowy

Ocenę odporności listków ziemniaka na *P. infestans* przeprowadzano w czerwcu i lipcu. W pojemnikach plastikowych zawierających listki ocenianego materiału hodowlanego, umieszczano po trzy listki każdego wzorca. Testy przeprowadzono według metody opisanej przez Zarzycką (2001 a).

Ocena porażenia listków była przeprowadzana po siedmiu dniach od inokulacji, według skali 9-stopniowej, gdzie 9 = nieporażony.

Test oceny odporności plastrów wyciętych z bulw i całych bulw

Większość testów plastrowych wykonano w listopadzie, niektóre były przeprowadzone we wrześniu, październiku, grudniu lub styczniu. Testy oceny odporności całych bulw przeprowadzono w październiku i listopadzie, a niektóre we wrześniu i grudniu. Zastosowano metody opisane przez Zarzycką (2001 b).

Ocena porażenia plastrów była przeprowadzana po 5–8 dniach od inokulacji, w zależności od reakcji wzorców na *P. infestans* według skali 9-cio stopniowej, gdzie 9 = nieporażony.

Ocenę porażenia bulw przeprowadzano na bulwach po ich podłużnym przekrojeniu po 14 dniach od inokulacji według skali 9-stopniowej, gdzie 9 = nieporażony.

Przygotowanie inokulum i zakażanie

Do inokulacji listków, plastrów i bulw ziemniaka używano izolatów *P. infestans* charakteryzujących się wysokim poziomem agresywności (1–2 według skali 9-stopniowej, gdzie 1 oznacza największą agresywność) i szerokim zakresem wirulencji (9–10 czynników wirulencji). Przed zakażaniem ziemniaka izolaty były wielokrotnie pasażowane na tkankach ziemniaka podatnych odmian Bintje lub Tarpan, gdyż po pierwszej izolacji przechowywano je na żytniej pożywce pod olejem parafinowym w temperaturze 7°C, wskutek czego mogło dojść do obniżenia ich infekcyjności (Zarzycka, 1996). Izolaty pasażowanie przed zakażaniem odznaczały się dobrą żywotnością oraz wysoką i stabilną patogenicznością.

W testach listkowych, plastrowych i bulwowych inokulum sporządzono ze sporangiów, doprowadzając ich koncentrację w wodzie dejonizowanej do poziomu 5×10^4 w 1 ml.

Metody statystyczne

Istotność różnic między poszczególnymi wzorcami we wszystkich testach wykazano na podstawie analizy wariancji stosując test Tukeya.

Prawidłowość oceny w poszczególnych terminach testów w danym roku oraz ogólnie między latami analizowano za pomocą współczynnika korelacji r , stosując liniowy model $y = a + b \cdot x$ (Pietkiewicz, 1976), a uzyskane wyniki oceny zamieszczono w tabelach 1–5. Do obliczeń współczynnika korelacji między latami badań wzięto tylko te odmiany lub rody, które badano we wszystkich latach.

Prawidłowość reakcji danego wzorca oceniono za pomocą odchylenia standardowego SD na podstawie wyników z wszystkich terminów testów. Mniejsza wartość odchylenia standardowego oznacza, że wyniki z porażenia danego wzorca znajdują się bliżej wartości średniej i określają większą stabilność danego wzorca.

Dla ułatwienia porównania reakcji odpornościowej wzorców przyjęto podział na trzy klasy, zależnie od intensywności porażenia według skali 9-stopniowej (Zarzycka, 1993). Za odporne uznano genotypy porażone w stopniu 7,1–9,0 za średnio odporne — porażone w stopniu 4,1–7,0, a za podatne — porażone w stopniu 1,0–4,0 (Zarzycka, 2001 a).

WYNIKI

Ekspresja odporności wzorców w testach listkowych

Odmiana Irys stosowana jako wzorzec podatności w latach 2001–2003 w 16 testach porażała się w granicach od 1,0 do 3,9 (tab. 1). We wszystkich testach odmiana ta porażała się istotnie silniej od stabilnie reagujących wzorców odpornych odmiany Wawrzyn i rodu DG 94-15. Jej porażenie w dwóch testach nie różniło się istotnie od porażenia zmiennie reagującej odmiany Bzura, a w jednym teście nie różniło się od porażenia odmiany Sokół. Odmiana Irys w jednym teście porażała się słabiej, w stopniu 5,1, ale była istotnie silniej zainfekowana od pozostałych wzorców badanych. Jako wzorzec podatności odmiana Irys reagowała dość stabilnie, gdyż jej odchylenie standardowe (SD) w testach nie przekraczało wartości 1,0 stopnia. Odmiana reagowała zgodnie z oczekiwaniem jako wzorzec podatności.

Tabela 1

Porażenie odmian i rodów ziemniaka stanowiących wzorce w testach oceny odporności listków na *Phytophthora infestans* w latach 2001–2004 (w stopniach porażenia w skali 9-stopniowej, gdzie 1 = całkowite porażenie)

Infection with *Phytophthora infestans* in susceptible and resistant standards in potato leaflet tests in 2001–2004 (according to 1–9 scale, where 1 = totally infected)

Nazwa Name	Numer testu No. of test													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	
	2001		2002							2003				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Irys	3,2 <i>d</i> ¹	3,5 <i>e</i>	3,0 <i>c</i>	3,2 <i>c</i>	1,9 <i>d</i>	3,4 <i>e</i>	1,0 <i>d</i>	1,4 <i>d</i>	5,1 <i>d</i>	3,7 <i>b</i>	2,3 <i>d</i>	3,5 <i>c</i>	3,0 <i>d</i>	
Sokół	4,8 <i>c</i>	5,1 <i>d</i>	4,5 <i>b</i>	4,9 <i>b</i>	3,2 <i>bc</i>	5,1 <i>c</i>	2,5 <i>c</i>	2,6 <i>c</i>	6,2 <i>c</i>	4,2 <i>b</i>	3,1 <i>c</i>	3,0 <i>c</i>	4,7 <i>c</i>	
Bzura	4,3 <i>c</i>	5,9 <i>c</i>	3,7 <i>c</i>	2,9 <i>c</i>	2,5 <i>cd</i>	4,1 <i>de</i>	1,5 <i>d</i>	1,6 <i>d</i>	—	—	—	—	—	
Meduza	6,9 <i>b</i>	7,9 <i>b</i>	8,2 <i>a</i>	8,0 <i>a</i>	5,8 <i>b</i>	7,4 <i>b</i>	4,0 <i>b</i>	4,8 <i>b</i>	8,3 <i>ab</i>	8,3 <i>a</i>	6,1 <i>b</i>	8,7 <i>a</i>	8,0 <i>ab</i>	
DG 94— 15	7,7 <i>a</i>	8,9 <i>a</i>	8,7 <i>a</i>	8,6 <i>a</i>	7,5 <i>a</i>	8,2 <i>a</i>	7,8 <i>a</i>	8,4 <i>a</i>	7,8 <i>b</i>	8,8 <i>a</i>	7,3 <i>a</i>	9,0 <i>a</i>	7,4 <i>b</i>	
DG 94— 668	4,3 <i>c</i>	5,0 <i>d</i>	3,0 <i>c</i>	3,4 <i>c</i>	3,5 <i>b</i>	4,8 <i>cd</i>	2,8 <i>c</i>	2,6 <i>c</i>	—	—	—	—	—	
Wawrzyn	—	—	—	—	—	—	—	—	9,0 <i>a</i>	8,8 <i>a</i>	8,0 <i>a</i>	7,8 <i>b</i>	8,1 <i>a</i>	
Z.W.	r = 0,97**					r = 0,86* – 0,95**								

c.d. Tabela 1

Nazwa Name	Numer testu No. of test									$\bar{x}$	SD ²	Zakres Range
	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII			
	2003				2004							
1	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Irys	1,9 <i>d</i>	3,9 <i>d</i>	2,7 <i>c</i>	3,4 <i>b</i>	—	—	—	—	—	2,9	1,00	1,0–5,1
Sokół	3,4 <i>c</i>	4,9 <i>c</i>	3,2 <i>c</i>	3,7 <i>b</i>	—	—	—	—	—	4,1	1,06	2,5–6,2
Bzura	—	—	—	—	—	4,2 <i>c</i>	—	—	—	3,4	1,42	1,5–5,9
Meduza	7,3 <i>b</i>	8,6 <i>ab</i>	7,7 <i>b</i>	7,9 <i>a</i>	8,2	7,3 <i>b</i>	8,0 <i>a</i>	8,0 <i>a</i>	8,1 <i>a</i>	7,4	1,22	4,0–8,7
DG 94— 15	8,1 <i>a</i>	9,0 <i>a</i>	7,8 <i>b</i>	8,2 <i>a</i>	—	8,7 <i>a</i>	8,7 <i>a</i>	8,3 <i>a</i>	8,4 <i>a</i>	8,3	0,54	7,3–9,0
DG 94— 668	—	—	—	—	—	3,2 <i>d</i>	—	—	—	3,6	0,87	2,6–5,0
Wawrzyn	8,4 <i>a</i>	8,1 <i>b</i>	9,0 <i>a</i>	8,2 <i>a</i>	—	—	—	—	—	8,4	0,45	7,8–9,0
Z.W.	r = 0,86 ^{ns} — 0,99**						—			ogółem — total ³ r = 0,76 ^{ns} — 0,99**		

Z.W. — Zakres współczynników korelacji; Range of correlation coefficients

******, ***** — Istotność korelacji odpowiednio przy $p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$; Significant correlation at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively

¹ Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się od siebie istotnie ($\alpha = 0,05$) wg testu Tukeya
The values in columns signed with the same letters do not differ significantly ($\alpha = 0.05$) according to the Tukey's test

² Odchylenie standardowe; Standard deviation

Odmiana Sokół w ośmiu testach reagowała jako odmiana podatna, a w czterech testach porażała się na tym samym poziomie istotności jak wrażliwa odmiana Irys. W pozostałych dziewięciu zachowywała się jak odmiana średnio odporna i była porażona w granicach od 4,2 do 6,2 stopnia. Jako wzorzec wykazywała znaczną zmienność w ekspresji odporności, a jej odchylenie porażenia od wartości średniej (SD) wynosił 1,06 stopnia.

Odmiana Bzura wykazywała dużą zmienność w ekspresji odporności: w czterech testach na dziewięć zachowywała się jak odmiana średnio odporna (porażenie od 4,1 do 5,9 stopnia), a w pozostałych zachowywała się jak podatna (porażenie od 1,5 do 3,7 stopnia). W sześciu testach porażała się na tym samym poziomie istotności jak wrażliwa odmiana Irys. Odporność odmiany Bzura w testach było bardzo niestabilne (SD = 1,42). W testach listkowych jej wysoka odporność polowa na *P. infestans* została przełamana.

Odmiana Meduza w 17 testach na 22 zachowywała się jak odmiana odporna, a w czterech — jak średnio odporna. W jednym teście nie różniła się istotnie wrażliwością od średnio odpornej odmiany Sokół, a w dwunastu testach nie różniła się od stabilnie reagującego odpornego rodzaju DG 94-15. W jednym teście nie różniła się istotnie od dość stabilnie reagującego rodzaju DG 94-668. Odmiana Meduza w testach listkowych wykazywała dość dużą zmienność jako wzorzec odporny (SD = 1,22).

Odmiana Wawrzyn jako odmiana bardzo odporna, oceniana przez jeden sezon, reagowała bardzo stabilnie (SD = 0,45) (porażenie 7,8–9,0) (tab. 1).

Ród DG 94-15 jako wzorzec o wysokiej odporności listków reagował bardzo stabilnie ($SD = 0,54$). Zakres jego reakcji odpornościowej mieścił się w granicach od 7,3 do 9,0). Jego oporność w trzech testach była wysoka (7,4–7,8), ale jednak istotnie niższa od odpornej odmiany Wawrzyn. W dwóch innych testach odporność tego rodzaju wynosiła 9,0 i była istotnie wyższa od odporności odmiany Wawrzyn.

Ród DG 94-668 w sześciu na dziewięć testów reagował jak podatny (porażenie od 2,6 do 3,5). W pozostałych testach wzorzec ten reagował jak średnio odporny (porażenie 4,3–5,0). Można uznać, że ekspresja tego rodzaju była na granicy odmian podatnych i średnio odpornych i była w miarę stabilna ($SD = 0,87$).

Porównywano z sobą za pomocą współczynnika korelacji uszeregowanie odmian we wszystkich terminach w latach 2001–2003. Stwierdzono, że zmienność reakcji wzorców wahała się dla porównywanych par terminów testów w zakresie od $r = 0,76$ (nieistotny przy $p > 0,05$) do $r = 0,99$ (istotny przy $p \leq 0,01$).

Odmiany wzorców europejskich oceniane w testach listkowych przez jeden sezon

Z ocenianych w pięciu testach przez jeden sezon wzorców, odmiana Bintje reagowała najbardziej stabilnie ($SD = 0,35$). Porażenie tej odmiany było wysokie i wynosiło 2,5–3,3 stopnia (tab. 2).

Tabela 2

Ocena standardowych odmian ziemniaka, zastosowanych zgodnie z projektem „Eucablight”, w testach oceny odporności listków na *Phytophthora infestans* w roku 2004 (w stopniach porażenia w skali 9-stopniowej, gdzie 1 = całkowite porażenie)

Infection with *Phytophthora infestans* in standard susceptible and resistant potato cultivars, used according to the „Eucablight” project, in leaflet tests in 2004 (according to 1-9 scale, where 1 = totally infected)

Nazwa Name	Numer testu — No. of test					$\bar{x}$	SD ²	Zakres Range
	I	II	III	IV	V			
Eersteling	3,0 <i>b</i> ¹	3,2 <i>c</i>	1,8 <i>c</i>	2,9 <i>c</i>	1,6 <i>d</i>	2,5	0,74	1,6-3,2
Bintje	2,6 <i>b</i>	3,2 <i>c</i>	2,5 <i>c</i>	3,3 <i>c</i>	2,9 <i>c</i>	2,9	0,35	2,5-3,3
Gloria	3,1 <i>b</i>	4,3 <i>bc</i>	2,2 <i>c</i>	4,8 <i>b</i>	2,2 <i>cd</i>	3,3	1,19	2,2-4,8
Alpha	3,6 <i>b</i>	4,6 <i>b</i>	3,9 <i>b</i>	4,5 <i>b</i>	2,7 <i>cd</i>	3,9	0,77	2,7-4,6
Escort	5,2 <i>a</i>	5,4 <i>ab</i>	5,2 <i>a</i>	6,1 <i>a</i>	4,9 <i>b</i>	5,4	0,45	4,9-6,1
Robijn	5,5 <i>a</i>	6,1 <i>a</i>	5,0 <i>ab</i>	4,7 <i>b</i>	6,1 <i>a</i>	5,5	0,63	4,7-6,1
Z.W.	3,8	4,5	3,4	4,4	3,4	3,9	—	—

Z.W. — Zakres współczynników korelacji; Range of correlation coefficients

**, * — Istotność korelacji odpowiednio przy $p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$

Significant correlation at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively

¹ Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się od siebie istotnie ($\alpha = 0,05$) wg testu Tukeya.

The values in columns signed with the same letters do not differ significantly ($\alpha = 0.05$) according to the Tukey's test

² Odchylenie standardowe; Standard deviation

Odmiana ta w czterech, na pięć przeprowadzonych testów, reagowała na tym samym poziomie istotności jak podatna na zarazę ziemniaka odmiana Eersteling. W czterech testach nie różniła się istotnie od dość zmiennie reagującej odmiany Gloria.

Odmiana Eersteling porażała się silnie w granicach 1,6–3,2, ale była nieco mniej stabilna (SD = 0,74) od odmiany Bintje. Jej porażenie w jednym teście było istotnie silniejsze od odmiany Bintje.

Odmiana Gloria porażała się najmniej stabilnie (SD = 1,19). W trzech testach porażała się na poziomie odmian podatnych Bintje i Eersteling (2,2–3,1), a w dwóch na poziomie odmian średnio odpornych Robijn i Escort (4,3–4,8).

Odmiana Alpha w trzech testach porażała się na poziomie odmian podatnych (2,7–3,9), a w dwóch na poziomie odmian średnio odpornych (4,5–4,6). Charakteryzowała się większą zmiennością porażenia (SD = 0,77) od średnio odpornych odmian Escort i Robijn oraz od wrażliwej odmiany Bintje. W dwóch testach reagowała na tym samym poziomie istotności jak odmiany wrażliwe Bintje i Eersteling. W niektórych testach porażała się podobnie jak średnio odporne odmiany Escort i Robijn.

Odmiany Escort i Robijn odznaczały się dużą stabilnością jako wzorce średnio odporne (SD odpowiednio 0,45 i 0,63). Odmiany te w trzech testach nie różniły się od siebie poziomem istotności porażenia. Odmiana Robijn porażała się w jednym teście istotnie silniej (4,7) niż odmiana Escort (6,1), a w innym — słabiej (odpowiednio 6,1 i 4,9).

Ekspresja odporności wzorców w testach plastrowych i bulwowych

Odmiana Irys w testach plastrowych w ciągu czterech lat badań reagowała stabilnie (SD = 0,80) i tylko w jednym teście na 26 została porażona na poziomie odmian średnio odpornych (porażenie wynosiło 4,2) (tab. 3).

Tabela 3

Porażenie odmian i rodów ziemniaka stanowiących wzorce w testach oceny odporności plasterów na *Phytophthora infestans* w latach 2000–2003 (w stopniach porażenia w skali 9-stopniowej, gdzie 1 = całkowite porażenie)

The average levels of infection with *Phytophthora infestans* in susceptible and resistant standards in potato tuber slice in 2000–2003 (according to 1–9 scale, where 1 = totally infected)

Nazwa Name	Numer testu No. of test															
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
	2000								2001							
l	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Irys	1,4 <i>d</i> ¹	2,7 <i>cd</i>	1,3 <i>d</i>	1,5 <i>d</i>	1,2 <i>e</i>	1,8 <i>c</i>	3,2 <i>e</i>	2,3 <i>e</i>	2,3 <i>c</i>	4,2 <i>c</i>	2,6 <i>d</i>	3,2 <i>d</i>	2,4 <i>c</i>	1,4 <i>d</i>	1,8 <i>e</i>	1,6 <i>e</i>
Sokół	2,7 <i>c</i>	3,3 <i>c</i>	2,5 <i>c</i>	2,4 <i>c</i>	2,5 <i>d</i>	3,6 <i>b</i>	6,2 <i>c</i>	4,3 <i>c</i>	3,9 <i>b</i>	5,8 <i>b</i>	5,9 <i>c</i>	4,4 <i>c</i>	4,4 <i>b</i>	3,7 <i>c</i>	3,7 <i>c</i>	5,0 <i>c</i>
Bzura	2,5 <i>c</i>	2,5 <i>d</i>	2,0 <i>c</i>	2,4 <i>c</i>	1,6 <i>e</i>	3,2 <i>bc</i>	4,9 <i>d</i>	3,0 <i>d</i>	3,3 <i>b</i>	4,6 <i>c</i>	3,0 <i>d</i>	3,8 <i>cd</i>	4,6 <i>b</i>	3,3 <i>c</i>	2,9 <i>d</i>	3,0 <i>d</i>
Meduza	5,9 <i>b</i>	6,8 <i>b</i>	5,6 <i>b</i>	5,2 <i>b</i>	4,5 <i>c</i>	8,9 <i>a</i>	8,3 <i>b</i>	7,7 <i>b</i>	8,4 <i>a</i>	8,6 <i>a</i>	8,0 <i>b</i>	8,1 <i>b</i>	8,4 <i>a</i>	7,5 <i>b</i>	6,2 <i>b</i>	7,8 <i>b</i>
DG 94-15	8,4 <i>a</i>	7,9 <i>a</i>	7,4 <i>a</i>	6,7 <i>a</i>	5,9 <i>b</i>	9,0 <i>a</i>	9,0 <i>a</i>	9,0 <i>a</i>	9,0 <i>a</i>	8,8 <i>a</i>	8,8 <i>a</i>	9,0 <i>a</i>	8,9 <i>a</i>	8,2 <i>a</i>	7,7 <i>a</i>	8,6 <i>a</i>
DG 94-668	8,8 <i>a</i>	8,0 <i>a</i>	7,3 <i>a</i>	6,3 <i>a</i>	6,7 <i>a</i>	9,0 <i>a</i>	9,0 <i>a</i>	9,0 <i>a</i>	8,9 <i>a</i>	8,9 <i>a</i>	8,8 <i>a</i>	8,8 <i>a</i>	8,7 <i>a</i>	8,4 <i>a</i>	5,9 <i>b</i>	9,0 <i>a</i>
Z.W.	r = 0,97** - 0,99**								r = 0,94** - 0,99**							

c.d. Tabela 3

Nazwa Name	Numer testu No. of test										$\bar{x}$	SD ²	Zakres Range
	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII	XXIII	XXIV	XXV	XXVI			
	2002				2003								
1	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Irys	3,4 <i>cd</i>	3,1 <i>c</i>	2,7 <i>c</i>	2,4 <i>e</i>	3,3 <i>cd</i>	3,4 <i>c</i>	3,4 <i>d</i>	2,3 <i>d</i>	1,9 <i>c</i>	2,4 <i>e</i>	2,4	0,80	1,2–4,2
Sokół	4,0 <i>c</i>	4,8 <i>b</i>	2,6 <i>c</i>	3,5 <i>d</i>	3,9 <i>c</i>	3,4 <i>c</i>	4,5 <i>c</i>	5,5 <i>c</i>	2,2 <i>c</i>	3,4 <i>d</i>	3,9	1,13	2,2–6,2
Bzura	3,0 <i>d</i>	2,5 <i>c</i>	2,2 <i>c</i>	2,9 <i>de</i>	3,0 <i>d</i>	—	—	—	—	—	3,1	0,84	1,6–4,9
Meduza	5,4 <i>b</i>	5,4 <i>b</i>	6,4 <i>b</i>	5,9 <i>c</i>	4,7 <i>b</i>	6,1 <i>b</i>	6,5 <i>c</i>	7,6 <i>b</i>	6,0 <i>b</i>	5,3 <i>c</i>	6,7	1,33	4,5–8,9
DG 94-15	6,7 <i>a</i>	6,7 <i>a</i>	6,8 <i>b</i>	6,9 <i>b</i>	5,8 <i>a</i>	8,1 <i>a</i>	8,2 <i>a</i>	8,3 <i>a</i>	8,4 <i>a</i>	8,0 <i>a</i>	7,9	1,01	5,8–9,0
DG 94-668	7,2 <i>a</i>	7,2 <i>a</i>	8,1 <i>a</i>	8,0 <i>a</i>	5,4 <i>a</i>	6,5 <i>b</i>	6,3 <i>b</i>	8,1 <i>ab</i>	6,3 <i>b</i>	6,0 <i>b</i>	7,7	1,19	5,4–9,0
Z.W.	r = 0,91* - 0,98**					r = 0,86 ^{ns} - 0,99**					ogółem — total ³ r = 0,86 ^{ns} - 0,99**		

Z.W. — Zakres współczynników korelacji; Range of correlation coefficients

******, ***** - Istotność korelacji odpowiednio przy $p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$; Significant correlation at $p \leq 0,01$ and $p \leq 0,05$, respectively

^{ns} - Brak istotnej korelacji ($p > 0,05$); No significant correlation ($p > 0,05$)

¹ Wartości kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się od siebie istotnie ($\alpha = 0,05$) wg testu Tukeya

The values in columns signed with the same letters do not differ significantly ($\alpha = 0,05$) according to the Tukey's test

² Odchylenie standardowe; Standard deviation

³ Wszystkie testy były porównywane między sobą; All tests were compared with each other

Tabela 4

Porażenie odmian i rodów ziemniaka bulw ziemniaka stanowiące wzorce w testach odporności na *Phytophthora infestans* w latach 2000-2003 (w stopniach porażenia w skali 9-stopniowej, gdzie 1 = całkowite porażenie)

The average levels of infection with *Phytophthora infestans* in susceptible and resistant standards in potato whole tuber tests in 2000-2003 (according to 1-9 scale, where 1 = totally infected)

Nazwa Name	Numer testu No. of test									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
	2000		2001							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Irys	3,9 <i>d</i> ¹	3,0 <i>d</i>	3,7 <i>c</i>	4,3 <i>c</i>	4,7 <i>c</i>	4,6 <i>d</i>	4,3 <i>c</i>	4,5 <i>c</i>	5,1 <i>b</i>	4,9 <i>ab</i>
Sokół	4,6 <i>cd</i>	4,5 <i>c</i>	5,3 <i>b</i>	5,3 <i>b</i>	5,0 <i>c</i>	6,5 <i>b</i>	6,2 <i>b</i>	5,5 <i>b</i>	5,6 <i>ab</i>	5,3 <i>ab</i>
Bzura	5,1 <i>c</i>	4,0 <i>c</i>	5,0 <i>b</i>	5,8 <i>b</i>	6,8 <i>b</i>	5,6 <i>c</i>	6,5 <i>b</i>	4,0 <i>d</i>	3,8 <i>c</i>	4,8 <i>b</i>
Meduza	6,3 <i>b</i>	5,7 <i>b</i>	5,7 <i>b</i>	6,9 <i>a</i>	7,4 <i>ab</i>	7,0 <i>ab</i>	7,0 <i>b</i>	6,0 <i>b</i>	5,4 <i>ab</i>	5,7 <i>a</i>
DG 94-15	7,2 <i>a</i>	6,8 <i>a</i>	5,0 <i>b</i>	7,6 <i>a</i>	7,8 <i>a</i>	7,6 <i>a</i>	8,0 <i>a</i>	7,1 <i>a</i>	6,0 <i>a</i>	5,3 <i>ab</i>
DG 94-668	7,2 <i>a</i>	5,9 <i>b</i>	6,7 <i>a</i>	7,1 <i>a</i>	7,3 <i>ab</i>	7,8 <i>a</i>	8,5 <i>a</i>	5,7 <i>b</i>	6,1 <i>a</i>	5,6 <i>ab</i>
Z.W.	r = 0,95**		r = 0,60 ^{ns} - 0,95**					r = 0,14 ^{ns} - 0,85**		

c.d. Tabela 4

Nazwa Name	Numer testu No. of test							$\bar{x}$	SD ²	Zakres Range
	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII			
	2003									
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Irys	4,6 <i>b</i>	4,7 <i>a</i>	4,4 <i>c</i>	4,2 <i>c</i>	3,3 <i>c</i>	4,5 <i>b</i>	3,7 <i>c</i>	4,3	0,57	3,0–5,1
Sokół	5,2 <i>ab</i>	4,3 <i>a</i>	6,0 <i>b</i>	5,7 <i>b</i>	7,0 <i>a</i>	7,5 <i>a</i>	—	5,6	0,88	4,3–7,5
Bzura	4,7 <i>b</i>	3,2 <i>b</i>	—	—	—	—	—	4,9	1,10	3,2–6,8
Meduza	5,3 <i>ab</i>	4,5 <i>a</i>	5,9 <i>b</i>	5,5 <i>b</i>	5,8 <i>b</i>	7,8 <i>a</i>	5,2 <i>b</i>	6,1	0,88	4,5–7,8
DG 94-15	5,0 <i>b</i>	4,3 <i>a</i>	7,1 <i>a</i>	7,0 <i>a</i>	5,5 <i>b</i>	7,3 <i>a</i>	6,2 <i>a</i>	6,5	1,14	4,3–8,0
DG 94-668	5,9 <i>a</i>	2,8 <i>b</i>	6,4 <i>ab</i>	6,3 <i>ab</i>	4,0 <i>c</i>	5,3 <i>b</i>	6,7 <i>a</i>	6,2	1,36	2,8–8,5
<i>Z.W.</i>	r = 0,36 ^{ns} – 0,99**							ogółem — total ³ r = -0,33 ^{ns} – 0,99**		

Z.W. — Zakres współczynników korelacji; Range of correlation coefficients

**, * — Istotność korelacji odpowiednio przy $p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$

Significant correlation at $p \leq 0,01$ and $p \leq 0,05$, respectively

^{ns} — Brak istotnej korelacji ($p > 0,05$)

No significant correlation ($p > 0,05$)

¹ Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się od siebie istotnie ($\alpha = 0,05$) wg testu Tukeya

The values in columns signed with the same letters do not differ significantly ($\alpha = 0,05$) according to the Tukey's test

² Odchylenie standardowe; Standard deviation

³ Wszystkie testy były porównywane między sobą; All tests were compared with each other

W pozostałych przypadkach porażała się na poziomie odmian wrażliwych w zakresie od 1,2 do 3,4. Odmiana Irys w testach bulwowych porażała się w pięciu testach na poziomie odmian podatnych (3,0–3,9) i w 12 testach na poziomie odmian średnio odpornych (4,2–5,1) — tab. 4. Odmiana spełniła oczekiwania jako wzorzec podatny w teście plastrowym. W teście bulwowym nie spełniła się jako wzorzec wrażliwy, ale powinna być wzorcem w czasie testów bulwowych, gdyż uzyskała wysoką powtarzalność wyników (SD = 0,57).

Odmiana Sokół odznaczała się dużą zmiennością porażenia plastrów (SD = 1,13). W 16 testach plastrowych (na 26 wykonanych) reagowała na poziomie odmian podatnych (2,2–4,0), a w pozostałych reagowała jak odmiana średnio-odporna (4,3–6,2). W sześciu testach plastrowych reagowała podobnie jak wrażliwa odmiana Irys, a w dziesięciu jak średnio-odporna odmiana Bzura. Odmiana ta w testach bulwowych odznaczała się znacznie większą stabilnością (SD = 0,88) niż w testach plastrowych. Wzorzec ten w 15 testach bulwowych, na 16 przeprowadzonych, reagował na poziomie odmian średnio odpornych (4,3–7,0), a tylko w jednym przypadku na poziomie odmian odpornych (7,5).

Odmiana Bzura w 18 testach plastrowych (na 21 wykonanych), porażała się na poziomie odmian podatnych (1,6–3,8), a w trzech testach na poziomie odmian średnio odpornych (porażenie od 4,6 do 4,9). W 11 testach jej porażenie nie różniło się istotnie od wrażliwej stabilnie reagującej odmiany Irys.

Charakteryzowała się dość dużą stabilnością ($SD = 0,84$). W testach bulwowych odmiana Bzura zachowywała się mniej stabilnie ($SD = 1,10$). Odmiana ta w ośmiu testach bulwowych (na 12 wykonanych) reagowała na poziomie odmian średnio odpornych i porażała się w granicach od 4,7 do 5,8 stopnia, a w pozostałych — jak odmiana podatna (od 3,2 do 4,0 stopnia). W dwóch testach bulwowych jej porażenie nie różniło się istotnie od porażenia podatnej odmiany Irys, a w czterech od średnio odpornej odmiany Meduza. Wzorzec ten zachowywał się w miarę stabilnie jako wzorzec podatności w testach plastrowych, a mniej stabilnie w testach bulwowych.

Odmiana Meduza w testach plastrowych charakteryzowała się największą zmiennością z wszystkich użytych wzorców ($SD = 1,33$). W 15 testach (na 26 wykonanych) reagowała jak odmiana średnio odporna (4,5–6,8), a w pozostałych, jak odporna (porażenie 7,5–8,9 stopnia). Wzorzec ten w testach bulwowych był znacznie bardziej stabilny ($SD = 0,88$): w 15 testach bulwowych (na 17 wykonanych) reagował jako odmiana średnio-odporna (4,5–6,9), a tylko w dwóch przypadkach jako odporna (7,4 i 7,8). Reakcję odpornościową tego wzorca w teście bulwowym można uznać za dość stabilną na poziomie odmian średnio odpornych.

Ród DG 94-15 w testach plastrowych odznaczył się średnią stabilnością ($SD = 1,01$): w 19 testach (na 26 wykonanych) reagował prawidłowo jak genotyp odporny (7,4–9,0), a w pozostałych testach jak średnio odporny (porażenie od 5,8 do 6,9). We wszystkich testach plastrowych ród ten był istotnie odporniejszy od odmian Irys, Sokół i Bzura, a w pięciu testach nie różnił się istotnie od odmiany Meduza. W testach bulwowych ród ten wykazał się mniejszą stabilnością ($SD = 1,14$) w stosunku do testów plastrowych: w ośmiu na 17 wykonanych poraził się jak genotyp odporny (7,1–8,0), a w pozostałych — jak średnio odporny (porażenie 4,3–7,0). W trzech testach bulwowych reagował nieistotnie w stosunku do odmiany Irys, a sześciu nie różnił się od odmiany Sokół. Reakcję odpornościową rodu DG 94-15 można uznać za dość stabilną w teście plastrowym i niestabilną w teście bulwowym.

Ród DG 94-668 w 18 w testach plastrowych, na 26 wykonanych, reagował jako genotyp odporny (7,2–9,0). W pozostałych testach charakteryzował się reakcją odpornościową na poziomie genotypów średnio odpornych (5,4–6,7). W 18 testach plastrowych jego odporność była na tym samym poziomie istotności jak rodu DG 94-15. Charakteryzował się jednak znacznie większą zmiennością ($SD = 1,19$) niż ród DG 94-15. W testach bulwowych zachował się bardzo niestabilnie ($SD = 1,36$): na 17 wykonanych poraził się jako genotyp średnio odporny (5,3–6,7), w pięciu jako odporny (porażenie 7,1–8,5), a w dwóch jako podatny (porażenie 2,8–4,0). Ekspresja odporności tego rodu była mało stabilna jako wzorzec odporny w testach plastrowych i bardzo niestabilna jako wzorzec w testach bulwowych.

W badaniach przeprowadzonych w latach 2000–2003 porównywano z sobą za pomocą współczynnika korelacji wszystkie terminy testów plastrowych i bulwowych. Stwierdzono, że zmienność reakcji wzorców dla porównywanych par terminów testów wahała się w zakresie od $r = 0,86$ (przy $p > 0,05$) do $r = 0,99$ (przy $p \leq 0,01$). Znacznie większa zmienność występowała między porównywanymi parami terminów testów

bulwowych: od nieistotnie skorelowanych ($r = -0,33$ przy $p > 0,05$ np. między testem VI i XII) do istotnie skorelowanych ($r = 0,99$ przy poziomie istotności $p \leq 0,01$).

Ocena testów listkowych, plastrowych i bulwowych między porównywanymi latami 2000–2004

Współczynnik korelacji r zastosowano do porównania reakcji wzorców w poszczególnych latach oceny w testach listkowych, plastrowych i bulwowych (tab. 5).

Tabela 5

Współczynniki korelacji odporności na *P. infestans* odmian i rodów wzorcowych ocenianych w testach listkowych, plastrowych i bulwowych w latach 2000–2004
Correlation coefficients for resistance to *P. infestans* of standard cultivars and clones evaluated in leaflet, tuber slice and whole tuber tests in 2000–2004

Test listkowy — Leaflets test			
lata — years	2001	2002	2003
2002	0,99**		
2003	0,98*	0,99**	
2004	0,98*	0,97*	- ¹⁾
Test plastrowy — Tuber slice test			
lata — years	2000	2001	2002
2001	0,98**		
2002	0,98**	0,97**	
2003	0,96**	0,94*	0,94*
Test bulwowy — Whole tuber test			
lata — years	2000	2001	2002
2001	0,97**		
2002	0,77 ^{ns}	0,69 ^{ns}	
2003	0,88 ^{ns}	0,90*	0,98**

**, * Istotna zależność między porównywaną parą lat oceny odpowiednio przy $p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$

Significant correlation between two years of estimation for $p \leq 0,01$ and $p \leq 0,05$, respectively

^{ns} — Brak istotnej zależności między porównywaną parą terminów oceny przy $p > 0,05$

No significant correlation between two years of estimation for $p > 0,05$

¹⁾ Nie obliczano współczynnika korelacji (w latach 2003 i 2004 powtarzały się tylko dwa wzorce)

Significance of correlation was not calculated because only two of the standards applied were the same in 2003 and 2004

Testy listkowe przeprowadzone w porównywanym latach 2001, 2002 oraz 2003 były z sobą silnie skorelowane. Współczynniki korelacji wahały się od $r = 0,97$ (przy $p \leq 0,05$) do $r = 0,99$ (przy $p \leq 0,01$). W testach plastrowych w porównywanym latach także wystąpiły wysokie współczynniki korelacji w zakresie od $r = 0,94$ (przy $p \leq 0,05$) do $r = 0,98$ (przy $p \leq 0,01$).

W testach bulwowych wzorce reagowały najmniej stabilnie. Najwyżej skorelowana była reakcja wzorców w latach 2000 i 2001 ($r = 0,97$, przy $p \leq 0,01$) oraz w latach 2002 i 2003 ($r = 0,98$ przy $p \leq 0,01$). Najniższą korelację ($p > 0,05$) wykazały wyniki testów bulwowych z porównywanym lat 2001 i 2002 ($r = 0,69$), 2000 i 2002 ($r = 0,77$) oraz 2000 i 2003 ($r = 0,88$).

DYSKUSJA

W badaniach odporności na *P. infestans* każdy z wzorców był oceniany w 17–26 testach, przynajmniej przez trzy lata. Z sześciu wzorców, trzy reagowały stabilnie w testach listkowych (odmiana Irys oraz rody DG 94-15 i DG 94-668), w plastrowych (odmiany Irys i Bzura oraz ród DG 94-15) i bulwowych (odmiany Irys, Sokół i Meduza). Z wzorców ocenianych przez jeden sezon w testach listkowych, dużą stabilność wykazały odmiany Bintje, Wawrzyn, Escort, Robijn i Eersteling, nieco mniejszą odmiana Alpha, a najmniejszą odmiana Gloria. Wyniki te świadczą o dużej zmienności odpornościowej testowanych wzorców. Zmienność ta jest zależna od genotypu oraz od rodzaju stosowanego testu. Wśród wzorców ocenianych przynajmniej przez trzy lata, tylko odmiana Irys charakteryzowała się stabilną reakcją we wszystkich rodzajach testów. Wzorzec DG 94-15 był stabilny w testach listkowych i plastrowych. Wzorzec DG 94-668 charakteryzował się stabilnością reakcji odpornościowej wyłącznie w testach listkowych, odmiana Bzura — w testach plastrowych, a odmiana Meduza — w testach bulwowych. Odmiana Sokół reagowała stabilnie w teście bulwowym, lecz została już wykreślona z Rejestru Odmian i jako wzorzec nie może być używana.

Test listkowy używa się przede wszystkim do wyselekcjonowania i odrzucenia podatnych genotypów ziemniaka (Zarzycka, 1993). Ta ocena powinna być uzupełniona wynikami obserwacji polowych (Zarzycka, 2001 a). Stopień porażenia odmian odpornych zależy w dużym stopniu od lokalnego składu populacji *P. infestans*. Decyduje nie tylko poziom agresywności patotypów, ale również zakres ich wirulencji, ponieważ większość wysoko odpornych genotypów ziemniaka zawiera w sobie geny *R*, łatwo przełamywane przez komplementarne do nich czynniki wirulencji. Przykładem załamania się odporności odmian wskutek zmian zachodzących w populacji patogena może być odmiana Bronka, która była wzorcem odporności naci, lecz w latach 1989–1990 doszło do gwałtownego załamania się jej odporności (Zarzycka i Sobkowiak, 1997). Dość stabilnie odporna odmiana Bzura, opisana przez Świeżyńskiego i wsp. (1993), w cytowanej pracy ulegała silnemu porażeniu oraz wykazywała bardzo dużą zmienność reakcji odpornościowej. W omawianej pracy obserwowano silniejsze porażenie odmian Robijn, Gloria i Alpha, niż wynikałoby to z przypisywanego tym odmianom poziomu odporności. Te różnice mogą wynikać z innej, łagodniejszej metody oceny, stosowanej w krajach pochodzenia tych odmian czy też z powodu stosowania innego, bardziej agresywnego izolatu *P. infestans*. Zgodność wyników oceny zależy w znacznym stopniu od stabilizacji warunków w czasie przeprowadzania testów. Należy zachować stałe warunki przygotowania zawiesiny infekcyjnej, a w czasie inkubacji *P. infestans* zapewnić odpowiednią temperaturę, oświetlenie i wilgotność, gdyż od tego w dużym stopniu zależy uzyskanie powtarzalnych wyników (Zarzycka, 1989 i 1993). Znaczący wpływ na reakcje odpornościowe ma także wiek pobieranych listków, gdyż za młode i za stare listki są bardziej zmienne w reakcji (Malcolmson, 1976; Sieczka, 1979). Należy również uwzględnić położenie listków na roślinie – górne liście wykazywały największą, a dolne najmniejszą odporność (Thurston, 1971; Sieczka, 1979; Carnegie i Colhuon, 1982). Czas inokulacji nie powinien przekraczać kilku godzin, gdyż w miarę upływu czasu spada

infekcyjność inokulum (Zarzycka i Połoszynowicz, 1994; Sobkowiak i in., 1997). Testy listkowe powinny być przeprowadzone w jak najkrótszym czasie, gdyż wiek roślin ma duży wpływ na relacje odpornościowe ziemniaka (Sieczka, 1979). Z drugiej strony (Świeżyński i in., 1997 b) w badaniach przeprowadzonych od czerwca do października, największą zmienność w ekspresji odporności listków między terminami stwierdzono wśród genotypów podatnych na zarazę ziemniaka i o krótkim okresie wegetacji (takich jak np. odmiana Irys). W omawianych badaniach cykl oceny odporności listków na ogół nie trwał dłużej niż miesiąc.

Podobnie jak w teście listkowym, również w teście plastrowym stwierdzono istotne różnice w odporności poszczególnych wzorców w różnych latach oceny oraz ogólnie między terminami w poszczególnych latach. Większość testów (15 z 26) wykonano w listopadzie. Obserwowano różnice w odporności bulw wśród odmian w zależności od terminu oceny (Darsow, 1983; Świeżyński i in., 1993 i 1997a; Lebecka i in., 2006). Według Malcolmson (1981), Stewart i wsp. (1983) oraz Bjora (1987) opóźnione zbiory oraz termin testowania miały czasami znaczny wpływ na wzrost poziomu odporności bulw ziemniaka.

Zmienne wartości współczynników korelacji pomiędzy poszczególnymi terminami oceny odporności plastrów wynoszące od $r = 0,86$ ($p > 0,05$) do $r = 0,99$ ($p \leq 0,01$) oznaczają, że odporność poszczególnych wzorców była zmienna w porównywanych parach testów i prawdopodobnie była zależna od terminu badań (tab. 3). Różnice porażenia wzorców między poszczególnymi terminami oceny mogły wynikać z właściwości izolatu użytego do zakażeń, gdyż jego agresywność może zależeć od wielu czynników. Stwierdzono, że ekspresja agresywności i wirulencji izolatów może zmieniać się okresowo w ciągu roku (Sujkowski, 1986; Sobkowiak i in., 2004).

Badanie odporności całych bulw stosuje się w celu lepszego zróżnicowania poziomu odporności materiałów hodowlanych ziemniaka, charakteryzujących się średnią i wysoką odpornością. Odporność bulw ziemniaka na *P. infestans* zmienia się z czasem przechowywania, w zależności od genotypu ziemniaka. Obserwowano spadek lub wzrost odporności wraz z czasem przechowywania bulw (Zarzycka, 2001 b; Lebecka i in., 2006). Większość testów przeprowadzono w listopadzie, a niektóre już w październiku i w pierwszej dekadzie grudnia. W roku 2001 jeden test przeprowadzono w pierwszej dekadzie września. W ciągu czterech lat oceny podatność bulw poszczególnych odmian lub rodów wzorcowych była istotnie zróżnicowana. Stwierdzono także mniejszą spójność testu bulwowego w korelacji między terminami w danym roku badań, między wszystkimi terminami w czterech latach badań oraz między poszczególnymi latami w porównaniu z testem plastrowym. Nie wykazano także, aby testy bulwowe przeprowadzane bezpośrednio po sobie były ze sobą skorelowane. Na podstawie uzyskanych wyników w latach 2002 i 2003 nie można jednoznacznie wytypować testu bulwowego z prawidłową reakcją wzorców na *P. infestans*. Test inokulacji całych bulw charakteryzował się mniejszą powtarzalnością wyników niż test na plastrach wyciętych z bulw. Według Świeżyńskiego i Domańskiego (1997) ocenę odporności bulw należy przeprowadzać w okresie jesiennym, dwa miesiące po spręcie, w dwóch terminach (w odstępach tygodniowych), gdyż relacje

odpornościowe zmieniają się w miarę dojrzewania przechowywanych bulw. Z drugiej strony Lebecka i i wsp. (2006) zalecają testowanie bulw w okresie od września do końca listopada, w którym to obserwowali najbardziej stabilną ekspresję odporności bulw na *P. infestans*.

WNIOSKI

1. Analiza zmienności reakcji odpornościowej odmian i rodów wzorcowych prowadzone w latach 2000–2003 w testach listkowych, plastrowych i bulwowych wykazała zróżnicowaną stabilność odmian pod tym względem:
 - w testach listkowych najbardziej stabilnie reagowały: wzorzec wrażliwości odmiana Irys oraz wzorce odporności odmiana Wawrzyn i ród DG 94-15,
 - w testach plastrowych najbardziej stabilnie reagował wzorzec podatności odmiana Irys, dość stabilnie odmiana Bzura, a jako wzorzec odporności dość stabilnie zachowywał się ród DG 94-15,
 - w testach bulwowych jako wzorce odporności sprawdziły się średnio odporne odmiany Sokół i Meduza. Odmiana Irys będąca wzorcem podatności, reagowała stabilnie na pograniczu odmian podatnych i średnio odpornych.
2. Odnotowano wysoką korelację uzyskanych wyników w testach listkowych i plastrowych zarówno między terminami testów jak i latami badań.
3. Test bulwowy wykazał większą zmienność uzyskanego uszeregowania odmian i rodów wzorcowych.

LITERATURA

- Bjor T. 1987. Testing for resistance of potato genotypes to tuber late blight. *Potato Research* 30: 525 — 532.
- Colon L. T., Pudding D. I., Hoogendoorn J. 1995. Breeding for foliar resistance to *Phytophthora infestans* in potato: the influence of test conditions on the results of screening for field resistance. *Proc. EAPR Conf.*, Dublin: 282 — 288.
- Carnegie S. F., Colhoun J. 1982. Susceptibility of potato leaves to *Phytophthora infestans* in relation to plant age and leaf position. *Phytopath. Z.*, 104: 157 — 167.
- Darsow U. 1983. Prüfung unverletzter erntefrischer Kartoffelknollen auf relative Braunfäuleresistenz. *Archiv für Züchtungsforschung* 13: 357 — 366.
- Lebecka R., Sobkowiak S., Zimnoch-Guzowska E. 2006. Resistance of potato tubers to a highly aggressive isolate of *Phytophthora infestans* in relation to tuber age. *Potato Research* 49: 99 — 107.
- Malcolmson J. F. 1976. Assessment of field resistance to blight (*Phytophthora infestans*) in potatoes. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 67: 321 — 325.
- Malcolmson J. F. 1981. Mechanisms of field resistance to potato blight and variability of the pathogen. *Scottish Plant Breeding Station, 60th Annual Report 1980-81*: 110 — 111.
- Pietkiewicz J. B. 1976. Characteristic of horizontal resistance to blight (*Phytophthora infestans*) (Mont.) de Bary in the potato. *Ziemiak* 37: 87 — 127.
- Sieczka M. T. 1979. Próba optymalizacji warunków ziemniaków pod kątem widzenia odporności polowej na *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. *Praca doktorska, Inst Ziemn. Bonin*: 1 — 81.
- Sieczka M. T. 2001. Evaluation of resistance to *Phytophthora infestans* under natural infection pressure. *Monogr. i Rozpr. Nauk. IHAR, Radzików*, 10a/2001: 72 — 74.
- Sobkowiak S., Włodarczyk Z., Zarzycka H. 1997. Wpływ wywaru z bulw ziemniaka na infekcyjność inokulum *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary przy ocenie odporności bulw. *Biul. Inst. Ziemn.* 48: 137 — 142.

- Sobkowiak S., Zarzycka H., Lebecka R., Zimnoch-Guzowska E. 2004. Wpływ koncentracji inokulum i terminów oceny odporności na ekspresję agresywności i wirulencji *Phytophthora infestans* w stosunku do ziemniaka. Biul. IHAR 233: 317 — 331.
- Stewart H. E., McCalmont D. C., Wastie R. L. 1983. The effect of harvest date and the interval between harvest and inoculation on the assessment of the resistance of potato tubers to late blight. Potato Research 26: 101 — 107.
- Sujkowski L. S. 1986. Seasonal variation in pathogenicity of *Phytophthora infestans*. J. Phytopathology 117: 160 — 172.
- Świeżyński K. M., Domański L., Sieczka M. T., Zarzycka H. 1993. Specific resistance to *Phytophthora infestans* in the potato. Genetica Polonica 34: 327 — 336.
- Świeżyński K. M., Domański L. 1997. Porównanie odmian ziemniaka Polski, Niemiec i Holandii pod względem wczesności i jakości bulw. Biul. Inst. Ziemn. 48 (II): 37 — 51.
- Świeżyński K. M., Flis B., Osiecka M., Sieczka M. T., Zarzycka H. 1997 a. Resistance to *Phytophthora infestans* in diploid and tetraploid potato families. 2. Resistance in tubers. Journal of Applied Genetics 38: 33 — 44.
- Świeżyński K. M., Jakuczun H., Sieczka M. T., Zarzycka H. 1997 b. Odporność ziemniaka na *Phytophthora infestans* i jej ocena. Biul. Inst. Ziemn. 48 (I): 117 — 124.
- Thurston D. 1971. Relationship of general resistance: Late blight of potato. Phytopathology 61: 620 — 626.
- Zarzycka H. 1989. Wpływ stężenia i rodzaju inokulum na reakcje odpornościowe ziemniaka na *Phytophthora infestans*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 374: 415 — 424.
- Zarzycka H. 1993. Test listkowy jako metoda oceny odporności ziemniaków na *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Mat. z Symp. PTFit i ART „Biologiczne środowisko uprawne a zagrożenie chorobowe roślin”. Olsztyn, 7-9.09.1993: 443 — 451.
- Zarzycka H. 1996. Effect of various methods of maintenance of *Phytophthora infestans* on its pathogenicity to potato. Plant Breed. Seed Sc. 40 (1-2): 31 — 43
- Zarzycka H. 2001 a. Ocena odporności na zarazę ziemniaka w teście listkowym. Sporządzenie inokulum. Monogr. i Rozpr. Nauk. IHAR, Radzików, 10/2001: 77 — 79.
- Zarzycka H. 2001 b. Ocena odporności bulw na zarazę ziemniaka w teście plastrowym i bulwowym. Monogr. i Rozpr. Nauk. IHAR, Radzików, 10/2001: 80 — 82.
- Zarzycka H., Połoszynowicz J. 1994. Wpływ wywaru z bulw na infekcyjność zawiesiny zarodników *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary w stosunku do ziemniaka. Biul. Inst. Ziemn. 44: 121 — 130.
- Zarzycka H., Sobkowiak S. 1997. Zagrożenie upraw ziemniaka przez zarazę ziemniaka w świetle zmian zachodzących w polskiej populacji *Phytophthora infestans*. Progress in Plant Protection / Postępy w Ochronie Roślin 37 (1): 171 — 177.
- Zarzycka H., Sujkowski L. 1988. Skuteczność testu listkowego jako metody oceny odporności ziemniaków na *Phytophthora infestans*. Roczn. Nauk Roln. s. E, 18, 1: 81 — 87.

KATARZYNA AMBROŻY**IWONA MEJZA**

Katedra Metod Matematycznych i Statystycznych, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Analiza danych z krzyżową i zagnieżdżoną strukturą poziomów czynników na przykładzie doświadczenia z łubinem

Data analysis with crossed and nested treatment structures based on example of experiment with lupine

W celu zilustrowania proponowanej w pracy metody analizy statystycznej danych nieortogonalnych z krzyżową i zagnieżdżoną strukturą poziomów czynników wykorzystano wyniki z kompletnego doświadczenia kombinowanego z łubinem. Na podstawie tego doświadczenia zostały wygenerowane obserwacje z zachowaniem relacji występujących w układzie kompletnym. Oznacza to, że zamieszczone w tej pracy wnioski należy traktować jedynie w kategorii metodyki planowania i analizy tego typu danych. W doświadczeniu badano wpływ terminu siewu (*A*) i rozstawy (*C*) na plon wybranych odmian łubinu (*B*). W pracy zrezygnowano z kompletności układu i zaplanowano doświadczenie z blokami mniejszymi niż liczba kombinacji obiektowych. W celu porównania skuteczności proponowanych układów doświadczalnych pod względem estymacji efektów porównań między kombinacjami obiektowymi, wykonano analizy statystyczne dwa razy, raz stosując model mieszany dla układu split-block-plot (strip-split-plot) oraz drugi raz dla układu split-plot $\times$ split-block. Przedstawione tu układy są niekompletne ze względu na obiekty czynnika trzeciego (*C*), a kompletne ze względu na obiekty pozostałych dwóch czynników. Zakładając, że wszystkie porównania dotyczące obiektów czynnika *C* są jednakowo ważne, jako układ generujący wybrano układ zrównoważony o blokach niekompletnych (BIB). Ze względu na nieortogonalność trójczynnikowych układów oraz różne struktury ich jednostek doświadczalnych, wnioski dotyczące relatywnej efektywności ograniczone zostały do analiz wewnątrz tych warstw, które są właściwe dla różnych typów obiektów i porównań między nimi.

Słowa kluczowe: model mieszany, układ niekompletny split-block-plot (strip-split-plot), układ niekompletny split-plot $\times$ split-block, względna efektywność

To illustrate the proposed in this paper method of a statistical analysis of non-orthogonal data with nested and crossed treatment structures, some results from a complete factorial experiment with lupine were used. The observations have been collected keeping up relations occurring in the original experiment. It means that our conclusions should be treated only in terms of the methodology of a design and analysis of this type of data. The experiment has been designed to test the effects of dates of sowing (*A*) and spacing (*C*) on the yield of some lupine varieties (*B*). In the paper is assumed that the experiment was designed with block sizes less than the number of treatment combinations. For comparing the effectiveness of some experiment designs which are commonly used in such study, the

statistical analyses have been performed twice, once using the mixed model for observations from the split-block-plot (strip-split-plot) type experiment and then the mixed model for observations from split-plot $\times$ split-block type experiment. Both designs presented in this paper are incomplete with respect to the treatments of the third factor (C) and complete with respect to the treatments of the remaining two factors. It was assumed that all comparisons among C treatments effects are equally important, so a balanced incomplete block (BIB) design was chosen as the generating design. Since the both three factorial designs are non-orthogonal and have got different structures of the experimental units, the conclusions considering relative efficiency of them have been limited to the intra-stratum analyses appropriated for the type of comparisons of treatment combinations effects.

Key words: incomplete split-block-plot design (strip-split-plot design), incomplete split-plot $\times$ split-block design, mixed model, relative efficiency

WSTĘP

W ramach Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego zorganizowanego przez Centralny Ośrodek Badań Odmiany Roślin Uprawnych (COBORU) prowadzone są rejonowe doświadczenia (polowe, aklimatyzacyjne) w zakresie przydatności odmian do uprawy w różnych warunkach klimatyczno-glebowych. Wśród nich są doświadczenia wieloczynnikowe, których zaletą, jak wiadomo, jest możliwość badania jednoczesnego efektów obiektowych kilku czynników oraz ich wzajemnego oddziaływania (zwanego interakcją). Wadą, natomiast takich doświadczeń jest trudność w interpretacji wyników, szczególnie interakcji wyższego rzędu, przy wielu czynnikach. Innym ograniczeniem jest fakt, że eksperymentator musi szczególnie wnikliwie rozważyć wybór układu eksperymentalnego dla doświadczenia z wieloma czynnikami. Są to bowiem doświadczenia złożone, obejmujące grupę najróżniejszych układów doświadczalnych. Należą do nich układy niezależne (wśród nich najczęściej stosowany układ bloków losowanych kompletnych), układy typu split-plot (w terminologii polskiej nazywane układami podbloków lub układami o jednostkach pojedynczo rozszczepionych), układy typu split-block (w terminologii polskiej nazywane układami pasów prostopadłych) oraz różne kombinacje tych układów, zwane układami mieszanymi (nie mylić z modelem mieszanym, zob. np. Elandt, 1964; Szklarska i in., 1978; Rudnicki i in., 1992). Różnica między poszczególnymi typami układów polega przede wszystkim na sposobie rozmieszczenia obiektów (poziomów, wariantów) każdego czynnika w obrębie bloków. Należy zaznaczyć, że jego konsekwencją jest schemat analizy statystycznej całego doświadczenia, czyli to, z jaką precyzją są estymowane efekty główne czynników oraz poszczególne efekty interakcyjne.

W niniejszej pracy szczególną uwagę zwrócono na dwa układy mieszane doświadczeń z trzema czynnikami. Wyniki można jednak łatwo rozszerzyć na doświadczenia z więcej niż trzema czynnikami, gdy któryś z nich jest kombinacją innych czynników. W układach tych dwa pierwsze czynniki układu posiadają krzyżową strukturę poziomów (taką jak w układzie split-block), natomiast trzeci czynnik jest zagnieżdżony (podobnie jak w układzie split-plot). Oba rozważane układy doświadczalne różnią się sposobem zagnieżdżenia obiektów trzeciego czynnika, co ma swoje odbicie w modelu obserwacji i jego analizie statystycznej. Jeżeli poziomy czynnika trzeciego są zagnieżdżone

w stosunku do kombinacji poziomów dwóch pierwszych czynników, czyli są w układzie split-plot względem tej kombinacji, to układ mieszany w pracy nazywany jest układem split-block-plot (w skrócie SBP). Natomiast, gdy poziomy czynnik trzeciego są zagnieżdżone w stosunku do poziomów jednego tylko czynnika, czyli są w układzie split-plot względem tego czynnika, to układ mieszany w pracy nazywany jest układem split-plot $\times$ split-block (w skrócie SPSB). Oba układy są znane z literatury i niejednokrotnie wykorzystywane w doświadczeniach rolniczym (zwłaszcza polowym) oraz w badaniach z zakresu ochrony roślin. Zazwyczaj są stosowane w wersji kompletnej, to znaczy takiej, w której wszystkie kombinacje poziomów (wariantów) trzech czynników występują w obrębie bloków.

Należy nadmienić, że w literaturze światowej układ split-block-plot (SBP) występuje również pod nazwą układ strip-split-plot (np. Gomez i Gomez, 1984; Halvorson i in., 2001; Howell i in., 2002; Baron i in., 2000; Federer i King, 2007). W polskiej literaturze układ kompletny SBP został dokładnie opisany przez Trętowskiego i Wójcika (1988), pod nazwą układ split-block-split-plot w wersji dla trzech i czterech czynników.

Układ kompletny split-plot $\times$ split-block (SPSB), z kolei jest wymieniony, między innymi, w podręczniku Rudnickiego i in. (1992) pod nazwą polską jako układ mieszany losowanych podbloków z równoważnymi podblokami oraz nazwą angielską split-plot — split-block. Jest on szczególnie użyteczny w doświadczeniach polowych (zob. np. Mucha, 1975; Wadas i in., 2004, 2005; Podleśny i Strobel, 2006) oraz w badaniach nad środkami ochrony roślin (zob. np. Pilarczyk, 2000). W literaturze światowej układy tego typu (w wersji kompletnej) zostały opisane, między innymi, przez LeClerga i wsp. (1962) oraz Federera i Kinga (2007).

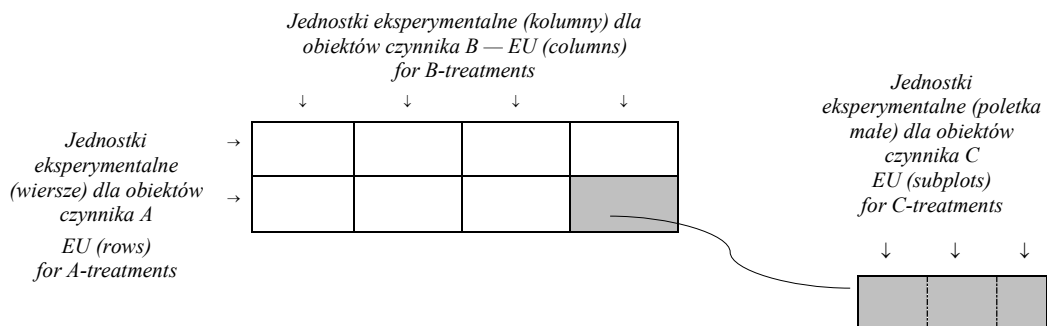
Ogólną metodykę obejmującą planowanie doświadczeń w układach kompletnych i niekompletnych typu SBP i SPSB oraz modelowanie i analizę wyników (przy modelu mieszanym) z takich doświadczeń przedstawiły Ambroży i Mejza (2006).

W niniejszej pracy została zaproponowana analiza statystyczna danych z krzyżową i zagnieżdżoną strukturą poziomów (obiektów) trzech czynników z doświadczeń nieortogonalnych (niekompletnych). Rozważono dwie różne struktury materiału doświadczalnego. Przedstawiono konsekwencje (planowanej) niekompletności układów SBP i SPSB oraz wyboru każdej z tych struktur w doświadczeniu. W celu zilustrowania metody analizy statystycznej wykorzystano wyniki z kompletnego doświadczenia kombinowanego z łubinem (zob. Barbacki, 1951). Na podstawie tego doświadczenia zostały wygenerowane obserwacje z zachowaniem relacji występujących w układzie kompletnym, co oznacza, że zamieszczone w tej pracy wnioski należy traktować jedynie w kategorii metodyki planowania i analizy danych z krzyżową i zagnieżdżoną strukturą poziomów. Analiza wyników doświadczenia została przeprowadzona dwukrotnie w celu porównania skuteczności rozważanych w tej pracy układów doświadczalnych w kontekście estymacji porównań obiektowych z wykorzystaniem empirycznej względnej efektywności.

MATERIAŁ I METODY

W doświadczeniu badano wpływ terminu siewu i rozstawy roślin na plon wybranych odmian łubinu. Termin siewu przyjęto jako czynnik pierwszy (A) w dwóch wariantach ($s = 2$): A_1 — termin pierwszy (31.03), A_2 — termin drugi (28.04). Obiekty czynnika drugiego (B_1, B_2, B_3, B_4) były reprezentowane przez cztery odmiany łubinu ($t = 4$) trzech gatunków: łubinu białego (w dwóch odmianach), łubinu żółtego i łubinu wąskolistnego (niebieskiego), a obiekty czynnika trzeciego (C) przez następującą rozstawę roślin ($w = 6$): C_1 — 10 cm $\times$ 10 cm, C_2 — 5 cm $\times$ 20 cm, C_3 — 10 cm $\times$ 20 cm, C_4 — 5 cm $\times$ 30 cm, C_5 — 10 cm $\times$ 30 cm, C_6 — 5 cm $\times$ 40 cm. Liczba kombinacji obiektowych $v (= stw)$ była równa 48 ($= 2 \times 4 \times 6$). Wielkość poletka wynosiła 3,6 m². W układzie trójczynnikowym kompletnym cały blok obejmowałby powierzchnię co najmniej 172,8 m² ($48 \times 3,6$ m²). Załóżmy, że pojawiły się trudności z wyznaczeniem odpowiednich bloków, więc zrezygnowano z kompletności układu i zaplanowano doświadczenie z blokami mniejszymi niż liczba kombinacji obiektowych w jednym z dwóch układów doświadczalnych: split-block-plot (SBP) lub split-plot $\times$ split-block (SPSB).

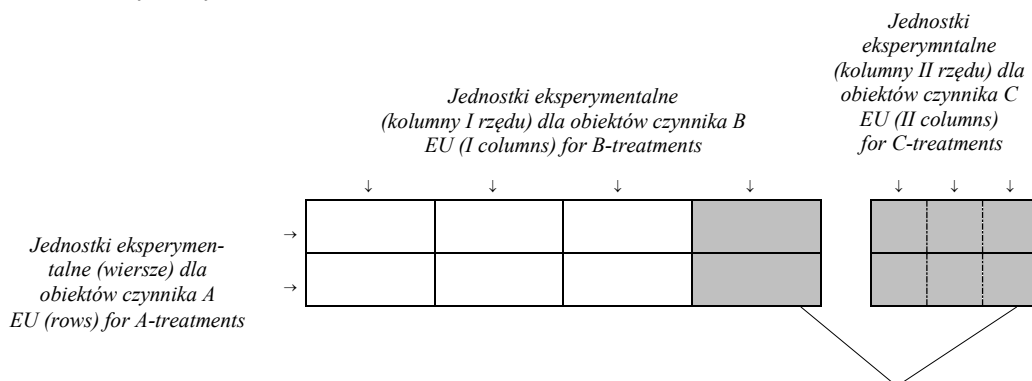
Rozważmy najpierw sytuację pierwszą, w której doświadczenie założono w układzie niekompletnym SBP w dziesięciu blokach. W każdym bloku wyznaczono dwa wiersze ($k_1 = 2$) i cztery kolumny ($k_2 = 4$). W wierszach rozmieszczono losowo obiekty czynnika A (terminy siewu), a w kolumnach obiekty czynnika B (odmiany łubinu). Następnie każde poletko duże (na przecięciu wiersza i kolumny) podzielono na trzy poletka małe, na których rozmieszczono trzy wybrane obiekty czynnika C (rozstawy). Rozmieszczenie obiektów czynnika C na poletkach małych w obrębie poletek dużych przedstawia macierz incydencji (1). Generuje ona także parametry całego układu SBP. Schemat każdego bloku układu jest przedstawiony na rysunku 1.



Rys. 1. Struktura jednostek doświadczalnych różnego rzędu w obrębie jednego bloku w układzie SBP
Fig. 1. The structure of different order experimental units inside an individual block in the SBP design

Jako sytuację drugą rozważmy, że doświadczenie założono w układzie niekompletnym SPSB w dziesięciu blokach. Podobnie jak w układzie SBP, obiekty czynnika A (terminy siewu) rozmieszczono w sposób losowy w wierszach ($k_1 = 2$), a obiekty czynnika B (odmiany łubinu) w kolumnach I rzędu ($k_2 = 4$) wewnątrz każdego bloku. Następnie każdą

kolumnę I rzędu rozszczepiono na trzy kolumny II rzędu ($k_3 = 3$), w których w sposób losowy rozmieszczono obiekty czynnika C (rozstawa), zgodnie z planem doświadczenia (1). Macierz (1) generuje parametry układu SPSB. Schemat każdego bloku układu jest przedstawiony na rysunku 2.



Rys. 2. Struktura jednostek doświadczalnych różnego rzędu w obrębie jednego bloku, w układzie SPSB
Fig. 2. The structure of different order experimental units inside an individual block in the SPSB design

W obu sytuacjach przyjęto założenie, że wszystkie porównania dotyczące obiektów czynnika C są jednakowo ważne. Zatem jako układ generujący dla czynnika C wybrano układ zrównoważony o blokach niekompletnych (BIB) o następującej macierzy incydencji (zob. Cochran i Cox 1957, plan układu 11.4):

$$\mathbf{N}_C = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad (1)$$

gdzie liczba obiektów $w = 6$, liczba bloków $b_3 = 10$, pojemność bloków $k_3 = 3$, liczba replikacji $r = 5$ oraz liczba spotkań każdej pary obiektów w blokach $\lambda = 2$.

Wówczas macierz incydencji względem bloków całego doświadczenia (dla obu rozważanych układów) jest postaci:

$$\mathbf{N}_1 = \mathbf{1}_2 \otimes \mathbf{1}_4 \otimes \mathbf{N}_C \quad (2)$$

Zgodnie z powyższą konstrukcją, w blokach, zarówno w układzie SBP jak i SPSB, występują różne kombinacje obiektowe, których schemat jest następujący:

$$\begin{array}{ll} \{A_1, A_2 \mid B_1, B_2, B_3, B_4 \mid C_1, C_2, C_5\}, & \{A_1, A_2 \mid B_1, B_2, B_3, B_4 \mid C_1, C_2, C_6\}, \\ \{A_1, A_2 \mid B_1, B_2, B_3, B_4 \mid C_1, C_3, C_4\}, & \{A_1, A_2 \mid B_1, B_2, B_3, B_4 \mid C_1, C_3, C_6\}, \\ \{A_1, A_2 \mid B_1, B_2, B_3, B_4 \mid C_1, C_4, C_5\}, & \{A_1, A_2 \mid B_1, B_2, B_3, B_4 \mid C_2, C_3, C_4\}, \end{array}$$

$$\begin{aligned} &\{A_1, A_2 \mid B_1, B_2, B_3, B_4 \mid C_2, C_3, C_5\}, & \{A_1, A_2 \mid B_1, B_2, B_3, B_4 \mid C_2, C_4, C_6\}, \\ &\{A_1, A_2 \mid B_1, B_2, B_3, B_4 \mid C_3, C_5, C_6\}, & \{A_1, A_2 \mid B_1, B_2, B_3, B_4 \mid C_4, C_5, C_6\}, \end{aligned}$$

gdzie $\{A_1, A_2 \mid B_1, B_2, B_3, B_4 \mid C_l, C_o, C_z\}$, $l < o < z$; $l, o, z \in \{1, 2, \dots, 6\}$, oznacza jeden blok (przed randomizacją). Stąd, rozważane układy SBP i SPSB mają następujące parametry: liczba kombinacji obiektowych $v = stw = 48$, liczba bloków $b = b_3 = 10$, pojemność bloków $k = stk_3 = 24$, liczba obserwacji $n = bk_1k_2k_3 = 240$. Wektor replikacji kombinacji obiektowych $\mathbf{r} = \mathbf{1}_2 \otimes \mathbf{1}_4 \otimes \mathbf{r}_C$, gdzie $\mathbf{r}_C = [5, 5, 5, 5, 5, 5]'$, czyli $\mathbf{r} = 5\mathbf{1}_{48}$. A zatem wszystkie kombinacje obiektowe są jednakowo replikowane (5 razy).

Celem doświadczenia było, między innymi, zweryfikowanie hipotez ogólnych zakładających, że średnie (oczekiwane) plony uzyskiwane dla poszczególnych terminów siewu są jednakowe (hipoteza 1), że średnie (oczekiwane) plony uzyskiwane przez badane odmiany łubinu są jednakowe (hipoteza 2) i że średnie (oczekiwane) plony uzyskiwane dla rozstawy są jednakowe (hipoteza 3). Druga grupa hipotez ogólnych dotyczy interakcji. Orzekają one, że nie ma interakcji między terminami i odmianami łubinu (hipoteza 4), między terminami i rozstawą (hipoteza 5), między odmianami łubinu i rozstawą (hipoteza 6) oraz między terminami, odmianami łubinu i rozstawą (hipoteza 7).

W proponowanej analizie statystycznej dużą rolę odgrywają macierze informacji oznaczone symbolem $\mathbf{A}_f$, $f = 0, 1, \dots, m$, gdzie m określa liczbę głównych warstw w modelach wielowarstwowych (przy czym $m = 5$ dla SBP oraz $m = 6$ dla SPSB; zob. Ambroży i Mejza, 2002 a, 2002 b, 2003, 2006).

Jeżeli układ doświadczalny jest ogólnie zrównoważony (GB — general balance), a takie są w tej pracy rozważane, to wymienione wyżej macierze informacji posiadają ten sam zbiór wektorów własnych, wyznaczających porównania (kontrasty) między efektami kombinacji obiektowych. Właściwość GB można sprawdzić, badając komutowanie wszystkich macierzy $\mathbf{A}_f$ względem replikacji kombinacji obiektowych (zob. np. Houtman i Speed, 1983; Ambroży i Mejza, 2006). Z kolei wartości własne macierzy $\mathbf{A}_f$, odpowiadające wektorom własnym względem replikacji, są interpretowane jako współczynniki efektywności układu w poszczególnych warstwach pod względem estymacji efektów porównań obiektowych. Można je obliczyć korzystając z pakietów komputerowych, np. Genstat; SAS; Scientific WorkPlace lub skorzystać z wyprowadzonych gotowych wzorów (zob. Ambroży i Mejza, 2002 a, 2002 b, 2004, 2006). Przy ich wyprowadzaniu skorzystano, między innymi, z warunku estymowalności kontrastu (zob. np. Ambroży i Mejza, 2006).

ANALIZA WYNIKÓW DOŚWIADCZENIA ZGODNIE Z MODELEM UKŁADU SBP

Ze struktury macierzy informacji dla kombinacji obiektowych $\mathbf{A}_f$, $f = 0, 1, \dots, 5$ (Ambroży i Mejza, 2006) oraz z warunku estymowalności kontrastów wynika wniosek 1 (zob. też tab. 1).

Wniosek 1

W układzie SBP wygenerowanym w oparciu o macierze (1) i (2):

- wszystkie kontrasty między efektami głównymi czynnika A , efektami głównymi czynnika B oraz wszystkie kontrasty związane z efektami interakcji $A \times B$ są

- estymowane z pełną efektywnością (tzn. współczynnik efektywności, równy 1, jest taki sam jak w układzie kompletnym), odpowiednio w warstwach (2), (3) i (4);
- wszystkie kontrasty pomiędzy efektami głównymi czynnika C są estymowane w dwóch warstwach: w warstwie (1) ze współczynnikiem efektywności równym $1/5$ oraz w warstwie (5) ze współczynnikiem efektywności równym $4/5$;
 - wszystkie kontrasty interakcyjne związane z efektami interakcji $A \times C$ są estymowane w warstwie (2) ze współczynnikiem efektywności równym $1/5$ oraz w warstwie (5) ze współczynnikiem efektywności równym $4/5$;
 - wszystkie kontrasty interakcyjne związane z efektami interakcji $B \times C$ są estymowane w warstwie (3) ze współczynnikiem efektywności równym $1/5$ oraz w warstwie (5) ze współczynnikiem efektywności równym $4/5$;
 - wszystkie kontrasty interakcyjne związane z efektami interakcji $A \times B \times C$ są estymowane w warstwie (4) ze współczynnikiem efektywności równym $1/5$ oraz w warstwie (5) ze współczynnikiem efektywności równym $4/5$.

Tabela 1

Warstwowe współczynniki efektywności dla przykładu (układ SBP)
Stratum efficiency factors for the example (the SBP design)

Typy kontrastów Types of contrasts	Warstwy — Strata				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
A		1			
B			1		
C	$1/5$				$4/5$
$A \times B$				1	
$A \times C$		$1/5$			$4/5$
$B \times C$			$1/5$		$4/5$
$A \times B \times C$				$1/5$	$4/5$

(1) — warstwa między blokami / the Inter-block stratum, (2) — warstwa między wierszami / the Inter-row stratum, (3) — warstwa między kolumnami / the Inter-column stratum, (4) — warstwa między poletkami dużymi / the inter-whole plot stratum, (5) — warstwa między poletkami małymi / the Inter-subplot stratum

Z tabeli 1 wynika, że w wygenerowanym układzie SBP, jedynie informacja o kontrastach dotyczących czynnika C i interakcji związanych z tym czynnikiem jest rozłożona między dwie warstwy (odpowiednio do typu kontrastu). Większa część informacji (80%) o tych kontrastach jest zawarta w warstwie (5) — między poletkami małymi. Wydaje się, że wielkość ta upoważnia do oparcia wnioskowania statystycznego o tych kontrastach na informacji z tej warstwy.

Biorąc pod uwagę wyniki analizy wariancji dla układu niekompletnego SBP zamieszczone w tabeli 2, wyciągnięto wnioski o odrzuceniu wszystkich siedmiu hipotez ogólnych na poziomie istotności $\alpha = 0,01$.

Po odrzuceniu hipotez ogólnych w warstwach powstaje konieczność badania szczegółowego kontrastów estymowalnych w tych warstwach (zob. np. Ambroży i Mejza, 2006).

Tabela 2

Analiza wariancji dla przykładu w układzie niekompletnym SBP
ANOVA for the example in the incomplete SBP design

Źródła zmienności Sources of variations	St. swobody DF	Sumy kwadratów SS	Średnie kwadraty MS	F	<i>p</i>
Warstwa (1) - między blokami — The inter-block stratum (1)					
Czynnik <i>C</i> (Rozstawa) Factor <i>C</i> (Spacing)	5	0,0426	0,0085	7,08*	0,041
Błąd (1) — Error (1)	4	0,0050	0,0012		
Całość (1) - Bloki Total (1) - Blocks	9	0,0476			
Warstwa (2) - między wierszami — The inter-row stratum (2)					
Czynnik <i>A</i> (Termin siewu) Factor <i>A</i> (Date of sowing)	1	9,0673	9,0673	4772,26**	0,000
<i>A</i> × <i>C</i>	5	0,0838	0,0168	8,84*	0,028
Błąd (2) — Error (2)	4	0,0078	0,0019		
Całość (2) - Wiersze Total (2) - Rows	10	9,1589			
Warstwa (3) - między kolumnami — The inter-column stratum (3)					
Czynnik <i>B</i> (Odmiany łubinu) Factor <i>B</i> (Varieties)	3	22,4044	7,4681	278,66**	0,000
<i>B</i> × <i>C</i>	15	0,3086	0,0206	0,77	0,690
Błąd (3) — Error (3)	12	0,3214	0,0268		
Całość (3) - Kolumny Total (3) - Columns	30	23,0344			
Warstwa (4) - między poletkami dużymi — The inter-whole plot stratum (4)					
<i>A</i> × <i>B</i>	3	1,3562	0,4521	17,19**	0,000
<i>A</i> × <i>B</i> × <i>C</i>	15	0,2625	0,0175	0,665	0,775
Błąd (4) — Error (4)	12	0,3157	0,0263		
Całość (4) - Pol. duże Total (4) - Whole plots	30	1,9343			
Warstwa (5) - między poletkami małymi — The inter-subplot stratum (5)					
Czynnik <i>C</i> (Rozstawa) Factor <i>C</i> (Spacing)	5	0,2278	0,0456	6,33**	0,000
<i>A</i> × <i>C</i>	5	0,1235	0,0247	3,43**	0,006
<i>B</i> × <i>C</i>	15	0,7170	0,0478	6,64**	0,000
<i>A</i> × <i>B</i> × <i>C</i>	15	0,2512	0,0167	2,32**	0,006
Błąd (5) — Error (5)	120	0,8693	0,0072		
Całość (5) - Pol. małe Total (5) - Subplots	160	2,1888			
Całość — Total	239	36,6184			

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

ANALIZA WYNIKÓW DOŚWIADCZENIA ZGODNIE Z MODELEM UKŁADU SPSB

Ze struktury macierzy informacji A_f , $f = 0, 1, \dots, 6$ (Ambroży i Mejza, 2006) oraz z warunku estymowalności kontrastów wynika wniosek 2 (zob. też tab. 3).

Wniosek 2

W układzie SPSB wygenerowanym w oparciu o macierze (1) i (2):

- wszystkie kontrasty między efektami głównymi czynnika A , efektami głównymi czynnika B oraz wszystkie kontrasty związane z efektami interakcji $A \times B$ są estymowane identycznie, jak w układzie SBP z pełną efektywnością, odpowiednio w warstwach (2), (3) i (5);
- wszystkie kontrasty pomiędzy efektami głównymi czynnika C są estymowane w warstwie (1) ze współczynnikiem efektywności równym $1/5$ oraz w warstwie (4) ze współczynnikiem efektywności równym $4/5$;
- wszystkie kontrasty interakcyjne związane z efektami interakcji $A \times C$ są estymowane w warstwie (2) ze współczynnikiem efektywności równym $1/5$ oraz w warstwie (6) ze współczynnikiem efektywności równym $4/5$;
- wszystkie kontrasty interakcyjne związane z efektami interakcji $B \times C$ są estymowane w warstwie (3) ze współczynnikiem efektywności równym $1/5$ oraz w warstwie (4) ze współczynnikiem efektywności równym $4/5$;
- wszystkie kontrasty interakcyjne związane z efektami interakcji $A \times B \times C$ są estymowane w warstwie (5) ze współczynnikiem efektywności równym $1/5$ oraz w warstwie (6) ze współczynnikiem efektywności równym $4/5$.

A zatem hipotezy ogólne 1, 2 i 4 są testowalne w takich samych warstwach w obu układach. Wyniki testowania tych trzech hipotez są identyczne, jak w układzie SBP.

Z kolei wnioskowanie o kontrastach pomiędzy efektami głównymi czynnika C i o kontrastach związanych z efektami interakcji $B \times C$ można przeprowadzić w warstwie między kolumnami II rzędu (gdzie znajduje się 80% informacji), a o kontrastach związanych z efektami interakcji $A \times C$ i $A \times B \times C$ w warstwie między poletkami małymi (gdzie też znajduje się 80% informacji o tych kontrastach).

Tabela 3

Warstwowe współczynniki efektywności dla przykładu (układ SPSB)
Stratum efficiency coefficients for the example (the SPSB design)

Typy kontrastów Types of contrasts	Warstwy — Strata					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
A		1				
B			1			
C	1/5			4/5		
$A \times B$					1	
$A \times C$		1/5				4/5
$B \times C$			1/5	4/5		
$A \times B \times C$					1/5	4/5

(1) — warstwa między blokami / the inter-block stratum, (2) — warstwa między wierszami / the inter-row stratum, (3) — warstwa między kolumnami I rzędu / the inter-I column stratum, (4) — warstwa między kolumnami II rzędu / the inter-II column stratum, (5) — warstwa między poletkami dużymi / the inter-whole plot stratum (6) — warstwa między poletkami małymi / the inter-subplot stratum

Tabela 4

Analiza wariancji dla przykładu w układzie niekompletnym SPSB
ANOVA for the example in the incomplete SPSB design

Źródła zmienności Sources of variations	St. swobody DF	Sumy kwadratów SS	Średnie kwadraty MS	F	<i>p</i>
Warstwa (1) - Między blokami — The inter-block stratum (1)					
Czynnik <i>C</i> (Rozstawa) Factor <i>C</i> (Spacing)	5	0,0426	0,0085	7,08*	0,041
Błąd (1) — Error (1)	4	0,0050	0,0012		
Całość (1) - Bloki Total (1) - Blocks	9	0,0476			
Warstwa (2) - Między wierszami — The inter-row stratum (2)					
Czynnik <i>A</i> (Termin siewu) Factor <i>A</i> (Date of sowing)	1	9,0673	9,0673	4772,26**	0,000
<i>A</i> × <i>C</i>	5	0,0838	0,0168	8,84*	0,028
Błąd (2) — Error (2)	4	0,0078	0,0019		
Całość (2) - Wiersze Total (2) - Rows	10	9,1589			
Warstwa (3) - Między kolumnami I rzędu — The inter-I column stratum (3)					
Czynnik <i>B</i> (Odmiany łubinu) Factor <i>B</i> (Varieties)	3	22,4044	7,4681	278,66**	0,000
<i>B</i> × <i>C</i>	15	0,3086	0,0206	0,77	0,690
Błąd (3) — Error (3)	12	0,3214	0,0268		
Całość (3) - Kolumny I Total (3) - I columns	30	23,0344			
Warstwa (4) - Między kolumnami II rzędu — The inter-II column stratum (4)					
Czynnik <i>C</i> (Rozstawa) Factor <i>C</i> (Spacing)	5	0,2278	0,0456	5,56**	0,000
<i>B</i> × <i>C</i>	15	0,7170	0,0478	5,83**	0,000
Błąd (4) — Error (4)	60	0,4915	0,0082		
Całość (4) - Kolumny II Total (4) - II columns	80	1,4363			
Warstwa (5) - Między poletkami dużymi — The inter-whole plot stratum (5)					
<i>A</i> × <i>B</i>	3	1,3562	0,4521	17,19**	0,000
<i>A</i> × <i>B</i> × <i>C</i>	15	0,2625	0,0175	0,66	0,779
Błąd (5) — Error (5)	12	0,3157	0,0263		
Całość (5) - Pol. duże Total (5) - Whole plots	30	2,1888			
Warstwa (6) - Między poletkami małymi — The inter-subplot stratum (6)					
<i>A</i> × <i>C</i>	5	0,1235	0,0247	3,92**	0,004
<i>A</i> × <i>B</i> × <i>C</i>	15	0,2512	0,0167	2,65**	0,004
Błąd (6) — Error (6)	60	0,3777	0,0063		
Całość (6) - Pol. małe Total (6) - Subplots	80	0,7524			
Całość — Total	239	36,6184			

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Z tabeli 4 wynika, że hipotezę dotyczącą czynnika C (hipoteza 3) odrzucono w warstwie między kolumnami II rzędu, hipotezę dotyczącą interakcji $A \times C$ (hipoteza 5) odrzucono w warstwie między poletkami małymi, hipotezę dotyczącą interakcji $B \times C$ (hipoteza 6) odrzucono w warstwie między kolumnami II rzędu, a hipotezę dotyczącą interakcji $A \times B \times C$ (hipoteza 7) odrzucono w warstwie między poletkami małymi. Wymienione hipotezy odrzucono na poziomie istotności $\alpha = 0,01$.

Wszystkie wnioski wynikające z odrzucenia hipotez ogólnych (1) - (7) są takie same jak w poprzedniej analizie.

DYSKUSJA ORAZ WNIOSKI

Empiryczna względna efektywność dwóch układów kompletnych typu SBP oraz SPSB (z tą samą liczbą jednostek eksperymentalnych równą — n) została określona w pracach Ambroży i Mejzy (2006, 2008). Zamieszczone są tam następujące wnioski:

1. Dla estymacji kontrastów między efektami głównymi czynników A i B oraz między efektami interakcyjnymi typu $A \times B$ oba porównywane układy kompletne są jednakowo skuteczne, czyli precyzja estymacji tych kontrastów jest jednakowa w obu układach.
2. Dla estymacji kontrastów między efektami głównymi czynnika C oraz między efektami interakcyjnymi typu $B \times C$ bardziej skuteczny okazuje się być układ SBP, bowiem precyzja estymacji tych porównań jest w nim większa niż w układzie SPSB.
3. Z kolei układ SPSB jest bardziej efektywny w stosunku do układu SBP, jeśli chodzi o estymację kontrastów interakcyjnych typu $A \times C$ i $A \times B \times C$. Precyzja estymacji tych porównań jest w nim większa niż w układzie SBP.

Powyższych wniosków nie można jednak w sposób ogólny rozszerzyć na wszystkie układy niekompletne SBP i SPSB, tzn. takie gdy $k_1 < s$ lub/i $k_2 < t$ lub/i $k_3 < w$. W wypadku badania skuteczności układów niekompletnych porównuje się zazwyczaj układy wygenerowane tą samą metodą, w odpowiadających sobie warstwach, w których dany kontrast jest estymowalny.

W pracy układem generującym, jednakowym dla układów SBP i SPSB, dla obiektów czynnika C jest układ zrównoważony o blokach niekompletnych (BIB). Zatem głównym (choć nie jedynym) źródłem informacji o kontrastach są te same warstwy co w układach kompletnych SBP i SPSB (zob. tab. 5).

W tabelach 1 i 3 zamieszczono informację o wyznaczonych w warstwach współczynnikach efektywności, odpowiednio, dla układów SBP i SPSB. Można zauważyć, że odpowiadające sobie warstwowe współczynniki efektywności w obu układach mieszanych są jednakowe. Z tabel tych wynika, że stosując każdy z rozważanych układów traci się 20% informacji o kontrastach dotyczących czynnika C i interakcji związanych z tym czynnikiem (w porównaniu z układem kompletnym). W pracy zaproponowano wykonanie analiz statystycznych wykorzystujących pozostałe 80% informacji w odpowiednich warstwach. Inną metodą jest odzyskiwanie informacji z pozostałych warstw, stosując

kombinowanie estymatorów i testów (zob. Caliński i Kageyama, 2000; Ambroży i Mejza, 2006).

Tabela 5

Skuteczność układów w estymacji kontrastów między efektami głównymi czynników i efektami interakcyjnymi w przykładzie
Efficiency of the designs in estimation of contrasts among main effects and interaction effects in the example

Typy kontrastów Types of contrasts	Liczba kontrastów Number of contrasts	Numer warstw Number of the stratum		Układ SBP SBP design	Układ SPSB SPSB design
		układ SBP SBP design	układ SPSB SPSB design		
<i>A</i>	1	(2)	(2)	<i>a</i>	<i>a</i>
<i>B</i>	3	(3)	(3)	<i>a</i>	<i>a</i>
<i>A × B</i>	3	(4)	(5)	<i>a</i>	<i>a</i>
<i>C</i>	5	(5)	(4)	<i>a</i>	<i>b</i>
<i>A × C</i>	5	(5)	(6)	<i>b</i>	<i>a</i>
<i>B × C</i>	15	(5)	(4)	<i>a</i>	<i>b</i>
<i>A × B × C</i>	15	(5)	(6)	<i>b</i>	<i>a</i>

a, b — Zmniejszający się alfabetycznie stopień skuteczności układów w warstwach

a, b — Degrees of stratum efficiency of the designs, in decreasing order

Numery i odpowiadające im nazwy warstw dla układów SBP oraz SPSB są podane odpowiednio pod tabelami 1 i 3.

The numbers and names of the strata for the SBP and SPSB designs are given under the tables 1 and 3, respectively

LITERATURA

- Ambroży K., Mejza I. 2002 a. Doświadczenia trójczynnikiowe w układzie pasów prostopadłych z rozszczepionymi poletkami. Colloquium Biometryczne 32: 79 — 91.
- Ambroży K., Mejza I. 2002 b. Some incomplete split-block-plot designs. Scientific Papers of Agriculture University of Poznań, Agriculture, Vol. 3. 2002.
- Ambroży K., Mejza I. 2003. Some split-plot × split-block designs. Colloquium Biometryczne 33: 83–96.
- Ambroży K., Mejza I. 2004. Split-plot × split-block type three factors designs. Proc. of the 19th International Workshop on Statistical Modelling: 291 — 295.
- Ambroży K., Mejza I. 2006. Doświadczenia trójczynnikiowe z krzyżową i zagnieżdżoną strukturą poziomów czynników. Wyd. Polskie Towarzystwo Biometryczne i PRODRUK, Poznań.
- Ambroży K., Mejza I. 2008. The relative efficiency of split-plot × split-block designs and split-block-plot designs. Biometrical Letters, Vol. 45, No. 1: 29 — 44.
- Barbacki S. 1951. Doświadczenia kombinowane. PWRiL, Warszawa.
- Baron V.S., Dick A.C., King J.R. 2000. Leaf and stem mass characteristics of cool-season grasses grown in the Canadian Parkland. Agron. J. 92: 54 — 63.
- Caliński, T., Kageyama, S. 2000. Block Designs: A Randomization Approach, Volume I: Analysis. Lecture Notes in Statistics 150, Springer-Verlag, New York.
- Cochran W. G., Cox G. M. 1957. Experimental designs. Wiley, New York.
- Elandt R. 1964. Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczeń rolniczego. PWN, Warszawa.
- Federer W. T., King F. 2007. Variations on Split Plot and Split Block Experiment Designs. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Gomez K. A., Gomez A. A. 1984. Statistical procedures for agricultural research. Wiley, New York.
- Halvorson A. D., Wienhold B. J., Black A. L. 2001. Tillage and nitrogen fertilization influence grain and soil nitrogen in an annual cropping system. Agron. J. 93: 836 — 841.
- Houtman A. M., Speed T. P. 1983. Balance in designed experiments with orthogonal block structure. Ann. Statist. 11: 1069 — 1085.

- Howell T. A., Schneider A. D., Dusek D. A. 2002. Effects of furrow diking on corn response to limited and full sprinkler irrigation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66: 222 — 227.
- LeClerc E. L., Leonard W. H., Clark A. G. 1962. *Field plot technique*. Burgess, Minneapolis.
- Mucha S. 1975. Reakcja odmian pszenicy jarej i ozimej na antywylegacz. *Wiadomości Odmianoznawcze*, Rok II, Zeszyt 2/3, COBORU, Słupia Wielka.
- Pilarczyk W. 2000. O analizie wyników pewnego doświadczenia czteroczynnikowego z rzepakiem ozimym. *Colloquium Biometryczne* 30: 24 — 33.
- Podleśny J., Strobel W. 2006. Wpływ terminu siewu na kształtowanie wielkości plonu nasion i białka zróżnicowanych genotypów łubinu wąskolistnego. *Acta Agrophysica* 8 (4): 923 — 933.
- Rudnicki F. (red.). 1992. *Praca zbiorowa: Doświadczalnictwo rolnicze*. AT-R, Bydgoszcz.
- Szklarska J., Walewski R., Pielat H., Radzikowska A. 1978. *Wybrane metody statystyki matematycznej w doświadczalnictwie rolniczym i warzywniczym*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne – Oddział w Poznaniu.
- Trętowski J., Wójcik A. R. 1988. *Metodyka doświadczeń rolniczych*. WSRP, Siedlce.
- Wadas W., Jabłońska-Ceglarek R., Kosterna E. 2004. The effect of the cultivation method and nitrogen fertilization on the size and structure of the field of immature potato tubers. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Horticulture*, 7 (1), art-07.html.
- Wadas W., Jabłońska-Ceglarek R., Kosterna E. 2005. The nitrates content in early potato tubers depending on growing conditions. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Horticulture*, 8 (1), art-26.html.

WŁODZIMIERZ MAJTKOWSKI¹**JAROSŁAW PIŁAT²****PIOTR MIROSLAW SZULC³**¹ Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych

Ogród Botaniczny w Bydgoszczy

² Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Katedra Żywienia Zwierząt i Gospodarki Paszowej w Bydgoszczy³ Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Katedra Fizjologii Roślin w Bydgoszczy

Perspektywy uprawy i wykorzystania w Polsce roznika przerośniętego (*Silphium perfoliatum* L.)

Prospects of cultivation and utilization of *Silphium perfoliatum* L. in Poland

Określono skład chemiczny i przydatność do zakiszania wybranych form gatunku *Silphium perfoliatum* w różnych fazach wegetacji. Wartość współczynnika fermentacji zielonek w okresie wegetacji od fazy wegetatywnej do fazy początku wiązania nasion była niższa niż 35. Współczynnik fermentacji dla zielonki IV formy gatunku zebranej w fazie początku wiązania nasion wynosił 36.54, co gwarantowało prawidłowy przebieg i kierunek fermentacji w zakiszonym materiale. Wysoka zawartość kwasów fenolowych w fazie wegetatywnej ogranicza możliwości wykorzystania zielonki na cele paszowe. Rośliny gatunku *Silphium perfoliatum* mogą stanowić potencjalnie dobry surowiec dla innych alternatywnych kierunków: przemysłu farmaceutycznego i energetycznego.

Słowa kluczowe: *Silphium perfoliatum*, faza wegetacji, skład chemiczny, współczynnik fermentacji

Chemical composition and usefulness for ensiling of the chosen forms of species *Silphium perfoliatum* were determined in different stages of vegetation. Forage fermentation coefficient of the species forms: I, II and III during vegetation period from vegetative phase to seed setting phase was lower than 35. The fermentation coefficient for the IV form of species at the initial phase of seed setting amounted to 36.54, which ensured the correct fermentation. The high phenol acids content in the I, II and III species forms limits the possibility of using them for forage purposes. These forms may constitute a potentially good raw material for the pharmaceutical and energy industry.

Key words: *Silphium perfoliatum*, stage of vegetation, chemical composition, fermentation coefficient

WSTĘP

Rożnik przerośnięty (*Silphium perfoliatum* L.) jest byliną pochodzącą z centralnych regionów Ameryki Północnej (Woźniak i Góral, 1998). Rośliny z rodzaju *Silphium* charakteryzują się wielokierunkowymi cechami użytkowymi. Niewielkie wymagania glebowe oraz łatwa aklimatyzacja wskazują, że *S. perfoliatum* może być wykorzystywana

jako roślina do rekultywacji terenów zdegradowanych, jako roślina paszowa, pszczelarska i energetyczna (Woźniak i Góral, 1998; Weryszko-Chmielewska i in., 1999; Kowalski, 2002; Majtkowski, 2005; Piłat i in., 2007). Rożnik przerośnięty zawiera szereg metabolitów wtórnych, m.in. olejki eteryczne, flawonoidy, saponiny triterpenowe i oleanozydy, garbniki, kwasy fenolowe (Wolski i in., 1999; El-Sayed i in., 2002; Kowalski, 2002; Kowalski i Wolski, 2003). Wtórne metabolity stanowią mogą cenny surowiec dla przemysłu farmaceutycznego. Kwasy fenolowe (p-kumarowy, ferulowy) działają toksycznie na mikroflorę żwacza odpowiedzialną za rozkład węglowodanów strukturalnych (Zerbini i Thomas, 2003). Celem pracy było określenie przydatności do zakiszania różnych form *Silphium perfoliatum* w różnych fazach wegetacji, a także ocena możliwości wykorzystania biomasy zebranej po zakończeniu wegetacji do celów energetycznych.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w okresie od kwietnia do grudnia 2006 roku. Materiałem doświadczalnym była biomasa wieloletnich roślin gatunku *Silphium perfoliatum*, uprawianych w Ogrodzie Botanicznym IHAR w Bydgoszczy. Badane rośliny rozmnożono generatywnie z nasion otrzymanych z: Ogródu Botanicznego Akademii Medycznej w Lublinie (forma I i II), Ogródu Botanicznego Cluj-Napoca/Rumunia (forma III) oraz Zakładu Pszczelnictwa ISK w Puławach (forma IV).

Ocenę jednorodności genetycznej materiału użytego w doświadczeniu ustalono na podstawie przeprowadzonej analizy PCR metodą ISSR (starter: 5'-CACCACCACGC-3') wykonanej w Katedrze Fizjologii Roślin Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy. Materiałem badawczym były nasiona czterech form *Silphium perfoliatum*, które były badane w niniejszym doświadczeniu. Pobrane z roślin nasiona homogenizowano w ciekłym azocie, a następnie wyizolowano z nich DNA stosując zestaw Genomic Mini AX Plant. Rozdział elektroforetyczny produktów reakcji prowadzono przez 3 godziny na 1,5% żelu agarozowym. Przez pierwszą godzinę rozdzielanie elektroforetyczne przebiegało na napięciu 80V, a następnie zwiększono napięcie do 100 V. W elektroforezie użyto dwóch markerów: GeneRuler™ Express DNA Ladder oraz Lambda DNA /Pst+I firmy Fermentas.

Agrotechniczną część badań przeprowadzono w Ogrodzie Botanicznym Krajowego Centrum Roślinnych Zasobów Genowych IHAR w Bydgoszczy.

Dla oceny przydatności do zakiszania rośliny zbierano w trzech fazach rozwojowych:

- wegetatywna (VS) — 72 dzień wegetacji liczony od 1 kwietnia,
- początek kwitnienia (BF) — 98 (±10) dzień wegetacji,
- początku wiązania nasion (SS) — 162 dzień wegetacji.

W każdej fazie wegetacji próby zbierano w 3 powtórzeniach z powierzchni 1 m², wycinając zielonkę sekatorem na wysokości 3 cm nad ziemią. Analityczną część badań przeprowadzono w Katedrze Żywienia Zwierząt i Gospodarki Paszowej Wydziału Hodowli i Biologii Zwierząt Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy. W podsuszonych roślinach określono zawartość podstawowych składników

(sucha masa — SM, substancja organiczna — SO, białko ogółem — BS, tłuszcz surowy — TŁ, włókno surowe — WŁ) według standardowych metod (AOAC, 1990). Frakcje neutralno (NDF) i kwaśno detergentową (ADF) włókna surowego i kwaśną ligninę (ADL) określono według metodyki Goeringa i Van Soesta (1970). Węglowodany rozpuszczalne w wodzie oznaczono zgodnie z Polską Normą (1994). Pojemność buforową roślin (BC) i wartość współczynnika fermentacji zielonek (FC) określono według Weissbacha (1992 i 1998). Poziom fenolokwasów w przeliczeniu na kwas kawowy oznaczono spektrofotometrem przy długości fali 490 nm (Metoda badawcza, 1998).

Ocenę przydatności sylfii dla celów energetycznych prowadzono po zakończeniu wegetacji roślin (grudzień 2006 r.). Analizę wartości opałowej i zawartości popiołu wykonano w laboratorium Elektrociepłowni SATURN MANAGENENT w Świeciu.

WYNIKI I DYSKUSJA

W fazie wegetatywnej rośliny *Silphium perfoliatum* niezależnie od źródła pochodzenia charakteryzowały się niską zawartością białka surowego, przeciętnie 84,9 g·kg⁻¹ w suchej masie (tab. 1).

Tabela 1

Skład chemiczny roślin *Silphium perfoliatum* w fazach wegetacji w sezonie 2007 roku
Chemical composition of *Silphium perfoliatum* in vegetation phases during the 2007 season

Faza wegetacji Phase of vegetation	S.M. (%)	Zawartość w suchej masie (g·kg ⁻¹) Content in dry matter (g·kg ⁻¹)								
		SO	BS	TŁ	WŁ	NDF	ADF	HEM	ADL	BNW
VS	14,87 ^A ±0,43	987,56 ^A ±8,30	84,90 ^A ±9,30	24,80 ^A ±0,21	230,80 ^A ±11,70	327,00 ^A ±24,30	273,40 ^A ±17,80	53,60 ±8,80	28,60 ^A ±2, ±2,40	535,10 ^A ±12,60
BF	17,13 ^B ±13,30	900,80 ^B ±5,40	63,70 ^B ±8,10	21,40 ^B ±2,60	280,40 ^{AB} ±21,10	407,50 ^B ±24,10	335,00 ^B ±19,00	72,50 ±10,70	41,20 ^B ±3,60	535,30 ^A ±22,30
SS	24,27 ^B ±10,60	897,60 ^B ±11,30	49,10 ^B ±6,20	25,00 ^{AB} ±3,90	297,00 ^B ±21,80	464,40 ^B ±41,60	363,00 ^B ±34,50	101,40 ±28,7	61,40 ^C ±8,80	526,50 ^B ±18,70

A, B, C — Grupy jednorodne na podstawie testu Duncana, na poziomie istotności p = 0,01

A, B, C — Homogenous groups according to Duncan test, significance level p = 0.01

S.M. — Sucha masa; Dry matter

SO — Substancja organiczna; Organic matter

BS — Białko surowe; Crude protein

TŁ — Tłuszcz surowy; Crude FAT

WŁ — Włókno surowe; Crude fibre

NDF — Neutralno detergentowa frakcja włókna surowego; Neutral detergent fraction

ADF — Kwaśno detergentowa frakcja włókna surowego; Acid detergent fraction

HEM — Hemiceluloza; Hemicellulose

ADL — Kwaśna lignina; Acid detergent lignin

BNW — Bezazotowe związki wyciągowe; N-free extract

VS — Faza wegetatywna; Vegetative phase

BF — Początek kwitnienia; Beginning of flowering

SS — Początek wiązania nasion; Beginning of seed setting

W późniejszych stadiach rozwojowych roślin zawartość tego składnika w suchej masie obniżyła się do poziomu 63,7 g·kg⁻¹ (początek kwitnienia) i 49,1 g·kg⁻¹ w fazie wiązania nasion (tab. 1). Piłat i wsp. (2007) podają, że ilość tego składnika w fazie wegetatywnej

wahała się od 140,5 do 170,3 g·kg⁻¹ w suchej masie. W późniejszych fazach wegetacji ilość białka uległa obniżeniu. W początku kwitnienia od 59,1 g·kg⁻¹ do 68,9 g·kg⁻¹, a w fazie wiązania nasion od 61,8 g·kg⁻¹ do 78,6 g·kg⁻¹ suchej masy. Inne dane literaturowe podają, że ilość tego składnika w suchej masie *S. perfoliatum* w okresie początku wiązania kwiatostanów wynosiła 147 g·kg⁻¹, a w fazach: wiązania kwiatostanów i początku kwitnienia odpowiednio 132 i 107 g·kg⁻¹ (Praca zbiorowa, 1993).

Poziom włókna surowego wraz ze wzrostem i rozwojem roślin ulegał podwyższeniu. W fazie wegetatywnej sucha masa zawierała przeciętnie 230,8 g·kg⁻¹ włókna surowego (tab. 1). Ilość tego składnika w fazie początku kwitnienia wynosiła 280,4 g·kg⁻¹ w suchej masie roślin. W okresie wiązania nasion odnotowano wzrost poziomu tego składnika do 297,0 g·kg⁻¹ suchej masy. Ilość włókna surowego w roślinach *S. perfoliatum* w fazie wegetatywnej była wyższa niż wartości podawane przez Piłata i wsp. (2007). Autorzy podają wartość od 119,4 g·kg⁻¹ do 142,9 g·kg⁻¹ suchej masy. Zawartość włókna surowego w fazie początku kwitnienia roślin oraz wiązania nasion była zbliżona do danych literaturowych. Poziom tego składnika w suchej masie roślin *S. perfoliatum* w fazie wiązania kwiatostanów wynosił 250 g·kg⁻¹, a w fazie początku kwitnienia 280 g·kg⁻¹ (Praca zbiorowa, 1993). Piłat i wsp. (2007) podają wartości od 260,3 g·kg⁻¹ do 302,9 g·kg⁻¹ suchej masy (początek kwitnienia) oraz od 284,9 g·kg⁻¹ do 302,4 g·kg⁻¹ suchej masy w fazie początku wiązania nasion. Frakcja neutralno detergentowa w fazie wegetatywnej stanowiła 327,0 g·kg⁻¹ w suchej masie. W kolejnych fazach wegetacji odnotowano wzrost udziału tej frakcji w suchej masie roślin do 407,5 g·kg⁻¹ (w początku kwitnienia) do 466,4 g·kg⁻¹ w fazie wiązania nasion.

Ilość frakcji kwaśno detergentowej włókna w suchej masie wynosiła w fazie wegetatywnej 273,4 g·kg⁻¹ (tab. 1). Poziom tej frakcji w fazie początku kwitnienia roślin uległ podwyższeniu do 335,0 g·kg⁻¹ suchej masy, a w fazie wiązania nasion do 363,0 g·kg⁻¹ suchej masy (tab. 1). Literatura przedmiotu dla gatunku *Silphium perfoliatum* w fazie wiązania kwiatostanów i początku kwitnienia podaje wartości odpowiednio 309 g·kg⁻¹ i 341 g·kg⁻¹ w suchej masie (Praca zbiorowa, 1993). Piłat i wsp. (2007) odnotowali w poszczególnych fazach wegetacji niższy poziom węglowodanów strukturalnych. W fazie wegetatywnej od 245,6 do 282,9 g·kg⁻¹, w fazie początku wiązania kwiatostanów od 346,8 g·kg⁻¹ do 410,5 g·kg⁻¹ w suchej masie frakcji neutralno detergentowej. W okresie wiązania nasion poziom tej frakcji stanowił od 295,5 g·kg⁻¹ do 389,4 g·kg⁻¹ w suchej masie. Poziom frakcji kwaśno detergentowej w fazie wegetatywnej wynosił od 186,2 g·kg⁻¹ do 200,0 g·kg⁻¹ suchej masy (Piłat i in., 2007). W kolejnych fazach wegetacji ilość frakcji kwaśno detergentowej zawierała się w granicach od 299,6 g·kg⁻¹ do 347,0 g·kg⁻¹, a w okresie wiązania nasion od 261,5 g·kg⁻¹ do 331,2 g·kg⁻¹ w suchej masie roślin. Iloraz węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie do pojemności buforowej (WSC/BC) był uzależniony od fazy wegetacji. W fazie wegetatywnej wartość ta wynosiła 0,76 (tab. 2). W okresie początku kwitnienia roślin stwierdzono wzrost wartości tego parametru do 1,23. W roślinach w fazie wiązania nasion odnotowano wartość 1,16 (tab. 2). Wartość ilorazu węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie do pojemności buforowej w fazie wegetatywnej zbliżona była do wielkości tego parametru podawanego dla koniczyny (1,16) o zawartości 35,4% suchej masy. Piłat i wsp. (2007) podają, że wielkość tego parametru

dla roślin *S. perfoliatum* kształtowała się na poziomie od 1,18–1,42 w fazie wegetatywnej. W fazach początku wytwarzania kwiatostanów oraz początku wiązania nasion wielkość tego parametru przybrała wartości odpowiednio: 1,33–1,64 oraz 0,80–1,43. Wartość współczynnika fermentacji (VC) zielonek była uzależniona od fazy wegetacji. W fazie wegetatywnej odnotowano wartość 20,95. W późniejszych fazach wegetacji (początek kwitnienia roślin) stwierdzono wzrost wartości współczynnika fermentacji do 26,97, a w fazie wiązania nasion przez rośliny odnotowano wartość tego parametru na poziomie 33,55 (tab. 2). Współczynnik fermentacji zielonki roślin *S. perfoliatum* w 2006 roku był wyższy niż w badaniach własnych (Piłat i in., 2007). Wartości tego współczynnika były na poziomie od 20,57 do 20,99 w fazie wegetatywnej. W kolejnych fazach wegetacji roślin wartość tego parametru osiągała poziom od 32,39 do 34,54 (faza wiązania kwiatostanów) i 29,98 do 36,54 w fazie wiązania nasion. Wartość współczynnika fermentacji powyżej 35 gwarantuje prawidłowy przebieg i kierunek fermentacji w zakiszonym materiale oraz pozwala zakwalifikować zielonkę do roślin łatwo ulegających procesowi zakiszania (Weissbach, 1998).

Tabela 2

Zawartość węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie, pojemność buforowa i współczynnik fermentacji w wybranych formach *Silphium perfoliatum* w fazach wegetacji w sezonie 2007 roku
Water soluble carbohydrate content, buffering capacity and fermentation coefficient of *Silphium perfoliatum* forms in vegetation phases during the 2007 season

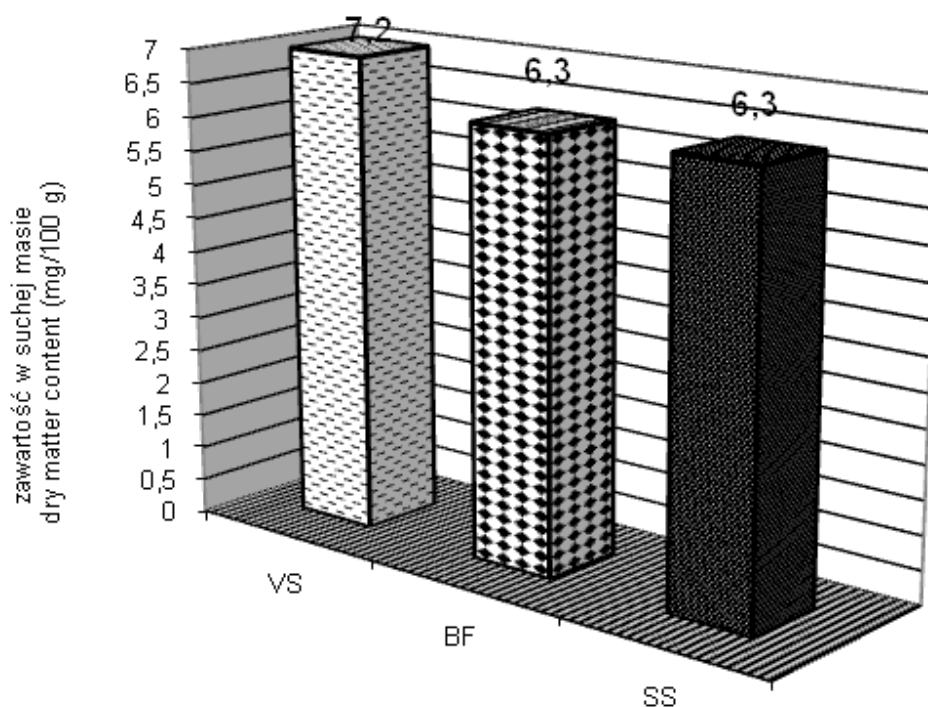
Faza wegetacji Phase of vegetation	WSC Węglowodany rozpuszczalne w wodzie Water soluble carbohydrate	BC Pojemność buforowa Buffering capacity	WSC / BC Węglowodany rozpuszczalne w wodzie Water soluble carbohydrate / Pojemność buforowa Buffering capacity	FC Współczynnik fermentacji ; Fermentation coefficient
VS Faza wegetatywna Vegetative phase	11,24 ±0,72	14,75A ±1,16	0,76B ±0,09	20,95A ±0,83
BF Początek kwitnienia beginning of flowering	13,35 ±1,76	10,87B ±1,25	1,23A ±0,22	26,97AB ±1,82
SS Początek wiązania nasion; Beginning of seed setting	15,54 ±1,09	13,34AB ±2,16	1,16B ±0,20	33,55B ±3,42

A, B — Grupy jednorodne na podstawie testu Duncana, na poziomie istotności $p = 0,01$

A, B — Homogenous groups according to Duncan test, significance level $p = 0.01$

Poziom kwasów fenolowych w roślinach *Silphium perfoliatum* był zróżnicowany w fazach wegetacji. W fazie wegetatywnej odnotowano ilość tego składnika na poziomie $7,2 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ suchej masy (rys. 1). W kolejnych stadiach wegetacji (początek kwitnienia oraz wiązania nasion) stwierdzono obniżenie zawartości tego składnika do poziomu $6,3 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ suchej masy. Kowalski i Wolski (2003) w roślinach *S. perfoliatum* stwierdzili obecność wolnych kwasów fenolowych w ilości od $5,686 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ suchej

masy (w liściach) do $7,676 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ suchej masy w kwiatostanach. Piłat i in. (2007) odnotowali natomiast udział tego składnika na poziomie od 2,8 do $4,0 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ w fazie wegetatywnej. W fazach początku wiązania kwiatostanów oraz wiązania nasion udział kwasów fenolowych wynosił odpowiednio od 4,8 do $5,6 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ i 4,6 do $5,6 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ suchej masy. Kwasy fenolowe mogą oddziaływać niekorzystnie na mikroflorę żwacza, rozkład składników pokarmowych w żwaczu oraz procesy fizjologiczne związane z glukoneogenezą i przemianami związków tłuszczowych w wątrobie (Scechovic, 1999; Nerušil i in., 1999). Garcia i in. (2007) donoszą o możliwości wykorzystania monomerów fenolowych (karwakrol) jako potencjalnego regulatora kierunku fermentacji w żwaczu. Karwakrol wpływał na obniżenie ilości kwasu octowego i podwyższenie poziomu wytwarzania kwasu masłowego w żwaczu. Niski poziom kwasów fenolowych w fazie wegetatywnej wskazuje na potencjalne wykorzystanie tego gatunku na cele paszowe.



VS — Faza wegetatywna ; Vegetation phase
 BF — Początek kwitnienia; Begining of flowering
 SS — Początek wiązania nasion; Beginning of seed setting

Rys. 1. Zawartość kwasów fenolowych w roślinach *Silphium perfoliatum* w fazach wegetacji
Fig. 1. The content of phenol acids in plants of *Silphium perfoliatum* in phase of vegetation

Zaawansowane prace nad wykorzystaniem sylfii do celów energetycznych prowadzone są w Czechach (Ust'ak, 2006). Wstępne analizy biomasy *Silphium perfoliatum* zebranej po zakończeniu wegetacji, przeprowadzone przez Elektrociepłownię Saturn Management w

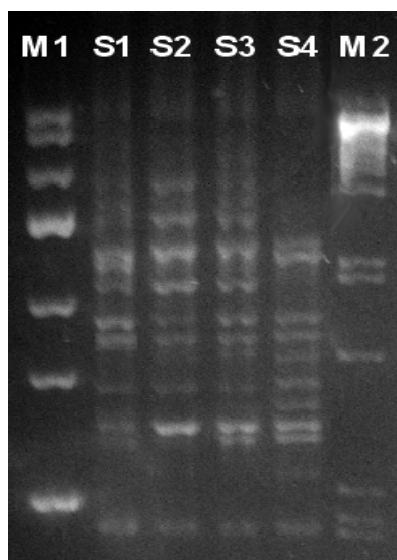
Świeciu potwierdziły, że jest to wartościowy surowiec energetyczny (tab. 3). Rożnik przerośnięty może stanowić alternatywę dla wierzby, najczęściej uprawianej rośliny na wieloletnich plantacjach energetycznych w Polsce. Pod względem wartości energetycznej plonu *Silphium perfoliatum* przewyższa wierzbę zbieraną w cyklach rocznych i dwuletnich, dla której wartość tego parametru wynosi odpowiednio 210 i 293 GJ/ha/rok (Stolarski, 2008). Przyczyną niższej wartości energetycznej plonu wierzby była wysoka wilgotność zbieranej biomasy, która przekraczała 50%. Zawartość wody w plonie sylfii kształtowała się na podobnym poziomie (ok. 10%), jak w czasie końcowego zbioru miskanta, ślazuca i rdestowca (Chołuj i Podlaski, 2008).

Tabela 3

Plonowanie oraz wartość energetyczna sylfii przerośniętej *Silphium perfoliatum* na podstawie badań czeskich¹ oraz Elektrociepłowni Saturn Management w Świeciu²
The yielding and energetistic value of *Silphium perfoliatum* on the basis of Czech¹ investigation as well as the Saturn Management Heat and Power Station in Świecie²

Plon suchej masy ¹ Dry matter yield (t/ha)	Wydajność energetyczna ¹ Energetistic efficiency (GJ/ha)	Wartość opałowa ² Energetistic value (MJ/kg)	Zawartość popiołu ² Ash content (%)	Wilgotność robocza ² Working moisture (%)
15,4-19,6	280-357	15,19	3,9	7,2

¹Ust'ak 2006



M1-GeneRuler™ Express DNA Ladder;

S1 - S4 - formy forms *Silphium perfoliatum* L.; M2-Lambda DNA/PS+I.

Rys. 2. Wyniki rozdzielu elektroforetycznego form *Silphium perfoliatum* L.
Fig. 2. Results of electrophoresis analysis of *Silphium perfoliatum* L. forms

Na podstawie badań genetycznych stwierdzono, iż użyte w doświadczeniu cztery formy *Silphium perfoliatum* są jednorodne genetycznie (rys. 2).

WNIOSKI

1. Zielonka *Silphium perfoliatum* ze względu na udział węglowodanów strukturalnych oraz kwasów fenolowych powinna być zakiszana we wczesnych stadiach wegetacji.
2. Niska wartość współczynnika fermentacji wskazuje na konieczność zakiszania roślin *Silphium perfoliatum* z udziałem dodatków bogatych w łatwo fermentujące węglowodany lub roślin poduszonych.
3. Gatunek *Silphium perfoliatum* ze względu na zawartość kwasów może stanowić dobry surowiec dla przemysłu farmaceutycznego.
4. Zmienność składu chemicznego gatunku *Silphium perfoliatum* wskazuje na konieczność kontynuowania badań nad wykorzystaniem tych roślin jako potencjalnej paszowej rośliny alternatywnej.
5. Sylfia przerośnięta może stanowić źródło biomasy dla różnych technologii wytwarzania energii.

LITERATURA

- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th Ed. Assoc. Offic. Anal. Chem., Arlington, Virginia, VA, USA.
- Chołuj D., Podlaski S. 2008. Kompleksowa ocena biologicznej przydatności 7 gatunków roślin wykorzystywanych w uprawach energetycznych. W: Gradiuk P. (red.) Energia odnawialna. Wyd. „Więś Jutra” Sp. z o.o., Warszawa: 61 — 76.
- El-Sayed N. H., Wojcińska M., Drost-Karbowska K., Matławska I., Williams J., Mabry T. J. 2002. Kaempferol triosides from *Silphium perfoliatum*. Phytochemistry 60, 8: 835 — 838.
- Garcia V., Catala-Gregori P., Madrid J., Hernandez F., Megias M.D., Andrade-Montemayor H.M. 2007. Potencial of carvacrol to modify in vitro rumen fermentation as compared with monensin. Animal 1: 675 — 680.
- Goering H. K., Van Soest P. J. 1970. Forage fibre analyses, apparatus, reagents, procedures and some applications. Agriculture Handbook No. 379, Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture.
- Janicki B., Piłat J. 1998. Wpływ różnych dodatków do zakiszania na wartość pH kiszonek sporządzonych z traw i motylkowatych oraz kukurydzy o zróżnicowanej zawartości suchej masy. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 462: 403 — 408.
- Kowalski R. 2002. Ocena zawartości oleanozydów w organach nadziemnych i podziemnych rożnika przerośniętego *Silphium perfoliatum* L. Acta Scientiarum Polonorum, Hortum Cultus 1, 2: 5 — 15.
- Kowalski R., Wolski T. 2003. Evaluation of phenolic acid content in *Silphium perfoliatum* L. leaves, inflorescences and rhizomes. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, series Horticulture 6, 1, 13 ss.
- Majtkowski W. 2005. Rośliny źródłem energii. Kujawsko-Pomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego, Biuletyn Informacyjny 23: 7 — 13.
- Metoda badawcza. 1998. Oznaczanie zawartości fenolokwasów w przeliczeniu na kwas kawowy metodą spektrofotometryczną. Laboratorium Badawcze Herbapol 26, 3 ss.
- Nerušil P., Smital F., Odstrčilová V., Komárek P. 1999. Content of phenolics in grassland plants and their activity. Proceedings 9th International Conference “Forage Conservation”. Research Institute of Animal Production Nitra: 75 — 76.
- Piłat J., Majtkowski W., Majtkowska G., Mikołajczak J., Góralska A. 2007. The usefulness for ensiling of chosen plant forms of species of *Silphium* genus. Journal of Central European Agriculture 8: 363 — 368.
- Polska Norma. 1994. Pasze. Oznaczanie zawartości cukrów. PN-R-64784, 4 ss.

- Praca zbiorowa pod red. Jarrige'a. 1993. Żywnienie przeżuwaczy. Zalecane normy i tabele wartości pokarmowej pasz. Omnitech Press, Warszawa, 406 ss.
- Scehovic J. 1999. Evaluation in vitro de l'activite de la population microbienne du rumen en presence d'extraits vegetaux. *Revue Suisse Agric.* 31, 2: 89 — 93.
- Stolarski M. 2008. Odnawialne paliwo z wierzby krzewiastej. (W:) Gradziuk P. (red.) *Energia odnawialna*. Wyd. „Wiś Jutra” Sp. z o.o., Warszawa: 133 — 138.
- Ust'ak S. 2006. <http://www.biom.cz/index.shtml?x=92636>.
- Weissbach F. 1992. Bestimmung der Pufferkapazität. Institut für Grünland und Futterpflanzenforschung FAL, Braunschweig, 3 ss.
- Weissbach F. 1998. Über der Einfluss von verschiedenen Kräutern in Aufwuchs extensive genutzter Wiesen auf den Gärungsverlauf bei Bereitung von Grassilage. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 462: 297 — 313.
- Weryszko-Chmielewska E., Kowalski R., Wolski T. 1999. Rożnik przerośnięty (*Silphium perfoliatum* L.) nowa roślina alternatywna. Cz. I. Badania morfologiczne i anatomiczne. *Zesz. Problem. Post. Nauk Rolniczych* 468: 497 — 505.
- Wolski T., Kowalski R., Mardarowicz M., Weryszko-Chmielewska E. 1999. Rożnik przerośnięty (*Silphium perfoliatum* L.) nowa roślina alternatywna. Cz. II. Badania fitochemiczne. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 468: 507 — 517.
- Woźniak M., Góral S. 1998. Sylfia-rożnik przerośnięty (*Sylphium perfoliatum* L.) potencjalny gatunek do rekultywacji terenów zdegradowanych i gruntów bezglebowych oraz do produkcji pasz. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 463: 661 — 668.
- Zerbini E., Thomas D. 2003. Opportunities for improvement of nutritive value in sorghum and pearl millet residues in South Asia through genetic enhancement. *Field Crop Research* 84, 1-2: 3 — 15.

ROMUALD DOLIŃSKIInstytut Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Wpływ działania gorącej wody, chemicznej skaryfikacji i czasu przechowywania na kiełkowanie nasion ślazuwca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby)

Influence of treatment with hot water, chemical scarification and storage time on germination of Virginia fanpetals (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby) seeds

Ze świeżo zebranych, ręcznie młóconych nasion ślazuwca pensylwańskiego pobrano 9 próbek po 6 gram. Nasiona sześciu próbek zanurzano na 20 sekund w gorącej wodzie (50–100°C), ochładzano i suszono na bibule. Pozostałe próbki trzymano przez 10, 20 i 30 minut w stężonym H₂SO₄, płukano w wodzie i również suszono. Kombinacją kontrolną były nasiona nieskaryfikowane. Następnego dnia część nasion każdej kombinacji (4 × 50) wysiano w szalkach Petriego, na bibule zwilżonej wodą, pozostałe przechowywano do dalszych badań. Co pół roku (5 terminów) badano kiełkowanie nasion kontrolnych, przechowywanych po skaryfikacji i świeżo skaryfikowanych. Skaryfikację powtarzano na 1-gramowych próbkach nasion pobieranych z rezerwy kontrolnej. Tuż po zbiorze wykiełkowało 3% nasion kontrolnych, po 6 miesiącach ich kiełkowanie wzrosło do 14,5%, po 1,5 roku do 35,5%, a potem malało. Twarde nasiona *S. hermaphrodita* przerywały spoczynek pod wpływem krótkiego działania gorącej wody. Świeże nasiona najlepiej kiełkowały (73%) po zanurzeniu we wrzącej wodzie, wraz z obniżaniem temperatury wody kiełkowanie malało. Na nasiona roczne najkorzystniej działała woda o temperaturze 70 do 90°C, a na 2,5 letnie temp. 70°C. Wrząca woda nie uszkadzała zarodków świeżych nasion, ale w kolejnych terminach badań coraz więcej nasion pęczniało i nie kiełkowało. Przy skaryfikacji chemicznej świeże nasiona najlepiej kiełkowały (68,5%) po najdłuższym działaniu kwasu. Kiełkowanie nasion rocznych i starszych było podobne po 10, 20 i 30 minutach skaryfikacji. Jednak, część nasion 2 i 2,5 letnich po dłuższej skaryfikacji opóźniała kiełkowanie, obserwowano też uszkodzenia korzeni. Badania wykazały, że nasiona *S. hermaphrodita* skaryfikowane przy pomocy gorącej wody i stężonego H₂SO₄ można długo przechowywać bez obawy o szybką utratę zdolności kiełkowania. W kolejnych terminach przechowywania najlepszym kiełkowaniem wyróżniały się nasiona, które po zbiorze zanurzano we wrzącej wodzie i nasiona po najdłuższym działaniu stężonego H₂SO₄.

Słowa kluczowe: gorąca woda, kwas siarkowy, przechowywanie skaryfikowanych nasion, *Sida hermaphrodita*, skaryfikacja, twarde nasiona

Nine samples (6 g each) were collected from freshly harvested and manually threshed Virginia fanpetals seeds. Seeds of six samples were immersed into hot water (50–100°C) for 20 seconds, cooled, and dried on the filter paper. Other samples were kept for 10, 20, or 30 minutes in concentrated sulphuric acid, then washed out with water, and dried. Non-scarified seeds constituted the control. The next day, part of seeds from every combination (4 × 50) were sown onto Petri dishes on wetted filter paper, while others stored for further studies. Every six months (5 dates), the germination of control seeds, those stored after scarification, and freshly scarified, was checked. Scarifying was repeated using 1-gram seed samples taken from the control reserve. Immediately after the harvest, only 3% of control seeds sprouted, whereas after the 6 months their germination increased to 14.5%, to 35.5% after 1.5 years, with subsequent decrease. Hard seeds of Virginia fanpetals stopped their dormancy due to hot water treatment. Fresh seeds had the best germination (73%) after immersing into the boiling water; germination capacity decreased along with the water temperature decrease. Water at 70 to 80°C temperature had the most positive effects on 1-year-old seeds, while at 70°C on the 2.5-year-old ones. Boiling water has not damaged the germs of fresh seeds, but more and more seeds imbibed without germination in subsequent examination dates. When chemically scarified, fresh seeds showed the best germination (68.5%) after the longest acid operation. Germination of one-year-old and older seeds were similar after 10, 20, and 30 minutes of scarification. However, some 2 and 2.5-year-old seeds delayed their germination after longer scarification; root injuries were also observed. The study revealed that *Sida hermaphrodita* seeds scarified using hot water and concentrated sulphuric acid could have been stored for a long time with no fear of their fast loss of germination capacity. In subsequent storage dates, seeds that were kept in boiling water and those immersed into the sulphuric acid for the longest time, were distinguished by the best germination.

Key words: hard seeds, hot water, scarification, *Sida hermaphrodita*, storing the scarified seeds, sulphuric acid

WSTĘP

Ślázowiec pensylwański jest w Polsce od pewnego czasu zaliczany do nowych roślin uprawnych (Borkowska i Styk, 2006). Według profesora Styka (2008) powierzchnię zajmowaną przez ten gatunek można szacować na 1000 hektarów. Wieloletnie badania wykazały, że ma on dużo korzystnych właściwości i mógłby osiągnąć większe znaczenie gospodarcze, występują jednak pewne utrudnienia w zakładaniu nowych plantacji. Rozmnażanie wegetatywne, przy pomocy sadzonek korzeniowych (8–10 cm), pozwala na zbieranie większych plonów w pierwszych latach uprawy, ale jest pracochłonne. Przy tańszym rozmnażaniu generatywnym poważnym problemem może być słabe kiełkowanie nasion. Nasiona zbierane w warunkach Polski mają małą wartość siewną, w okresie zbioru kiełkują bardzo słabo (1–4%), po 1–2 latach zdolność kiełkowania osiąga maksimum na poziomie 45–70%, a potem maleje (Borkowska, 1988a; Doliński i in., 2006). Z powodu słabego kiełkowania świeżych nasion Borkowska i Styk (2006) zalecają na większych plantacjach wysiewanie nasion 1–2 letnich, a na małych stosowanie rozmnażania wegetatywnego.

Badania poświęcone problemowi słabego kiełkowania nasion *S. hermaphrodita* wykazały, że główną przyczyną tej sytuacji jest wytwarzanie nasion twardych (Borkowska, 1988a; Doliński i in., 2006). Mniejsze znaczenie ma późne i nierównomierne dojrzewanie nasion, gdyż przy zbiorze kombajnem albo przy młóceniu roślin młocarnią nasiona puste i słabo wypełnione nie wchodziły w skład zbieranego plonu (są usuwane w czasie czyszczenia).

Twardymi są nazywane nasiona, które w warunkach optymalnych dla kiełkowania nie są zdolne do wchłaniania wody i pozostają twarde (ISTA, 1993). Z literatury wynika, że twarde nasiona wytwarza dużo roślin. Najwięcej takich gatunków występuje w klimacie śródziemnomorskim oraz na gorących stepach i półpustyniach. Nieprzepuszczalne dla wody łupiny zabezpieczają nasiona przed kiełkowaniem przy krótkotrwałych zmianach warunków klimatycznych. Gatunki roślin różnią się pod względem grubości i strukturalnej budowy łupin nasiennych. O twardości nasion decyduje budowa kutykuli (grubość, wysycenie tłuszczami) oraz leżąca pod nią warstwa komórek palisadowych (zbitość, wysycenie kalozą, lipidami, pektynami i fenolami). U niektórych gatunków roślin decydującą rolę pełni kutykula (Zeng i in., 2005), u innych warstwa komórek palisadowych (Russi i in., 1992). Badania w których wykorzystywano skaningowy mikroskop elektronowy wykazały, że o kiełkowaniu twardych nasion niektórych roślin może decydować struktura komórkowa blokująca rejon chalazy. Pełni ona rolę korka (kapsla) który zamyka dla wody dostęp do hilum (Das, Saha, 1999; Daws i in., 2006). Twarde nasiona kiełkują po uszkodzeniu (skaryfikacji) łupin nasiennych. W stanie naturalnym łupiny są uszkodzane przez mikroorganizmy glebowe, zmienne temperatury, albo w przewodzie pokarmowym zwierząt. Sztucznie można nasiona skaryfikować mechanicznie, chemicznie albo termicznie (na mokro lub na sucho).

W wielu badaniach, wykonanych na różnych gatunkach roślin, dobre efekty dawała skaryfikacja mechaniczna. Stosowano różne sposoby uszkodzania łupin nasiennych, wybór metody zależał najczęściej od wielkości nasion. Na przykład, w badaniach wykonanych na łubinie (*Lupinus hvaradi*) prawie 100% twardych nasion przerwało spoczynek po nacięciu łupin przy pomocy żyłki (Mackay i in., 1995). Efekty skaryfikowania nasion *Trifolium subterraneum* i *Medicago polymorpha*, przy pomocy piasku w laboratoryjnej wytrząsarce oraz przez ręczne ocieranie papierem ściernym zależały od gatunku rośliny i czasu skaryfikacji (Martin, De la Caudra, 2004). Nasiona lucerny lepiej kiełkowały po ocieraniu papierem ściernym (lucerna 75%, koniczyna 34%), a na nasiona koniczyny lepiej działała skaryfikacja przy pomocy piasku (koniczyna 97%, lucerna 21%). Tworkowski i wsp. (1999) skaryfikowali nasiona rutwicy wschodniej (*Galega orientalis*) przy pomocy skaryfikatora (nasiona wirowały w bębnie wyklejonym papierem ściernym). Nieskaryfikowane nasiona kiełkowały na poziomie 10%, a kiełkowanie nasion skaryfikowanych osiągało 79,5%.

Spoczynek twardych nasion można u niektórych roślin przerywać przy pomocy skaryfikacji termicznej. W badaniach wykonanych na *Trifolium subterraneum* i *Medicago polymorpha* twarde nasiona przerywały spoczynek po krótkim opalaniu lampą lutowniczą. Kiełkowanie nasion lucerny wzrosło z 10 do 79%, a koniczyny z 46 do 95% (Martin, De la Caudra, 2004). Nasiona rutwicy wschodniej skaryfikowano przy pomocy ciekłego azotu (Tworkowski i in., 1999). Do przerywania spoczynku twardych nasion niektórych roślin może być stosowana gorąca woda. W badaniach Nan i wsp. (1998) zanurzenie nasion *Stylosanthes guianensis* w wodzie o temperaturze 55°C przez 10 minut zredukowało udział twardych nasion z 37% do 6%. W badaniach wykonanych na cieciorce (*Corronilla varia*) twardość nasion zanikała po krótkim działaniu wrzącej wody. Najlepiej kiełkowały nasiona po 15 i 30 sekundach zanurzenia, prawie wszystkie nasiona trzymane we wrzącej wodzie

minutę i dłużej zamierały (Brant i in., 1971). Na uwagę zasługuje fakt, że krótkie działanie gorącej wody przerywało też spoczynek twardych nasion ślazuwca pensylwańskiego (Doliński i in., 2006).

W licznych badaniach dobre efekty dawała skaryfikacja chemiczna. Najczęściej używano kwasu siarkowego, ale można też spotkać prace opisujące korzystne efekty działania zasady potasowej. Skuteczność skaryfikacji zależała od gatunku rośliny oraz stężenia i czasu działania środka chemicznego. Maksima kiełkowania nasion *Sinapsis arvensis* (75% i 67%) występowały po 4 minutach zanurzenia w stężonym H_2SO_4 i po 6 minutach działania 10 N KOH, dłuższe działanie kwasu i zasady redukowało kiełkowanie (Duran, Tortosa, 1985). Prawie 100% kiełkowanie nasion *Lupinus havardi* obserwowano dopiero po 90–120 minutach działania stężonego H_2SO_4 (Mackay i in., 1995). W badaniach Borkowskiej (1988 a) oraz Dolińskiego i wsp. (2006) działanie stężonego kwasu siarkowego (10–30 minut) zwiększało kiełkowanie nasion *S. hermaphrodita*.

W literaturze jest mało informacji na temat skaryfikacji termicznej i chemicznej nasion ślazuwca pensylwańskiego. Nie ma żadnych informacji o tym jak się zachowują skaryfikowane nasiona tego gatunku w czasie dłuższego przechowywania.

Celem prezentowanych badań była ocena efektów skaryfikacji nasion *S. hermaphrodita* przy pomocy gorącej wody i kwasu siarkowego. Badano też zmiany w kiełkowaniu nasion długo przechowywanych po skaryfikacji termicznej i chemicznej.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Nasiona ślazuwca pensylwańskiego zebrano z 4-letniej plantacji pod koniec października 2005 roku. W tym czasie wszystkie rośliny miały w górnych partiach pędów zielone liście, większość rozłupni zmieniła już zabarwienie na szaro-żółte, ale udział owoców zielonych był duży (około 45%). Z losowo wybranych 25 roślin zebrano kwiatostany, po ich podsuszeniu (3 dni) zerwano owoce i ręcznie wymłócono nasiona. Po oczyszczeniu na sitach nasiona dosuszono do około 10% wilgotności, a następnie wykonano analizę stanu zebranego plonu. Oddzielono nasiona dojrzałe (dobrze wypełnione) od niedojrzałych (pustych i słabo wypełnionych). Nasiona puste i słabo wypełnione miały rozmiary zbliżone do nasion pełnych, po wysuszeniu zmieniały zabarwienie na jasnobrązowe, co odróżniało je od szarobrunatnych nasion dojrzałych. Można je było łatwo wydzielić z całej partii materiału. Po wsypaniu wszystkich nasion do wody i dokładnym wymieszaniu pełne tonęły, a puste i słabo wypełnione pływały na powierzchni. Po wysuszeniu na bibule filtracyjnej oznaczono procentowy udział i masę tysiąca nasion obu frakcji. Aż 33,5% ogólnej liczby zebranych nasion stanowiły nasiona puste i słabo wypełnione. Masa tysiąca nasion dobrze wypełnionych wynosiła 4,12 g, a pustych i słabo wypełnionych tylko 2,43 g. Dalsze badania wykonywano na nasionach dobrze wypełnionych.

Po siedmiu dniach liczonych od zbioru z całej partii nasion (350 g) pobrano 9 próbek po 6 gram. Skaryfikacja termiczna polegała na stosowaniu szoku termicznego. Nasiona sześciu próbek zanurzano na 5 minut w wodzie o temperaturze 20°C, w celu zwilżenia ich powierzchni, potem przenoszono na 20 sekund do wody o temperaturze: 100, 90, 80, 70, 60 i 50°C i po ochłodzeniu w wodzie 20°C (5 minut) suszono na bibule. Nasiona

pozostałych trzech próbek poddano skaryfikacji chemicznej. Zanurzano je na 10, 20 i 30 minut w stężonym kwasie siarkowym (96%), potem szybko przemywano wodą z kranu, płukano w wodzie destylowanej (3×5 min.) i suszono. Kombinacją kontrolną były nasiona nietraktowane. Następnego dnia część nasion z każdej kombinacji doświadczalnej wysiano w szalkach Petriego o średnicy 9 cm, na bibule zwilżonej wodą, pozostałe przechowywano do dalszych badań (w 20–25°C). Badania powtarzano 5 razy, co pół roku. W kolejnych terminach porównywano kiełkowanie nasion kontrolnych, przechowywanych po skaryfikacji i świeżo skaryfikowanych. Skaryfikację powtarzano na 1-gramowych próbkach nasion pobieranych z rezerwy kontrolnej. Dla każdej kombinacji doświadczalnej stosowano 4 powtórzenia po 50 nasion. Szalki z nasionami trzymano w kiełkowniku, w temperaturze 25°C. Kiełkowanie oceniano po 4, 8 i 12 dobach. Do kiełkujących zaliczano nasiona, w których korzonek przebił łupinę nasienną.

Wyniki badań opracowano statystycznie. Do weryfikacji istotności różnic pomiędzy średnimi ocenami kiełkowania wykorzystano test istotności t-Tukeya.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Nieskaryfikowane nasiona *S. hermaphrodita* kiełkowały słabo (tab. 1). Tuż po zbiorze, w optymalnych warunkach, w czasie 12 dni wykiełkowało tylko 3% nasion. Po sześciu miesiącach kiełkowanie wzrosło do 14,5%, po 1,5 roku osiągnęło 35,5%, a potem malało, przyjmując po 2,5 latach poziom 33%. O spoczynku nasion decydowały nieprzepuszczalne dla wody łupiny nasienne. W pierwszych czterech terminach badań (do 1,5 roku) wszystkie niekiełkujące nasiona nie pobierały wody i nie pęczniały, w dwu ostatnich terminach znajdowano na szalkach kombinacji kontrolnej napęczniałe i niekiełkujące nasiona. Było to spowodowane zamieraniem zarodków w nasionach, które wcześniej utraciły twardość łupin nasiennych.

Na ogólnie słabe kiełkowanie badanych nasion kontrolnych mogły mieć wpływ takie czynniki jak: warunki klimatyczne w roku zbioru i sposób młócenia. Nasiona zebrane z tej samej plantacji i w zbliżonym czasie, w poprzednim roku (Doliński i in., 2006), kiełkowały zaraz po zbiorze lepiej (4,5%), po 1,5 roku ich kiełkowanie osiągnęło znaczne wyższy maksymalny poziom (44%). Rok 2005 nie sprzyjał produkcji nasiennej *S. hermaphrodita*, różnił się od poprzedniego późniejszą wiosną i niższymi temperaturami w czasie jesieni. W zebranych plonie było więcej nasion niedojrzałych (pustych i słabo wypełnionych) niż w poprzednim roku (33,5 i 27,2%). Masa tysiąca nasion dojrzałych (dobrze wypełnionych) była w 2005 roku niższa niż w poprzednim roku (4,12 i 4,28 g). Borkowska (1994) wykazała, że na kiełkowanie nasion *S. hermaphrodita* może mieć duży wpływ sposób młócenia. W jej badaniach nasiona młócone ręcznie kiełkowały od 3 do 11% słabiej od młóconych młocarnią. Różnice w zdolności kiełkowania zależały od roku zbioru i czasu przechowywania nasion. We wcześniejszych badaniach tej samej autorki (Borkowska, 1988 a) zaraz po zbiorze, w ciągu 20 dni wykiełkował 1% nasion, po 6 miesiącach 65,1%, a po roku 74,4%; potem kiełkowanie malało osiągając po trzech latach poziom 52,6%. Były to nasiona młócone młocarnią.

Tabela 1

Wpływ krótkiego działania gorącej wody i czasu przechowywania na kiełkowanie nasion (%) *Sida hermaphrodita*

Influence of short treatment with hot water and the storage time on germination (%) of *Sida hermaphrodita* seeds

Kombinacja Combination	Okres przechowywania w latach — Seed storage period in years						NIR przy p = 0,05 LSD at p = 0.05
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	
Kontrola — Control	3,0	14,5	25,5	35,5	34,0	33,0	2,36
100°C	A	73,0	60,5	40,0	36,0	5,5	2,60
	B		82,5	85,0	84,5	79,5	
90°C	A	44,5	87,5	81,0	78,5	42,5	4,07
	B		57,5	63,5	62,5	61,0	
80°C	A	19,5	87,5	83,0	80,5	76,0	3,34
	B		28,5	50,5	46,0	42,0	
70°C	A	12,0	63,5	83,5	84,5	76,0	2,97
	B		25,5	29,0	37,5	35,5	
60°C	A	7,0	36,0	53,0	64,5	63,5	3,20
	B		16,5	27,5	36,0	35,0	
50°C	A	5,0	30,0	34,5	41,5	49,5	2,88
	B		14,0	27,0	35,5	35,0	
NIR przy p = 0,05 LSD at p = 0.05	2,67	3,23	3,12	2,79	3,88	2,40	—

A — Nasiona skaryfikowane w kolejnych terminach; Seeds scarified in the following terms

B — Nasiona przechowywane po skaryfikacji w pierwszym terminie ; Seeds stored after scarification executed in first the term

Badane nasiona *S. hermaphrodita* przerywały spoczynek po krótkim (20 sekund) zanurzeniu w gorącej wodzie (tab. 1). Świeżo zebrane nasiona kiełkowały najlepiej (73%) po działaniu wrzącej wody. W miarę obniżania temperatury wody kiełkowanie świeżych nasion malało i przy 50°C nie różniło się od kiełkowania nasion kontrolnych. W kolejnych terminach badań rosła wrażliwość nasion na gorącą wodę. Nasiona półroczne najlepiej kiełkowały (87,5%) po działaniu wody o temperaturach 90 i 80°C, a roczne przy 80 i 70°C (83 i 83,5%). Na nasiona 2,5 letnie najkorzystniej działała woda o temperaturze 70°C. Krótkie działanie wrzącej wody nie uszkodziło zarodków nasion świeżo zebranych (wszystkie pęczniejące nasiona kiełkowały), ale w kolejnych terminach badań kiełkowanie było coraz gorsze, coraz więcej było nasion pęczniejących i nie kiełkujących (z uszkodzonymi zarodkami). Po działaniu wrzącej wody wykiełkowało tylko 5,5% nasion dwu letnich i zaledwie 1% nasion 2,5 letnich. Część zarodków nasion starszych, przechowywanych przez 2 i 2,5 lat, uszkadzała też woda o temperaturze 90°C.

Z badań wykonanych na twardych nasionach różnych roślin wynika, że gorąca woda uszkadza kutykulę, zwiększa przepuszczalność warstwy komórek palisadowych, może powodować usunięcie struktur komórkowych, które u niektórych gatunków zamykają rejon chalazy. Rodzaj uszkodzeń i ich wpływ na kiełkowanie nasion zależą między innymi od gatunku rośliny i wieku nasion. W badaniach Daws i wsp. (2006) wykorzystujących mikroskop elektronowy, wykonanych na nasionach *Apeibea tibourbou* (drzewa z rodziny *Malwaceae* występującego na suchych tropikalnych terenach Ameryki Południowej i w Ameryce Środkowej), krótkie działanie gorącej wody (2 minuty, 50–100°C) powodowało

odblokowanie rejonu chalazy. Procentowy udział nasion z otwartym rejonem chalazy wzrastał wraz ze wzrostem temperatury wody i był skorelowany z kiełkowaniem. Taki sam efekt jak gorąca woda dawało mechaniczne usuwanie struktur blokujących wodzie dostęp do hilum przy pomocy skalpela. W badaniach wykonanych na nasionach dwóch gatunków roślin z rodzaju *Sida* (*S. acuta* i *S. rhombifolia*), rejon chalazy był zamknięty nawet po trzech latach przechowywania, nie miało to wpływu na pęcznienie i kiełkowanie nasion (Seal, Gupta, 2000).

Obserwowany w badaniach własnych systematyczny wzrost wrażliwości nasion *S. hermaphrodita* na działanie gorącej wody można tłumaczyć zmianami w strukturze łupin nasiennych. Zeng i wsp. (2005) piszą, że naturalne zmiękczenie twardych nasion jest złożonym procesem chemicznym opartym na takich mechanizmach jak: hydroliza, utlenianie i redukcja. W miarę upływu czasu przechowywania nasion postępuje degradacja złożonych związków organicznych budujących komórki i wypełniających przestrzenie międzykomórkowe. Coraz więcej komórek zamiera i łupiny nasienne stają się coraz bardziej przepuszczalne dla wody i gazów. Przy mokrej skaryfikacji termicznej gorąca woda łatwiej przenika do zarodka, jeśli działa dłużej i ma wysoką temperaturę może go uszkadzać.

Przeprowadzone badania wykazały, że świeżo zebrane nasiona *S. hermaphrodita* poddane działaniu gorącej wody można długo przechowywać bez obawy o szybką utratę zdolności kiełkowania (tab. 1). Najkorzystniej zachowywały się nasiona skaryfikowane wrzącą wodą. Początkowo, w miarę upływu czasu, ich kiełkowanie rosło osiągając po roku poziom 85%, potem powoli spadało, przyjmując po 2,5 latach poziom 75,5%. W kolejnych terminach badań kiełkowanie tych nasion było istotnie lepsze niż zanurzanych we wrzącej wodzie tuż przed kiełkowaniem. Nasiona przechowywane po działaniu wody o temperaturze 90°C zachowywały się inaczej. W pierwszych trzech terminach kiełkowały gorzej od skaryfikowanych tuż przed kiełkowaniem, w ostatnich terminach (po 2 i 2,5 latach) uzyskały przewagę. Jeszcze gorsze efekty dało przechowywanie nasion po działaniu wody o temperaturze 80°C, w większości terminów badań kiełkowały one istotnie lepiej od nasion kontrolnych, ale gorzej od skaryfikowanych tuż przed kiełkowaniem. Nasiona przechowywane po działaniu wody o temperaturze 70°C kiełkowały lepiej od kontrolnych tylko w drugim terminie. Woda o temperaturach 50°C i 60°C nie uszkadzała łupin świeżych nasion, w kolejnych terminach kiełkowały one na poziomie nasion kontrolnych.

W literaturze jest mało informacji o tym jak się zmienia kiełkowanie nasion skaryfikowanych termicznie w czasie długotrwałego przechowywania. W badaniach wykonanych na cieciorce (Brant i in., 1971), nasiona przechowywane w laboratorium przez rok po krótkim działaniu wrzącej wody (5, 10 i 15 sekund) kiełkowały tak samo jak nasiona zanurzone w takiej samej wodzie tuż przed kiełkowaniem. Nasiona przechowywane po mokrej skaryfikacji termicznej przez 2 lata kiełkowały dobrze, ale wzrósł dwukrotnie udział siewek zdeformowanych. W badaniach wykonanych na rutwicy wschodniej (Tworkowski i in., 1999) nasiona skaryfikowane przy pomocy ciekłego azotu (30, 60 i 90 sekund, -196°C) kiełkowały po 6 miesiącach przechowywania wyraźnie wolniej niż zaraz

po skaryfikacji, ale zdolność kiełkowania była zbliżona do obserwowanej w pierwszym terminie.

Długotrwałe (przez 2,5 roku) utrzymywanie się wysokich wartości kiełkowania, uzyskanych w wyniku działania wrzącej wody na świeże nasiona, wskazuje na silne zmiękczenie łupin nasiennych i brak ujemnego wpływu dostępu tlenu na żywotność zarodków. Początkowy wzrost kiełkowania nasion skaryfikowanych wrzącą wodą (z 73% do 85%, po roku) był wynikiem nałożenia się skutków procesów naturalnego zmiękczenia łupin nasiennych na efekt skaryfikacji, potem kiełkowanie spadało z powodu zamierania części zarodków. Gorsze efekty przechowywania nasion skaryfikowanych wodą o niższych temperaturach (90 i 80°C) były spowodowane słabym zmiękczeniem łupin w czasie skaryfikacji. Naturalne procesy zanikania twardości powodowały wzrost kiełkowania ale był on stosunkowo mały.

Wydałym sposobem przerywania spoczynku nasion ślazuca pensylwańskiego była też skaryfikacja łupin nasiennych przy pomocy stężonego kwasu siarkowego (tab. 2). We wszystkich terminach badań nasiona zanurzone w stężonym H_2SO_4 kiełkowały istotnie lepiej od kontrolnych. Kiełkowanie nasion świeżo zebranych zależało od czasu działania kwasu. Po 10 minutach skaryfikacji zdolność kiełkowania wzrosła o 42,0% (z 3,0 do 45,0%), a po 30 minutach aż o 65,5% (z 3,0 do 68,5%). Różnice w zdolności kiełkowania nasion skaryfikowanych krócej i dłużej zanikały w miarę ich starzenia się. Przy dłuższej skaryfikacji część nasion 2 i 2,5 letnich opóźniała kiełkowanie, obserwowano też uszkodzenia korzeni (strefy włośnikowej).

Tabela 2

Wpływ chemicznej skaryfikacji (stężony H_2SO_4) i czasu przechowywania na kiełkowanie nasion (%)
Sida hermaphrodita
Influence of chemical scarification with concentrated H_2SO_4 and storage time on germination (%) of
Sida hermaphrodita seeds

Kombinacja Combination	Okres przechowywania nasion w latach — Seed storage period in years						NIR przy p = 0,05 LSD at p = 0.05
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	
Kontrola — Control	3,0	14,5	25,5	35,5	34,0	33,0	2,36
10 min. A	45,0	55,0	81,0	78,0	69,5	68,5	4,19
H_{2SO_4} B		51,5	54,0	58,0	56,5	54,0	
20 min. A	54,0	63,0	80,0	74,5	72,5	70,0	4,06
H_{2SO_4} B		61,5	64,0	70,5	71,0	68,5	
30 min. A	68,5	77,5	80,5	77,0	71,5	68,5	5,45
H_{2SO_4} B		76,0	76,5	79,0	71,0	69,5	
NIR przy p = 0,05	5,05	3,36	5,23	4,08	4,74	6,35	-
LSD at p = 0.05							

A — Nasiona skaryfikowane w kolejnych terminach; Seeds scarified in the following terms

B — Nasiona przechowywane po skaryfikacji w pierwszym terminie; Seeds stored after scarification executed in the first term

Obserwowany wzrost wrażliwości nasion na działanie stężonego kwasu siarkowego był spowodowany postępowaniem procesów naturalnego starzenia się nasion. Kwas coraz łatwiej przenikał przez łupiny nasienne, uszkadzał je silniej, przy dłuższej skaryfikacji docierał do zarodków. W badaniach Borkowskiej (1988b) działanie stężonego H_2SO_4 (10, 20 i 30

minut) zwiększało kiełkowanie nasion *S. hermaphrodita* o 40–50%. Nasiona pochodziły z czterech kolejnych okresów wegetacji, zdolność kiełkowania nasion skaryfikowanych i kontrolnych zależała od roku zbioru. W badaniach Dolińskiego i wsp. (2006) skutki działania stężonego kwasu siarkowego na nasiona ślazuwca pensylwańskiego zależały od ich wieku (czasu przechowywania) i czasu skaryfikacji. Mechanizm działania kwasu siarkowego na łupiny nasienne badano przy pomocy skaningowego mikroskopu elektronowego (Duran i Tortosa, 1985; Das i Saha, 1999). Badania wykazały, że stężony kwas siarkowy działa na łupiny nasienne zupełnie inaczej niż gorąca woda. W łupinach nasiennych pojawiały się szczeliny, rozmiary uszkodzeń zależały od gatunku rośliny i czasu działania kwasu. W badaniach wykonanych na *Sinapis arvensis* płytkie pęknięcia łupin nasiennych obserwowano już po minucie działania kwasu, po 4 minutach były one szerokie i głębokie, na ich krawędziach były widoczne resztki uszkodzonych komórek (Duran i Tortosa, 1985). W badaniach wykonanych na *Albiza procera* pierwsze uszkodzenia łupin nasiennych pojawiły się po 10 minutach chemicznej skaryfikacji (Das i Saha, 1999).

Przeprowadzone badania wykazały, że świeże nasiona ślazuwca pensylwańskiego poddane chemicznej skaryfikacji nie tracą swoich właściwości przy dłuższym przechowywaniu (tab. 2). Najlepsze efekty dawało przechowywanie nasion po najdłuższym działaniu stężonego kwasu siarkowego. We wszystkich terminach badań kiełkowanie nasion przechowywanych po 30 minutach działania kwasu nie różniło się istotnie od kiełkowania nasion skaryfikowanych w taki sam sposób tuż przed kiełkowaniem. Nasiona przechowywane po 20 minutowej skaryfikacji chemicznej początkowo kiełkowały gorzej od nasion zanurzanych na 20 minut w kwasie tuż przed kiełkowaniem, ale po 1,5 roku przechowywania zachowywały się podobnie do nasion świeżo skaryfikowanych. Nasiona przechowywane po 10 minutach działania stężonego kwasu we wszystkich terminach badań kiełkowały gorzej od świeżo skaryfikowanych.

W badaniach wykonanych na rutwicy wschodniej nasiona przechowywane przez 6 miesięcy po skaryfikacji wykonanej przy pomocy stężonego kwasu siarkowego kiełkowały tak samo lub nawet lepiej niż zaraz po skaryfikacji (Tworkowski i in., 1999).

Długie utrzymywanie się (2,5 roku) wysokich wartości kiełkowania nasion przechowywanych po najdłuższym działaniu stężonego kwasu siarkowego (30 minut) można tłumaczyć silnym zmiękczeniem łupin nasiennych i brakiem uszkodzeń zarodków. Długotrwały (do 1,5 roku) wzrost kiełkowania nasion skaryfikowanych krócej (10 i 20 minut) był wynikiem działania naturalnych procesów starzenia zmięczających łupiny nasienne.

Należy zwrócić uwagę na to, że wyniki badań mogą być zawyżone, gdyż za kiełkujące uznawano nasiona z przebitą okrywą nasienną, nie rejestrowano nasion kiełkujących nienormalnie. Na wyniki skaryfikacji wykonywanej przy pomocy gorącej wody i stężonego kwasu siarkowego, oraz zmiany kiełkowania w czasie przechowywania skaryfikowanych nasion mógł mieć również wpływ sposób młócenia. Jak pisano wcześniej w badaniach Borkowskiej (1994 b) nasiona *S. hermaphrodita* młócone ręcznie kiełkowały od 3 do 11% słabiej od młóconych młocarnią. Różnice w zdolności kiełkowania zależały od roku zbioru i czasu przechowywania nasion.

WNIOSKI

1. Spoczynek twardych nasion ślázowca pensylwańskiego przerywało krótkie (20 sekund) działanie gorącej wody. Nasiona świeżo zebrane najlepiej kiełkowały po działaniu wrzącej wody, na nasiona roczne najlepiej działała woda o temperaturach od 70 do 90°C, a na 2-letnie 70°C.
2. Wydajnym sposobem przerywania spoczynku nasion *S. hermaphrodita* była też skaryfikacja chemiczna. Nasiona świeżo zebrane i przechowywane do roku najlepiej kiełkowały po 30 minutach działania stężonego kwasu siarkowego, kiełkowanie nasion przechowywanych dłużej było podobne po 10, 20 i 30 minutach skaryfikacji.
3. Po dłuższej skaryfikacji chemicznej (20 i 30 minut) część nasion 2 i 2,5 letnich opóźniała kiełkowanie, obserwowano też uszkodzenia korzeni (strefy włośnikowej).
4. Badania wykazały, że nasiona ślázowca pensylwańskiego skaryfikowane przy pomocy gorącej wody i stężonego kwasu siarkowego można długo przechowywać bez obawy o szybką utratę zdolności kiełkowania. Najlepsze efekty dało przechowywanie nasion, które zaraz po zbiorze zanurzano na 20 sekund we wrzącej wodzie oraz nasion po najdłuższym działaniu (30 minut) stężonego kwasu siarkowego.

LITERATURA

- Borkowska-Królik H. 1988 a. Wpływ czasu przechowywania na kiełkowanie nasion sidy (*Sida hermaphrodita* Rusby). Ann. UMCS. s. E. XLIII, 6: 45 — 49.
- Borkowska-Królik H. 1988 b. Zróżnicowanie zdolności kiełkowania nasion sidy pod wpływem kwasu siarkowego. Ann. UMCS. s. E. XLIII, 7: 51 — 54.
- Borkowska H. 1994. Zróżnicowanie zdolności kiełkowania nasion sidy pod wpływem statycznych obciążeń mechanicznych. Ann. UMCS, s. E, XLIX, 7: 43 — 46.
- Borkowska H., Styk B. 2006. Ślázowiec pensylwański (*Sida hermaphrodita* Rusby). Uprawa i wykorzystanie. Wyd. AR. Lublin, ss. 69.
- Brant R. E., McKee G. W., Cleveland R. W. 1971. Effect of chemical and physical treatment of hard seed of pennngift crownvetch. Crop Sci. 11, 1: 1 — 6.
- Das B., Saha P. K. 1999. Effect of dormancy breaking treatments on test a ultra structures and water uptake patterns of *Albiza procera* seed. Seed Sci. Technol., 27: 615 — 625.
- Daws M. I., Orr D., Burslem D. F. R. P., Mullins C. E. 2006. Effect of high temperature on chalazal plug removal and germination in *Apeibea tibourbou* Aubl. Seed Sci. Technol. 34: 221 — 225.
- Doliński R., Kociuba W., Kramek A. 2006. Wpływ krótkiego działania gorącej wody, chemicznej skaryfikacji i kwasu giberelinowego na kiełkowanie nasion ślázowca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* Rusby). Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 517: 139 — 147.
- Duran J. M. Tortosa M. E. 1985. The effect of mechanical and chemical scarification on germination of charlock (*Sinapis arvensis* L.) seeds. Seed Sci. Technol. 13: 155 — 163.
- ISTA. 1993. Rules for testing seeds. Seed Sci. Technol. 21, Supplement: 1 — 259.
- Mackay W. A., Davis T. D., Sankhla D. 1995. Influence of scarification and temperature treatments on seed germination of *Lupinus havardiiv*. Seed Sci. Technol. 23: 815 — 821.
- Martin I., De la Caudra C. 2004. Evaluation of different scarification methods to remove hard-seediness in *Trifolium subterraneum* and *Medicago polymorpha* accessions of the Spanish base genebank. Seed Sci. Technol. 32: 671 — 681.
- Nan Z. B., Hanson J., Yeshi W. M. 1998. Effect of sulphuric acid and hot water treatments on seedborne fungi and germination of *Stylosanthes hamata*, *S. guianensis* and *S. scabra*. Seed Sci Technol. 26: 33 — 43.
- Russi L., Cocks P. S., Roberts E. H. 1992. Coat thickness and hardseedness in some *Medicago* and *Trifolium* species. Seed Sci. Technol. 2: 239 — 249.

- Seal S., Gupta K. 2000. Chalazal regulation of seed coat imposed dormancy of sida species. *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences*. 22, 2/3: 200 — 205.
- Tworowski J., Szczukowski S., Jakubiuk P. 1999. Skaryfikacja a wartość siewna nasion rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.). *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 468: 233 — 240.
- Zeng L. W., Cocks P. S., Kailis S. G., Kuo J. 2005. Structure of the seed coat and its relationship of seed softening in Mediterranean annual legumes. *Seed Sci. Technol.*, 33: 351 — 362.

MARCELINA KRUPA-MALKIEWICZ

Zakład Hodowli Roślin Ogrodniczych

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Wpływ mutagenów chemicznych na cechy morfologiczne u petunii (*Petunia* × *atkinsiana* D. Don)

Influence of chemical mutagens on morphological traits in petunia (*Petunia* × *atkinsiana* D. Don)

W pracy określono zmiany fenotypowe i genotypowe w pokoleniu M₁ i M₂ petunii (*Petunia atkinsiana* D. Don) odmiany Flash Red, wywołane azydkiem sodu (AS), siarczanem etylowo-metylowym (EMS), siarczanem metylowo-metylowym (MMS) i siarczan dietylowym (DES), w stężeniach: 0,5; 1,0; 1,5 i 2,0 mM. Do oceny zmian genotypowych na poziomie DNA wykorzystano technikę ISSR-PCR. Otrzymane w pokoleniach M₁ i M₂ u petunii zmiany to: nieregularne białe przebarwienia na płatkach korony, ciemniejsze żyłkowania, zmiany koloru kwiatów z czerwonego na różowy, jaśniejsze przebarwienia na liściach, zmiana pokroju rośliny (kształt rozety). Częstotliwość zmian zależała od zastosowanego mutagenu i jego stężenia w roztworze. W pokoleniu M₁ największą częstotliwość zmian otrzymano stosując do indukowania mutacji EMS i MMS o stężeniu 1,5 i 2,0 mM, w pokoleniu M₂ — MMS, o stężeniu 2,0 mM.

Słowa kluczowe: petunia, mutacje, mutageny chemiczne, DNA, ISSR-PCR

The objective of the presented study was to induce mutation in petunia (*Petunia atkinsiana* D. Don) Flash Red using sodium azide (AS), ethyl methane-sulfonate (EMS), methyl methane-sulfonate (MMS) and diethyl sulphate (DES) of different concentrations 0.5; 1.0; 1.5 and 2.0 mM. Genetic variation of petunia was investigated with the ISSR-PCR method. The morphological changes, observed in mutants in the M₁ and M₂ generations, referred principally to: lack of pigments in flowers and leaves, darkened midribs, colour of flowers, plant habit (shape of rosette). Frequency of new phenotypes in the progeny populations depended on the mutagen used and its dose. In the M₁ generation the most effective were EMS and MMS with doses 1.5 and 2.0 mM, M₂ — 2.0 mM MMS proved to be most efficient.

Key words: petunia, mutation, chemical mutagens, DNA, ISSR-PCR

WSTĘP

Wielkość efektu mutagenicznego zależy od właściwości fizycznych i chemicznych stosowanego mutagenu, jego stężenia w roztworze, czasu działania, genotypu rośliny i użytego do badań materiału wyjściowego (nasiona, cebulki, zarodki, tkanki, pyłek itp.).

Wszystkie te czynniki trzeba dla każdego gatunku a nawet odmiany dobrać każdorazowo na drodze eksperymentu (Briggs, 1968; Privalov i in., 1991; Przybyła, 1992; Muszyński i in., 1997; Rybiński 2001.). Niektórzy autorzy (Szarejko i in., 1978; Przybyła, 1992; Adamska i in., 1995; Berenschot i in., 2008) wielkość dawki stosowanego mutagenu uzależniają od ilości obserwowanych w badanej próbie uszkodzeń. Dawka optymalna czynnika mutagennego powinna więc zapewnić dużą frekwencję zaindukowanych mutacji, a także dostatecznie liczną populację pokolenia M_1 (Muszyński i in., 1997).

Spośród obecnie stosowanych mutagenów chemicznych na uwagę zasługuje azydek sodu (Adamska i in., 1995; Malepszy i in., 1989; Olejniczak i in., 1981; Rybiński, 2001; Szarejko i in., 1978). Mutagen ten nie powoduje powstawania niekorzystnych dla hodowców chimer. Dużym powodzeniem cieszą się również EMS i DES (Bhagwat i in., 1998; Nelshoppen i in., 1990; Latado i in., 2004). Ich zaletą jest duża skuteczność w uzyskaniu mutacji genowych i niska częstotliwość aberracji chromosomowych.

Celem pracy było określenie wpływu mutagenów chemicznych na cechy morfologiczne oraz częstotliwość występowania mutacji u petunii odmiany Flash Red wywołanych azydkiem sodu (AS), siarczanem dietylowym (DES), siarczanem etylowo-etylowym (EMS) i siarczanem etylowo-metylowym (MMS).

MATERIAŁ I METODY

Do chemicznej mutagenozy petunii (*Petunia × atkinsiana* D. Don) odmiany Flash Red wykorzystano azydek sodu (AS), siarczan etylowo-metylowy (EMS), siarczan metylowo-metylowy (MMS) i siarczan dietylowy (DES) w stężeniach 0,5; 1,0; 1,5 i 2,0 mM przygotowanych w roztworze buforu fosforowego o pH 4.

Indukowanie mutacji

Nasiona petunii (po 150 nasion na każde stężenie) moczono w roztworach poszczególnych mutagenów przez 1 h. Rośliny wyrosłe z nasion moczonych w wodzie stanowiły w doświadczeniu kontrolę. Po 1 h działania mutagenu nasiona płukano, dezynfekowano przez 15 min w 10% roztworze podchlorynu sodu (NaOCl), wysiewano do doniczek i umieszczano w pokoju wzrostowym w temperaturze $\pm 23^\circ\text{C}$ i oświetleniu 16 h ($40 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Dziewięcioletniowe siewki przeniesiono do szklarni i pozostawiono tam do momentu zawiązania kwiatów. Zebrane z roślin M_1 nasiona wysiano w celu otrzymania pokolenia M_2 . Dla roślin kontrolnych i pokolenia M_1 , M_2 określono długość korzeni, wysokość roślin, liczbę zawiązanych na roślinie pąków i kwiatów oraz ich barwę i zmiany w budowie.

Analiza zmian na poziomie DNA

Z roślin o innym, niż kontrola fenotypie, izolowano DNA (Genomic DNA Prep Plus, A&A Biotechnology). Amplifikację DNA prowadzono metodą ISSR-PCR (Ziętkiewicz i in., 1994). W badaniach wykorzystano ogółem 37 starterów ISSR. Produkty ISSR-PCR (Mastercykler 5333 — Eppendorf) rozdzielano w 2% żelu agarozowym, przy stałym napięciu prądu 100V, uwidaczniło w obecności bromku etydy i dokumentowano (aparat Polaroid DS — 34). Uzyskane obrazy analizowano używając programu komputerowego „Diversity one 1.3” (Pharmacia LKB). Widoczne na zdjęciach produkty

reakcji ISSR-PCR opracowano w układzie binarnym 0–1. Określono liczbę i długości produktów specyficznych, mono- i polimorficznych różnicujących genotypy badanych roślin petunii. W oparciu o wyliczony współczynnik dystansu genetycznego Nei i Li (1979) metodą UPGMA (unweighted pair group method) wykreślono drzewo podobieństwa filogenetycznego (Treecon Van de Peer i in., 1994; Phyltool). Prawdopodobieństwo prawdziwych powiązań filogenetycznych między badanymi obiektami przedstawionymi topologią drzewa przetestowano metodą bootstrap (Treecon). Uwzględniono w niej próbkowanie na poziomie 1000 losowań, co zdaniem Felsensteina (1985) pozwala na potwierdzenie monofiletyzmu drzewa z prawdopodobieństwem rzędu 99%.

WYNIKI I DYSKUSJA

Stosowane w pracy mutageny miały ujemny wpływ na zdolność kiełkowania nasion petunii (tab. 1). Najniższą zdolnością kiełkowania (16%) charakteryzowały się nasiona moczone w 1,0 mM roztworze AS, najwyższą — w 1,5 mM EMS (66%). Otrzymane wyniki badań są zgodne z wynikami innych autorów (Adamska i in., 1995; Rzepka-Plevneš i in., 2004).

Tabela 1

Procent skielkowanych nasion petunii w zależności od rodzaju i stężenia zastosowanego w doświadczeniu mutagenu
Percentage of seeds germination depending on mutagen and its dose

Mutagen Mutagen	Stężenie (mM) Concentration	Procent skielkowanych nasion (%) Germination (%)
Kontrola — Control	-	100
AS	0,5	23
	1,0	16
	1,5	46
	2,0	16
Średnia —mean	25,25	
DES	0,5	31
	1,0	39
	1,5	36
	2,0	18
Średnia —mean	31	
EMS	0,5	26
	1,0	29
	1,5	66
	2,0	52
Średnia —mean	43,25	
MMS	0,5	47
	1,0	46
	1,5	61
	2,0	50
Średnia —mean	51	

W pokoleniu M_1 i M_2 petunii obserwowano następujące zmiany fenotypowe (oznaczone na rysunku 1 strzałkami): nieregularne przebarwienia kwiatów (w pokoleniu M_1 — 73% mutantów z obserwowaną zmianą, M_2 — 66%) w postaci drobnych, białych plamek i

kresek na płatkach, rozjaśnioną barwę kwiatów na brzegach i na całych płatkach korony występujące w postaci różowych lub białych przebarwień, zmianę koloru kwiatu — z czerwonego na różowy. Przebarwienia chlorofilowe na liściach. Podobne do otrzymanych w niniejszej pracy zmiany w fenotypie roślin otrzymali u petunii Rzepka-Plevneš i wsp. (1998, 2004), u chryzantemy — Mandal i wsp. (2000) oraz Latado i wsp. (2004) i u tilandsji — Koh i wsp. (2001).

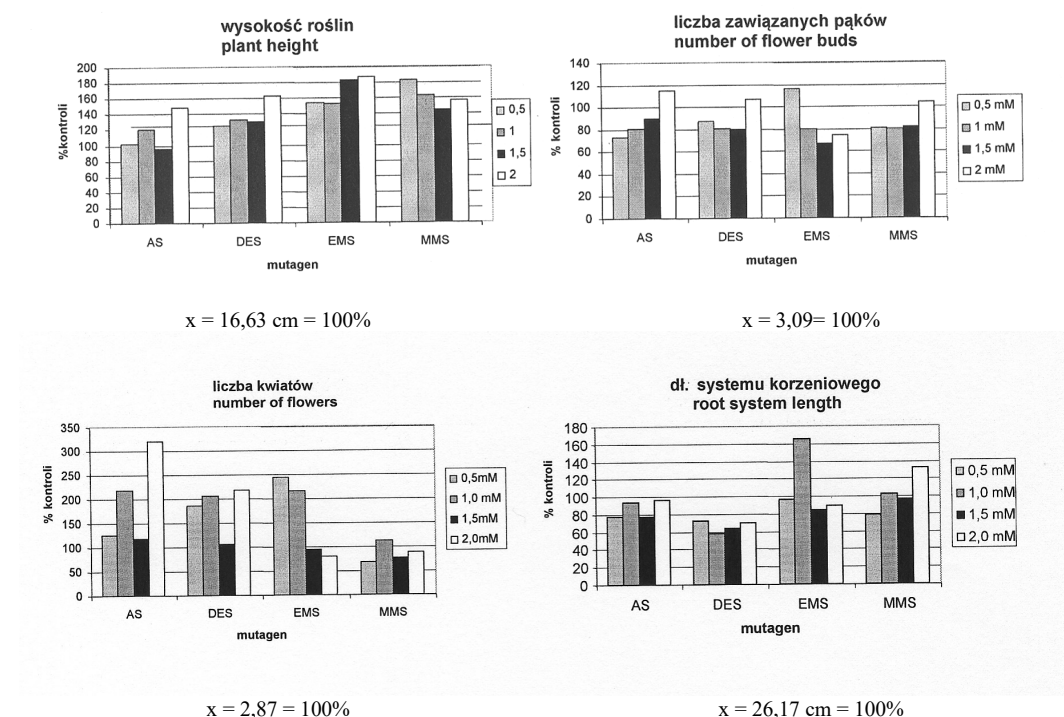


Rys. 1. Rośliny petunii a) kontrolne, b) pokolenia M_1 i c, d) pokolenia M_2 z widocznymi zmianami
Fig. 1. Petunia flowers with phenotype variations a) control, b) M_1 generation and c, d) M_2 generation

Częstotliwość wszystkich obserwowanych zmian fenotypowych w pokoleniu M_1 i M_2 petunii była najwyższa po zastosowaniu do indukowania mutacji EMS (M_1 — 22,2%, M_2 — 31,5%) i MMS (M_1 — 47,4%, M_2 — 61,1%), najniższa — AS (M_1 — 5,2%, M_2 — 11,1%) i DES (M_1 — 5,5%, M_2 — 15,8%) i była zbliżona do wyników badań otrzymanych przez innych autorów (Mandal i in., 2000; Latado i in., 2004; Koh i in., 2001).

Otrzymane wyniki wykazały, że stosowane w doświadczeniu mutageny wpływały stymulująco na takie cechy jak: wysokość, liczba kwiatów i długość korzeni (rys. 2, 3). Rośliny wyższe od kontroli obserwowano po zastosowaniu do indukowania mutacji w

pokoleniu M_1 — 1,5 i 2,0 mM EMS (180 i 190% kontroli), w M_2 — 0,5 mM AS, DES i EMS (120–130% kontroli).

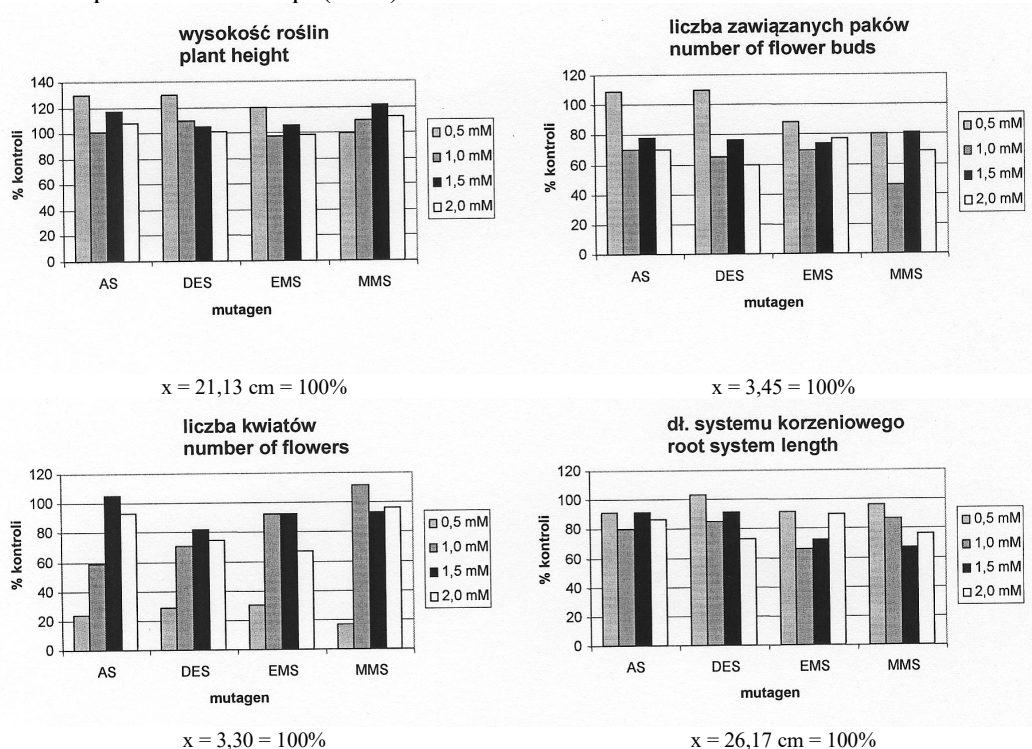


Rys. 2. Wysokość roślin, liczba zawiązanych pąków kwiatowych, liczba kwiatów i długość systemu korzeniowego petunii pokolenia M_1 w zależności od zastosowanego mutagenu wyrażona % kontroli (x)
Fig. 2. Plant height, number of flower buds, number of flowers and root system length of petunia in the M_1 depending on the mutagen, expressed as percentage of the control (x)

Liczbę zawiązanych pąków kwiatowych na poziomie kontroli charakteryzowały się tylko rośliny pokolenia M_1 z kombinacji 2,0 mM AS i DES (107 i 116% kontroli), M_2 — 0,5 mM AS i DES (110% kontroli). Najwięcej kwiatów w stosunku do kontroli obserwowano u petunii M_1 po zastosowaniu 2,0 mM roztworu AS (320% kontroli), M_2 — 1,5 mM AS i 1,0 mM MMS (105 i 111% kontroli). Najdłuższym systemem korzeniowym charakteryzowały się petunie pokolenia M_1 , u których zastosowano 1,0 mM EMS (170% kontroli) i 2,0 mM MMS (130% kontroli).

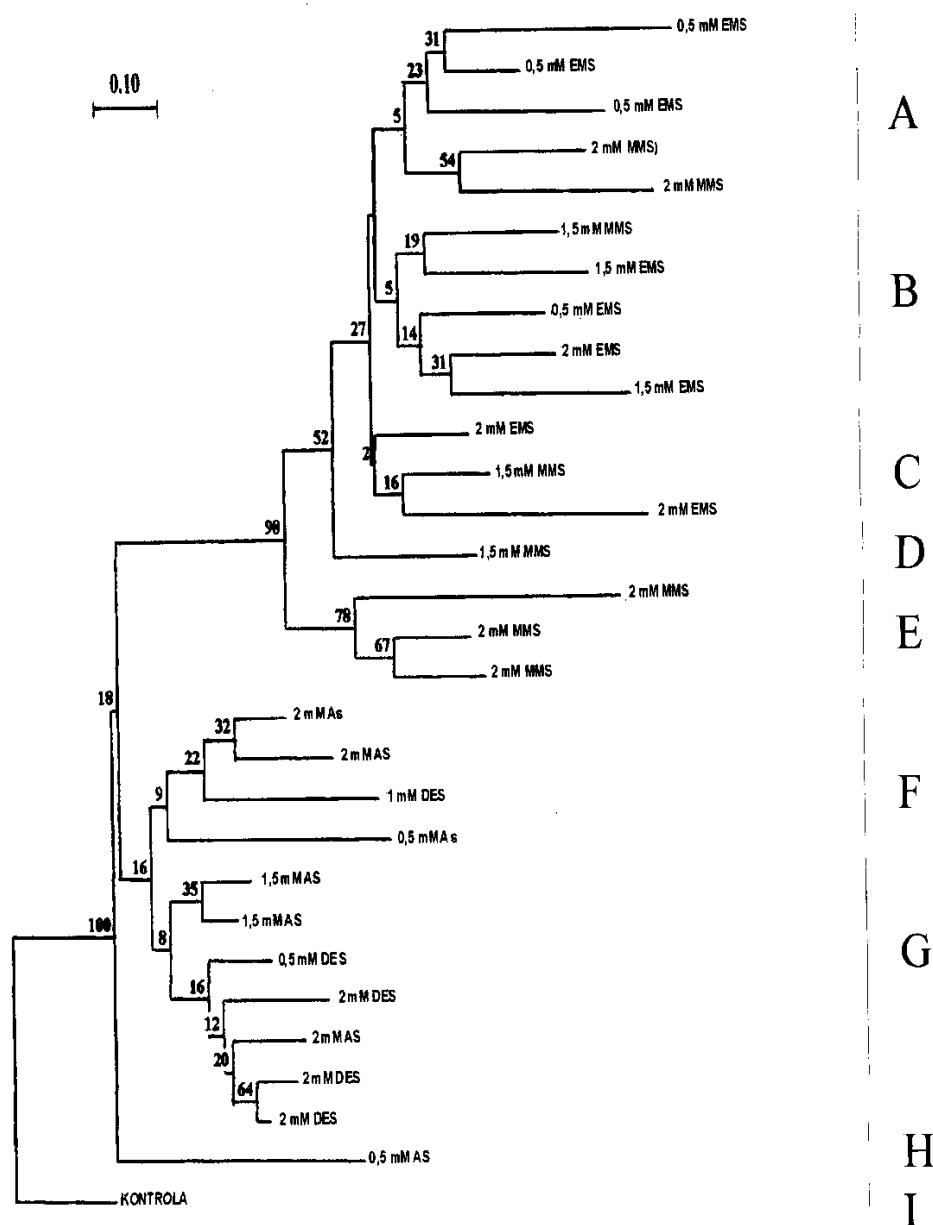
Do oceny podobieństwa genetycznego między otrzymanymi mutantami wybrano 30 roślin petunii pokolenia M_1 i 13 — pokolenia M_2 . Spośród 37 zastosowanych w doświadczeniu starterów ISSR widoczne na żelach produkty amplifikacji generowało 8 z nich w przypadku pokolenia M_1 (nr startera 801, 809, 810, 812, 829, 836, 818, 840) i 18 - pokolenia M_2 (nr startera 808, 804, 822, 819, 847, 807, 821, 841, 840, 839, 816, 809, 820, 818, 812, 801, 802, 805). Ogółem dla badanych genotypów petunii M_1 otrzymano 913 produktów ISSR, dla M_2 — 854. Długość otrzymanych fragmentów ISSR mieściła się w

granicach od 204 do 3866 pz (dla M_1) i 203 do 2000 pz (dla M_2). W wyniku przeprowadzonych reakcji ISSR-PCR amplifikowano wiele polimorficznych *loci*, różnicujących genotyp mutanta od genotypu rośliny kontrolnej. Częstotliwość występowania produktów polimorficznych w pokoleniu M_1 wynosiła 96,7% (883), M_2 — 68,3% (583). Produktów specyficznych genotypowo, których nie stwierdzono u roślin kontrolnych było w M_1 — 0,44% (4), w M_2 — 1,4% (12). Ogółem w prowadzonych reakcjach ISSR-PCR jeden starter amplifikował średnio 4 (M_1) i 7 (M_2) *loci*. Podobne wyniki badań, prowadzonych za pomocą opisywanej metody, otrzymali Nagaoka i Ogihara (1997), Kochieva i wsp. (2002) oraz Rzepka-Plevneš i wsp. (2006).



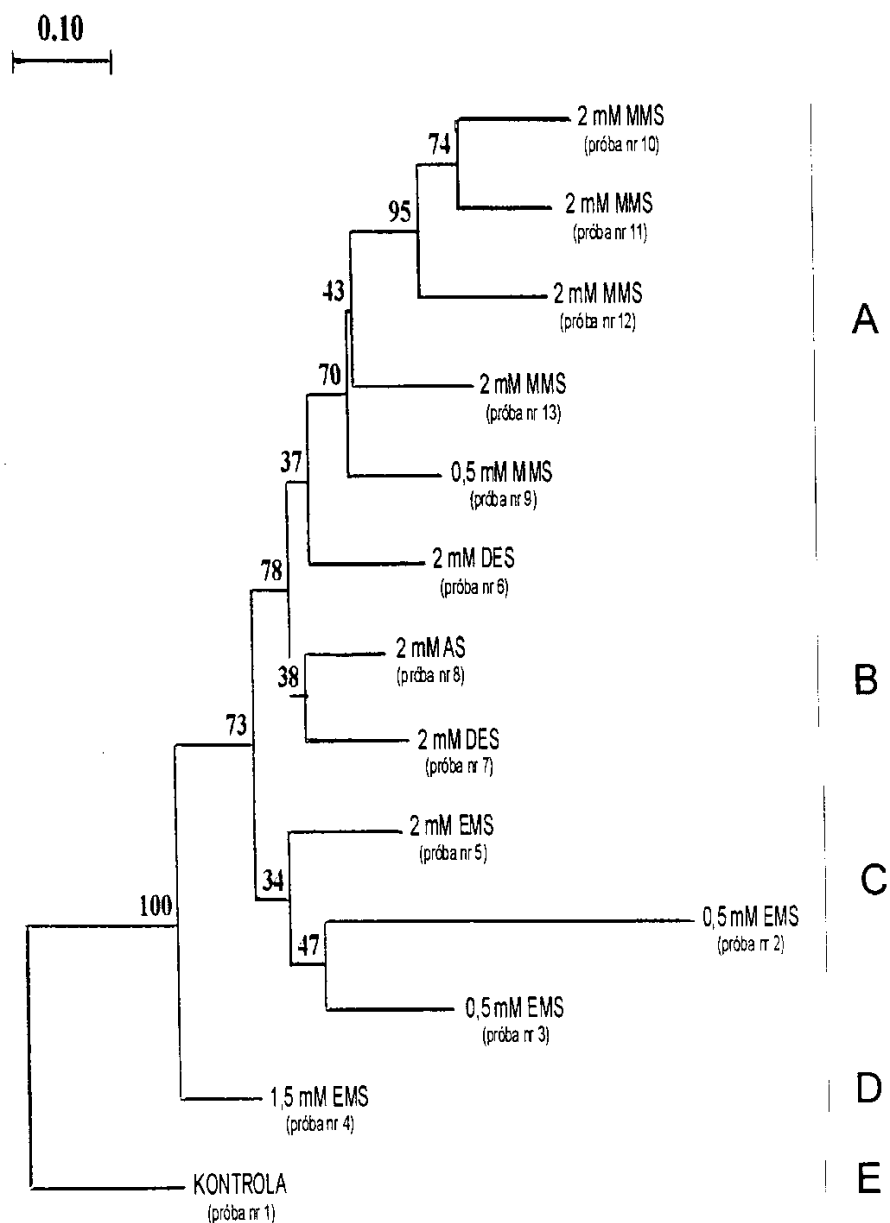
Rys. 3. Wysokość roślin, liczba zawiązanych pąków kwiatowych, liczba kwiatów i długość systemu korzeniowego petunii pokolenia M_2 w zależności od zastosowanego mutagenu wyrażona % kontroli (x)
Fig. 3. Plant height, number of flower buds, number of flowers, root system length of petunia in the M_2 generation depending on the mutagen, expressed as percentage of the control (x)

Wyniki przeprowadzonych analiz potwierdziły duży zakres zmienności w obrębie badanych sekwencji, który przejawiał się amplifikowaniem *loci* polimorficznych. Na podstawie obliczonych współczynników podobieństwa genetycznego i analizy skupień UPGMA wykreślono drzewo podobieństwa filogenetycznego, na którym rośliny kontrolne dla obu badanych pokoleń mutantów stanowiły odrębną grupę (rys. 4, 5). Rośliny pokolenia M_1 były podobne do kontrolnych od 32,9 do 94,3%, pokolenia M_2 — od 38,7 do 80,3%.



Rys. 4. Drzewo podobieństwa filogenetycznego utworzone dla mutantów pokolenia M_1 petunii i badania kontrolnego. Liczby wskazują 1000 krotne „próbkowanie” metodą bootstrap, wyrażone w procentach

Fig. 4. UPGMA dendrogram representing genetic relationships among mutants and control in the M_1 generation of petunia. The numbers at the forks indicate 1000 bootstrap replications expressed in per-cents



Rys. 5. Drzewo podobieństwa filogenetycznego utworzone dla mutantów pokolenia M₂ petunii i badania kontrolnego. Liczby wskazują 1000 krotne „próbkowanie” metodą bootstrap, wyrażone w procentach

Fig. 5. UPGMA dendrogram representing genetic relationships among mutants and control in the M₂ generation of petunia. The numbers at the forks indicate 1000 bootstrap replications expressed in per-cents

Procent podobieństwa filogenetycznego był podstawą do podzielenia badanych roślin na 9 (M_1) i 5 (M_2) grup filogenetycznych oznaczonych na rysunku 4 i 5 literami A-I. Otrzymane wyniki badań znajdują potwierdzenie w wynikach innych autorów (Rzepka-Plevneš i in., 2004, 2006, 2007; Smolik i in., 2006).

Niektóre ze zmian fenotypowych (nieregularne przebarwienia kwiatów, rozjaśniona barwa na brzegach i na całych płatkach korony) w pokoleniu M_1 powtórzyły się w pokoleniu M_2 , co świadczy o utrwaleniu nowych cech.

WNIOSKI

1. Spośród zastosowanych w doświadczeniu mutagenów chemicznych (AS, DES, EMS, MMS) najwyższą częstotliwość zmian fenotypowych w pokoleniu M_1 otrzymano przy użyciu do indukowania mutacji 1,5 mM roztworu EMS i 2,0mM MMS (odpowiednio: 31,5–47,4%), w pokoleniu M_2 — MMS (61,1%) o stężeniach 0,5 i 2,0 mM.
2. Wszystkie biorące udział w doświadczeniu mutageny, niezależnie od zastosowanej dawki (0,5; 1,0; 1,5 i 2,0 mM) wpływały stymulująco na rozwój pędów, korzeni i liczbę zawiązanych kwiatów oraz ujemnie na liczbę zawiązanych pąków kwiatowych.
3. Analiza polimorfizmu DNA, przeprowadzona techniką ISSR-PCR, wskazała na istotne różnice w obrębie sekwencji mikrosatelitarnych między mutantami petunii a roślinami kontrolnymi.

LITERATURA

- Adamska E., Jeżowski S., Olejniczak J., Rybiński W. 1995. Wpływ mutagenów chemicznych na zmienność indukowaną u rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste*. XVI: 57 — 62.
- Berenschot A. S., Zucchi M. I., Tulmann-Neto A., Quecini V. 2008. Mutagenesis in *Petunia x hybrida* Vilm. and isolation of a novel morphological mutant. *Braz. J. Plant Physiol.* 20 (2): 16 — 27.
- Bhagwat B., Duncan E. J. 1998. Mutation breeding of banana cv. Highgate (*Musa spp.*, AAA Group) for tolerance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* using chemical mutagens. *Sci. Hort.* 73: 11 — 22.
- Briggs R. W. 1968. Effects of post-treatment hydration and dehydration of ethyl methanesulphonate — treated maize seeds. *Mutation in plant breeding II*. 47 — 55.
- Felsenstein J. 1985. Confidence limits on phylogenies: An approach using the bootstrap. *Evolution* 39: 783 — 791.
- Kochieva E. Z., Ryzhova N. N., Kharapalova I. A., Pukhalskyi V. A. 2002. Genetic diversity and phylogenetic relationships in the genus *Lycopersicon* (Tourn.) Mill. as revealed by inter-simple sequence repeat (ISSR) analysis. *Rus. J. Genet.*, 38, 8: 958 — 966.
- Koh Y. C., Davies F. T. 2001. Mutagenesis and *in vitro* culture of *Tillandsia fasciculata* Swartz var. *fasciculata* (Bromeliaceae). *Sci. Hort.* 87: 225 — 240.
- Latado R. R., Adames A. H., Neto A. T. 2004. *In vitro* mutation of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev) with ethylmethanesulphonate (EMS) in immature floral pedicels. *Plant Cell, Tiss. Org. Cult.* 77: 103 — 106.
- Malepszy S., Niemirowicz – Szczyt K., Przybecki Z. 1989. *Biotechnologia w genetyce i hodowli roślin*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 1989. 282.
- Mandal A. K. A., Chakrabarty D., Datta S. K. 2000. Application of *in vitro* techniques in mutation breeding of chrysanthemum. *Plant Cell, Tiss. Org. Cult.* 60: 33 — 38.
- Muszyński S., Stankiewicz D. 1997. Optymalizacja dawek mutagenów w hodowli bobiku (*Vicia faba minor*). *Hod. Rośl. Nas. Biul. Branż.* 2: 5 — 9.

- Nagaoka T., Ogihara Y. 1997. Applicability of inter-simple sequence repeat polymorphisms in wheat for use as DNA markers in comparison to RFLP and RAPD markers. *Theor. Appl. Genet.* 94: 597 — 602.
- Nei M., Li W. H. 1979. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 76: 5269 — 5273.
- Nelshoppen J. M., Widholm J. M. 1990. Mutagenesis techniques in plant tissue cultures. In: *Methods in molecular biology*, vol. 6, Plant Cell and Tissue Culture. Ed by J. W. Pollard, J. M. Walker. The Humana Press: 413 — 441.
- Olejniczak J., Singh C., Hoppe P. 1981. Mutageniczne działanie azydku sodu (SA) i propane sultone (PS) u jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare*). *Mutageniza roślin wyższych. Uniw. Śląski Katowice. Mat. IV Ogólnopol. Konf. Mut., Mieszkowice 23-25 X.1978, pod red. M. Małuszyńskiego*: 176 — 178.
- Privalov G., Yakovleva I. 1991. Dominant mutation in plants induced by ionizing radiation and chemical mutagens. *Plant mutation breeding for crop improvement: proc. of an international symposium org. by IAEA and FAO of the United Nations held in Vienna, 18-22 June 1990. IAEA.-Vienna, vol. 2*: 407 — 410.
- Przybyła A. 1992. Mutation breeding of alstroemeria in Poland. *Acta. Hort.* 325: 561 — 565.
- Rybiński W. 2001. Mutants of grasspea (*Lathyrus sativus* L.) obtained after use of chemomutagens. *Lathyrus Lathyrism Newsletter* 2: 41.
- Rzepka-Plevneš D., Misiak K., Skrzypiec K. 1998. Wpływ azydku sodu na zmiany fenotypowe petunii (*Petunia x hybrida*). *Zesz. Nauk. Akad. Rol. im. H. Kołłątaja w Krakowie*. 33: 769 — 772.
- Rzepka-Plevneš D., Smolik M., Chochłowska A., Krupa – Małkiewicz M. 2004. Molekularna charakterystyka wybranych grup roślin pokolenia M₁ petunii (*Petunia x hybrida*) przy użyciu markerów molekularnych. *Folia Univ. Agric. Stetin., Agric.* 242 (98): 157 — 160.
- Rzepka-Plevneš D., Smolik M., Tańska K. 2006. Genetic similarity of chosen *Syringa* species determined by the ISSR-PCR technique. *Dendrobiology* 56: 61 — 67.
- Rzepka-Plevneš D., Smolik M., Drzewiecka K. 2007. Genetic variation of some botanical and cultivar varieties of *Acer* sp. *JFAE* 5(3&4): 481 — 485.
- Smolik M., Zieliński J., Rzepka-Plevneš D., Adamska K. 2006. Polymorphism of microsatellite sequences in morphologically and phenologically different genotypes of *Lonicera periclymenum*. *JFAE* 4(2): 226 — 233.
- Szarejko I., Rurańska B. 1978. Mutageniczny efekt azydku sodu u jęczmienia (*Hordeum vulgare*) odmiany Aramir. *Mutageniza roślin wyższych: materiały III Ogólnopolskiej Konferencji Mutacyjnej, Kalatówki 9–11 grudnia 1976*, 112 — 116.
- van de Peer Y., de Wachter R. 1994. TREECON for Windows: a software package for the construction and drawing of evolutionary trees for the Microsoft Windows environment. *Comput Appl. Biosc.* 10 (5): 569 — 570.
- Ziętkiewicz E., Rafalski A., Labuda D. 1994. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR) — anchored polymerase Chain Reaction amplification. *Genetics* 20: 176 — 183.

SPIS TREŚCI — CONTENTS

Maria Rakowska	Wspomnienie. Dr inż. Wiesława Szkiłłądź-Porowska	3
Ewa Bakinowska	Estymacja wariancji błędów w hodowlanych doświadczeniach	5
Jan Bocianowski	jednopróbowych z replikowanymi obiektami wzorcowymi	
Anna Budka	Estimation of error variance in unreplicated plant breeding trials with	
Wiesław Pilarczyk	replicated standard treatments	
Bogna Zawieja		
Katarzyna Ambroży		
Józef Starczewski	Produkcja kwalifikowanego materiału siewnego i jego wpływ na	15
Magda Toczyska	plonowanie zbóż w województwie mazowieckim	
Grażyna Wielogórska	Production of certified seed material and its impact on cereal yielding in	
Elżbieta Turska	the Mazovia Province	
Barbara Wiewióra	Zdrowotność ziarna zbóż pochodzącego z ekologicznej produkcji	29
Dariusz Mańkowski	nasiennej	
Zofia Bulińska-Radomska	Health of cereals seed originated from ecological seed production	
Barbara Wiewióra	Wpływ naturalnych zapraw na zdrowotność ziarna zbóż pochodzącego z	41
	ekologicznych plantacji nasiennych	
	Effect of natural methods of treatments on seed health in cereals	
	originated from ecological seed plantations	
Krystyna Kolasińska	Wartość siewna i reakcja ziarniaków zbóż jarych wyprodukowanych na	53
	ekologicznych plantacjach nasiennych na stres suszy symulowanej	
	glikolem polietylenowym	
	Seed sowing value and reaction of spring cereals produced in organic	
	seed crops to drought stress induced by polyethylene glycol	
Wioletta Dynkowska	Czynniki warunkujące przydatność ziarna różnych zbóż do produkcji	67
Danuta Boros	energii odnawialnej — przegląd literatury	
	Factors determining the utilization of various cereal grains for	
	production of renewable energy — a review	
Tadeusz Oleksiak	Plony pszenicy ozimej w zależności od jakości stosowanego materiału	83
	siewnego	
	Winter wheat yields depending on the quality of applied sowing	
	material	
Tomasz Warzecha	Podatność wybranych odmian pszenicy i pszenżyta z hodowli DANKO	95
	na fuzaryjną zgorzel siewek	
	powodowaną przez <i>Fusarium culmorum</i>	
	Susceptibility of selected winter wheat and triticale cultivars from	
	DANKO Plant Breeders Ltd. to <i>Fusarium</i> seedling blight caused by	
	<i>Fusarium culmorum</i>	
Anna Ćwiklińska	Biologia kwitnienia różnych gatunków z rodzaju <i>Secale</i> L.	107
Zbigniew Broda	Komunikat	
Danuta Kurasiak-	Differentiation of flowering biology among species of rye in the genus	
Popowska	<i>Secale</i>	
	Short communication	
		319

Małgorzata Gołębiewska <u>Edward Wróbel</u>	Wpływ nawożenia azotem na plonowanie kukurydzy The effect of nitrogen fertilization on yielding of maize	121
Tomasz Zbroszczyk Władysław Nowak	Wpływ poziomu ochrony i nawożenia azotem na plonowanie i skład chemiczny ziarna kilku odmian jęczmienia jarego pastewnego Część I. Plonowanie Effect of the protection level and nitrogen fertilization on yielding and chemical composition of the grain of several varieties of fodder spring barley Part I. Yielding	137
Tomasz Zbroszczyk Władysław Nowak	Wpływ poziomu ochrony i nawożenia azotem na plonowanie i skład chemiczny ziarna kilku odmian jęczmienia jarego pastewnego Część II. Skład chemiczny Effect of the protection level and nitrogen fertilization on yielding and chemical composition of the grain of several varieties of fodder spring barley Part II. Chemical composition	145
Dariusz R. Mańkowski	Postęp biologiczny w hodowli, nasiennictwie i produkcji ziemniaka w Polsce Część I. Przegląd ilościowych metod oceny postępu hodowlanego i odmianowego Biological progress in breeding, seed technology and production of potato in Poland Part I. Review of quantitative methods applied to estimate of breeding and cultivar progress	153
Dariusz R. Mańkowski Zbigniew Laudański	Postęp biologiczny w hodowli, nasiennictwie i produkcji ziemniaka w Polsce Część II. Ocena ilościowego postępu hodowlanego i odmianowego na podstawie doświadczeń odmianowych z lat 1957–2003 Biological progress in breeding, seed technology and production of potato in Poland Part II. Estimation of quantitative breeding and cultivar progress based on cultivar trials 1957–2003	175
Anna Płaza	Plon i struktura plonu bulw ziemniaka nawożonego międzyplonami i słomą The yield and the structure of the yield of potato tubers fertilized with intercrops and straw	197
Marek Gugąła Krystyna Zarzecka Alicja Baranowska	Oddziaływanie sposobów uprawy roli i pielęgnacji na jednostkową wydajność roślin ziemniaka Affecting of soil tillage systems and weed control methods on the individual productivity of potato plants	207
Marek Gugąła Krystyna Zarzecka Paweł Artych	Wpływ insektycydów na plon bulw ziemniaka i jego strukturę The effects of insecticides on potato tuber yield and its structure	215
Marek Gugąła Krystyna Zarzecka	Ocena skuteczności herbicydów w uprawie ziemniaka Evaluation the effectiveness of herbicides in potato cultivation	225
Krystyna Zarzecka Marek Gugąła Katarzyna Rymuza	Wpływ metod agrotechnicznych i herbicydów na porażenie przez rizoktoniozę (<i>Rhizoctonia solani</i>) bulw ziemniaka odmiany Wiking The effect of tillage systems and herbicides on infection of tubers of potato c.v. Wiking by black scurf (<i>Rhizoctonia solani</i>)	235

Jerzy Osowski	Antraknoza (<i>Colletotrichum coccodes</i>) nowym zagrożeniem plantacji ziemniaka Black dot (<i>Colletotrichum coccodes</i>) as a new threat to potato plantation	243
Sylwester Sobkowiak Hanna Zarzycka Renata Lebecka Ewa Zimnoch-Guzowska	Reakcja wzorców w testach odporności ziemniaka na <i>Phytophthora infestans</i> Reaction of potato standards to <i>Phytophthora infestans</i> in resistance tests	253
Katarzyna Ambroży Iwona Mejza	Analiza danych z krzyżową i zagnieżdżoną strukturą poziomów czynników na przykładzie doświadczenia z łubinem Data analysis with crossed and nested treatment structures based on example of experiment with lupine	269
Włodzimierz Majtkowski Jarosław Piłat Piotr Mirosław Szulc	Perspektywy uprawy i wykorzystania w Polsce różnika przerośniętego (<i>Silphium perfoliatum</i> L.) Prospects of cultivation and utilization of <i>Silphium perfoliatum</i> L. in Poland	283
Romuald Doliński	Wpływ działania gorącej wody, chemicznej skaryfikacji i czasu przechowywania na kiełkowanie nasion ślazuwca pensylwańskiego (<i>Sida hermaphrodita</i> (L.) Rusby) Influence of treatment with hot water, chemical scarification and storage time on germination of Virginia fanpetals (<i>Sida hermaphrodita</i> (L.) Rusby) seeds	293
Marcelina Krupa-Małkiewicz	Wpływ mutagenów chemicznych na cechy morfologiczne u petunii (<i>Petunia × atkinsiana</i> D. Don) Influence of chemical mutagens on morphological traits in petunia (<i>Petunia × atkinsiana</i> d. Don)	305