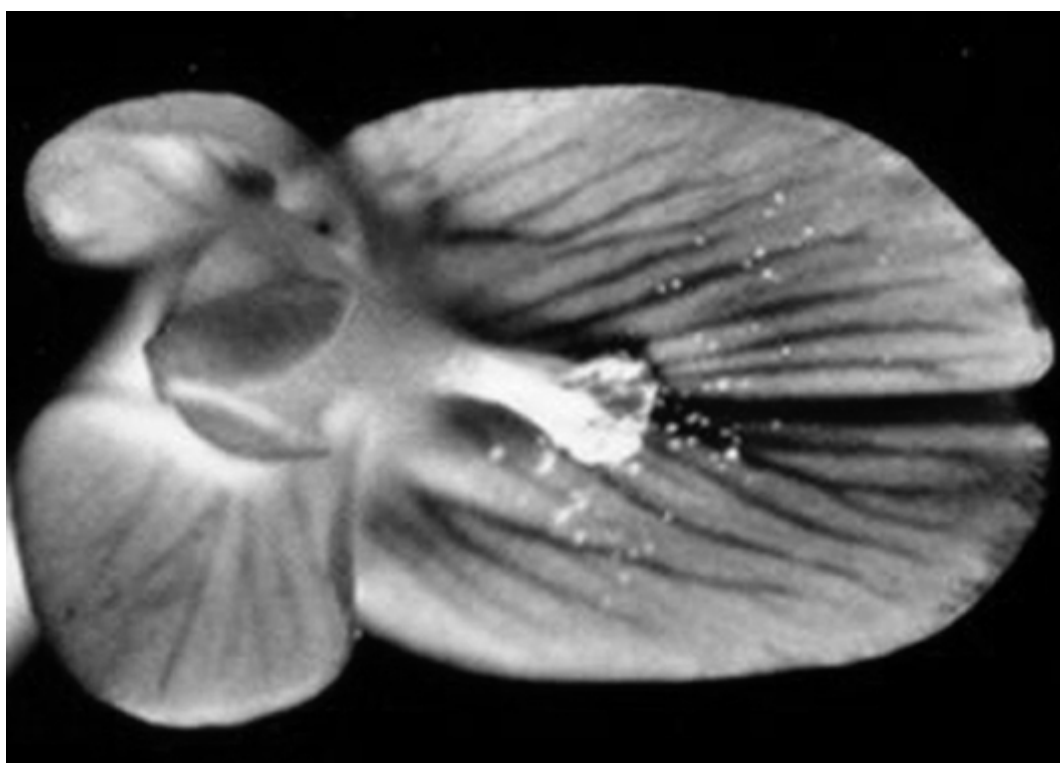




Kwiat lucerny siewnej

Fot. Zbigniew Bodzon

BIULETYN
INSTYTUTU HODOWLI
I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
Nr 246/2007



Kwiat lucerny siewnej. Fot. Zbigniew Bodzon

RADZIKÓW 2007
INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN — RADZIKÓW
05-870 BŁONIE pod WARSZAWĄ

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

Komitet Redakcyjny:

Editorial Committee:

HENRYK J. CZEMBOR (Przewodniczący — Editor-in Chief),
DANUTA BOROS, WIESŁAW MĄDRY, WOJCIECH NOWACKI,
STANISŁAWA ROZTROPOWICZ-SZKUBEL, BARBARA ZAGDAŃSKA,
GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA (Sekretarz Redakcji — Editorial Secretary)

CZASOPISMO UKAZUJE SIĘ OD 1951 ROKU

Redaktor techniczny i skład komputerowy
GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA

Druk: PWR Sp. z o.o

WIESŁAW PILARCZYK^{1,2}**ANNA FRAS**²¹ Katedra Metod Matematycznych i Statystycznych, Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego, Poznań² Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, Słupia Wielka

Próba określenia reprezentatywnego zbioru miejscowości w serii doświadczeń odmianowych z pszenicą ozimą

Choosing representative subset of locations in series of winter wheat trials

Wnioski dotyczące wartości gospodarczej odmian (WGO) są zazwyczaj podejmowane w oparciu o wyniki serii doświadczeń przeprowadzonych w różnych środowiskach (stacjach doświadczalnych). Liczba takich doświadczeń w Polsce, w zależności od znaczenia gospodarczego gatunku, waha się od kilkudziesięciu dla ważnych gospodarczo gatunków do zaledwie kilku dla gatunków mniej ważnych. Przemiany zapoczątkowane w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku zaowocowały między innymi zmianami w polskiej ocenie odmian. „Racjonalizacja” kosztów doprowadziła do redukcji liczby stacji doświadczalnych i liczby doświadczeń dla praktycznie wszystkich gatunków. W jaki sposób taka redukcja mogła się odbić na wynikach dotyczących badanych odmian zostanie zaprezentowane w oparciu o wyniki serii 65 doświadczeń z pszenicą ozimą z roku 1991.

Słowa kluczowe: interakcja genotypowo-środowiskowa, reprezentatywność miejscowości, seria doświadczeń

Inference on value for cultivation and use (VCU) of new varieties is usually based on results of series of trials performed in different environments (trial stations, locations). The size of series (number of locations) depends on economic importance of species and varies (in Poland) from very few trials for less important species to several dozens for the most important ones. Transformations in Poland during last twenty years caused also changes in official variety testing. Among the results of changes is reduction of the number of trial stations and reduction of size of series of trials performed for VCU purposes for practically all species. How this reduction can influence the results of series of trials and – indirectly – the conclusions on varieties is shown using results of extensive series of trials on winter wheat performed in the year 1991.

Key words: genotype-environment interaction, representativeness of locations, series of trials

WSTĘP

Zagadnieniom związanym z optymalizacją metodyki badań odmianowych w Polsce poświęcone jest wiele prac, m.in. Pilarczyka (1977, 1988, 1990). W opracowaniu z roku

1977 podano między innymi w jaki sposób, wykorzystując estymatory komponentów wariancji, można znaleźć optymalne relacje między liczbą lat badań, liczbą punktów doświadczalnych w latach oraz liczbą replikacji w doświadczeniach pojedynczych. Kluczowym zagadnieniem w analizie serii doświadczeń odmianowych jest interpretacja interakcji odmian ze środowiskiem doświadczalnym. W literaturze przedmiotu można znaleźć setki prac poświęcone temu zagadnieniu. Istnieją trzy główne nurty proponowanych rozwiązań tego zagadnienia. W pierwszym nurcie próbuje się nadać interakcji określony kształt najczęściej zależny od efektów głównych zarówno odmian jak i efektów środowiska. Do tej grupy można zaliczyć wiele prac związanych z tzw. multiplikatywnym modelem interakcji, Gauch (1988), Gauch i Furnas (1991) oraz Piepho (1997). Do drugiego nurtu należą prace wykorzystujące randomizacyjny model obserwacji w serii doświadczeń. Do tej grupy należy między innymi praca Calińskiego i innych (2005). Istnieje też cały szereg propozycji pośrednich. Obszerny przegląd takich modeli można znaleźć w opracowaniu Denis i wsp. (1997). I w końcu, do trzeciego nurtu można zaliczyć prace ukierunkowane na grupowanie odmian, lub środowisk, albo też zarówno odmian, jak i środowisk. Celem tych grupowań jest wyjaśnienie możliwie największej części zmienności efektów interakcji przez interakcję międzygrupową, a poprzez to zredukowanie zmienności efektów interakcji w obrębie grup. Tym zagadnieniom poświęcone są m.in. opracowania Lin (1982), Lin i Binns (1985), Lin i Butler (1988) oraz Pilarczyk (1983).

Liczba przeprowadzonych doświadczeń z określonym zestawem genotypów w zasadniczy sposób wpływa na wynik interpretacji interakcji odmian ze środowiskiem. Pełna interpretacja jest czasami możliwa jedynie w sytuacji, gdy liczba doświadczeń przewyższa liczbę badanych odmian. Taka sytuacja bardzo rzadko jest możliwa w praktyce. Jak wspomniano w streszczeniu, liczba doświadczeń przeprowadzanych dla potrzeb polskiej oceny odmian spada. Celem niniejszego opracowania jest pokazanie, przy wykorzystaniu stosunkowo obszernych danych, dotyczących plonu ziarna pszenicy ozimej z doświadczeń rejestrowych przeprowadzonych w roku 1991, jak liczba doświadczeń wpływa na wielkość interakcji odmian ze środowiskiem. Ponieważ szereg stacji doświadczalnych, w których w roku 1991 przeprowadzono doświadczenia, znikło z mapy punktów doświadczalnych, dodatkowo zostanie sprawdzone, czy były to środowiska mające kluczowe znaczenie dla interpretacji interakcji odmian ze środowiskiem, czyli czy ich usunięcie nie pogorszyło reprezentatywności pozostałych miejscowości względem rejonu uprawy pszenicy ozimej w Polsce.

MATERIAŁ DOŚWIADCZALNY

Wszystkie rozważania prowadzone są przy wykorzystaniu wyników serii doświadczeń z pszenicą ozimą, przeprowadzonych w sezonie 1990/1991 w 65 stacjach doświadczalnych polskiej oceny odmian. Przyjmujemy, że te miejscowości są próbą reprezentatywną populacji środowisk tworzących obszar uprawy pszenicy w Polsce. Wszystkie doświadczenia zaplanowano w układzie 1-rozkładalnym o blokach niekompletnych w czterech powtórzeniach. Stosowano bloki niekompletne o pojemności 8 i 7

poletek. Każde poletko miało powierzchnię 15 m² (1,5 m na 10 m). Badano 37 odmian. Po wykonaniu analizy wariancji (w każdym doświadczeniu pojedynczym) dla plonu ziarna, przeliczonego na standardową wilgotność 15% i wyrażonego w q/ha, zestawiono poprawione wartości średnie dla odmian w środowiskach, w dwukierunkowej tabeli odmiany × miejscowości. Wszystkie następne analizy wykonywane są przy wykorzystaniu wyników zamieszczonych w tej tabeli. Ze względu na obszerność wymienionych danych nie są one zamieszczone w niniejszym opracowaniu. Wykaz badanych odmian wraz ze średnim plonem obliczonym ze wszystkich 65 stacji doświadczalnych podany jest w tabeli 1.

Tabela 1

Wykaz badanych odmian w serii 1991
List of varieties in the 1991 series of trials

L.p. No	Odmiana Variety	Średni plon Mean yield	L.p. No	Odmiana Variety	Średni plon Mean yield
1	Begra	63,1	20	Olh 186	69,3
2	Gama	65,8	21	Lad 487	72,1
3	Panda	65,7	22	Olh 387	72,2
4	Weneda	66,4	23	Boa 287	70,0
5	Emika	67,0	24	Roma	71,4
6	Jawa	70,6	25	Jubilatka	72,8
7	Lanca	70,5	26	Olh 689	70,8
8	Koda	67,2	27	And 989	71,7
9	Alba	70,1	28	Kobra	75,3
10	Niwa	65,5	29	Smh 1389	73,2
11	Parada	67,4	30	Milan	68,3
12	Oda	70,4	31	Aleta	72,2
13	Rada	68,3	32	Chd 690	70,7
14	Almari	72,9	33	Ded 490	71,5
15	Kamila	73,7	34	Koc 1789	73,1
16	Nike	68,8	35	Maltanka	72,6
17	Rosa	67,1	36	Mikon	71,9
18	Arda	69,2	37	Elena	72,7
19	Lama	70,9			

Odmiany różnią się od siebie w sposób znaczący, gdyż najniższy średni plon wyniósł 63,1 q/ha dla odmiany Begra, natomiast najwyższy 75,3 q/ha dla odmiany Kobra. Wykaz stacji doświadczalnych, w których przeprowadzono doświadczenia podany jest w tabeli 2. Stacje doświadczalne wyróżnione drukiem pochyłym nie należały do sieci stacji doświadczalnych oceny odmian. Drukiem wytłuszczonym oznaczone są stacje doświadczalne istniejące nadal w roku 2006. Stacje doświadczalne różnią się od siebie w sposób znaczący pod względem poziomu plonowania. Najniższy przeciętny plon był w stacji doświadczalnej Małyszyn (46,7 q/ha), a plon najwyższy otrzymano w stacji doświadczalnej Rychliki (91,7 q/ha). Wykorzystując dane zamieszczone w tabeli 1, wykonano analizę wariancji serii 65 doświadczeń z 37 odmianami, przy ich krzyżowej klasyfikacji. Średni kwadrat dla interakcji odmianowo-środowiskowej (interakcja odmian z miejscowościami) w analizowanej serii doświadczeń wyniósł $MS_{OM} = 21,491$. Hipoteza o braku interakcji

została odrzucona na poziomie $p < 0,01$. Przy testowaniu istotności interakcji wykorzystano tzw. błąd odtworzony z doświadczeń pojedynczych.

Tabela 2

Wykaz stacji doświadczalnych

List of trial stations

Nr. No.	Miejscowość Location	Średni plon Mean yield	Nr. No.	Miejscowość Location	Średni plon Mean yield	Nr. No.	Miejscowość Location	Średni plon Mean yield
1	Prusim	57,0	23	Śrem	77,2	45	Kochcice	79,8
2	Rarwino	58,3	24	Kościelna W.	66,6	46	Pawłowice	77,2
3	Przelewice	84,2	25	Kościelec	71,3	47	Ślupia	73,1
4	Białogard	59,3	26	Chrzastowo	71,7	48	Bogusławice	83,4
5	Dąbrówka	61,7	27	Fałęcin	88,1	49	Węgrzce	67,5
6	Wyczechy	69,9	28	Głębokie	54,9	50	Czesławice	56,2
7	Karżniczka	62,6	29	Głodowo	61,9	51	Bezek	72,7
8	Lisewo	67,2	30	Opiesin	85,0	52	Przeclaw	82,5
9	Stare Pole	74,5	31	Lućmierz	54,3	53	N. Lubliniec	60,5
10	Dębina	67,7	32	Masłowice	77,1	54	Zadąbrowie	73,1
11	Radostowo	72,4	33	Sulejów	70,5	55	Jelenia Góra	63,2
12	Rychliki	91,7	34	Kawęczyn	63,7	56	Bukówka	71,1
13	Wróćkowo	83,0	35	Seroczyn	75,5	57	Szczawno Zd.	64,8
14	Garbno	82,2	36	Marianowo	86,1	58	Kłodzko	73,2
15	Ruska Wieś	63,4	37	Krzyżewo	81,9	59	Nowy Dwór	76,2
16	Wysoka	66,4	38	Cicibór Duży	65,9	60	Grabownica	70,2
17	Świebodzin	81,4	39	Tomaszów B.	52,2	61	Dukla	68,5
18	Grabik	73,2	40	Krościna M.	85,4	62	Małyszyn	46,7
19	Nowa Wieś U.	70,5	41	Kwietno	70,1	63	Jasienica	69,5
20	Bobrowniki	76,4	42	Tarnów	76,5	64	Sędziszów	50,6
21	Ślupia Wielka	85,6	43	Nysa	73,6	65	Nienaszów	30,1
22	Bojanowo	59,4	44	Głubczyce	66,5			

METODA

Do analizy danych opisanych w poprzednim paragrafie zastosowano metodę opisaną w pracy Lin (1982). Analiza ukierunkowana jest na znalezienie odpowiedzi na pytanie, czy wszystkie z 65 miejscowości, w których przeprowadzono doświadczenia są niezbędne do opisu interakcji odmian ze środowiskiem oraz które z miejscowości są najbardziej odpowiednie do zachowania w przypadku ich redukcji. Odpowiedzi na takie pytanie można szukać analizując wszystkie możliwe podzbiory miejscowości zaczynając od liczebności 2, a na 65 kończąc oraz obliczając dla każdego podzbioru średni kwadrat dla interakcji odmian ze środowiskiem. Wybór możliwie najmniejszego podzbioru miejscowości, gwarantującego w przybliżeniu taką samą wartość średniego kwadratu dla interakcji, jaki obliczono z całego zbioru danych, wydaje się być intuicyjnie dobrym rozwiązaniem. Jednakże liczba możliwych podzbiorów miejscowości jest tak duża (tu większa niż $36,8 \times 10^{18}$), że praktycznie nie jest możliwe przeanalizowanie ich wszystkich. Praktycznie możliwe do zastosowania rozwiązanie tego problemu zostało zaproponowane przez Lin (1982), który zauważył, że średni kwadrat dla interakcji $MS(1,2,...,n)$ obliczony w dwuwymiarowej tablicy danych o n wierszach, odpowiadających miejscowościom i m kolumnach, odpowiadających odmianom, można wyrazić poprzez średnie kwadraty dla

interakcji z tablic o 2 wierszach i m kolumnach, czyli przez $MS(i, i')$, (gdzie i -oznacza miejscowość i -tą, a i' , miejscowość i' -tą) przy użyciu wzoru:

$$MS(1, 2, \dots, n) = 2 \sum_{1 \leq i < i'}^n MS(i, i') / [n(n-1)] \quad (1)$$

Równanie to w łatwy sposób daje się przekształcić do postaci:

$$MS(1, 2, \dots, n) = \frac{(n-2)}{n} MS(1, 2, \dots, n-1) + \frac{2}{n(n-1)} SR(n) \quad (2)$$

gdzie $SR(n) = \sum_{k=1}^n MS(n, k)$.

Równanie to pokazuje, że na średni kwadrat dla interakcji przy n miejscowościach składają się dwie części. Pierwsza część jest, przemnożonym przez $(n-2)/n$, średnim kwadratem dla interakcji obliczonym z tablicy o $(n-1)$ wierszach, zatem przy wyłączeniu jednej miejscowości, np. miejscowości n -tej. Druga część jest sumą średnich kwadratów dla interakcji, przemnożoną przez $2/n(n-1)$, obliczonych dla wszystkich par miejscowości z miejscowością n -tą. A to z kolei oznacza, że jeśli $MS(1, 2, \dots, n)$ jest średnim kwadratem dla interakcji dla całego zbioru danych, to największy średni kwadrat dla interakcji wśród wszystkich możliwych podzbiorów o liczebności $(n-1)$ miejscowości gwarantuje podzbiór z którego usunięto miejscowość o indeksie k , dla której otrzymano najmniejszą wartość $SR(i)$, $i = 1, 2, \dots, n$. Zatem postępowanie rozpoczyna się od obliczenia średniego kwadratu dla interakcji dla całego zbioru danych, a następnie na obliczeniu wartości $SR(i)$. W następnych krokach usuwane są po kolei ze zbioru miejscowości te, dla których stwierdzono najmniejsze wartości $SR(i)$, za każdym razem obliczając wartości (największego z możliwych) średniego kwadratu dla interakcji, dla $n-1, n-2, \dots, 3, 2$ miejscowości. Na podstawie tych wartości można przedstawić graficznie zależność średniego kwadratu dla interakcji od liczby doświadczeń i na jego podstawie podjąć decyzję ile i jakie miejscowości są konieczne dla reprezentatywnej oceny interakcji odmian ze środowiskiem i wiarygodnej oceny adaptacji odmian w rejonie uprawy. Analizy doświadczeń pojedynczych wykonano przy wykorzystaniu stosowanego w polskiej ocenie odmian programu Adoj a wszystkie pozostałe obliczenia przy użyciu arkusza kalkulacyjnego Excel.

WYNIKI

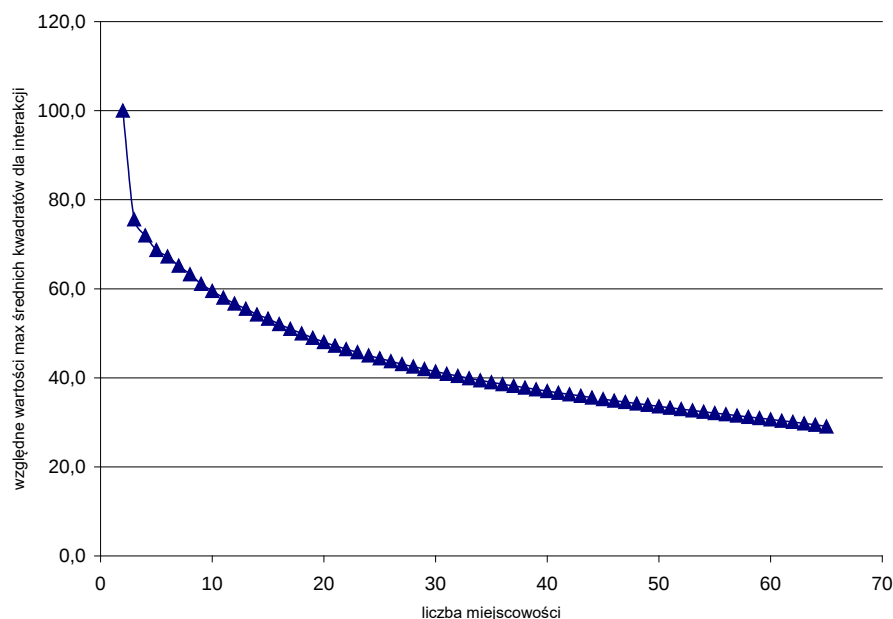
Wykorzystując średnie poprawione otrzymane za pomocą analizy wariancji danych z doświadczeń pojedynczych dla 65 stacji doświadczalnych i 37 badanych odmian, obliczono największe wartości średnich kwadratów dla interakcji dla kolejnych liczb doświadczeń od 65, przez 64, ..., aż do 2. Otrzymane wartości zestawione są w tabeli 3.

Tabela 3

Średnie kwadraty dla interakcji (MS) w zależności od liczby miejscowości
Mean squares for interaction (MS) related to the number of locations

Krok Step	L. miejsc. No of loc.	MS	Zbiór miejscowości (numery są podane w tabeli 2) Set of locations (numbers are given in table 2)														
1	65	21,491	24	28	27	59	60	26	14	39	40	10	55	15	63	19	5
			20	57	3	53	62	42	54	65	44	7	64	51	30	31	13
			11	33	41	46	2	4	18	61	52	1	35	17	23	6	43
			12	9	58	22	16	8	56	38	21	50	32	48	34	49	36
			25	47	29	45	37										
11	55	23,716	24	28	27	59	60	26	14	39	40	10	15	55	63	19	5
			20	57	53	62	3	42	54	65	7	44	64	51	30	13	33
			31	11	46	41	2	18	52	35	4	1	61	6	17	23	12
			9	43	58	22	56	16	8	38	21	50					
21	45	26,023	24	28	27	59	60	26	14	39	40	10	55	15	63	5	20
			19	57	62	53	42	3	65	54	7	64	44	51	30	13	31
			33	11	41	46	18	2	1	61	4	35	52	17	23	9	43
31	35	28,820	24	28	27	59	60	26	14	39	40	10	55	15	63	5	20
			57	19	62	53	42	65	54	7	3	64	44	51	13	30	33
			31	35	18	41	2										
41	25	32,778	24	28	59	27	14	60	26	39	15	40	10	55	63	5	62
			57	20	42	53	65	7	19	54	64	3					
51	15	39,377	24	28	59	27	39	60	14	26	15	55	5	10	63	40	62
52	14	40,074	24	59	28	27	39	14	60	15	26	5	63	55	10	40	
53	13	41,010	24	59	28	27	39	26	60	14	15	5	55	63	10		
54	12	41,878	24	59	28	27	39	14	60	26	15	5	55	63			
55	11	42,864	24	59	28	27	14	39	60	15	26	5	55				
56	10	43,968	24	59	28	39	27	14	60	15	26	5					
57	9	45,142	24	59	39	28	60	14	15	27	26						
58	8	46,752	24	59	28	39	27	60	14	15							
59	7	48,181	59	24	39	28	60	14	27								
60	6	49,691	59	24	28	14	60	39									
61	5	50,777	59	24	14	28	60										
62	4	53,173	24	59	28	14											
63	3	55,845	59	24	28												
64	2	73,899	24	59													

I tak np. maksymalny średni kwadrat dla interakcji przy 15 miejscowościach wyniósł 39,377, 45,142 przy 9 miejscowościach oraz 73,899 przy 2 miejscowościach. Ze względu na obszerność danych, zestawiono wartości najpierw z krokiem 10, a od liczby doświadczeń 15 z krokiem 1. Wartości te wyrażono następnie w procentach wartości średniego kwadratu dla interakcji dla dwóch miejscowości (Kościelna Wieś i Nowy Dwór) i przedstawiono graficznie na rysunku 1. Można zauważyć, że od liczby doświadczeń około 15, krzywa łącząca kolejne punkty jest prawie płaska, co oznacza, że taka liczba doświadczeń jest bliska liczbie optymalnej. Porównanie zestawu miejscowości tworzących ten podzbiór z wykazem z tabeli 2 pokazuje, że jest wśród nich osiem stacji doświadczalnych, które z różnych względów znikły z mapy punktów doświadczalnych polskiej oceny odmian oraz siedem nadal działających stacji doświadczalnych.



Rys. 1. Względne wartości maksymalnych średnich kwadratów dla interakcji dla podzbiorów miejscowości o różnych liczebnościach, wyrażone w procentach średniego kwadratu dla interakcji dla dwóch miejscowości o największej interakcji

Fig. 1. Relative values of maximum mean squares for interaction for subsets of locations of different sizes, expressed in percentages of the mean square for interaction for pair of locations with maximum interaction

DYSKUSJA

Otrzymane wyniki pokazują, że usuwanie stacji doświadczalnych, powodowane często przyczynami ekonomicznymi, może prowadzić do utraty miejscowości wnoszących istotną informację o interakcji odmian ze środowiskiem w skali rejonu uprawy. W prowadzonych tu rozważaniach nie uwzględniano innego aspektu doboru miejscowości, zapewniającego reprezentatywność dla określonego rejonu glebowo-klimatycznego. Może się przecież zdarzyć, że pewne miejscowości, które nie wchodzą do podzbioru miejscowości o różnych liczebnościach, gwarantujących dużą interakcję odmian z miejscowościami, mogą tylko w niewielkim stopniu zmniejszać tę interakcję a jednocześnie mogą lepiej od innych reprezentować warunki panujące w określonym rejonie. Takie rozważania nie były tu prowadzone. W literaturze, patrz np. Lin i Butler (1988), można znaleźć pewne propozycje uwzględnienia także tego aspektu zagadnienia. Jedną z możliwości jest zastosowanie analizy skupień z wykorzystaniem miary odległości między miejscowościami ściśle związanej z interakcją odmian z miejscowościami (odległości te mogą np. być wyliczane przy wykorzystaniu odchyleń interakcyjnych odmian w miejscowościach). Warto także

wspomnieć, że przeprowadzona tu analiza i wnioski są oparte tylko na wynikach jednorocznych. Jest to dalece niewystarczające dla pełnej wiarygodności wnioskowania. W planowanej drugiej części prowadzonych tu rozważań autorzy zamierzają przeanalizować wyniki trzyletniej serii podobnych doświadczeń i poszerzyć zakres analizy o aspekty związane z podobieństwem miejscowości z punktu widzenia interakcji odmian ze środowiskiem doświadczalnym.

WNIOSKI

Przeprowadzone rozważania pozwalają na stwierdzenie, że:

1. wyniki z dobrze dobranych kilkunastu (do około dwudziestu) miejscowości stanowią wystarczającą dużą próbę, do wnioskowania o zachowaniu się odmian w zróżnicowanym środowisku doświadczalnym;
2. wnioski dotyczące przydatności poszczególnych miejscowości muszą być jednakże potwierdzone wynikami kolejnych lat doświadczeń.

LITERATURA

- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z., Krajewski P., Pilarczyk W. 2005. Analyzing multi-environment variety trials using randomization-derived mixed models, *Biometrics* 61: 448 — 455.
- Denis J. B., Piepho H. P., van Eeuwijk F. A. 1997 Modeling expectation of variance for genotype by environment data, *Heredity* 79: 162 — 171.
- Gauch H. G. 1988. Model selection and validation for yield trials with interaction, *Biometrics* 44:705 — 715.
- Gauch H. G., Furnas R. E. 1991. Statistical analysis of yield trials with MATMODEL, *Agron. J.* 83: 916 — 920.
- Lin C. S. 1982. Grouping genotypes by a cluster method directly related to genotype-environment mean square. *Theor. Appl. Genet.* 62: 277 — 280.
- Lin C. S., Binns M. R. 1985. Procedural approach for assessing cultivar-location data: Pairwise genotype-environment interaction of test cultivars with checks, *Can. J. Plant. Sci.* 65: 1065 — 1071.
- Lin C. S., Butler G. 1988. A data-based approach for selecting locations for regional trials, *Can. J. Plant Sci.* 68: 651 — 659.
- Piepho H. P. 1977. Analyzing genotype-environment data by mixed models with multiplicative effects, *Biometrics* 53: 761 — 766.
- Pilarczyk W. 1977. Optimalizacja wielkości serii doświadczeń w czasie i przestrzeni, *Colloquium Biometryczne*, Tom. 7: 272 — 282.
- Pilarczyk W. 1983. Wykorzystanie analizy skupień do podziału stacji doświadczalnych na grupy o małej interakcji odmianowo-środowiskowej, *Colloquium Biometryczne*, Tom. 13: 133 — 147.
- Pilarczyk W. 1988. Planowanie i analiza doświadczeń — teoria i praktyka. *Wiadomości Odmianoznawcze* 6/28: 3 — 58.
- Pilarczyk W. 1990. Skuteczność różnych metod analizy jednoczynnikowych doświadczeń blokowych, *Wiadomości Odmianoznawcze* 2/39: 1 — 101.

EDWARD PAŁYS
MIROSLAW KORZENIOWSKI
PIOTR KRASKA
BEATA KRUSIŃSKA
ZOFIA RYŃ

Katedra Ekologii Rolniczej
Akademia Rolnicza w Lublinie

Wpływ poziomu nawożenia mineralnego i ochrony chemicznej zasiewów na plonowanie pszenicy ozimej wysiewanej po sobie na rędzinie

The influence of fertilization and chemical protection level on yielding of winter wheat sown after winter wheat on rendzina soil

Badania polowe przeprowadzono w latach 2000–2002 w Gospodarstwie Doświadczalnym Bezek niedaleko Chełma należącym do Akademii Rolniczej w Lublinie. W badaniach przedstawiono wpływ trzech poziomów nawożenia oraz czterech poziomów chemicznej ochrony łanu na plon ziarna pszenicy ozimej odmiany Mikon uprawianej w stanowisku po pszenicy. Stwierdzono, że pszenica ozima wytwarzała istotnie większy plon ziarna jedynie w obiektach zwiększonego poziomu nawożenia mineralnego oraz ochrony łanu. Istotnie większą masę ziaren w kłosie oraz MTZ stwierdzono w obiektach zwiększonego poziomu ochrony chemicznej łanu. Zwiększone nawożenie mineralne wpłynęło na zwiększenie długości kłosa pszenicy. Uzyskane wyniki dowodzą, że w warunkach umiarkowanie zwiększonego nawożenia mineralnego (N — 120, P — 26,2, K — 66,4, Mg — 18,1 kg·ha⁻¹) i ochrony chemicznej (zaprawa nasienna, 2 fungicydy, graminicyd, herbicyd) łanu możliwy jest dwukrotny wysiew pszenicy ozimej na rędzinie. Dalsze zwiększanie poziomu nawożenia mineralnego (N — 160, P — 34,9, K — 83,2, Mg — 30,1 kg·ha⁻¹) i ochrony chemicznej (dwie zaprawy nasienne, 3 fungicydy, graminicyd, herbicyd) łanu nie zmieniało istotnie plonu ziarna pszenicy ozimej.

Słowa kluczowe: plon ziarna, poziom nawożenia, poziom ochrony, pszenica ozima

The influence of three levels of mineral fertilization and four levels of chemical control on grain yield and its structure was studied in a field experiment with winter wheat cv. Mikon cultivated after wheat forecrop. The experiment was carried out in the experiment farm Bezek (near Chełm, subjected to the Agricultural University in Lublin), on a rendzina soil, in the years 2000–2002. The wheat yield was significantly higher only at higher levels of fertilization and chemical control. Significant increases were stated for grain weight per ear and thousand grains weight in combinations with higher levels of chemical control of the crop canopy. Higher fertilization caused an increase of ear length. The results proved feasibility of growing wheat after wheat on the rendzina soil at moderate levels of mineral fertilization (N — 120, P — 26.2, K — 66.4, Mg — 18.1 kg ha⁻¹) and chemical protection (seed

dressing, two fungicides, graminicide, herbicide). The high levels of the fertilization (N — 160, P — 34.9, K — 83.2, Mg — 30.1 kg ha⁻¹) and chemical protection (two seed dressings, three fungicides, graminicide, herbicide) did not cause significant changes of yield.

Key words: chemical control, fertilization level, grain yield, winter wheat

WSTĘP

W Polsce w roku 2004 pszenica ozima była wysiewana na powierzchni 1897 tys. ha, co stanowi 22,6% powierzchni obsiewanej zbożami. Tak duża powierzchnia uprawy pszenicy i innych zbóż sprawia, że istnieje konieczność wysiewu pszenicy po sobie. Poziom nawożenia mineralnego oraz ochrony łanu przed chwastami i chorobami, a także warunki siedliska wywierają znaczący wpływ na kształtowanie się plonu ziarna pszenicy ozimej (Kulig i in., 2001; Podolska i Stankowski, 2001; Podolska i Stypuła, 2002; Budzyński i in., 2004). Do osiągnięcia wysokiego plonu ziarna o dobrej wartości technologicznej niezbędna jest chemiczna ochrona zasiewów pszenicy (Podolska i Stypuła, 2002). Kuś i Jończyk (1997) stwierdzili, że przyrost plonu ziarna pszenicy w warunkach wyższego poziomu ochrony przed chorobami wynikał z większej liczby kłosów i lepszej dorodności ziarna. W badaniach Rachonia (1994) stosowanie fungicydu w łanie pszenicy ozimej istotnie zwiększało plon ziarna niezależnie od warunków pogodowych w poszczególnych latach.

W warunkach zwiększonego poziomu nawożenia mineralnego i ochrony chemicznej jest możliwy dwukrotny wysiew po sobie pszenicy ozimej na rędzinie.

Celem prowadzonych badań było określenie wpływu zróżnicowanego poziomu nawożenia mineralnego oraz ochrony chemicznej roślin na plonowanie i elementy struktury plonu pszenicy ozimej wysiewanej po sobie na rędzinie oraz wyznaczenie optymalnego poziomu tych czynników.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe przeprowadzono w latach 2000–2002 w Gospodarstwie Doświadczalnym Bezek należącym do Akademii Rolniczej w Lublinie. Doświadczenie założono na rędzinie mieszanej wytworzonej z opoki kredowej o składzie granulometrycznym gliny średniej pyłastej. Gleba ta zaliczana jest do klasy bonitacyjnej IIIa i kompleksu psennego wadliwego. Charakteryzowała się zasadowym odczynem (pH 7,3), wysoką zawartością przyswajalnego fosforu (334,3 mg·kg⁻¹gleby), potasu (221,7 mg·kg⁻¹gleby), niską zawartością magnezu (34 mg·kg⁻¹gleby). Zawartość C organicznego była wysoka i wynosiła 3,5%.

Doświadczenie z wysiewem pszenicy ozimej w stanowisku po pszenicy założono metodą bloków losowych w 4 powtórzeniach. Schemat doświadczenia uwzględniał 3 poziomy nawożenia oraz 4 poziomy ochrony roślin. Nawożenie mineralne pszenicy ozimej podane w kg czystego składnika na hektar wraz z uwzględnieniem podziału dawek azotu przedstawiało się następująco w poszczególnych poziomach.

— Poziom a₁– N 80 kg·ha⁻¹ (20+30+30), P 8,7 kg·ha⁻¹, K 24,3 kg·ha⁻¹;

- Poziom a₂– N 120 kg·ha⁻¹ (20+60+40), P 26,2 kg·ha⁻¹, K 66,4 kg·ha⁻¹, Mg 18,1 kg·ha⁻¹;
- Poziom a₃– N 160 kg·ha⁻¹ (20+60+40+40), P 34,9 kg·ha⁻¹, K 83,2 kg·ha⁻¹, Mg 30,1 kg·ha⁻¹.

Nawozy fosforowe w formie 46% superfosfatu potrójnego i potasowe w formie 60% soli potasowej wysiano po wykonanej orce siewnej.

Wiosną, w momencie ruszenia wegetacji (faza 25 wg Zadoksa), przed bronowaniem, w I (a₁), II (a₂) i III (a₃) poziomach nawożenia wniesiono w formie 34% saletry amonowej odpowiednio 30 i 60 kg N·ha⁻¹ i ponownie w fazie strzelania w źdźbło (faza 30) 30 i 40 kg N·ha⁻¹, a w III (a₃) poziomie nawożenia wysiano na początku kłoszenia (faza 50) jeszcze 40 kg N·ha⁻¹. W II (a₂) i III (a₃) poziomach nawożenia (faza 25) wysiano odpowiednio 18,1 i 30,1 kg·ha⁻¹ Mg w formie jednowodnego siarczanu magnezowego o zawartości 26% MgO.

W drugim (a₂) i trzecim (a₃) poziomie nawożenia zastosowano antywylegacz płynny 675 SL w dawce 2,5 l·ha⁻¹ (faza 31 wg Zadoksa). W trzecim poziomie nawożenia zastosowano ponadto drugi antywylegacz Cerone 480 SL w dawce 0,5 l·ha⁻¹ (faza 33).

Poziomy ochrony:

Poziom b₁ — zaprawa Funaben T, Karben 500 SC w dawce 0,4 l·ha⁻¹ (faza 32 wg Zadoksa), Chwastox Turbo 340 SL w dawce 2,5 l·ha⁻¹ (faza 26);

— Poziom b₂ — Panocrine 300 LS, Karben 500 SC (faza 32), Tilt Plus 400 EC w dawce 1 l·ha⁻¹, Puma Universal 069 EW w dawce 1 l·ha⁻¹ (faza 32), Sekator 6,25 WG w dawce 0,3 kg·ha⁻¹ (faza 26);

— Poziom b₃ — Funaben T + Panocrine 300 LS, Sportak Alpha 380 EC 1,5 l·ha⁻¹ (faza 32), Flamenco 100 SC w dawce 1,25 l·ha⁻¹, Puma Universal 069 EW, Sekator 6,25 WG;

— Poziom b₄ — Raxil 060 FS + Latitude 125 FS, Sportak Alpha 380 SC, Flamenco 100 SC, Granit 200 SC w dawce 1 l·ha⁻¹ (faza 58), Puma Universal 069 EW, Sekator 6,25 WG.

Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 24 m².

Wiosną po ruszeniu wegetacji we wszystkich poziomach nawożenia po wysianiu pierwszej dawki nawozów azotowych oraz siarczanu magnezu wykonano bronowanie. Przed zbiorem pszenicy ozimej określono na każdym poletku liczbę kłosów, z powierzchni 0,5 m² w dwóch powtórzeniach. Wysokość roślin zmierzono na 30 roślinach z każdego poletka. Na próbie składającej się z 30 kłosów policzono liczbę i masę ziaren z kłosa. W czasie zbioru oznaczono plon ziarna. Po zbiorze określono masę 1000 ziaren.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji. Średnie porównano za pomocą najmniejszych istotnych różnic testem Tukeya.

Suma opadów w okresie wegetacji dwu pierwszych lat badań była większa od średniej z wielolecia, natomiast w roku 2002 nieznacznie mniejsza od normy wieloletniej. Średnie temperatury powietrza okresu wegetacji we wszystkich latach prowadzenia badań były wyższe w porównaniu ze średnimi z wielolecia (tab. 1).

Tabela 1

Opady i temperatury powietrza w miesiącach IV–VII w zestawieniu ze średnimi wieloletnimi (1974–2003) wg Stacji Meteorologicznej w Bezku
Rainfalls and air temperatures in months IV–VII as compared to the long-term mean figures (1974–2003), according to the Meteorological Station at Bezek

Lata Years	Miesiące — Months				Sumy Sum
	IV	V	VI	VII	
	Opady — Rainfalls (mm)				
2000	72,9	50,0	55,8	126,7	305,4
2001	51,2	26,6	93,8	157,7	329,3
2002	19,0	27,3	116,7	87,2	250,2
Średnie z lat 1974–2003 Means for 1974–2003	40,1	53,0	77,6	80,3	251,0
Temperatura — Temperature in (°C)					Średnio — Mean
2000	11,6	14,6	17,1	16,5	15,0
2001	9,9	13,8	14,4	20,4	14,6
2002	8,1	16,6	16,7	20,6	15,5
Średnie z lat 1974–2003 Means for 1974–2003	7,6	13,6	16,2	17,9	13,8

WYNIKI

Istotnie wyższy plon ziarna pszenicy ozimej uzyskano w drugim i trzecim poziomie nawożenia NPKMg (a_2 , a_3) w porównaniu do poziomu podstawowego (a_1). W podstawowym poziomie ochrony chemicznej (b_1) uzyskano istotnie niższy plon ziarna pszenicy ozimej w porównaniu z trzema (b_2 , b_3 , b_4) pozostałymi wariantami (tab. 2). Największy plon ziarna pszenicy ozimej uzyskano w 2000 roku, w 2002 był on istotnie mniejszy, a najmniejszy w roku 2001. Udowodniona interakcja między poziomami nawożenia a latami wskazuje, że w latach 2000 i 2002 w trzecim najwyższym poziomie nawożenia (a_3) uzyskano istotnie większy plon ziarna niż w podstawowym poziomie nawożenia (a_1). W roku 2001 poziom nawożenia mineralnego nie różnicował istotnie wielkości plonu. Stwierdzona interakcja między poziomami ochrony a latami dowodzi, że jedynie w roku 2002 uzyskano istotnie niższy plon ziarna pszenicy ozimej w obiekcie ochrony podstawowej (b_1) w porównaniu z pozostałymi wariantami ochrony nieróżniącymi się pomiędzy sobą (tab. 2).

Średnio w trzyleciu czynniki doświadczenia nie miały istotnego wpływu na liczbę kłosów na jednostce powierzchni. Zaznaczyła się jednak tendencja zwiększania ich liczby w obiektach intensywniej nawożonych oraz chronionych (tab. 3). Liczba kłosów na 1 m² w roku 2001 była istotnie większa niż w pozostałych latach. Udowodniona interakcja pomiędzy poziomami nawożenia a latami wskazuje, że na obiektach zwiększonego nawożenia (a_2 i a_3) w roku 2001 stwierdzono istotnie większą liczbę kłosów pszenicy ozimej niż w pozostałych latach. Podobnie stwierdzona interakcja pomiędzy poziomami ochrony a latami generalnie wskazuje na istotnie większą liczbę kłosów w roku 2001 w zwiększonych poziomach ochrony (b_2 , b_3 , b_4) w porównaniu z poziomami pozostałych lat.

Tabela 2

Plon ziarna pszenicy ozimej w t·ha⁻¹
Grain yield of winter wheat in t·ha⁻¹

Lata Years	Poziomy ochrony Protection levels	Poziomy nawożenia — Fertilization levels			Średnio Mean
		a ₁ *	a ₂	a ₃	
2000	b ₁	5,09	6,31	5,84	5,75
	b ₂	6,13	7,11	7,81	7,02
	b ₃	6,19	6,19	7,23	6,54
	b ₄	6,02	6,25	7,06	6,44
Średnio — Mean		5,85	6,47	6,99	6,44
2001	b ₁	4,04	3,75	3,35	3,72
	b ₂	3,99	4,34	4,51	4,28
	b ₃	4,80	4,97	4,22	4,67
	b ₄	4,62	4,70	4,63	4,65
Średnio — Mean		4,37	4,44	4,18	4,33
2002	b ₁	4,82	5,00	5,08	4,97
	b ₂	5,83	5,83	6,43	6,03
	b ₃	5,48	6,49	6,31	6,09
	b ₄	5,05	6,07	6,43	5,85
Średnio — Mean		5,30	5,85	6,06	5,74
Średnio z 3 lat Average from 3 years	b ₁	4,65	5,02	4,76	4,81
	b ₂	5,32	5,76	6,25	5,78
	b ₃	5,49	5,88	5,92	5,76
	b ₄	5,23	5,68	6,04	5,65
Średnio — Mean		5,17	5,59	5,74	—

NIR (p = 0,05) — LSD (p = 0.05)

Pomiędzy poziomami nawożenia — between fertilization levels 0,37

Pomiędzy poziomami ochrony — between protection levels 0,47

Pomiędzy latami — between years 0,37

We współdziałaniu — in interaction: Poziomy nawożenia × poziomy ochrony — fertilization levels × protection levels 0,74

Poziomy nawożenia × lata — fertilization levels × years 0,64 Poziomy ochrony × lata — protection levels × years 0,74

* Objasnienia takie jak w metodyce; Explained in the description of methods

Tabela 3

Liczba kłosów pszenicy ozimej przed zbiorem na powierzchni m²
Number of ears of winter wheat before harvest, per m²

Lata Years	Poziomy ochrony Protection levels	Poziomy nawożenia — Fertilization levels			Średnio Mean
		a ₁ *	a ₂	a ₃	
1	2	3	4	5	6
2000	b ₁	474,2	496,0	501,0	490,4
	b ₂	532,5	497,5	470,2	500,1
	b ₃	480,2	527,5	534,0	513,9
	b ₄	518,8	488,0	541,2	516,0
Średnio — Mean		501,4	502,2	511,6	505,1
2001	b ₁	571,5	513,5	595,0	560,0
	b ₂	577,5	617,8	652,0	615,8
	b ₃	598,5	641,8	620,5	620,2
	b ₄	584,5	642,5	624,0	617,1
Średnio — Mean		583,1	603,9	622,9	603,3
2002	b ₁	452,8	503,2	524,5	493,5
	b ₂	446,0	554,8	565,8	522,2
	b ₃	543,0	482,2	528,5	517,9
	b ₄	543,0	556,0	491,5	530,2

c.d. Tabela 3

1	2	3	4	5	6
Średnio — Mean		496,2	524,1	527,6	515,9
	b ₁	499,5	504,2	540,2	514,6
Średnio z 3 lat	b ₂	518,7	556,7	532,7	546,0
Average from 3 years	b ₃	540,6	550,5	561,0	550,7
	b ₄	548,8	562,2	552,2	554,4
Średnio — Mean		526,9	543,4	554,0	—

NIR (p = 0,05) — LSD (p = 0.05)

Pomiędzy latami — between years 33,7

We współdziałaniu — in interaction:

Poziomy nawożenia × lata — fertilization levels × years 58,3

Poziomy ochrony × lata — protection levels × years 67,3

*Objaśnienia takie jak w metodyce; Explained in the description of methods

Stosowane w doświadczeniu poziomy nawożenia mineralnego istotnie modyfikowały długość kłosa pszenicy ozimej. W podstawowym poziomie nawożenia stwierdzono istotnie krótsze kłosa pszenicy ozimej w porównaniu z dwoma wyższymi wariantami nie różniącymi się istotnie pomiędzy sobą (tab. 4).

Tabela 4

Długość kłosa pszenicy ozimej w cm
Length ear in cm

Lata Years	Poziomy ochrony Protection levels	Poziomy nawożenia — Fertilization levels			Średnio Mean
		a ₁ *	a ₂	a ₃	
2000	b ₁	8,9	8,9	8,9	8,9
	b ₂	9,1	9,5	9,0	9,2
	b ₃	9,0	8,9	9,4	9,1
	b ₄	8,8	9,2	9,1	9,0
Średnio — Mean		9,0	9,1	9,1	9,0
2001	b ₁	7,8	8,3	8,5	8,2
	b ₂	7,9	8,3	8,3	8,2
	b ₃	8,2	8,0	8,0	8,1
	b ₄	8,1	8,7	8,2	8,3
Średnio — Mean		8,0	8,3	8,2	8,2
2002	b ₁	9,5	9,6	10,0	9,7
	b ₂	9,2	9,9	10,0	9,7
	b ₃	9,8	9,4	9,9	9,7
	b ₄	9,3	9,5	10,0	9,6
Średnio — Mean		9,4	9,6	9,9	9,7
Średnio z 3 lat	b ₁	8,7	8,9	9,1	8,9
Average from 3	b ₂	8,7	9,2	9,1	9,0
years	b ₃	9,0	8,8	9,1	8,9
	b ₄	8,8	9,1	9,1	9,0
Średnio — Mean		8,8	9,0	9,1	—

NIR (p= 0,05) – LSD (p = 0.05)

Pomiędzy poziomami nawożenia — between fertilization levels 0,2

Pomiędzy latami — between years 0,2

We współdziałaniu — in interaction:

Poziomy nawożenia × lata – fertilization levels × years 0,4

Poziomy ochrony × lata – protection levels × years 0,5

*Objaśnienia takie jak w metodyce; Explained in the description of methods

Interakcja pomiędzy poziomami ochrony a latami polegała na tym, że w roku 2002 pszenica ozima tworzyła najdłuższe kłosa, istotnie krótsze w roku 2000, a najkrótsze w roku 2001 (tab. 4). Interakcja pomiędzy poziomami nawożenia a latami układała się w ten sposób, że w najwyższym poziomie nawożenia (a_3) oraz średnimi (a_2 , b_2) i (a_2 , b_4) stwierdzono istotnie dłuższe kłosa niż na obiektach o najniższym i średnim poziomie nawożenia (a_1 , b_1 i a_1 , b_2).

Największą liczbę ziaren w kłosie stwierdzono w roku 2002, istotnie mniejszą w roku 2000 a najmniejszą w roku 2001. Stwierdzona interakcja pomiędzy poziomami nawożenia a latami kształtowała się podobnie jak średnie w latach, gdyż w poszczególnych latach różnice pomiędzy poziomami nawożenia znajdowały się w granicach błędu (tab. 5). Istotna interakcja pomiędzy poziomami ochrony a latami kształtowała się podobnie jak średnie z lat, gdyż pomiędzy poziomami ochrony nie stwierdzono istotnych różnic (tab. 5).

Tabela 5

Liczba ziaren w kłosie pszenicy ozimej
Grain number per ear of winter wheat

Lata Years	Poziomy ochrony Protection levels	Poziomy nawożenia — Fertilization levels			Średnio Mean
		a_1^*	a_2	a_3	
2000	b_1	33,2	33,0	32,0	32,8
	b_2	34,2	35,0	32,8	34,0
	b_3	35,0	32,2	35,2	34,2
	b_4	33,0	34,2	35,8	34,3
Średnio — Mean		33,9	33,6	33,9	33,8
2001	b_1	27,2	25,8	27,0	26,7
	b_2	29,0	29,0	29,5	29,2
	b_3	28,2	29,5	27,0	28,2
	b_4	28,5	27,2	28,2	28,0
Średnio — Mean		28,2	27,9	27,9	28,0
2002	b_1	37,2	36,5	36,8	36,8
	b_2	36,8	37,5	38,2	37,5
	b_3	37,0	37,2	37,5	37,2
	b_4	34,2	37,5	37,0	36,2
Średnio — Mean		36,3	37,2	37,4	37,0
Średnio z 3 lat Average from 3 years	b_1	32,6	31,8	31,9	32,1
	b_2	33,3	33,8	33,5	33,5
	b_3	33,4	33,0	33,2	33,2
	b_4	31,9	33,0	33,7	32,9
Średnio — Mean		32,8	32,9	33,1	—
NIR ($p = 0,05$) — LSD ($p = 0,05$)					
Pomiędzy latami — between years 1,7					
We współdziałaniu — in interaction:					
Poziomy nawożenia $\times$ lata — fertilization levels $\times$ years 2,9					
Poziomy ochrony $\times$ lata — protection levels $\times$ years 3,3					

* Objasnienia takie jak w metodyce; Explained in the description of methods

Istotnie mniejszą masę ziaren z kłosa stwierdzono w drugim poziomie nawożenia (a_2) oraz w pierwszym poziomie ochrony (b_1) w porównaniu z pozostałymi wariantami doświadczenia. Najmniejszą masę ziaren z kłosa stwierdzono w roku 2001, istotnie większą w roku 2000, a największą w 2002 (tab. 6). Udowodniona interakcja pomiędzy poziomami nawożenia i ochrony wskazuje, że stosując podwyższone nawożenie (a_2 , a_3),

w drugim (b_2) i czwartym poziomie ochrony (b_4) pszenica uzyskała większą masę ziarna w porównaniu do pierwszego (b_1). Interakcja pomiędzy poziomami nawożenia i latami kształtowała się podobnie jak średnie w latach. Interakcja pomiędzy poziomami ochrony a latami wskazuje, iż w roku 2001 w drugim (b_2) i trzecim (b_3) poziomie ochrony i w roku 2002 w drugim poziomie ochrony (b_2) stwierdzono istotnie większą masę ziaren niż w pierwszym poziomie ochrony chemicznej (b_1) (tab. 6).

Tabela 6

Masa ziaren z kłosa pszenicy ozimej w g
Grain weight per ear of winter wheat, in g

Lata Years	Poziomy ochrony Protection levels	Poziomy nawożenia — Fertilization levels			Średnio Mean
		a_1^*	a_2	a_3	
2000	b_1	1,2	1,3	1,3	1,3
	b_2	1,4	1,4	1,4	1,4
	b_3	1,4	1,3	1,5	1,4
	b_4	1,4	1,3	1,6	1,4
Średnio — Mean		1,4	1,3	1,4	1,4
2001	b_1	1,0	1,0	1,0	1,0
	b_2	1,1	1,1	1,2	1,2
	b_3	1,2	1,2	1,1	1,2
	b_4	1,1	1,1	1,1	1,1
Średnio — Mean		1,1	1,1	1,1	1,1
2002	b_1	1,6	1,5	1,5	1,5
	b_2	1,7	1,7	1,8	1,7
	b_3	1,7	1,6	1,6	1,6
	b_4	1,4	1,7	1,8	1,6
Średnio — Mean		1,6	1,6	1,7	1,6
Średnio z 3 lat Average from 3 years	b_1	1,3	1,2	1,3	1,3
	b_2	1,4	1,4	1,5	1,4
	b_3	1,4	1,3	1,4	1,4
	b_4	1,3	1,4	1,5	1,4
Średnio — Mean		1,4	1,3	1,4	—

NIR ($p = 0,05$) — LSD ($p = 0,05$)

Pomiędzy poziomami nawożenia — between fertilization levels 0,1

Pomiędzy poziomami ochrony — between protection levels 0,1

Pomiędzy latami — between years 0,1

We współdziałaniu — in interaction:

Poziomy nawożenia × poziomy ochrony — fertilization levels × protection levels 0,2

Poziomy nawożenia × lata — fertilization levels × years 0,2

Poziomy ochrony × lata — protection levels × years 0,2

*Objaśnienia takie jak w metodyce; Explained in the description of methods

W pierwszym poziomie ochrony chemicznej (b_1) masa tysiąca ziaren pszenicy ozimej była istotnie mniejsza aniżeli w pozostałych poziomach nieróżniących się istotnie pomiędzy sobą. Istotnie większą masę tysiąca ziaren pszenicy stwierdzono w latach 2000 i 2001 w porównaniu z rokiem 2002 (tab. 7).

Udowodniona interakcja pomiędzy poziomami nawożenia a poziomami ochrony wskazuje na istotnie mniejszą masę tysiąca ziaren z podstawowego poziomu nawożenia (a_1) i ochrony (b_1) w porównaniu z intensywnymi poziomami ochrony (b_3 i b_4). Istotnie mniejszą masę tysiąca ziaren stwierdzono w poziomie nawożenia (a_3) i ekstensywnym poziomie ochrony (b_1) a najintensywniejszym poziomem ochrony (b_4). Współdziałanie

poziomów nawożenia i lat polegało na istotnie mniejszej masie tysiąca ziaren w roku 2002 w poziomach ekstensywnym (a_1) i najintensywniejszym (a_3) w porównaniu z rokiem 2000 (tab. 7). Interakcja pomiędzy poziomami ochrony a latami polegała na istotnie mniejszej masie tysiąca ziaren w ekstensywnym poziomie ochrony (b_1) w roku 2002 a pozostałymi poziomami i latami (tab. 7).

Tabela 7

Masa tysiąca ziaren (MTZ) pszenicy ozimej w g
1000 grain weight of winter wheat

Lata Years	Poziomy ochrony Protection levels	Poziomy nawożenia — Fertilization levels			Średnio Mean
		a_1^*	a_2	a_3	
2000	b_1	37,0	38,2	39,2	38,2
	b_2	39,0	39,8	42,0	40,2
	b_3	41,5	37,2	42,0	40,2
	b_4	40,8	37,8	43,0	40,5
Średnio — Mean		39,6	38,2	41,6	39,8
2001	b_1	38,8	38,2	37,2	38,1
	b_2	39,2	39,0	39,8	39,3
	b_3	40,5	38,8	40,0	39,8
	b_4	38,8	39,0	37,8	38,5
Średnio — Mean		39,3	38,8	38,7	38,9
2002	b_1	31,8	35,2	34,5	33,8
	b_2	37,5	39,8	37,8	38,3
	b_3	37,2	38,0	36,0	37,1
	b_4	38,2	37,8	39,5	38,5
Średnio — Mean		36,2	37,7	36,9	36,9
Średnio z 3 lat Average from 3 years	b_1	35,8	37,2	37,0	36,7
	b_2	38,6	39,5	39,8	39,3
	b_3	39,8	38,0	39,3	39,0
	b_4	39,2	38,2	40,1	39,2
Średnio — Mean		38,4	38,2	39,1	—

NIR ($p = 0,05$) — LSD ($p = 0,05$)

Pomiędzy poziomami ochrony — between protection levels 2,0

Pomiędzy latami — between years 1,5

We współdziałaniu — in interaction:

Poziomy nawożenia × poziomy ochrony — fertilization levels × protection levels 3,1

Poziomy nawożenia × lata — fertilization levels × years 2,7

Poziomy ochrony × lata — protection levels × years 3,1

*Objaśnienia takie jak w metodyce; Explained in the description of methods

DYSKUSJA

Plon ziarna pszenicy ozimej był kształtowany przez zastosowane czynniki doświadczenia. Wzrost poziomu nawożenia azotem z 80 kg do 120, fosforem z 8,7 do 26,2, potasem z 24,3 do 66,4 kg·ha⁻¹, wniesienie Mg w dawce 18,1 kg·ha⁻¹ oraz zastosowanie antywyłegacza płynnego 675 SL istotnie zwiększało plon ziarna pszenicy ozimej. Dalsze zwiększanie poziomu nawożenia tymi składnikami nie podnosiło plonu ziarna pszenicy ozimej. Zbliżone rezultaty w nawożeniu pszenicy ozimej uzyskał Rachoń (1994), wnosząc 60 kg N·ha⁻¹. Wójcikiewicz i in. (1995) stosując nawożenie azotem powyżej 90 kg·ha⁻¹ uzyskali niewielki przyrost plonu ziarna pszenicy ozimej. Borkowska-Królik (1983/1984)

oraz Styk i Borkowska-Królik (1985) stwierdzili, że intensywne nawożenie mineralne prowadzi do zmniejszenia krzewienia produkcyjnego, liczby i masy ziarna z rośliny i w konsekwencji obniżenia plonu ziarna. W omawianym doświadczeniu liczba kłosów, masa ziaren z kłosa i masa tysiąca ziaren nie były istotnie różnicowane przez poziomy nawożenia mineralnego. Masa ziaren z kłosa była istotnie mniejsza w drugim optymalnym poziomie nawożenia (a_2) od dwu pozostałych (a_1, a_3). Podobnie plon ziarna pszenicy ozimej w najwyższym poziomie nawożenia a_3 nie różnił się istotnie od optymalnego poziomu nawożenia (a_2).

Kuś i Jończyk (1997) udowodnili, że istnieje zależność pomiędzy przebiegiem pogody i nawożeniem azotem a plonem ziarna pszenicy ozimej, co znalazło potwierdzenie w tych badaniach.

Intensyfikacja ochrony ładu pszenicy ozimej przed chwastami i chorobami (b_2) polegająca na zastosowaniu herbicydu Sekator 6,25 WG i Pumi Universal 069 EW zamiast Chwastoxu Turbo 340 SL, zaprawy nasiennej Panocrine 300 LS zamiast Funabenu T oraz Tiltu Plus 400 EC wpłynęła istotnie na zwiększenie plonu pszenicy o 20,2% w porównaniu z pierwszym poziomem (b_1).

Dalsza intensyfikacja ochrony nie zwiększała, a stabilizowała plon ziarna, gdyż w poziomie trzecim wzrost wyniósł 19,8%, a w czwartym 17,5% w porównaniu do pierwszego sposobu ochrony. Uzyskane wyniki wskazują, że nadmierna intensyfikacja ochrony przed chwastami i chorobami nie zwiększa plonów ziarna. Kuś i Jończyk (1997) podają, że chemiczna ochrona ładu pszenicy ozimej przed chorobami jest jednym z czynników istotnie zwiększających plon ziarna. Podolska i Stypuła (2002) także stwierdzili, że osiągnięcie wysokiego plonu ziarna o dobrej jakości wymaga chemicznej ochrony ładu przed chwastami i chorobami. Zaniechanie ochrony zasiewów pszenicy ozimej w badaniach Podolskiej i wsp. (2004) zmniejszało poziom plonowania o około 45% w porównaniu z obiektem chronionym intensywnie.

WNIOSKI

1. Większy plon ziarna pszenicy ozimej uzyskano w warunkach zwiększonego poziomu nawożenia mineralnego (N — 120; P — 26,2; K — 66,4; Mg — 18,1) $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz zwiększonego poziomu ochrony chemicznej (Sekator 6,25 WG i Puma Universal 069 EW, zaprawa nasenna Panocrine 300 LS, Tilt Plus 400 EC, antywylegacz płynny 675 SL)
2. Długość kłosa zwiększała się w kolejnych poziomach nawożenia mineralnego. Masa ziaren z kłosa oraz masa tysiąca ziaren pszenicy ozimej była większa w obiektach zwiększonej ochrony chemicznej ładu.
3. Warunki pogodowe sezonów wegetacji różnicowały obsadę kłosów, liczbę oraz masę ziaren z kłosa, MTZ i w rezultacie plon ziarna.
4. Na rędzinie w warunkach klimatycznych Lubelszczyzny w optymalnym poziomie nawożenia i ochrony chemicznej podanym we wniosku 1 możliwy jest dwukrotny wysiew pszenicy ozimej po sobie.

LITERATURA

- Borkowska-Królik H. 1983/1984. Wpływ wysokiego nawożenia mineralnego na plonowanie pszenicy ozimej. *Annales UMCS, Sec. E*, 38/39, 15: 163 — 172.
- Budzyński W., Borysewicz J., Bielski S. 2004. Wpływ poziomu nawożenia azotem na plonowanie i jakość technologiczną ziarna pszenicy ozimej. *Pam. Puł.* 135: 33 — 44.
- Kulig B., Kania S., Szafranski W., Zajac T. 2001. Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na intensywność uprawy. *Biul. IHAR* 218/219: 117 — 126.
- Podolska G., Stankowski S. 2001. Plonowanie i jakość ziarna pszenicy ozimej w zależności od gęstości siewu i dawki nawożenia azotem. *Biul. IHAR* 218/219: 127 — 136.
- Podolska G., Stypuła G. 2002. Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej w zależności od sposobu ochrony przed chorobami i chwastami. *Pam. Puł.* 130: 587 — 596.
- Podolska G., Stypuła G., Stankowski S. 2004. Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej w zależności od intensywności ochrony zasiewów. *Annales UMCS, Sec. E*, 2004, 59, 1: 269 — 276.
- Kuś J., Jończyk K. 1997. Oddziaływanie wybranych elementów agrotechniki na plonowanie pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 3: 4 — 16.
- Rachoń L. 1994. Wpływ wielkości dawek azotu na plon i jakość ziarna pszenicy ozimej w warunkach stosowania fungicydu i retardantu. *Annales UMCS, Sec. E*, 49: 37 — 42.
- Styk B., Borkowska-Królik H. 1985. Wpływ zróżnicowanego nawożenia mineralnego na plonowanie pszenicy ozimej. *Annales UMCS, Sec. E*, 40, 18: 171 — 179.
- Wójcikiewicz M., Błażej J., Rząsa B. 1995. Produkcyjność pszenicy ozimej przy zróżnicowanym nawożeniu azotowym. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 300, 32: 125 — 132.

PIOTR KRASKAKatedra Ekologii Rolniczej
Akademia Rolnicza, Lublin

Wpływ zróżnicowanych dawek herbicydów na plonowanie i zawartość makroelementów w ziarnie pszenicy ozimej

The influence of different doses of herbicides on yielding and macroelements content in winter wheat grain

Doświadczenie przeprowadzono w latach 2003–2005 w Gospodarstwie Doświadczalnym Bezek należącym do Akademii Rolniczej w Lublinie. Dwuczynnikowe doświadczenie polowe założono metodą bloków losowych w czterech powtórzeniach na rędzinie. Celem badań było porównanie działania trzech dawek herbicydów w łanie pszenicy ozimej Tonacja i Turnia na plon ziarna, elementy struktury kłosa i zawartość makroelementów w ziarnie. Herbicydy Atlantis 04 WG i Factor 365 EC były stosowane w pełnych zalecanych dawkach ($200 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1} + 1,0 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$), zredukowanych do 75% oraz dawkach zmniejszonych o połowę. Efekt działania pełnej i zredukowanych dawek herbicydów porównywano w odniesieniu do obiektu kontrolnego bez herbicydu. Uzyskane dane opracowano statystycznie metodą analizy wariancji. Średnie porównano przy pomocy najmniejszych istotnych różnic testem Tukeya. Stwierdzono, że plon ziarna, MTZ i liczba kłosów na jednostce powierzchni były istotnie większe na obiektach z zastosowaniem herbicydów w porównaniu do poletek kontrolnych. Długość kłosa, masa i liczba ziaren z kłosa, wysokość roślin i MTZ były większe na obiektach z odmianą Turnia aniżeli z odmianą Tonacja. Czynniki doświadczenia nie różnicowały zawartości białka ogółem, N, P, K, Mg, Ca i Na w ziarnie.

Słowa kluczowe: herbicydy, makroelementy, plon ziarna, pszenica ozima

The experiment with winter wheat was carried out in the years 2003–2005 at the farm Bezek (near Chełm) subjected to the Agricultural University in Lublin. The two-factor field experiment was set up as randomized blocks with four replications, on rendzina soil after forecrop of tomato cultivated on full dose of manure. The aim of the study was comparison of influence of three doses of herbicides on grain yield, yield components and macroelements content in grain. The herbicides Atlantis 04 WG and Factor 365 EC were applied in three doses: full recommended ($200 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1} + 1.0 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$), reduced to 75% and reduced to 50% in canopy of winter wheat cultivars Tonacja and Turnia. The control object was not treated with herbicides. The results were statistically analyzed by means of variance analysis, and the mean values were compared with the Tukey's confidence intervals ($p = 0.05$). It was stated that grains yield, weight of 1000 grain and number of productive ears were significantly higher for the herbicides treatments, in comparison with the control. Length of ear, grain weight per ear, number of grains per ear, plant height and weight of 1000 grains were higher for the objects with cv. Turnia than for those

with cv. Tonacja. The experimental factors did not differentiate contents of total protein, N, P, K, Mg, Ca and Na in grain.

Key words: grain yield, herbicides, macroelements, winter wheat

WSTĘP

Stosowanie herbicydów w uprawie zbóż stało się trwałym elementem współczesnego rolnictwa (Banaszkiewicz, 1993). Stworzyło jednocześnie konieczność kontrolowania ich wpływu na jakość plonu. Istnieje bowiem możliwość wpływu tych związków na procesy metaboliczne roślin, czego następstwem są zmiany w jakości ziarna (Rola i Kostowska, 1985; Narkiewicz-Jodko i in., 2002). Dążenie do ograniczenia zużycia środków chemicznych spowodowane jest coraz większą dbałością o jakość środowiska przyrodniczego, zdrowotność płodów rolnych, oraz zmniejszeniem kosztu zabiegu (Domaradzki i Praczyk, 2004). Domaradzki i Rola (2001) stwierdzili, że istnieje możliwość redukcji dawek herbicydów nawet o 50%, bez istotnego obniżenia plonowania zbóż ozimych z jednoczesnym zachowaniem wymaganej skuteczności chwastobójczej.

W pracy podjęto próbę porównania działania zróżnicowanych dawek herbicydów na plon ziarna, elementy struktury plonu oraz zawartość makroelementów w ziarnie pszenicy ozimej.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w latach 2003–2005 w Gospodarstwie Doświadczalnym Bezek niedaleko Chełma, należącym do Akademii Rolniczej w Lublinie. W dwuczynnikowym doświadczeniu przeprowadzonym w układzie bloków losowych porównywano działanie trzech dawek herbicydów w łanie pszenicy ozimej Tonacja i Turnia. Herbicydy były stosowane w pełnych zalecanych dawkach, zredukowanych do 75% oraz dawkach zmniejszonych o połowę. Kontrolę stanowiły poletka, na których nie stosowano herbicydów.

Pole doświadczalne było położone na średnio ciężkiej rędzinie mieszanej, wytworzonej z opoki kredowej o składzie granulometrycznym gliny średniej pylastej. Gleba ta miała odczyn obojętny, bardzo wysoką zawartość P — 342,1 i K — 278,9 oraz bardzo niską magnezu — 16 (podane w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby), wysoką zawartość — ponad 3,5% węgla organicznego oraz została zakwalifikowana do klasy bonitacyjnej IIIb i kompleksu pszennego wadliwego.

Uprawę roli wykonywano zgodnie z ogólnie przyjętymi zaleceniami agrotechnicznymi. Przedplonem był ziemniak uprawiany na pełnej dawce obornika ($25 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Ziarno zaprawiane zaprawą Panocrine 300 LS (substancja biologicznie czynna — guazatyna w postaci octanu) wysiewano w liczbie 5 mln ziaren na ha. Dawki nawozów mineralnych były następujące: N — $120 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; P_2O_5 — $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; K_2O — $120 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Nawozy fosforowe i potasowe oraz $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ zastosowano przedsięwinnie. Pozostałą część dawki azotu wnoszono przed ruszeniem wegetacji $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, oraz $30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ w fazie strzelania w źdźbło. Zastosowano następujące środki ochrony roślin: Atlantis 04 WG $200 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ —

(20-29 fazy rozwojowe wg Zadoksa) + Actirob 842 EC 1,0 l·ha⁻¹ — dawka podstawowa, Factor 365 EC 1,0 l·ha⁻¹ — (20–29*) — dawka podstawowa, Alert 375 SC 1,0 l·ha⁻¹ — (26–29*), Tango 500 SC 0,8 l·ha⁻¹ — (40–49*), Terpal C 460 SL 2,5 l·ha⁻¹ — (30–39*). Herbicydy Atlantis 04 WG (zawierający dwie substancje aktywne: mezosulfuron metylowy 30g·kg⁻¹ + jodosulfuron metylosodowy 6 g·kg⁻¹ i jako sejfner mefenpyr dietylowy 90 g·kg⁻¹) oraz Factor 365 EC (zawierający 5 g·l⁻¹ metosulamu oraz 360 g·l⁻¹ 2,4 D) stosowano łącznie. W doświadczeniu użyto również adiuwant Actirob 842 EC (zawierający w 1 litrze 842 g estru metylowego oleju rzepakowego).

Przed zbiorem pszenicy ozimej oznaczono liczbę źdźbeł produkcyjnych w dwu punktach każdego poletka wyznaczonych ramką o powierzchni 0,5 m². Ponadto na 30 roślinach z każdego poletka określono ich wysokość. Jednocześnie na trzydziestu losowo wybranych kłosach z każdego poletka określono ich długość, liczbę ziaren w kłosie oraz masę ziaren z kłosa. Zbiór wykonano kombajnem w fazie dojrzałości pełnej. Zawartość białka ogółem w suchej masie ziarna pszenicy ozimej oznaczono metodą Kjeldahla w próbkach zbiorczych z kombinacji. W ziarnie oznaczono procentową zawartość P metodą kolorymetryczną, K, Na, Ca metodą fotometrii płomieniowej oraz Mg metodą ASA. Mineralizację wykonano w H₂SO₄ + H₂O₂. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji. Średnie porównano testem Tukeya za pomocą najmniejszych istotnych różnic.

Warunki meteorologiczne

Suma opadów okresu wegetacji w roku 2003 była wyraźnie mniejsza niż suma wieloletnia, w roku 2004 zbliżona natomiast w roku 2005 większa od normy wieloletniej. Średnie temperatury powietrza w pierwszym i trzecim roku badań były większe od średniej wieloletniej natomiast w roku 2004 mniejsze (tab. 1).

Tabela 1

Opady i temperatury powietrza sezonu wegetacyjnego 2003–2005 w zestawieniu ze średnimi wieloletnimi (1974–2003) wg Stacji Meteorologicznej w Bezku
Rainfalls and air temperatures in the vegetation seasons of the years 2003–2005 as compared to the long-term mean figures (1974–2003), according to the Meteorological Station at Bezek

Lata Years	Miesiące — Months					Suma Sum
	IV	V	VI	VII	VIII	
	Opady w mm — Rainfalls in mm					
2003	33,7	82,5	57,6	69,1	31,8	274,7
2004	47,4	67,8	38,7	90,7	67,2	311,8
2005	35,6	81,1	55,3	52,4	105,5	329,9
Średnie z lat 1974–2003 Mean for 1974–2003	40,1	53,0	77,6	80,3	61,6	312,6
Temperatura w °C — Temperature in °C						średnio — mean
2003	6,8	16,2	17,2	19,7	18,7	15,7
2004	7,8	11,6	15,6	17,6	19,0	14,3
2005	7,0	13,0	15,8	19,8	20,2	15,2
Średnie z lat 1974–2003 Mean for 1974–2003	7,6	13,6	16,2	17,9	17,5	14,6

WYNIKI I DYSKUSJA

Czynniki doświadczenia w istotny sposób wpływały na plon ziarna pszenicy ozimej oraz elementy jego struktury. Nie stwierdzono natomiast współdziałania odmiany z dawką herbicydu na kształtowanie wielkości plonu ziarna, cech jego struktury oraz zawartości makroelementów w ziarnie. Plon ziarna pszenicy ozimej nie był istotnie różnicowany przez warunki pogodowe kolejnych sezonów wegetacji. Natomiast elementy struktury plonu oraz zawartość makroelementów w ziarnie pszenicy ozimej były istotnie różnicowane przez warunki panujące w kolejnych latach badań.

Liczba kłosów produkcyjnych na poletkach kontrolnych była istotnie mniejsza niż w obiektach herbicydowych — od 28,4 do 34,5% (tab. 2). Liczba kłosów pszenicy ozimej na 1 m² w roku 2003 była istotnie większa niż w dwu pozostałych latach badań (tab. 5). W badaniach Skrzypczaka i wsp. (2003) wniesienie herbicydów zwiększyło liczbę kłosów pszenicy o 4%.

Tabela 2

Liczba kłosów produkcyjnych na 1 m² (średnio z lat 2003–2005)
Number of productive ears per 1 m² (mean in the 2003–2005)

Odmiany Cultivars	Dawki herbicydów — Herbicides doses				Średnio Mean
	A*	B	C	D	
Tonacja	347,3	470,8	490,2	441,9	437,5
Turnia	338,0	437,0	431,8	437,9	411,2
Średnio — Mean	342,7	453,9	461,0	439,9	—
NIR — LSD (p = 0,05) dawka herbicydów 57,6 — herbicides dose 57.6					

A* — kontrola; A* — control

B — 100% dawki herbicydu; B — 100% dose of herbicide

C — 75% dawki herbicydu; C — 75% dose of herbicide

D — 50% dawki herbicydu; D — 50 % dose of herbicide

Masa tysiąca ziaren w wariancie kontrolnym była istotnie mniejsza niż w obiektach herbicydowych od 5,6 do 7,1% (tab. 3). Podobnie Adamczewski i wsp. (1996) stosując chemiczne odchwaszczanie łąnu pszenicy uzyskali zwiększenie MTZ od 16 do 21% oraz jednocześnie zwiększenie liczby ziaren w kłosie od 9 do 13%. Masa tysiąca ziaren w roku 2004 była istotnie większa niż w latach 2003 i 2005, jednocześnie w roku 2005 większa niż w pierwszym roku badań (tab. 5).

Tabela 3

MTZ pszenicy ozimej (g) (średnio z lat 2003–2005)
Weight of 1000 grain of winter wheat (g) (mean in the 2003–2005)

Odmiany Cultivars	Dawki herbicydów — Herbicides doses				Średnio Mean
	A*	B	C	D	
Tonacja	46,6	50,0	49,5	49,6	48,9
Turnia	49,9	52,8	53,7	52,3	52,2
Średnio — Mean	48,2	51,4	51,6	50,9	—
NIR (p = 0,05) dawka herbicydów 1,2 — herbicides doses 1.2					
LSD (p = 0,05) odmiana 0,6 — cultivar 0.6					

* objaśnienia jak w tabeli 3; Explanation like in table 2

Zastosowane dawki herbicydów nie zmieniały istotnie długości, liczby i masy ziaren z kłosa. Także wysokość roślin nie była istotnie różnicowana przez zastosowane dawki herbicydów. Zaznaczyła się jednak tendencja występowania wyższych roślin w obiektach bez herbicydów. Prawdopodobnie wynikało to z faktu, że na tych poletkach pszenica konkurowała o światło z licznie występującymi chwastami. Długość kłosa, liczba i masa ziaren w kłosie w roku 2003 były istotnie mniejsze niż kolejnych dwu latach badań, jednocześnie w roku 2004 mniejsze niż w roku 2005. W latach 2004 oraz 2005 pszenica ozima była istotnie wyższa niż w roku 2003 (tab. 5).

Plon ziarna pszenicy ozimej był istotnie większy w obiektach z zastosowaniem herbicydów Atlantis i Factor w porównaniu z kontrolą bez herbicydów. Pomiędzy obiektami herbicydowymi nie stwierdzono istotnych różnic (tab. 4).

Tabela 4

Plon pszenicy ozimej (dt·ha ⁻¹) Yield of winter wheat (dt·ha ⁻¹)					
Odmiany Cultivars	Dawki herbicydów — Herbicides doses				Średnio Mean
	A*	B	C	D	
Tonacja	34,2	73,3	72,4	72,9	63,2
Turnia	46,6	71,3	75,0	72,5	66,3
Średnio Mean	40,4	72,3	73,7	72,7	—
NIR — LSD (p = 0,05) dawka herbicydów 5,7 — herbicides doses 5.7					
Lata Years					
2003	49,1	69,8	70,0	71,4	65,1
2004	43,2	72,9	75,6	69,7	65,3
2005	28,8	74,2	75,5	77,0	63,9
Średnio Mean	40,4	72,3	73,7	72,7	—
NIR — LSD (p = 0,05) dawka herbicydów × lata 12,6 — herbicides doses × years 12.6					

* Objasnienia jak w tabeli 2; Explanation like in table 2

Tabela 5

Cechy struktury plonu oraz zawartość makroelementów w ziarnie pszenicy ozimej w zależności od lat
Yield components and macroelements content of winter wheat grain depending on years

Cecha Character	Lata — Years			NIR — LSD (p = 0,05)
	2003	2004	2005	
Liczba kłosów produkcyjnych na m ² Number of productive ears per m ²	472,0	378,0	422,7	45,4
MTZ — Weight of 1000 grains (g)	47,5	52,5	51,6	0,9
Wysokość roślin — Plant height (cm)	80,7	102,8	105,6	3,3
Długość kłosa — Length of ear (cm)	8,0	8,6	9,6	0,3
Liczba ziaren w kłosie Number of grains per ear	26,2	28,7	37,5	1,7
Masa ziaren w kłosie Weight of grain per ear (g)	1,4	1,5	2,2	0,1
N — % zawartość w ziarnie — content in grain	1,990	1,624	2,219	0,148
P — % zawartość w ziarnie — content in grain	0,236	0,411	0,322	0,028
K — % zawartość w ziarnie — content in grain	0,389	0,157	0,321	0,029
Mg — % zawartość w ziarnie — content in grain	0,099	0,051	0,081	0,006
Ca — % zawartość w ziarnie — content in grain	0,022	0,025	0,069	0,011
Na — % zawartość w ziarnie — content in grain	0,0100	0,0116	0,0061	*m–ns

*Różnice nieistotne; Not significant differences

W obiektach herbicydowych uzyskano plon ziarna większy od 79 do 82,4% w porównaniu z obiektami bez herbicydów. Wynikało to z dużego zachwaszczenia obiektów

kontrolnych, na których średnio za okres trzech lat przed zbiorem pszenicy ozimej na m² stwierdzono 112 sztuk chwastów (305,6 g·m⁻² powietrznie suchej masy chwastów). W tym samym okresie w obiektach herbicydowych stwierdzono od 15,3 do 20,4 sztuk chwastów — od 28,8 do 55,7 g·m⁻² powietrznie suchej masy chwastów (Kraska, 2006). Stwierdzona interakcja między dawkami herbicydów a latami wskazuje, że we wszystkich latach badań plon ziarna uzyskany z obiektów herbicydowych był istotnie większy niż z poletek kontrolnych bez herbicydów (tab. 4). Uzyskane wyniki dowodzą, że zastosowane w tym doświadczeniu herbicydy działały skutecznie w pełnych jak i zmniejszonych dawkach. Rola i wsp. (1997) wskazują także na możliwość obniżenia dawki herbicydów od 20% do 30% a nawet do 50%, bez ujemnego wpływu na skuteczność działania i plon ziarna roślin uprawnych.

Adamczewski i Praczyk (2003) wykazali, że w miarę wzrostu dawek herbicydu Atlantis 04 WG z adiuwantami, w wyniku lepszego zwalczania chwastów osiągnięto zwiększenie plonu ziarna. Badania prowadzone przez Skrzypczaka i wsp. (2003) dowiodły, że zastosowanie herbicydów w obniżonej dawce z dodatkiem adiuwantów wpływało na zwiększenie plonu ziarna pszenicy ozimej od 30 do 40% w porównaniu do plonów uzyskanych z obiektu kontrolnego bez pielęgnowania.

Zawartość białka ogółem w ziarnie pszenicy ozimej nie była istotnie różnicowana przez zastosowane dawki herbicydów. Urban i wsp. (2001) po zastosowaniu herbicydów w łanie pszenicy ozimej nie stwierdzili istotnych zmian w zawartości białka ogółem. Natomiast Brzozowska i Brzozowski (2002) ograniczając dawkę herbicydu Granstar 75 DF z 24 i 18 g·ha⁻¹ do 12 g·ha⁻¹ uzyskali istotny wzrost zawartości białka ogółem w ziarnie pszenicy ozimej.

Zastosowane dawki herbicydów nie zmieniały istotnie procentowej zawartości badanych składników w ziarnie pszenicy ozimej (tab. 6).

Tabela 6

Procentowa zawartość niektórych składników w ziarnie pszenicy ozimej (średnio z lat 2003–2005)
Percentage content of some nutrients in grain of winter wheat (mean in the 2003–2005)

Składnik Component	Dawki herbicydów — Herbicides doses				NIR — LSD (p = 0,05)
	A*	B	C	D	
N	1,962	1,958	1,937	1,920	** _{tn} –ns
P	0,317	0,322	0,319	0,333	** _{tn} –ns
K	0,291	0,285	0,283	0,297	** _{tn} –ns
Mg	0,076	0,079	0,076	0,079	** _{tn} –ns
Ca	0,040	0,040	0,037	0,037	** _{tn} –ns
Na	0,0085	0,0088	0,0092	0,0105	** _{tn} –ns

* Objasnienia jak w tabeli 2; Explanation like in table 2

** Różnice nieistotne; Not significant differences

Warunki pogodowe sezonów wegetacji istotnie modyfikowały zawartość analizowanych makroelementów. W roku 2004 zawartość N w ziarnie pszenicy była istotnie mniejsza niż w pozostałych latach badań jednocześnie w roku 2003 mniejsza niż w roku 2005. Największą zawartość fosforu w ziarnie pszenicy ozimej stwierdzono w roku 2004, mniejszą w roku 2005, najmniejszą w pierwszym roku badań. Natomiast największą

zawartość K i Mg w ziarnie określono w roku 2003, istotnie mniejszą w roku 2005, zaś najmniejszą w drugim roku badań. Największą zawartość Ca w ziarnie pszenicy stwierdzono w roku 2005 w porównaniu z dwoma pierwszymi latami badań. Zawartość Na w ziarnie pszenicy nie zmieniała się istotnie w kolejnych latach badań (tab. 5).

Również Brzozowska i Brzozowski (2002) nie odnotowali wpływu zróżnicowanych dawek herbicydów na zawartość makroelementów (P, K, Mg, Ca) w ziarnie pszenicy ozimej odmiany Almari. Rola i Kostowska (1985) stwierdzili, że prawidłowo stosowane herbicydy nie wywoływały zakłóceń w gospodarce mineralnej roślin, nie powodowały zaburzeń w składzie mineralnym ziarna badanych odmian pszenicy, jak również nie oddziaływały ujemnie na metabolizm białek. Natomiast podkreślają, iż w zawartości makro- i mikroskładników najwyraźniej zaznaczyły się różnice pomiędzy poszczególnymi latami oraz tendencje we współdziałaniu stosowanych herbicydów z przebiegiem pogody.

Odmiana Turnia w porównaniu z Tonacją odznaczała się istotnie większą masą tysiąca ziaren, wysokością, długością kłosa, liczbą i masą ziaren w kłosie (tab. 3, tab. 7). Rola i Kostkowska (1985) stwierdzili, że oddziaływanie herbicydów na jakość plonów zależało poza czynnikami pogodowymi i glebowymi również od cech odmianowych roślin uprawnych. Adamczewski i Urban (2000) podają, że liczba ziaren w kłosie oraz MTZ uzależnione są od odmiany pszenicy ozimej. Plon ziarna pszenicy ozimej odmiany Turnia był nieznacznie większy niż odmiany Tonacja, jednak weryfikacja statystyczna nie potwierdziła istotności różnic (tab. 4).

Tabela 7

Cechy struktury plonu pszenicy ozimej w zależności od odmiany (średnio z lat 2003–2005)
Yields components of winter wheat depending on cultivars (mean in the 2003–2005)

Cecha Character	Odmiany — Cultivars		NIR — LSD (p = 0,05)
	Tonacja	Turnia	
Wysokość roślin — Plant height (cm)	93,4	99,4	2,2
Długość kłosa — Length of ear (cm)	8,1	9,4	0,2
Liczba ziaren w kłosie — Number of grains per ear	29,8	31,8	1,2
Masa ziaren w kłosie — Weight of grain per ear (g)	1,5	1,8	0,1

WNIOSKI

1. Liczba kłosów produkcyjnych, MTZ oraz plon ziarna obydwu odmian pszenicy ozimej uzyskany z obiektów herbicydowych był istotnie większy w porównaniu z obiektami kontrolnymi bez herbicydów.
2. Zastosowanie pełnych i obniżonych dawek herbicydów nie różnicowało plonu ziarna pszenicy. Wskazuje to na możliwość obniżenia dawek herbicydów bez ryzyka zmniejszenia plonu ziarna.
3. Zastosowane dawki herbicydów nie zmieniały istotnie długości kłosa, liczby i masy ziaren z kłosa. Również zawartość N, P, K, Mg, Ca oraz Na w ziarnie pszenicy ozimej nie zmieniała się pod wpływem zróżnicowanych dawek herbicydów Atlantis 04 WG i Factor 365 EC.

4. Odmiana Turnia w porównaniu z Tonacją odznaczała się istotnie większą masą tysiąca ziaren, długością kłosa, liczbą i masą ziaren w kłosie.

LITERATURA

- Adamczewski K., Praczyk T. 2003. Wpływ adiuwantów na chwastobójcze działanie herbicydu Atlantis 04 WG (Mezosulfuron + Jodosulfuron) stosowanego w zbożach. Post. w Ochr. Rośl. 43 (1): 18 — 26.
- Adamczewski K., Urban M. 2000. Reakcja 7 odmian pszenicy ozimej na dwie formy użytkowe chlorotoluronu. Post. w Ochr. Rośl. 40 (1): 374 — 379.
- Adamczewski K., Grala B., Stachecki S. 1996. Ekologiczne aspekty stosowania adiuwantów przy zwalczaniu chwastów. Post. w Ochr. Rośl. 36 (1): 126 — 133.
- Banaszkiewicz T. 1993. Zachowanie się herbicydów w roślinach. *Fragm. Agron.*, 1: 72 — 81.
- Brzozowska I., Brzozowski J. 2002. Wpływ zróżnicowanych dawek herbicydu Granstar 75 DF i mocznika stosowanych dolistnie na zawartość białka ogólnego i makroelementów w ziarnie pszenicy ozimej. *Pam. Puł.* 130, 1: 65 — 71.
- Domaradzki K., Praczyk T. 2004. Systemy wspierania decyzji w chemicznym zwalczaniu chwastów. Post. w Ochr. Rośl. 44 (1): 43 — 51.
- Domaradzki K., Rola H. 2001. Ekologiczno-agronomiczne aspekty stosowania niższych dawek herbicydów w regulacji zachwaszczenia zbóż. Post. w Ochr. Rośl. 41 (1): 229 — 239.
- Kraska P. 2006. Wpływ zróżnicowanych dawek herbicydów na zachwaszczenie pszenicy ozimej. Post. w Ochr. Rośl. 46 (2): 256 — 260.
- Narkiewicz-Jodko M., Gil Z., Urban M. 2002. Zdrowotność i cechy towaroznawcze ziarna czterech odmian pszenicy ozimej w zależności od stosowanych herbicydów. Post. w Ochr. Rośl., 42 (2): 530 — 534.
- Rola J., Kostowska B. 1985. Stan badań w Polsce, nad wpływem herbicydów na jakość plonów. *Mat. Krajowego Sympozjum „Wpływ herbicydów na jakość plonów”* Wrocław 6-7 XI, 1985: 11 — 19.
- Rola J., Domaradzki K., Nowicka B. 1997. Wyniki badań nad redukcją herbicydów do odchwaszczania zbóż. Post. w Ochr. Rośl. 37 (1): 82 — 87.
- Skrzypczak G., Pudełko J., Woźnica Z. 2003. Huzar 0,5 WG (jodosulfuron) i adiuwanty w uprawie pszenicy ozimej. Post. w Ochr. Rośl. 43 (2): 914 — 917.
- Urban M., Gil Z., Narkiewicz-Jodko M. 2001. Wpływ herbicydów na plonowanie i jakość ziarna kilku odmian pszenicy ozimej. Post. w Ochr. Rośl. 41 (2): 826 — 829.

TOMASZ GÓRALPracownia Chorób Roślin, Zakład Fitopatologii
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Ocena odporności rodów pszenicy i pszenżyta na fuzariozę kłosów, pleśń śniegową i rdzę brunatną w Radzikowie w 2006 roku*

Komunikat

Evaluation of resistance of breeding lines of wheat and triticale to *Fusarium* head blight, snow mold, and leaf rust in Radzików in 2006 Short communication

W sezonie 2005–2006 badano odporność na fuzariozę kłosów po inokulacji *F. culmorum* oraz pleśń śniegową (*M. nivale*) i rdzę brunatną (*P. recondita*) z infekcji naturalnej rodów pszenicy ozimej i pszenżyta ozimego z doświadczeń wstępnych. Stwierdzono istotne zróżnicowanie podatności rodów pszenicy i pszenżyta na fuzariozę kłosów oraz różnice pomiędzy rodami pochodzącymi z poszczególnych firm (programów) hodowlanych. Porażenie rodów pszenżyta było około 40% niższe niż pszenicy. Wysokość roślin u rodów pszenicy istotnie korelowała z nasileniem fuzariozy kłosów. Podobnej zależności nie obserwowano u rodów pszenżyta (tradycyjnych i krótkosłomych). Rody pszenicy i pszenżyta tradycyjnego wykazały średnią podatność na pleśń śniegową. Natomiast rody pszenżyta krótkosłomego były w większości bardzo podatne na tę chorobę. Odporność rodów pszenżyta na rdzę brunatną była zróżnicowana. Około 25% rodów wykazało całkowitą odporność.

Słowa kluczowe: *Fusarium culmorum*, *Microdochium nivale*, *Puccinia recondita*, podatność

Resistance of breeding lines of winter wheat and winter triticale inoculated with *F. culmorum* to *Fusarium* head blight was tested in 2006. Also resistance to snow mold (*M. nivale*) and leaf rust (*P. recondita*) was assessed after natural infection. Significant variability of resistance of the wheat and triticale lines to head blight was observed and differences were found between lines from different breeding companies (programs). The triticale lines were about 40% less infected than the wheat lines. Plant height of the wheat lines correlated significantly with *Fusarium* head blight severity. Such a relationship was not observed for the triticale lines (traditional and short stem). The wheat and traditional triticale lines were similarly susceptible to snow mold, while the short stem triticale lines were highly susceptible to this disease. The triticale lines revealed variability of resistance to brown rust. About 25% of the lines showed immune-like reaction.

* Praca wykonana w ramach projektu finansowanego przez MRiRW "Wyprowadzenie form pszenicy ozimej i jarej odpornych na fuzariozę kłosów".

Key words: *Fusarium culmorum*, *Microdochium nivale*, *Puccinia recondita*, susceptibility

WSTĘP

Fuzarioza kłosów jest ważną chorobą pszenicy powodowaną przez grzyby z rodzaju *Fusarium* (głównie *F. culmorum* i *F. graminearum*) (Bottalico, 1998). W Polsce choroba nie powoduje znacznych strat ilościowych polonu. Znaczenie tej choroby wynika przede wszystkim z tego, że ziarno pochodzące z porażonych kłosów może być skażone mikotoksynami fuzaryjnymi (Perkowski, 1999). Grzyby powodujące fuzariozę kłosów wytwarzają metabolity toksyczne zwane mikotoksynami. Do najważniejszych i najczęściej występujących w Polsce w ziarnie pszenicy należą: deoksyniwalenol, niwalenol, zearalenon i moniliformina (Bottalico 1998; Perkowski, 1999). Uprawiane w Polsce odmiany pszenicy, w relacji do form odpornych, charakteryzują się średnią podatnością na fuzariozę kłosów, z tym że obserwuje się liczne odmiany o wysokiej podatności (Góral, 2005, 2006 a). Odmiany podatne mogą akumulować znaczne ilości mikotoksyn fuzaryjnych w ziarnie. W warunkach sztucznej infekcji w roku 2004 maksymalna zawartość deoksyniwalenolu dochodziła do 80 mg/kg ziarna (Góral i Ochodzki, 2007 b). Odmiany pszenżyta, w porównaniu do pszenicy, charakteryzują się średnio dużo niższą podatnością, jednakże reakcja części odmian jest zbliżona do reakcji średnio podatnych odmian pszenicy (Buśko i in., 2007; Góral i Ochodzki, 2007 a). W roku 2004 maksymalna zawartość deoksyniwalenolu przekraczała 30 mg/kg ziarna odmian pszenżyta inokulowanych *F. culmorum* (Góral i Ochodzki, 2007 a). W materiałach hodowlanych pszenżyta stwierdzano zawartość deoksyniwalenolu dochodzącą do 100 mg/kg (Buśko i in., 2007). Poziom odporności pszenicy i pszenżyta na fuzariozę kłosów oraz obowiązujące w Polsce limity dotyczące zawartości deoksyniwalenolu w ziarnie zbóż [Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 856/2005] stwarzają potrzebę monitorowania odporności materiałów hodowlanych. Zapobiegnie to wprowadzaniu na rynek odmian o wysokiej podatności na fuzariozę kłosów.

Podobnie jak w roku poprzednim (Góral, 2006 b) w roku 2006 prowadzono w IHAR Radzików ocenę podatności rodów hodowlanych badanych w doświadczeniach wstępnych na fuzariozę kłosów. Wyjątkowo długa i śnieżna zima 2005/2006 pozwoliła również na dokonanie obserwacji zakresu uszkodzeń pszenicy i pszenżyta spowodowanych przez pleśń śniegową (*Microdochium nivale*). Natomiast warunki pogodowe w sezonie wegetacyjnym sprzyjały występowaniu rdzy brunatnej (*Puccinia recondita*). Przeprowadzono w związku z tym ocenę odporności rodów pszenżyta ozimego na tę chorobę, w celu określenia obecnego stanu podatności tego relatywnie nowego gatunku.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły rody pszenicy ozimej i pszenżyta ozimego zakwalifikowane do doświadczeń wstępnych na sezon 2005–2006. Badano następujące rody: 112 rodów pszenicy ozimej (DW seria 1 i 2), 52 rody pszenżyta ozimego, 21 rodów pszenżyta ozimego krótkosłomowego oraz odmiany wzorcowe COBORU (pszenica: Finezja, Kobra Plus, Tonacja, pszenżyto: Moderato, Pawo, Sorento, Woltario). Rody i odmiany

zostały wysiane w doświadczeniu polowym na poletkach o powierzchni 1m² w dwóch powtórzeniach.

Kłosa rodów pszenicy ozimej i pszenżyta ozimego inokulowano izolatami *Fusarium culmorum*. Szczegółowa metodyka produkcji inokulum, charakterystyka izolatów oraz metodyka inokulacji została opisana w pracach Górala (2005, 2006 a). Przeprowadzono dwie obserwacje nasilenia fuzariozy kłosów w odstępie 7 dni stosując taką samą metodykę jak w roku poprzednim (Góral, 2006 b). Obserwowano również występowanie zjawiska przedwczesnego zamierania kłosów powyżej miejsca infekcji ("wilting").

Nasilenie pleśni śniegowej oceniano sumując dla każdego rodu liczbę poletek, na których zamierało ponad 25% roślin. Porażenie rdzą brunatną określano na podstawie zagęszczenia uredyniów na liściach (pojedyncze uredinia poniżej liścia flagowego „+”, duże zagęszczenie uredyniów, również na liściu flagowym „+++”). Typ reakcji określono na podstawie występowania (R) lub braku plamek chlorotycznych (S).

Analizę wariancji przeprowadzono przy pomocy systemu SAS® (SAS Institute 2004) stosując procedurę GLM (ogólny model liniowy). Czynniki w modelu były grupy rodów oznaczonych tym samym symbolem oraz rody. Procedura GLM została wybrana ze względu na różną liczebność rodów w poszczególnych grupach.

Dla grup rodów z poszczególnych programów hodowlanych wyliczono wartości pierwszego i trzeciego kwartyla, czyli takie wartości IFK, od których mniejsza lub równa jest wartość średnia IFK dla odpowiednio 25 i 75% rodów. Wyliczono również rozstęp ćwiartkowy (rozstęp kwartylny) będący różnicą pomiędzy trzecim i pierwszym kwartylem. Wartość rozstępu ćwiartkowego wskazuje na zróżnicowanie cechy, czyli w tym przypadku IFK. Współczynniki korelacji wysokości i terminu kwitnienia wyliczono przy pomocy systemu SAS® (SAS Institute, 2004) stosując procedurę REG (analiza regresji — model liniowy).

WYNIKI I DYSKUSJA

Pszenica ozima

Średnie porażenie badanych rodów pszenicy ozimej fuzariozą kłosów wyniosło w pierwszej serii IFK = 40,1% i w drugiej serii IFK = 38,5% (tab. 1, 2). Zakres reakcji był szeroki i wynosił od IFK = 22,3% do 58,7% w pierwszej serii i od IFK = 22,3% do 53,3% w drugiej serii. Średnie porażenie rodów w 2006 r. było wyższe niż w roku 2005 — IFK = 29,3% (Góral, 2006 b). Wynikało to jednakże z ogólnie wyższego nasilenia fuzariozy kłosów w roku 2006. Odmiana odporna Fregata wykazała porażenie fuzariozą kłosów na poziomie IFK = 22,3%, a odmiany podatne np. Liryka IFK = 56,0%, Kris IFK = 56,0%. Średnia dla 70 odmian pszenicy ozimej badanych w tym roku wyniosła IFK = 39,2% w porównaniu z IFK = 29,7% dla 59 odmian w 2005 (Góral, niepublikowane, Góral, 2006 b).

Do najbardziej odpornych należały rody POB 844/04, DED 1165/02, STH 1172, SMH 7620, POB 105/03, AND-413/02, LAD 522/02, DED 2097/02, NAD 016/98, SMH 7609 oraz wzorzec Finezja. Najpodatniejsze były takie rody jak HRSM 397, CHD 968/02, STH B 2083, SZD 638, KBP 03.25, CHD 2212/00-2.

Tabela 1

Reakcja rodów pszenicy ozimej na fuzariozę kłosów (doświadczenia wstępne, seria 1)
Resistance of winter wheat lines to *Fusarium* head blight (preliminary cultivar testing, series 1)

Nr No.	Ród Line	Termin kwitnienia (dni od 1.06) Flowering date (days from June 1)	Wysokość (cm) Height (cm)	Indeks fuzariozy kłosów (%) ¹ <i>Fusarium</i> head blight index (%) ¹	“Wilting” ²	Pleśń śniegowa ³ Snow mold ³
1	2	3	4	5	6	7
1	POB 844/04	14,0	106,0	22,3	-	3
2	Finezja (wz. check cv.)	13,8	106,0	23,3	+	-
3	DED 1165/02	15,3	102,3	24,7	++	-
4	POB 105/03	14,3	111,7	26,2	+++	2
5	AND-413/02	13,0	95,0	26,8	++	-
6	LAD 522/02	14,3	101,7	27,0	++	-
7	AND-824/01g	13,7	103,7	27,3	-	-
8	MOB 1859/01	18,3	112,3	28,0	+	2
9	AND 832/01g	13,7	111,0	28,5	+	-
10	SMH-KOA 77-4	15,7	112,3	29,3	+	-
11	POB 287/03	18,0	105,3	32,0	+	3
12	SZD 645	14,3	95,0	32,7	+	-
13	POB 106/03	15,0	94,7	33,3	++	2
14	POB 2082/02	17,0	113,3	33,3	-	3
15	AND-308/01	14,3	103,7	33,5	++	-
16	AND-851/02	13,0	95,7	33,8	+++	-
17	SMH 7216-2	13,3	110,0	34,0	+	-
18	POB 33/03	18,3	108,3	34,7	+++	3
19	AND-916/02	16,3	91,0	35,3	+	-
20	AND-261/02	13,3	101,7	35,3	+	1
21	HRSM 388	18,0	117,0	36,0	++	-
22	MOB 1974/01	18,3	87,3	36,7	++	3
23	MOB 1977/01	19,0	96,3	37,3	-	3
24	POB 2083/02	16,7	111,7	37,3	+++	3
25	POB 471/02	18,0	111,3	37,3	++	3
26	AND-809/01g	12,7	101,7	37,3	+	-
27	STH 248-93-35A	12,0	86,7	38,0	+++	-
28	KBH 1134/2	14,3	96,7	38,0	+++	-
29	MOB 3870/02	17,0	97,0	38,7	++	3
30	AND-834/01g	13,3	101,0	38,7	+++	-
31	KBP 02.938	13,0	92,3	38,7	+++	2
32	CHD 1607/02	15,3	93,0	38,7	++	-
33	DED 1781/02	15,3	99,0	39,0	++	-
34	Kobra Plus (wz. check cv.)	12,2	90,2	40,7	+	3
35	Tonacja (wz. check cv.)	16,3	102,2	41,3	++	-
36	SZD 653	13,7	101,0	41,3	+	-
37	HRSM 140	14,0	115,0	41,3	+++	-
38	SMH 6037-1	13,0	98,3	41,3	++	2
39	KBP 02.1048	18,7	104,7	41,3	++	3
40	POB 132/03	17,0	116,0	42,7	+++	3
41	DED 668/02	13,7	85,3	44,0	++	-
42	STH 327	13,3	83,7	45,3	+++	-
43	AND-814/01g	16,0	100,3	46,7	+++	-
44	SZD 637	18,0	109,0	46,7	+++	1
45	KBP 02.813	16,7	100,0	48,0	+++	3
46	CHD 973/02	12,0	99,0	48,0	+++	-
47	POB 41/02	16,3	101,0	49,3	++	2
48	KBP 02.836	12,0	96,3	50,7	+++	3
49	KBP 602	16,7	99,3	52,0	+++	3
50	KBH 948/02	12,3	94,3	52,0	+++	1

c.d. Tabela 1

1	2	3	4	5	6	7
51	CHD 1089/02	13,0	97,0	53,3	+	-
52	STH A 1042	13,0	83,0	54,7	+++	-
53	SMH 6782-6	17,3	107,3	54,7	+++	3
54	SMH 7247-4	12,7	91,7	54,7	++	1
55	KBP 03.22	16,3	89,3	54,7	+++	3
56	KBP 03.9	12,3	99,7	54,7	++	3
57	HRSM 397	17,7	99,7	56,0	+++	1
58	CHD 968/02	13,0	90,3	56,0	+++	-
59	STH B 2083	12,0	78,0	58,7	+++	-
Średnia						
Mean		14,9	100,1	40,1	-	-
Średnia dla rodów						
Line mean		15,0	100,1	40,3	-	-
Średnia dla wzorców						
Check cvs mean		14,2	99,4	35,1	-	-

1 — $NIR_{0,05} = 10,9$; 2 — zamieranie kłosa powyżej miejsca infekcji, „-” - brak, „+++” - na większości porażonych kłosów;

3 — liczba poletków z uszkodzeniem >25% roślin

1 — $LSD_{0,05} = 10,9$; 2 — head death above infection point, „-” - not observed, „+++” - on the majority of infected heads; 2 — number of plots with more than 25 % damaged plants

Tabela 2

Reakcja rodów pszenicy ozimej na fuzariozę kłosów (doświadczenia wstępne, seria 2)
Resistance of winter wheat lines to *Fusarium* head blight (preliminary cultivar testing, series 2)

Nr No.	Ród Line	Termin kwitnienia (dni od 1.06) Flowering date (days from June 1)	Wysokość (cm) Height (cm)	Indeks fuzariozy kłosów (%) <i>Fusarium</i> head blight index (%)	“Wilting” ¹	Pleśń śniegowa ² Snow mold ²
1	2	3	4	5	6	7
60	STH 1172	16,0	105,7	22,3	+++	-
61	Finezja (wz. check cv.)	13,8	106,0	23,3	+	-
62	SMH 7620	14,7	103,3	26,0	++	-
63	DED 2097/02	13,7	97,0	27,0	+	1
64	NAD 016/98	13,0	95,7	27,3	+	-
65	SMH 7609	17,3	110,7	28,0	+	-
66	MIB 302/02	13,7	108,0	29,0	+	1
67	STH 1636	14,7	103,7	29,3	+	-
68	SMH 7690	14,7	102,3	29,3	+	-
69	NAD 054/02	13,3	93,7	29,5	++	-
70	SMH 7693	13,0	99,3	29,7	+	-
71	KOH 27	14,7	93,0	30,0	+	-
72	KOH 9	13,3	109,3	30,3	+	-
73	SMH 7639	14,7	104,3	30,3	+	-
74	SMH 7592	16,3	105,3	30,7	++	-
75	SMH 7622	17,3	104,3	33,3	+	-
76	NAD 1-9-7814	12,7	103,0	33,3	+	-
77	STH 1319	15,3	112,3	34,7	++	-
78	STH 1377	16,0	118,3	36,0	+++	-
79	KOH 18	17,0	118,0	36,0	++	-
80	SMH 7689	15,0	109,3	36,0	-	-
81	SZD 660	14,7	91,0	36,0	+	-
82	KBP 02.945	17,7	98,0	36,0	++	3
83	SMH 7648	15,3	103,3	36,7	++	-
84	SZD 651	15,0	102,3	37,0	++	-
85	STH 1426	13,3	92,0	37,3	+++	-

c.d. Tabela 2

1	2	3	4	5	6	7
86	MOB 1978/01	18,3	93,3	37,3	++	3
87	MOB 3333/02	18,7	100,3	37,3	++	2
88	MIB 309/03	16,0	98,0	37,3	+++	1
89	KBP 02.824	14,0	82,3	37,3	+++	3
90	MOB 1958/01	16,7	93,0	38,7	+	2
91	LAD 524/02	15,7	96,7	38,7	+++	-
92	DED 725/02	13,7	77,0	39,7	+	-
93	KBP 02.823	15,3	94,7	40,0	++	3
94	CHD 468/02	14,7	96,7	40,0	+++	1
95	Kobra Plus (wz. check cv.)	12,2	90,2	40,7	+	2
96	MIB 300/02	14,0	99,0	41,2	++	1
97	Tonacja (wz. check cv.)	16,3	102,2	41,3	+++	-
98	STH 1637	14,7	96,0	41,3	+++	-
99	NAD 1-9-7817	12,0	109,0	41,3	++	-
100	KBP 02.963	13,3	98,0	42,0	+++	3
101	STH 1066	16,3	86,0	42,7	+++	-
102	STH 3195	14,3	93,7	44,0	+++	-
103	SZD 605	15,7	103,7	44,0	+++	-
104	KBP 02.1112	12,0	95,0	44,0	+++	2
105	MOB 1597/01	16,3	85,3	45,3	+++	3
106	CHD 239/02	12,3	108,3	45,3	-	-
107	SMH 7646	16,0	103,0	46,7	+++	-
108	KBH 1501/02	12,0	97,3	46,7	+++	2
109	STH 1195	15,0	91,3	48,0	+++	-
110	KBP 2820/01	13,7	92,0	48,0	++	3
111	CHD 1378/02	13,3	102,0	48,0	+++	2
112	STH 1068	14,0	87,7	49,3	+++	-
113	NAD 184/02	12,0	100,3	49,3	+++	-
114	DAD 1334/01	16,0	112,3	49,3	+++	-
115	KBP 02.977	12,7	86,7	50,7	+++	1
116	SZD 638	14,3	93,7	52,0	+++	-
117	KBP 03.25	12,0	93,3	53,3	+++	-
118	CHD 2212/00-2	15,3	101,3	53,3	+++	3
Średnia		14,7	99,1	38,5	-	-
Mean						
Średnia dla rodów		14,7	99,1	38,6	-	-
Line mean						
Średnia dla wzorców		14,2	99,4	35,1	-	-
Check cvs mean						

1 — $NIR_{0,05} = 11,9$; 2 — zamieranie kłosa powyżej miejsca infekcji, „-” brak, „+++” na większości porażonych kłosów; 3 — liczba poletków z uszkodzeniem >25% roślin

1 — $LSD_{0,05} = 11,9$; 2 — head death above infection point, „-” not observed, „+++” on the majority of infected heads; 2 — number of plots with more than 25 % damaged plants.

Zamieranie kłosów notowano u większości rodów, a największe nasilenie wystąpiło na rodach podatnych. Wyjątek stanowiły rody: MOB 1977/01, POB 2082/02, AND-824/01g, POB 844/04, SMH 7689, CHD 239/02, u których nie zaobserwowano tego zjawiska. U kilku podatnych rodów nasilenie zamierania kłosów było niewielkie (CHD 1089/02, SZD 635, Kobra Plus) lub nie wystąpiło (CHD 239/02). Kłosa tych rodów były prawie całkowicie przerośnięte grzybnia *F. culmorum*. W przypadku rodów podatnych na zamieranie, grzybnia *F. culmorum* przerastała jedynie poniżej miejsca infekcji. Powyżej kłos był całkowicie pusty lub wypełniony drobnymi ziarniakami nieporażonymi przez *F.*

culmorum. Można przypuszczać, że efektem wystąpienia fuzariozy kłosów będzie u takich genotypów przede wszystkim spadek plonu. Natomiast w przypadku genotypów odpornych na zamieranie kłosa, lecz podatnych fuzariozę kłosów efektem wystąpienia choroby będzie porażenie ziarniaków i skażenie mikotoksynami. Potwierdzenie tego zjawiska wymaga jednakże dalszych, szczegółowych badań. Nasilenie zamierania kłosa uważane jest za jeden ze wskaźników poziomu odporności typu II (odporność na rozprzestrzenianie się patogena w tkankach) lub proponowane jest jako nowy typ odporności VII na fuzariozę kłosów (odporność na zamieranie kłosa powyżej miejsca infekcji) (Ban i Watanabe, 2001; Mesterhazy, 2002).

Współczynnik korelacji pomiędzy terminem kwitnienia a indeksem fuzariozy kłosów dla rodów z obu serii był nieistotny. W roku 2005 współczynnik ten był istotny, ale niski (Góral, 2006 b). Termin kwitnienia determinował 5% zmienności indeksu fuzariozy kłosów. W roku 2006 było to jedynie około 2%. Wskazuje to na skuteczność zastosowanej metody inokulacji. Okres kwitnienia pszenicy był w obu latach zbliżony (około 7 dni). Istotny ($\alpha > 0,01$) okazał się współczynnik korelacji wysokości i indeksu fuzariozy kłosów ($r = -0,371$; $R^2 = 13,8\%$). Rody wyższe były słabiej porażane przez fuzariozę kłosów. Istniały jednak liczne wyjątki od tej zależności, co wynikało z niskiej wartości współczynnika determinacji. Przykładem mogą być słabo porażone niskie rody NAD 054/02, KOH 27, NAD 016/98 i AND-413/02 lub silnie porażone wysokie rody DAD 1334/01 i SMH 6782-6. W roku 2005 współczynnik korelacji był wyższy i wysokość determinowała 34% zmienności indeksu fuzariozy kłosów (Góral, 2006 b). Analiza wyników z obu lat badań wskazuje, że obniżenie wartości współczynnika korelacji wynika z liczniejszej obecności w roku 2006 średnich i wysokich rodów podatnych na fuzariozę kłosa. Rody niskie w obu latach wykazały podobną podatność na fuzariozę kłosów.

Wśród rodów pszenicy ozimej najodporniejsze okazały się rody oznaczone symbolami KOH, LAD, AND i POB (tab. 3). Najodporniejsze formy znaleziono w grupach rodów POB, DED i STH. Największą zmiennością odporności charakteryzowały się rody DED, NAD i STH, małą zmienność wykazały rody MOB i AND (wzięto pod uwagę grupy o liczebności powyżej 5 rodów).

Uzyskane wyniki pokazują istotne zróżnicowanie podatności rodów pszenicy na fuzariozę kłosów oraz istotne różnice pomiędzy rodami z poszczególnych programów hodowlanych. Zróżnicowanie, określone przez wartości skrajne IFK, było większe niż obserwowane wcześniej dla odmian pszenicy ozimej znajdujących się w rejestrze COBORU (Góral, 2006 a).

Pleśnią śniegową porażone było 48 (około 43%) rodów pszenicy, w tym 26 w dużym nasileniu (tab. 1, 2). Najsilniej porażone były rody z grup MOB, POB i KBP. Wyniki te pokazują średnią lub małą odporność prawie połowy rodów badanych w ramach doświadczeń wstępnych.

Tabela 3

Charakterystyka odporności grup rodów pszenicy ozimej na fuzariozę kłosów (doświadczenia wstępne, seria 1 i 2)

Characteristics of resistance of groups of winter wheat lines to *Fusarium* head blight (preliminary cultivar testing, series 1 and 2)

Symbol grupy ¹ Group symbol ¹	Liczba rodów No. of lines	Termin kwitnienia (dni od 1.06)	Wysokość (cm) Height (cm)	Indeks fuzariozy kłosów (%) <i>Fusarium</i> head blight index (%)		Kwartył 1 Quartile 1 (25%)	Kwartył 3 Quartile 3 (75%)	Rozstęp ćwiartkowy Interquartile range
		Flowering date (days from June 1)		średnia mean	zakres range			
KOH	3	15,0	106,8	32,1	30,0-36,0	30,2	33,2	3,0
LAD	2	15,0	99,2	32,8	27,0-38,7	29,9	35,8	5,8
AND	10	13,9	100,5	34,3	26,8-46,7	29,8	36,8	7,1
POB	10	16,5	107,9	34,8	22,3-49,3	32,3	37,3	5,0
DED	5	14,3	92,1	34,9	24,7-44,0	27,0	39,7	12,7
MIB	3	14,6	101,7	35,8	29,0-41,2	33,2	39,3	6,1
SMH	15	15,1	104,3	36,0	26,0-54,7	29,5	39,0	9,5
NAD	5	12,6	100,3	36,2	27,3-49,3	29,5	41,3	11,8
MOB	8	17,8	95,6	37,4	28,0-45,3	37,2	38,7	1,5
SZD	7	15,1	99,4	41,4	32,7-52,0	36,5	45,3	8,8
STH	14	14,3	94,1	41,5	22,3-58,7	36,3	47,3	11,0
HRSM	3	16,6	110,6	44,4	36,0-56,0	38,7	48,7	10,0
KBH	3	12,9	96,1	45,6	38,0-52,0	42,3	49,3	7,0
KBP	15	14,4	94,8	46,1	36,0-54,7	40,7	51,3	10,7
CHD	8	13,6	98,5	47,8	38,7-56,0	44,0	53,3	9,3
DAD	1	16,0	112,3	49,3	-	49,3	49,3	0,0
Razem Total	112	14,9	100,9	39,2	22,3 - 58,7	33,3	46,7	13,3
NIR _{0,05} dla grup LSD _{0,05} for groups				5,8	-	-	-	-

¹ Grupy rodów z poszczególnych programów lub firm hodowlanych

¹ Groups of lines from different breeding programs or companies

Pszenżyto ozime tradycyjne

Średnie porażenie badanych rodów pszenżyta ozimego tradycyjnego fuzariozą kłosów wyniosło IFK = 24,5% w zakresie od IFK = 12,0% do 38,7% (tab. 4). Porażenie rodów było wyższe niż w roku 2005 — IFK = 14,5% (Góral, 2006 b). Do najbardziej odpornych należały rody CHD 157/02, MAH 30109-3, MAH 28894-3 oraz wzorzec Sorento. Najpodatniejsze były rody MAH 25843-8, BOHT 84 F1, BOH 212-9, BOHT 050 F1, LAD 3921/02, DAD 310/02 oraz wzorzec Woltario. Odmiana odporna Prado wykazała porażenie fuzariozą kłosów na poziomie IFK = 9,3%, a odmiana podatna Bogo IFK = 42,7%. Średnia dla 45 odmian pszenżyta ozimego badanych w tym roku wyniosła IFK = 24,0% w porównaniu z IFK = 17,9% dla 43 odmian w 2005 (Góral, niepublikowane; Góral, 2006 b).

Wśród rodów pszenżyta ozimego tradycyjnego najodporniejsze okazały się rody oznaczone symbolami CHD, SZD i MAH (tab. 5). Najodporniejsze formy znaleziono w grupach rodów MAH i CHD. Największą zmiennością odporności charakteryzowały się rody MAH i BOH, a małą zmienność wykazały rody SZD i CHD (wzięto pod uwagę grupy o liczebności powyżej 2 rodów).

Tabela 4

Reakcja rodów pszenżyta ozimego na fuzariozę kłosów, rdzę brunatną i pleśń śniegową (doświadczenia wstępne, rody tradycyjne)

Resistance of winter triticale lines to *Fusarium* head blight, leaf rust and snow mold (preliminary cultivar testing, traditional lines)

Nr No.	Ród Line	Termin kwitnienia (dni od 1.06) Flowering date (days from June 1)	Wysokość (cm) Height (cm)	Indeks fuzariozy kłosów (%) ¹ <i>Fusarium</i> head blight index (%) ¹	Rdza brunatna ² Leaf rust ²	Typ reakcji Reaction type	Pleśń śniegowa ³ Snow mold ³
1	2	3	4	5	6	7	8
1	CHD 157/02	9,0	137,3	12,0	-	-	-
2	Sorento (wz. check cv.)	12,0	132,7	12,7	+	R	2
3	MAH 30109-3	13,7	123,7	12,7	-	-	1
4	MAH 28894-3	13,0	114,7	13,7	-	-	3
5	MAH 28928-2	13,7	137,0	15,3	-	-	2
6	MAH 30109-4	13,0	123,3	16,0	-	-	1
7	SZD 500-3	13,0	125,7	16,4	++	S	3
8	SZD 950	11,0	121,7	16,6	++	S	2
9	SZD 938	9,7	114,0	16,6	++	R	1
10	LAD 913/02	10,3	126,7	16,7	+	R	-
11	SZD 944	12,3	122,3	17,3	++	R	3
12	CHD 3012/99	11,3	116,0	17,5	-	-	-
13	DAD 232/02	10,7	121,0	17,8	++	R	-
14	LAD 471/02	12,7	115,3	18,7	-	-	-
15	BOH 14-1/4	11,3	120,3	18,7	++	S	-
16	Moderato (wz. check cv.)	11,3	144,3	19,8	-	-	-
17	SZD 968	12,0	117,7	21,0	+	R	3
18	MAH 28572-5	11,0	117,7	21,3	-	-	-
19	MAH 25200-16	12,7	120,3	21,3	+	R	-
20	DAD 377/02	9,0	131,0	21,3	++	R	-
21	CHD 7/02	8,3	124,3	22,2	+	R	-
22	SZD 945	12,3	116,0	22,5	+	R	3
23	MAH 28944-5	12,7	123,0	22,5	-	-	-
24	SZD 949	7,3	114,3	22,7	+	R	2
25	SZD 960	12,7	120,3	23,7	++	S	3
26	SZD 966	9,3	117,0	23,8	+	R	3
27	SZD 967	11,7	109,7	24,0	+	R	3
28	DAD 325/02	10,7	132,3	24,0	+	R	-
29	DAD 230/02	11,0	117,0	24,0	++	S	-
30	CHD 2630/99	15,0	129,0	24,0	+	R	-
31	SZD 989	8,7	111,0	25,3	-	-	3
32	SMH 1013	14,3	110,3	25,3	++	S	3
33	SMH 246-25-4-3	13,7	115,3	26,5	++	S	3
34	SZD 990	7,0	121,0	26,7	+	R	3
35	DED 264/02	9,3	113,3	26,7	+	R	-
36	CHD 771/00B	11,7	118,0	26,7	++	R	-
37	BOH 228-1	10,7	118,3	26,7	+	S	3
38	SZD 963	11,0	120,3	27,7	+	R	3
39	SMH 691-2	16,0	104,7	28,0	+	R	3
40	SMH 1012	13,5	96,3	28,0	++	R	3
41	MAH 25614-4	11,3	129,3	28,0	+	R	1
42	LAD 983/02	8,7	137,7	28,0	++	S	-
43	CHD 211/02	8,7	117,3	28,0	+	R	-
44	MAH 28765-5	12,7	130,3	30,7	+++	S	3
45	BOH 212-33	11,3	116,7	30,7	+++	S	-
46	BOH 228-2	10,7	118,7	32,0	++	R	2
47	MAH 28752-7	14,0	124,3	33,3	-	-	-
48	BOHT 83 F1	7,7	118,0	33,3	++	S	-

c.d. Tabela 4

1	2	3	4	5	6	7	8
49	Woltario (wz. check cv.)	11,7	114,0	36,0	+++	S	-
50	MAH 25843-8	10,0	120,0	36,0	++	R	-
51	BOHT 84 F1	9,7	137,0	36,0	+++	S	-
52	BOH 212-9	10,7	116,7	36,0	+++	S	-
53	BOHT 050 F1	8,7	120,7	37,3	+++	S	-
54	LAD 3921/02	11,7	108,3	38,7	+	R	-
55	DAD 310/02	8,3	123,7	38,7	+	R	-
Średnia Mean		11,2	120,9	24,5	-	-	-
Średnia dla rodów Line mean		11,2	120,3	24,6	-	-	-
Średnia dla wzorców Check cvs mean		11,7	130,3	22,8	-	-	-

¹ — NIR_{0,05} = 7,3; ² — „-” - brak objawów porażenia, „+++” - silne porażenie (włącznie z liściem flagowym); ³ — Liczba polettek z zamieraniem >25% roślin

¹ — LSD_{0,05} = 7,3; ² — „-” - no symptoms, „+++” - severe infection (incl. flag leaf); ³ — Number of plots with >25% killed plants

Tabela 5

Podsumowanie badań odporności rodów pszenżyta ozimego na fuzariozę kłosów (doświadczenia wstępne, rody tradycyjne)

Characteristics of resistance of groups of winter triticale lines to *Fusarium* head blight (preliminary cultivar testing, traditional lines)

Lp. No	Symbol grupy ¹ Group symbol ¹	Liczba rodów No of lines	Termin kwitnienia (dni od 1.06) Flowering date (days from June 1)	Wysokość (cm) Height (cm)	Indeks fuzariozy kłosów (%) ¹ <i>Fusarium</i> head blight index (%) ¹		Kwartył 1 Quartile 1 (25%)	Kwartył 3 Quartile 3 (75%)	Rozstęp ćwiartkowy Interquartile range
					średnia mean	zakres range			
1	CHD	6	10,7	123,7	21,7	12,0-28,0	18,7	26,0	7,3
2	SZD	13	10,6	117,8	21,9	16,4-27,7	17,3	24,0	6,7
3	MAH	11	12,5	124,0	22,8	12,7-36,0	15,6	29,3	13,7
4	DAD	5	9,9	125,0	25,2	17,8-38,7	21,3	24,0	2,7
5	LAD	4	10,8	122,0	25,5	16,7-38,7	18,2	30,7	12,5
6	DED	1	9,3	113,3	26,7	-	26,7	26,7	0,0
7	SMH	3	14,6	103,8	27,1	25,3-28,0	26,2	28,0	1,8
8	BOH	5	10,9	118,1	28,8	18,7-36,0	26,7	32,0	5,3
9	BOHT	3	8,7	125,2	35,6	33,3-37,3	18,7	28,0	9,3
Razem Total		51	10,9	119,2	26,1	12,0-38,7	18,7	28,0	9,3
NIR _{0,05} dla grup					3,9	-	-	-	-
LSD _{0,05} for groups									

¹ Grupy rodów z poszczególnych programów lub firm hodowlanych

¹ Groups of lines from different breeding programs or companies

Rdzą brunatną porażone było 41 (około 75%) rodów, z tym że typ reakcji odpornościowej wykazało 27 (około 51%) rodów (tab. 4). Całkowicie odpornych było 7 rodów MAH oraz CHD 157/02, CHD 3012/99, LAD 471/02 i SZD 989.

Pleśnią śniegową porażone zostało 25 (około 48%) rodów pszenżyta, w tym 17 w dużym nasileniu (tab. 4). Najsilniej porażone były rody SZD i SMH, w tym szczególnie

rody SMH 1012 i SMH 691-2, w przypadku których przynajmniej w jednym powtórzeniu zniszczonych zostało 100% roślin na poletku.

Pszenżyto ozime krótkosłome

Średnie porażenie rodów krótkosłomych fuzariozą kłosów zbliżone było do obserwowanego u rodów tradycyjnych i wyniosło IFK = 24,9% (tab. 6). Zakres reakcji wynosił od IFK = 14,7% do 38,7%, więc również był podobny do obserwowanego dla rodów tradycyjnych. Do najbardziej odpornych należały rody MAH 288568-6/1, BOH 7-20/1/2. Podatne były rody BOH 208-2, BOH 7-14/3, MAH 25885-4, BOH 212-30 oraz MAH 25885-1/1/1. Średnie dla grup rodów MAH (24,5%) i BOH (25,9%) nie różniły się istotnie.

Tabela 6

Reakcja rodów pszenżyta ozimego na fuzariozę kłosów, rdzę brunatną i pleśń śniegową (doświadczenia wstępne, rody krótkosłome)
Resistance of winter triticales lines to *Fusarium* head blight, leaf rust and snow mold (preliminary cultivar testing, short stem lines)

Nr No	Ród Line	Termin kwitnienia (dni od 1.06) Flowering date (days from June 1)	Wysokość (cm) Height (cm)	Indeks fuzariozy kłosów (%) ¹ <i>Fusarium</i> head blight index (%) ¹	Rdza brunatna ² Leaf rust ²	Typ reakcji Reaction type	Pleśń śniegowa ³ Snow mold ³
1	MAH 288568-6/1	12,3	102,3	14,7	-	-	1
2	BOH 7-20/1/2	15,3	123,7	15,2	-	-	2
3	BOH 327-4	13,7	101,0	17,7	+	R	-
4	MAH 27738-4	12,7	116,3	18,7	+	R	1
5	BOH 241-1	13,3	119,7	19,3	+	S	3
6	MAH 25674-4	13,3	107,7	19,8	-	-	1
7	BOH 211-8	12,3	107,3	20,0	+++	S	1
8	BOH 326-1	12,3	106,3	21,0	++	R	2
9	BOH 7-20/1/1	15,7	123,3	21,8	-	-	3
10	BOH 250-4	12,7	121,0	22,3	+++	S	1
11	BOH 201-4	10,0	119,3	22,7	+	R	-
12	Pawo (wz. check cv.)	11,0	105,7	24,0	++	S	2
13	MAH 28853-3/1	9,7	106,0	25,3	++	R	3
14	BOH 308-3/3	12,0	119,0	28,0	++	R	2
15	BOH 254-2	10,7	120,0	28,0	++	S	2
16	MAH 24164-1	11,3	107,7	28,0	++	R	2
17	MAH 26178-5/2	8,7	101,3	29,0	+	R	2
18	BOH 208-2	8,7	104,3	33,3	+	R	2
19	BOH 7-14/3	10,7	107,3	33,3	-	-	-
20	MAH 25885-4	9,3	104,7	33,3	++	R	2
21	BOH 212-30	9,7	112,0	34,7	+++	S	1
22	MAH 25885-1/1/1	9,7	117,7	38,7	++	R	2
Średnia Mean		11,6	111,5	24,9	-	-	-

¹ — NIR_{0,05} = 7,1; ² — „-” - brak objawów porażenia, „+++” — silne porażenie (włącznie z liściem flagowym); ³ — Liczba poletek z zamieraniem >25% roślin.

¹ — LSD_{0,05} = 7,1; ² — „-” - no symptoms, „+++” — severe infection (incl. flag leaf); ³ — Number of plots with >25% killed plants.

Rdzą brunatną porażone było 16 (około 76%) rodów z tym, że typ reakcji odpornościowej wykazało 11 (około 52%) rodów. Całkowicie odporne były rody BOH 7-20/1/1, MAH 288568-6/1, BOH 7-20/1/2, MAH 25674-4, BOH 7-14/3.

Pleśnią śniegową porażone zostało 18 (około 86%) rodów pszenżyta, w tym 3 w dużym nasileniu: BOH 241-1 i MAH 28853-3/1, BOH 7-20/1/1.

Wyniki uzyskane dla porażenia rodów pszenżyta ozimego pleśnią śniegową i rdzą brunatną wskazują na niedostateczną ich odporność na te choroby. Szczególnie niekorzystnie wygląda sytuacja rodów krótkosłomych, których około 80% wykazało podatność na te choroby. Porażenie rodów pszenżyta ozimego rdzą brunatną obserwowane jest corocznie, w różnym nasileniu Strzembicka i wsp. (1998, 1999). Woś i wsp. (1994) stwierdzili znaczne spadki plonu pszenżyta na skutek porażenie przez tę chorobę. Jednakże jak pokazują wyniki uzyskane w niniejszej pracy jak też publikowane prace (Grzesik i Strzembicka, 2003) istnieją liczne genotypy pszenżyta całkowicie lub wysokim stopniu odporne na rdzę brunatną. Mogą być one wykorzystane jako źródła genów odporności w programach hodowlanych.

Jak podają Szelaż i wsp. (2002) widoczny jest stały wzrost liczby mrozoodpornych rodów pszenżyta w HR Strzelce. Podobnie sytuacja wygląda w innych ośrodkach hodowlanych, w których stosuje się laboratoryjne metody oceny mrozoodporności. W roku 2005, jak i w latach wcześniejszych nie stwierdzano uszkodzeń mrozowych w doświadczeniach z pszenżytem ozimym, z wyjątkiem odmian podatnych np. Alzo (Góral, 2006 b; Góral, - niepublikowane). Jednakże dobra mrozoodporność nie zawsze oznacza dobrą zimotrwałość (Szelaż i in., 1998). Dodatkowym czynnikiem uszkadzającym uprawy pszenżyta może być pleśń śniegowa, zwłaszcza w sprzyjających dla tej choroby warunkach, jakie wystąpiły zimą 2005–2006 (pokrywa śnieżna zalegająca około 3 miesiące).

Spółród współczynników korelacji pomiędzy wysokością roślin i terminem kwitnienia rodów pszenżyta, a indeksem fuzariozy kłosów, istotny był tylko współczynnik dla terminu kwitnienia rodów krótkosłomych ($r = -0,829$ $\alpha < 0,01$). Rody wczesne były porażane silniej niż późne. Można to tłumaczyć w pewnym stopniu korzystniejszymi dla infekcji warunkami pogodowymi w okresie kwitnienia rodów wcześniejszych. Wysokość roślin nie korelowała z IFK w obu grupach rodów.

Średnie porażenie rodów krótkosłomych fuzariozą kłosów nie różniło się od średniej dla rodów tradycyjnych. Nie wystąpiła, więc podobnie jak w roku poprzednim (Góral, 2006 b), w przypadku rodów pszenżyta, zależność obserwowana wśród rodów pszenicy. W całej badanej populacji pszenżyta (rody tradycyjne i krótkosłome) nie stwierdzono istotnej korelacji pomiędzy wysokością roślin a podatnością na fuzariozę kłosów.

WNIOSKI

1. Stwierdzono istotne zróżnicowanie odporności rodów hodowlanych pszenicy ozimej i pszenżyta ozimego na fuzariozę kłosów. Rody pszenicy były średnio 40% silniej porażone niż rody pszenżyta.

2. Obserwowano istotne zróżnicowanie średniej odporności oraz zakresu zmienności tej cechy u rodów pochodzących z różnych firm hodowlanych (programów hodowlanych).
3. Znaleziono rody pszenicy i pszenżyta o małej podatności na fuzariozę kłosów, które mogą stanowić podstawę do uzyskania odmian o istotnie ulepszonej odporności.
4. Wysokość roślin u pszenicy istotnie korelowała z nasileniem fuzariozy kłosów. Takiej zależności nie obserwowano u rodów pszenżyta (tradycyjnych i krótkosłomych).
5. Rody pszenicy i pszenżyta tradycyjnego wykazały średnią podatność na pleśń śniegową. Natomiast rody pszenżyta krótkosłomowego wykazały bardzo dużą podatność na tę chorobę.
6. Rody pszenżyta wykazały dużą podatność na rdzę brunatną, z tym że u 2/3 rodów z objawami choroby wystąpiła reakcja odpornościowa.

LITERATURA

- Ban T., Watanabe N. 2001. The effects of chromosomes 3A and 3B on resistance to *Fusarium* head blight in tetraploid wheat. *Hereditas* 135: 95 — 99.
- Bottalico A. 1998. *Fusarium* diseases of cereals: species complex and related mycotoxin profiles, in Europe. *J. Plant Path.* 80: 85 — 103.
- Buśko M., Góral T., Cichy H., Perkowski J. 2007. Analysis of fungal metabolites in grain of winter triticale cultivars and breeding lines after inoculation with *Fusarium culmorum*. *Biologia* (w druku).
- Góral T. 2005. Źródła odporności pszenicy na fuzariozę kłosów powodowaną przez *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc. *Biul. IHAR* 235: 115 — 132.
- Góral T. 2006. Odporność odmian pszenicy ozimej na fuzariozę kłosów powodowaną przez *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc. *Biul. IHAR* 242: 79 — 88.
- Góral T. 2006. Ocena odporności rodów pszenicy ozimej i pszenżyta ozimego na fuzariozę kłosów powodowaną przez *Fusarium culmorum* oraz odporności pszenżyta ozimego na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis*) w roku 2005. *Komunikat. Biul. IHAR* 242: 63 — 78.
- Góral, T., Ochodźki P. 2007. Resistance of Polish winter triticale cultivars to *Fusarium* head blight and accumulation of *Fusarium*-mycotoxins in grain. *Proceedings of the 6th International Triticale Symposium*, Stellenbosch University, South Africa, September 3–7, 2006: 140 — 143.
- Góral, T., Ochodźki, P. 2007. Wpływ porażenia kłosa i ziarniaków odmian pszenicy ozimej przez *Fusarium culmorum* na akumulację mikotoksyn fuzaryjnych w ziarnie. *Mat. Konferencji naukowej „Nauka dla hodowli roślin uprawnych”*, Zakopane, 29. 01–02.02.2007 r.: 153.
- Grzesik H., Strzembicka A. 2003. Odporność wybranych odmian pszenżyta ozimego na rdzę brunatną (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*). *Biul. IHAR* 230: 171 — 175.
- Mesterhazy A. 2002. Theory and practice of the breeding for *Fusarium* head blight resistance in wheat. *J. Appl. Genet* 43 A: 289 — 302.
- Perkowski J. 1999. Badania zawartości toksyn fuzaryjnych w ziarnie zbóż. *Rocz. Akademii Roln. w Poznaniu, Rozprawy Naukowe, Zeszyt* 295.
- SAS Institute. 2004. The SAS system for Windows. Release 9.1.3. SAS Inst., Cary, NC.
- Strzembicka A., Grzesik H., Węgrzyn S., Gajda Z. 1999. Charakterystyka rodów pszenżyta ozimego od względem odporności na rdzę brunatną i rdzę żdźbłąwą. *Biul. IHAR* 211: 191 — 197.
- Strzembicka A., Węgrzyn S., Grzesik H. 1998. Ocena rodów hodowlanych pszenżyta pod względem odporności na rdzę brunatną (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*). *Biul. IHAR* 205: 273 — 277.
- Szeląg J., Maćkowiak W., Szeląg B., Woś H. 1998. Mrozoodporność a zimotrwałość pszenżyta ozimego. *Biul. IHAR* 205/206: 205 — 211.
- Szeląg J., Szeląg B., Cichy H. 2002. Problem mrozoodporności pszenżyta ozimego. *Biul. IHAR* 221: 17 — 26.

Woś H., Maćkwiak W., Cichy H., Paizert K. 1994. Susceptibility of winter triticale to glume blotch, leaf rust and scald. *Hod. Rośl. Aklim. T.* 38. Z. 3/4: 223 — 227.

Strony internetowe:

Rozporządzenie komisji (WE) Nr 856/2005 z dnia 6 czerwca 2005 r. zmieniające rozporządzenie nr 466/2001 w odniesieniu do toksyn *Fusarium* [http://europa.eu.int/eur-lex/lex/LexUriServ/site/pl/oj/2005/l_143/l_14320050607pl00030008.pdf].

TADEUSZ OLEKSIK**DARIUSZ R. MAŃKOWSKI**

Pracownia Ekonomiki Nasiennictwa i Hodowli Roślin

Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Stabilność plonowania i zdolność adaptacyjna odmian jęczmienia jarego do warunków Polski

Yielding stability and adaptation of spring barley cultivars to the conditions of Poland

Interakcja genotypów z warunkami środowiska (jakość stanowiska, poziom agrotechniki, warunki klimatyczne) utrudnia dobór właściwych genotypów do hodowli oraz decyduje o późniejszych efektach uprawy. Ocena stabilności plonowania odmian w zmiennych warunkach produkcyjnych może być pomocna przy doborze odmian do uprawy w zależności od stosowanej technologii czy też przy wyborze genotypów zaadaptowanych do specyficznych warunków klimatycznych bądź siedliskowych. Bazując na wynikach badań ankietowych gospodarstw z lat 1992–2003 podjęto próbę oceny stabilności plonowania odmian jęczmienia jarego w warunkach produkcji towarowej. Czynnikiem środowiskowymi był geograficzny rejon uprawy (zgodny z rejonami przyjętymi przez COBORU), warunki siedliskowe (klasa gleby i jej odczyn) oraz poziom agrotechniki (nawożenie mineralne i poziom ochrony chemicznej). Analizę interakcji genotypowo-środowiskowej ($G \times E$) przeprowadzono z wykorzystaniem modelu mieszanego Sheffego-Calińskiego oraz regresji łącznej Calińskiego-Kaczmarka. Obliczenia wykonano w programie SERGEN 3. Badane odmiany jęczmienia jarego podzielono, na podstawie przeprowadzonych analiz, na plonujące stabilnie w sensie rolniczym (reagujące proporcjonalnie na zmiany urodzajności środowiska mierzonej średnim plonem w środowisku) i niestabilne (wykazujące istotną interakcję ze środowiskiem). Odmiany niestabilne podzielono na intensywne (reagujące silniej niż proporcjonalnie na warunki uprawy), ekstensywne (reagujące słabiej niż proporcjonalnie na warunki uprawy) oraz o nieliniowej funkcji reakcji na środowisko (takie, których reakcji nie udało się opisać za pomocą liniowej funkcji regresji), czyli nieregularnie reagujące na środowisko.

Słowa kluczowe: badania ankietowe, analiza stabilności, interakcja genotypowo-środowiskowa, jęczmień jary

Interaction of genotypes with environment (determined by soil quality, agriculture technology level, climate) makes a choice of correct genotypes for breeding difficult and influences future cultivation effects. Estimation of yielding stability in changeable production conditions may be useful for choice of genotypes adapted to specific climate, soil or agriculture technology. The aim of this study was estimation of spring barley yielding stability basing on results of farm survey research within the years 1992–2003. There were following differentiating factors: geographic region of cultivation (according to COBORU), soil quality (soil class and soil acidity), agriculture technology level (mineral

fertilization and chemical control). Genotype-environment ($G \times E$) interaction analysis was made using the Sheffé-Caliński mixed model and the Caliński-Kaczmarek joint regression model. Calculations were made using the SERGEN 3 computer program. On the basis of the analyses, the investigated spring barley cultivars were grouped into two classes; yielding stable, considering the agricultural point of view (reacting proportionally to a change of cultivation conditions), and unstable ones (showing significant interaction with environment). The unstable varieties were divided into three other groups: intensive ones (reacting with yields higher than proportionally to more favorable conditions), extensive ones (reacting with yields relatively lower than proportionally to less favorable conditions) and those reacting irregularly to the environment (we are not able to describe the reaction by any linear regression function).

Key words: survey research, stability analysis, genotype-environment interaction, spring barley

WSTĘP

Ważnym aspektem oceny odmian znajdujących się w produkcji rolniczej jest stabilność plonowania, wynikająca z interakcji genotypowo-środowiskowej. Hodowcy zależy na wyborze genotypów charakteryzujących się wysokim, ale i stabilnym plonowaniem w różnych warunkach uprawy i w różnych środowiskach. Stabilność cech genotypów można rozpatrywać na dwóch płaszczyznach, jako stabilność w sensie biologicznym (średnia wartość cechy genotypu praktycznie nie zmienia się w różnych warunkach środowiska) oraz stabilność w sensie rolniczym polegająca na tym, że średnia wartość plonu danego genotypu zmienia się proporcjonalnie (ze współczynnikiem regresji $r = 1$) do przeciętnej reakcji wszystkich genotypów, określonej na podstawie średnich środowiskowych (Becker i Léon, 1988; Mądry, 2002; Mądry i Rajfura, 2003).

Występowanie interakcji genotypowo-środowiskowej może sprawiać, iż dobrze plonująca w danych warunkach uprawy, w innych warunkach będzie plonowała słabo. Interakcja pomiędzy genotypem a środowiskiem jest zjawiskiem znanym i bardzo ważnym w uprawie i hodowli roślin rolniczych. Dotyczy to szczególnie odmian zbóż, które charakteryzują się wyższą reakcją na czynniki środowiska niż inne grupy roślin (Kaczyński, 1999). Warunki uprawy takie jak agrotechnika i jakość siedliska mają duże znaczenie w produkcji jęczmienia jarego. Czasami rola tych czynników jest znacznie ważniejsza niż wpływ warunków pogodowych (Ruszkowski i in., 1971).

Badanie interakcji genotypowo-środowiskowej najczęściej wykonywane jest za pomocą analizy stabilności genotypów. Porównania reakcji badanych genotypów w zmieniających się warunkach środowiska do wzorca stabilności rolniczej można przeprowadzać wieloma metodami o różnym stopniu komplikacji (Kang 1998; Piepho 1998; Mądry i Rajfura, 2003; Mądry 2003; Mekbib, 2003; Mądry i Kang, 2005). Metody te pozwalają na stwierdzenie czy dana odmiana zachowuje się stabilnie czy niestabilnie w zmieniających się warunkach środowiskowych. Do głębszego wyjaśnienia niestabilności genotypów stosuje się parametryczne miary stabilności oparte na modelach regresji łącznej (Mądry i Rajfura, 2003; Mądry 2003; Mądry i Kang, 2005). Są to najczęściej współczynnik regresji interakcyjnej, wariancja odchyłeń od regresji i współczynnik determinacji (Mądry i Rajfura, 2003).

Badania interakcji genotypowo-środowiskowej odmian jęczmienia dla plonu ziarna, w ramach doświadczeń rejestracyjnych i porejestrowych, prowadzi Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU). Istotne interakcje odmian jęczmienia jarego zarówno z poziomem agrotechniki jak i warunkami siedliskowo-klimatycznymi stwierdzono w wielu badaniach polowych (Alin, 2000; Bujak i in., 2003; Kaczmarek, 2004; Nurminiemi, 2002). Nie prowadzono natomiast badań interakcji genotypowo-środowiskowej dla jęczmienia w warunkach produkcyjnych.

Celem niniejszej pracy jest próba oceny interakcji genotypowo-środowiskowej i stabilności plonowania odmian jęczmienia jarego w zróżnicowanych warunkach produkcyjnych oraz oceny przystosowania odmian do warunków środowiskowych.

MATERIAŁ I METODY

Dane do analiz interakcji genotypowo-środowiskowej jęczmienia jarego stanowiły wyniki badań ankietowych, prowadzonych w latach 1992–2003 w gospodarstwach rolnych. Rocznie badaniami ankietowymi objętych było około 600 gospodarstw z całej Polski. Analizowano dane dotyczące plonowania 14 odmian jęczmienia jarego uprawianego łącznie na 2185 polach produkcyjnych rozmieszczonych w całym kraju. Kryterium doboru odmian do analiz stanowiła odpowiednia liczność i reprezentatywność próby — każda z uwzględnionych w analizach odmian musiała być uprawiana na nie mniej niż 4 polach przez co najmniej 8 z 12 lat badań.

Analizowano reakcję plonowania odmian na zmieniając się warunki środowiska. Czynniki środowiskowymi był rejon uprawy, jakość siedliska i poziom agrotechniki.

Podział na rejony przyjęto za Centralnym Ośrodkiem Badań Odmian Roślin Uprawnych — rejon A łączy rejony 1 i 3, rejon B — 2 i 4, rejon C — 5 i 7, a rejon D — 6 i 8 (rys. 1.).

Podział na siedliska przeprowadzono na podstawie punktowej waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej (Witek, 1981) z uwzględnieniem odczynu gleby. Odczyn gleby określany był w skali pięciostopniowej przez ankietowanych rolników: 1 — gleby bardzo kwaśne; 2 — gleby kwaśne; 3 — gleby lekko kwaśne; 4 — gleby obojętne; 5 — gleby zasadowe. Wyróżniono trzy grupy siedlisk według następujących założeń:

- G1 — gleba w punktach <40 , odczyn gleby <4 ;
- G3 — gleba w punktach ≥ 40 , odczyn gleby ≥ 4 ;
- G2 — pozostałe.

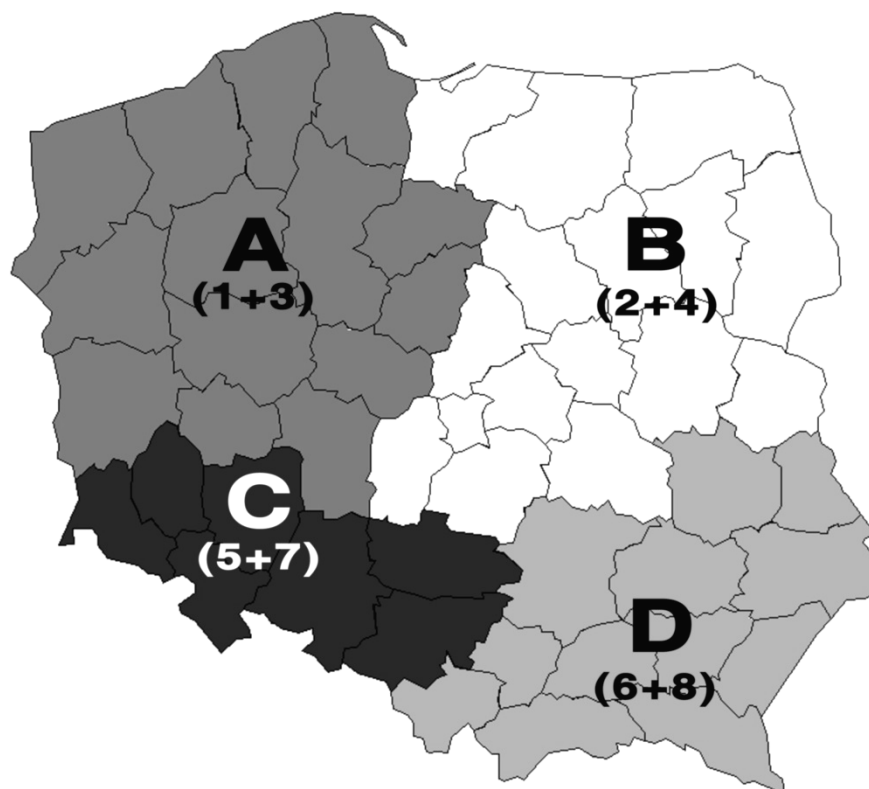
Poziom agrotechniki mierzony był wysokością nakładowych środków produkcji — nawożenia mineralnego NPK i intensywnością ochrony chemicznej roślin:

- A1 — nawożenie NPK <100 , liczba zabiegów ochrony chemicznej <2 ;
- A3 — nawożenie NPK ≥ 100 , liczba zabiegów ochrony chemicznej ≥ 2 ;
- A2 — pozostałe.

Przygotowanie i przetwarzanie danych przeprowadzono w Systemie SAS® w wersji 9.1 (SAS Institute Inc., 2004 a, 2004 b).

Najczęściej do analizy interakcji genotypowo-środowiskowej stosuje się dwa modele. Pierwszy to model Shukli (Shukla, 1972; Mądry 2003; Mądry i Kang, 2005) i model regresji łącznej Eberharda-Russella-Shukli (Eberhart i Russel, 1966; Mądry 2003; Mądry

i Kang, 2005). Model ten został oprogramowany i jest dostępny w formie aplikacji, na przykład w Systemie SAS® (SAS Institute Inc., 2004 b) — SAS-STABLE (Maragi i Kang, 1997), czy też w postaci kodów 4GL proponowanych przez Piepho (1999). Drugi model to model mieszany Scheffégo-Calińskiego (Scheffé, 1959; Caliński, 1966; Mądry i Rajfura, 2003; Mądry i Kang, 2005) i model regresji łącznej Calińskiego-Kaczmarka (Caliński i in., 1979; Kaczmarek, 1986; Caliński i in., 1997; Mądry i Rajfura, 2003; Mądry i Kang, 2005). Ten model został rozpowszechniony głównie w Polsce dzięki zastosowaniu go w programie SERGEN (Caliński i in., 1998).



Rys. 1. Podział Polski na rejony (przyjęty za COBORU)
Fig. 1. Regions of Poland (according to COBORU)

Prezentowane w niniejszej pracy analizy oparto na modelu mieszanym Scheffégo-Calińskiego i modelu regresji łącznej Calińskiego-Kaczmarka i wykonano je w programie SERGEN w wersji 3. Środowiska były reprezentowane przez kombinacje czynników rok $\times$ rejon uprawy, rok $\times$ jakość siedliska oraz rok $\times$ poziom agrotechniki. Poszczególne lata reprezentowały losowe układy warunków pogodowych.

Dane pochodzące z badań ankietowych z założenia cechują się znaczącą nieortogonalnością (licznymi brakami danych) oraz znacznym błędem losowym. Zastosowana technika doboru odmian do analizy (minimum 4 pola rocznie, przez co najmniej 8 z 12 lat badań) pozwoliła na dostosowanie zbioru danych do niezbędnych wymogów numerycznych zastosowanego modelu analitycznego. Analizy wykonane w układach dwóch czynników środowiskowych (analiza trójkierunkowa) ujawniły brak kompletu danych i zwiększenie błędu losowego, mimo to pozwoliły na wykonanie analiz z zastosowaniem założonego modelu analitycznego. Niestety nie była możliwa analiza łączna (pięciokierunkowa) dla wszystkich czynników środowiskowych (to jest: rok $\times$ rejon uprawy $\times$ jakość siedliska $\times$ poziom agrotechniki) ze względu na zbyt małą liczbę obserwacji w podklasach oraz bardzo znaczącą nieortogonalność danych. Z tych też powodów porzeczono na analizach w układach dwóch czynników środowiskowych.

W wyniku przeprowadzonych analiz, badane odmiany podzielono na odmiany plonujące stabilnie, określane niekiedy również jako stabilne w sensie dynamicznym, bo reagują zmianą plonu o taką samą wartość, o jaką zmienia się średnia wydajność badanych środowisk tego rejonu (Becker i Leon, 1988; Braun i in., 1996; Caliński i in., 1997; Annicchiarico, 2002; Jankowski i in., 2006; Kang, 2002; Mądry i in., 2003; Mądry i Kang, 2005) oraz na odmiany niestabilne. Te z kolei podzielono na odmiany intensywne (reagujące silniej niż proporcjonalnie na warunki środowiskowe), odmiany ekstensywne (reagujące słabiej niż proporcjonalnie na warunki środowiskowe) oraz na odmiany niestabilne nieregularnie reagujące na środowiska. Wyniki interakcji genotypowo środowiskowej przedstawiono w formie tabelarycznej.

WYNIKI I DYSKUSJA

Interakcja pomiędzy badanymi odmianami a kombinacjami lata $\times$ rejon geograficzny (rejon COBORU) i warunkami pogodowymi była istotna. Najwyższym istotnym efektem głównym charakteryzowała się odmiana Rodos, a najniższymi odmiany Aramir i Ars. Odmiany Dema, Diva, Grit, Lot, Nagrad, Maresi i Boss nie wykazały istotnej interakcji ze środowiskami (tab. 1). Można, więc uznać je za odmiany plonujące stabilnie. Odmiany Orlik oraz Rudzik wykazały istotną interakcję ze środowiskami, dodatkowo ich reakcję na zmieniające się warunki środowiskowe udało się opisać istotną liniową funkcją regresji łącznej, a współczynniki regresji były ujemne. To pozwala zaliczyć te odmiany do odmian niestabilnych ekstensywnych. Pozostałe odmiany można uznać za odmiany niestabilne, plonujące nieregularnie.

Kombinacja jakości siedliska i lat istotnie różnicowała plony, odmiany Rodos i Boss wykazały się istotnymi dodatnimi efektami głównymi (tab. 2), a odmiany Aramir, Ars oraz Grit istotnymi ujemnymi efektami głównymi. Za odmiany plonujące stabilnie uznano Grit, Klimek, Nagrad, Rudzik, Edgar oraz Boss. Odmiana Aramir okazała się odmianą niestabilną ekstensywną, a pozostałe odmiany uznano za odmiany niestabilne nieregularnie reagujące na środowisko.

Tabela 1

Wyniki analizy interakcji genotypowo środowiskowej badanych odmian dla kombinacji lata × rejonu COBORU

Results of genotype-environment interaction analysis of the tested cultivars for layout: years × COBORU regions

Odmiana Cultivar	Ocena efektu głównego Estimation of main effect	Statystyka F dla efektu głównego F-statistics for main effect	Statystyka F dla interakcji ze środowiskami F-statistics for interaction with environment	Współczynnik regresji Regression coefficient	Statystka F dla regresji F-statistics for regression	Współczynnik determinacji Determination coefficient
Aramir	-0,373	38,21**	1,50*	0,176	0,56	0,0173
Ars	-0,371	28,11**	1,53*	-0,222	0,67	0,0206
Dema	0,005	0,01	0,67	—	—	—
Diva	0,091	1,49	0,96	—	—	—
Grit	-0,218	14,13**	0,92	—	—	—
Lot	0,081	1,22	1,36	—	—	—
Klimek	0,208	4,02	1,77**	0,228	0,32	0,0099
Nagrad	0,181	4,25*	1,04	—	—	—
Orlik	0,149	1,97	3,36**	-0,908	5,64*	0,1499
Rudzik	-0,096	1,53	3,24**	-0,598	4,45*	0,1222
Edgar	0,035	0,15	1,50*	0,180	0,26	0,0079
Maresi	-0,039	0,39	1,03	—	—	—
Rodos	0,235	14,81**	1,65*	0,174	0,54	0,0166
Boss	0,111	2,76	1,26	—	—	—

* — Istotne przy $\alpha = 0,05$, ** — Istotne przy $\alpha = 0,01$; * — Significant at $\alpha = 0,05$, ** — Significant at $\alpha = 0,01$

Tabela 2

Wyniki analizy interakcji genotypowo środowiskowej badanych odmian dla kombinacji lata × jakość siedliska

Results of genotype-environment interaction analysis of the tested cultivars for layout: years × soil conditions

Odmiana Cultivar	Ocena efektu głównego Estimation of main effect	Statystyka F dla efektu głównego F-statistics for main effect	Statystyka F dla interakcji ze środowiskami F-statistics for interaction with environment	Współczynnik regresji Regression coefficient	Statystka F dla regresji F-statistics for regression	Współczynnik determinacji Determination coefficient
Aramir	-0,453	21,89**	4,64**	-1,254	6,38*	0,2330
Ars	-0,324	10,38**	3,90**	-0,377	0,42	0,0196
Dema	0,013	0,02	2,59**	-0,535	1,05	0,0475
Diva	-0,050	0,18	1,98**	1,230	3,71	0,1501
Grit	-0,187	5,36*	1,49	—	—	—
Lot	0,239	4,12	4,29**	1,172	3,35	0,1377
Klimek	0,093	0,95	1,29	—	—	—
Nagrad	0,138	1,99	0,91	—	—	—
Orlik	-0,006	0,00	8,74**	-0,080	0,02	0,0008
Rudzik	0,008	0,02	1,46	—	—	—
Edgar	0,186	3,10	1,07	—	—	—
Maresi	0,019	0,04	4,98**	0,466	0,69	0,0320
Rodos	0,207	7,20*	2,08**	0,067	0,02	0,0010
Boss	0,117	4,31*	0,99	—	—	—

* — Istotne przy $\alpha = 0,05$, ** — Istotne przy $\alpha = 0,01$; * — Significant at $\alpha = 0,05$, ** — Significant at $\alpha = 0,01$

Na podstawie reakcji na kombinację poziomu nawożenia mineralnego i ochrony chemicznej (poziom agrotechniki) i warunków klimatycznych (rok) odmiany Lot i Orlik można zaklasyfikować jako odpowiednie do intensywnej uprawy. Dla tych odmian stwierdzono istotną interakcję ze środowiskami, a ich reakcję na zmieniające się warunki środowiskowe można opisać istotną funkcją regresji liniowej o dodatnich współczynnikach regresji. Odmianę Aramir, o ujemnym współczynniku regresji, można uznać za odpowiednią do uprawy ekstensywnej. Natomiast odmiany Ars, Dema, Klimek i Nagrad, niewykazujące istotnej interakcji ze środowiskami można uznać za plonujące stabilnie (tab. 3).

Tabela 3

Wyniki analizy interakcji genotypowo środowiskowej badanych odmian dla kombinacji lata × poziom agrotechniki
Results of genotype-environment interaction analysis of the tested cultivars for layout: years × agriculture technology level

Odmiana Cultivar	Ocena efektu głównego Estimation of main effect	Statystyka F dla efektu głównego F-statistics for main effect	Statystyka F dla interakcji ze środowiskami F-statistics for interaction with environment	Współczynnik regresji Regression coefficient	Statystka F dla regresji F-statistics for regression	Współczynnik determinacji Determination coefficient
Aramir	-0,309	13,38**	1,71*	-1,118	9,28**	0,3064
Ars	-0,296	7,35*	0,62	—	—	—
Dema	0,271	22,51**	0,49	—	—	—
Diva	0,139	1,43	2,02**	-0,759	1,69	0,0746
Grit	-0,158	2,58	2,31**	-0,411	0,66	0,0306
Lot	-0,007	0,00	6,71**	1,756	7,34*	0,2591
Klimek	0,036	0,16	1,22	—	—	—
Nagrad	0,303	6,34*	1,47	—	—	—
Orlik	-0,008	0,01	4,42**	1,151	8,29**	0,2830
Rudzik	-0,158	7,30*	3,12**	-0,339	1,31	0,0587
Edgar	-0,011	0,01	3,47**	0,692	2,01	0,0874
Maresi	-0,081	0,59	3,97**	0,173	0,10	0,0048
Rodos	0,258	13,37**	4,72**	-0,273	0,57	0,0262
Boss	0,020	0,06	3,11**	-0,006	0,00	0,0000

* — Istotne przy $\alpha = 0,05$, ** — Istotne przy $\alpha = 0,01$; * — Significant at $\alpha = 0,05$, ** — Significant at $\alpha = 0,01$

W tabeli 4 przedstawiono syntetyczne zestawienie plonowania badanych odmian w analizowanych układach środowiskowych. Na podstawie tego zestawienia można wskazać adaptację badanych odmian do środowisk. Za odmiany szeroko zaadaptowane (odmiany odznaczające się rolniczą stabilnością plonowania, występującą razem z relatywnie wysokim średnim plonem — istotnym dodatnim efektem głównym) można więc uznać odmianę Nagrad, gdy czynnikiem środowiskowym jest rejon geograficzny, odmianę Boss, gdy jakość siedliska jest czynnikiem środowiskowym oraz odmiany Dema i Nagrad, gdy poziom agrotechniki jest czynnikiem środowiskowym. Odmianę Nagrad można uznać za odmianę wszechstronnie stabilnie plonującą w analizowanych środowiskach.

Tabela 4

Odmiany stabilne oraz odmiany wykazując istotną interakcję ze środowiskiem
The stable cultivars and those showing significant interaction with environment

Odmiany Cultivars	Środowiska: rok × rejony COBORU Environments: year × region			Środowiska: rok × rejony wyznaczone ze względu na jakość siedliska Environments: year × region appointed with respect to soil quality			Środowiska: rok × rejony wyznaczone z uwzględnieniem poziomu agrotechniki Environments: year × region appointed with respect to agriculture technology		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Plonujące stabilnie Yielding stable	Grit	Dema Diva Lot Maresi Boss	Nagrad	Grit	Klimek Nagrad Rudzik Edgar	Boss	Ars	Klimek	Dema Nagrad
Plonujące niestabilnie Yielding unstable									
Intensywne Intensive	—	Orlik Rudzik	—	—	—	—	—	Orlik	—
Ekstensywne Extensive	—	—	—	Aramir	—	—	Aramir	—	—
Nieregularne Unpredictable	Aramir Ars	Klimek Edgar	Rodos	Ars	Dema Diva Lot Orlik Maresi	Rodos	Rudzik	Diva Grit Edgar Maresi Boss	Rodos

1 — Plonujące istotnie niżej od średniej środowiskowej; Yielding significantly lower than environmental average

2 — Plonujące na poziomie średniej środowiskowej; Yielding on the level of environmental average

3 — Plonujące istotnie wyżej od średniej środowiskowej; Yielding significantly higher than environmental average

Odmiany Aramir, Orlik oraz Rodos w analizowanych układach środowiskowych cechowały się niestabilnym plonowaniem. Aramir relatywnie lepiej plonował w gorszych warunkach siedliskowych i przy niższych nakładach na agrotechnikę, jednak średnio plonował istotnie niżej od średniej środowiskowej. Orlik relatywnie wyżej plonował w korzystniejszych dla uprawy jęczmienia rejonach geograficznych i przy wyższych nakładach na agrotechnikę, jednak średnio plonował na poziomie porównywalnym ze średnią środowiskową. Rodos plonował istotnie wyżej od średniej środowiskowej, jednak jego reakcje w zmieniających się warunkach środowiskowych były nieregularne.

WNIOSKI

1. Na podstawie analizy interakcji genotypowo-środowiskowej, odmiany można podzielić na plonujące stabilnie oraz niestabilnie, czyli niewykazujące i wykazujące istotną interakcję ze środowiskiem.
2. Określenie reakcji odmian w warunkach produkcyjnych na tak różne układy warunków środowiskowych może być bardzo pomocne przy poszukiwaniu źródeł zmienności potrzebnych w tworzeniu nowych odmian, jak również w przypadku prób

- określenia optymalnych warunków uprawy i rejonizacji odmian już znajdujących się w produkcji polowej.
3. Najwyższym istotnym efektem głównym ze względu na rejon uprawy charakteryzowała się odmiana Rodos, a najniższymi odmiany Aramir i Ars.
 4. Na podstawie reakcji odmian na zróżnicowaną jakość siedliska istotnymi dodatnimi efektami wykazały się odmiany Rodos i Boss. Za odmiany plonujące stabilnie uznano Grit, Klimek, Nagrad, Rudzik, Edgar oraz Boss.
 5. Na podstawie reakcji odmian na zróżnicowany poziom nawożenia mineralnego i ochrony chemicznej jako odpowiednie do intensywnej uprawy można wskazać odmiany Lot i Orlik a jako odpowiednią do uprawy ekstensywnej Aramir.
 6. Za odmiany szeroko zaadaptowane można uznać odmianę Nagrad, gdy czynnikiem środowiskowym był rejon geograficzny, odmianę Boss, gdy czynnikiem środowiskowym była jakość siedliska oraz odmiany Dema i Nagrad, gdy poziom agrotechniki stanowił czynnik środowiskowy.

LITERATURA

- Atlin G. N., McRae K. B., Lu X. 2000. Genotype $\times$ region interaction for two-row barley yield in Canada. *Crop. Sci.* 40: 1 — 6.
- Becker H. C., Léon J. 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding* 101: 1 — 23.
- Bujak H., Kaczmarek J., Chrzanowska-Drożdż B., Liszewski M. 2003. Interakcja genotypowo-środowiskowa plonowania jęczmienia ozimego na Dolnym Śląsku. *Biul. IHAR* 226/227 (1): 233 — 241.
- 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. 1967. Model analizy wariancji dla doświadczeń wielokrotnych. *Rocznik Nauk Rolniczych, Seria A* 93, 3: 549 — 579.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z. 1979. Analiza interakcji genotypowo-środowiskowej. 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.
- Eberhart S. A., Russel W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36 — 40.
- Jankowski P., Zieliński A., Mądry W. 2006. Analiza interakcji genotyp-środowisko dla pszenicy ozimej z wykorzystaniem metody graficznej biplot typu GGE. Część I. Podstawy teoretyczne. *Biul. IHAR* 240/241: 53 — 60.
- Kaczmarek Z. 1986. Analiza doświadczeń wielokrotnych zakładanych w blokach niekompletnych. *Roczniki AR w Poznaniu, Rozprawy Naukowe*, Poznań.
- Kaczmarek Z., Adamski T., Surma M. 2004. Interakcja genotypowo-środowiskowa dla plonu dwu- i sześciorzędowych linii DH jęczmienia. *Biul. IHAR* 231: 313 — 320.
- Kaczyński L. 1999. Reakcja odmian roślin rolniczych na czynniki środowiska, niezbędny zakres doświadczeń PDO na Dolnym Śląsku. Podstawy organizacji i planowania doświadczalnictwa z zarejestrowanymi odmianami roślin rolniczych na Dolnym Śląsku. *Zesz.* 1: 35 — 46.
- Kang M. S. 1998. Using genotype-by-environment interaction for crop cultivar development. *Adv. in Agron.* 62: 200 — 252.
- 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 łączonej. *Colloquium Biometryczne* 33: 181 — 205.
- Maragi R., Kang M. S. 1997. SAS-STABLE: Stability analysis of balanced and unbalanced data. *Agron. J.* 90: 929 — 932.
- Mekbib F. 2003. Yield stability in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Euphytica* 130: 147 — 153.
- Nurminiemi M., Madsen S., Rogali O. A., Bjørnstad Å., Ortiz R. 2002. Analysis of the genotype-environment interaction in the Nordic Region of Europe: relationships among stability statistics for grain yield. *Euphytica* 127: 123 — 132.
- Piepho H. P. 1998. Methods of comparing yield stability of cropping systems — a review. *J. Agron. Crop Sci.* 180: 193 — 213.
- Piepho H. P. 1999. Stability Analysis using SAS system. *Agron. J.* 91: 154 — 160.
- Ruszkowski M., Ruszkowska B., Siemion S., Uliński G., Witek T. 1971. Produkcyjność jęczmienia jarego i owsa w różnych warunkach siedliska. *Pamiętnik Puławski* 44: 71 — 82.
- SAS Institute Inc. 2004 a. BASE SAS 9.1.3 Procedures guide. Cary, NC, USA, SAS Publishing, SAS Institute Inc.
- SAS Institute Inc. 2004 b. SAS 9.1 Companion for Windows. Cary, NC, USA, SAS Publishing, SAS Institute Inc.
- Scheffé 1959. The analysis of variance. John Wiley & Sons, New York.
- Shukla G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype $\times$ environment components of variability. *Heredity* 29: 237 — 245.
- Witek T. (red.) 1981. Waloryzacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski według gmin. Puławy, IUNG.

RENATA TOBIASZ-SALACH
DOROTA BOBRECKA-JAMRO
EWA SZPUNAR-KROK

Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski

Wpływ dolistnego dokarmiania na plon i skład chemiczny ziarna owsa

Influence of foliar fertilization on yield and chemical composition of oat grain

W latach 2003–2005 założono dwuczynnikowe doświadczenie polowe, w którym badano wpływ nawożenia preparatem Bioalgeen na plonowanie i skład chemiczny 5 odmian owsa uprawianych w rejonie Podkarpacia. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, iż zastosowany nawóz spowodował wzrost plonu owsa średnio o 9,6% i zwiększenie zawartości białka średnio o 6,1% w stosunku do kontroli. Nie różnicował zaś zawartości tłuszczu, popiołu i związków bezazotowych wyciągowych.

Słowa kluczowe: białko, Bioalgeen, nawożenie, plon, popiół, owies, tłuszcz, włókno surowe, związki bezazotowe wyciągowe

Five oat cultivars grown in the Podkarpackie region of Poland were tested in a two factor field experiment on the influence of Bioalgeen fertilization on yield and its chemical composition. The experiment was carried out in the years 2003–2005. The tests showed that the application of Bioalgeen caused 9.6% increase in oat yield and 6.1% increase of protein content, in relation to the control samples. Fat, ash and nitrogen free extract contents showed no significant change.

Key words: ash, Bioalgeen, crude fibre, fat, fertilization, nitrogen free extract, protein, oats, yield

WSTĘP

Preparat Bioalgeen S 90 jest jednym z szerokiej gamy preparatów do dolistnego nawożenia roślin uprawnych. Jest nawozem ekologicznym produkowanym z brunatnych i czerwonych alg atlantyckich. Rośliny poddane jego działaniu mają lepiej rozbudowany system korzeniowy oraz większą odporność na warunki stresowe. Ponadto podnosi on żyzność, aktywność mikrobiologiczną i urodzajność podłoża (Wysoka-Owczarek, 2002). W literaturze niewiele jest informacji dotyczących wpływu nowoczesnych, ekologicznych preparatów dolistnych na plon i skład chemiczny ziarna, dlatego ważne jest określenie wpływu dolistnego dokarmiania preparatem Bioalgeen na plon i skład chemiczny ziarna owsa nagoziarnistego i oplewionego uprawianego w rejonie Podkarpacia.

MATERIAŁ I METODY

Ścisłe doświadczenie polowe, dwuczynnikowe zostało założone w latach 2003–2005 na polu Stacji Dydaktyczno-Badawczej w Krasnem k. Rzeszowa. Badanymi czynnikami były:

- I czynnik — nawożenie dolistne preparatem Bioalgeen,
- II czynnik — odmiany owsa: Sławko, Bajka, Chwat (odmiany oplewione), Akt, Polar (odmiany nieoplewione).

Skład Bioalgeenu był następujący: Azot 200 mg/kg (organiczny pochodzenia roślinnego), P_2O_5 30 mg/kg (rozpuszczalny w wodzie), K_2O 900 mg/kg, B 2–35 mg/kg, Fe 6–20 mg/kg, Zn 0,3–3,0 mg/kg.

Doświadczenie założono na glebie brunatnej, zaliczanej do klasy bonitacyjnej III a. Gleba wyróżniała się średnią zasobnością w przyswajalny fosfor, potas oraz średnią w magnez. Odczyn gleby było lekko kwaśny.

Przedplonem owsa były ziemniaki. W doświadczeniu zastosowano jednolite nawożenie fosforowo-potasowe: P_2O_5 — 50 kg/ha i K_2O_5 — 70 kg/ha w formie superfosfatu i soli potasowej. Nawożenie azotowe w formie saletry amonowej w ilości po 30 kg/ha zastosowano przedsięwzięcie i pogłównie. Oprysk Bioalgeenem w dawce 2 l/ha zastosowano dwukrotnie w fazie krzewienia i strzelania w źdźbło. Owies w latach badań wysiano w I i II dekadzie kwietnia. Wielkość poletek do zbioru wynosiła 16 m². W stadium krzewienia zastosowano Chwastox Turbo 340 SL w celu zwalczania chwastów.

Zbiór owsa wykonano w latach badań w I–III dekadzie sierpnia w stadium dojrzałości pełnej. Plon i MTN przeliczono na 15% wilgotności. Nasiona poddano analizie chemicznej. Oznaczono:

- azot ogólny — metodą Kjeldahla,
- tłuszcz surowy — metodą Soxhleta,
- włókno surowe — metodą Henneberga-Stohmana w modyfikacji Pruszyńskiego,
- popiół surowy — spalając materiał w temperaturze 600°C.

Analizę azotu wykonano na aparacie Kjeltec Analityzer Unit i po przemnożeniu procentowej jego zawartości przez współczynnik 6,25 otrzymano zawartość białka ogółem.

Zawartość białka strawnego i tłuszczu obliczono w programie Anapasz ver. 2.1 w laboratorium PODR w Boguchwale. Wykorzystano współczynniki strawności białka i tłuszczu według norm żywienia świń, dla owsa oplewionego odpowiednio 0,78 i 0,81, zaś dla nieoplewionego 0,85 i 0,83 (Normy..., 1993). Z różnicy zawartości białka, popiołu, tłuszczu i włókna obliczono zawartość bezazotowych wyciągowych.

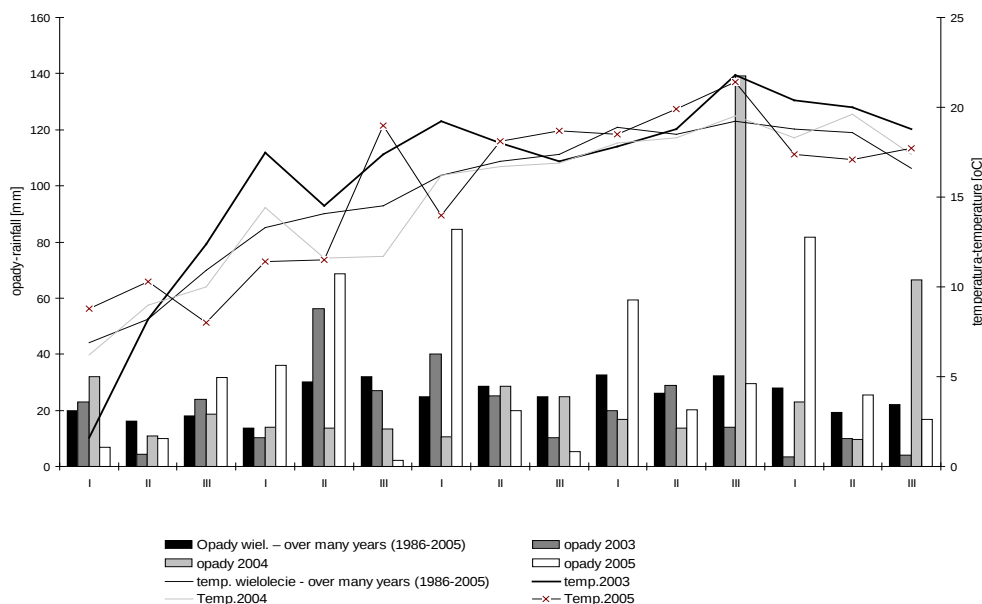
Uzyskane wyniki opracowano statystycznie stosując półprzedział ufności Tukeya przy poziomie istotności $p = 0,05$. Reakcja odmian na zastosowane nawożenie dolistne była podobna w latach badań, dlatego wyniki przedstawione są wartościami średnimi z trzech lat badań.

WYNIKI I DYSKUSJA

Układ warunków pogodowych w latach 2003–2005 był korzystny dla rozwoju owsa. Średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji kształtowała się nieco poniżej średniej wieloletniej (17,3°C) (rys. 1). Notowano wahania temperatury w granicach od 16,2°C w 2003 do 15,4°C w 2005 roku, zaś rok 2004 był chłodniejszy ze średnią temperaturą 14,9°C.

Opady atmosferyczne w badanym okresie były silnie zróżnicowane. Wyższe od średniej wieloletniej sumy opadów (369,1 mm) wystąpiły w latach 2004 (o 66,1 mm) i 2005 (o 129 mm). Rok 2003 był suchy z opadami o 69,1 mm niższymi od średniej wieloletniej.

Szczególnie wysokie opady zanotowano w III dekadzie lipca i sierpnia w 2004 roku (przewyższały one ponad dwu i trzykrotnie średnią z wielolecia), zaś w 2005 roku w I dekadzie czerwca, lipca i sierpnia z opadami przewyższającymi średnią wieloletnią dla tego okresu odpowiednio o 59,4 mm, 26,7 mm i 53,6 mm (rys. 1).



Rys. 1 Rozkład opadów i temperatury powietrza w okresie wegetacji owsa w latach 2003–2005 w Krasnem k. Rzeszowa w porównaniu z wieloleciem 1986–2005

Fig. 1. Rainfall and air temperatures distribution during vegetative period of oats in the years 2003–2005 in Krasne, as compared to the period 1986–2005

Wielu autorów uważa, iż największy wpływ na rozwój i plonowanie owsa ma przebieg pogody oraz suma i rozkład opadów w czasie wegetacji (Mazurek, 1993; Jankowski i Nowak, 1999; Wysoka-Owczarek, 2002). Analiza statystyczna wykazała, iż badane

rośliny owsa, mimo zróżnicowanych warunków pogodowych w latach badań, reagowały podobnie na zastosowany Bioalgeen (tab. 1). Plon ich (bez względu na odmianę) wzrósł średnio o 9,6% w stosunku do roślin nie dokarmianych Bioalgeenem, co potwierdzono statystycznie. Najwyższym plonem (bez względu na nawożenie) charakteryzowała się odmiana Bajka (4,9 t/ha). Pozostałe odmiany owsa oplewionego plonowały niżej, Chwat o 2,1% i Sławko o 5,2%. Owsy nieoplewione uzyskały plony odpowiednio o 34 i 40% niższe. Biorąc jednak pod uwagę zawartość łuski, która u odmiany Bajki wynosiła 28,5%, Sławko 30,6% i Chwat 29,8% plony badanych owsów nieoplewionych były porównywalne (tab. 1).

Tabela 1

Plon ziarna ($t \cdot ha^{-1}$) oraz zawartość białka i tłuszczu (g) strawnego dla świń w odmianach owsa (średnia za lata 2003–2005)

Grain yield content of digestible protein and fat (for pigs) in the oat cultivars (means for 2003–2005)

Nawożenie ($kg \cdot ha^{-1}$) Fertilization I	Odmiana Cultivar II	Plon ziarna owsa Grain yield ($t \cdot ha^{-1}$)	Białko strawne w g/kg s.m. ziarna Digestible protein g/kg of grain (d.m.)	Tłuszcz strawny w g/kg s.m. ziarna Digestible fat g/kg of grain (d.m)
Kontrola Control	Bajka	4,75	82,60	34,59
	Sławko	4,59	84,47	45,44
	Chwat	4,42	88,69	42,60
	Akt*	3,01	112,03	70,47
	Polar*	2,84	108,89	65,74
Bioalgeen	Bajka	5,06	87,36	34,34
	Sławko	4,71	94,69	59,94
	Chwat	5,19	85,02	48,19
	Akt*	3,49	116,6	63,83
	Polar*	3,06	122,74	79,85
NIR I _{x II} — LSD		r. n.	r. n.	r. n.
Średnia dla nawożenia	Kontrola Control	3,93	95,34	51,77
Mean for fertilization	Bio-algeen	4,30	101,28	57,23
NIR _{p=0,05} — LSD		0,119	r. n.	r. n.
Średnia dla odmiany Mean for cultivar	Bajka	4,91	84,98	34,46
	Sławko	4,65	89,58	52,69
	Chwat	4,81	86,85	45,39
	Akt	3,25	114,31	67,15
	Polar	2,95	115,81	72,79
NIR _{p=0,05} — LSD		0,425	19,945	12,393
Średnia Mean		4,11	98,30	54,49

* nieoplewiona; naked

**przyjęte współczynniki strawności: białko - 0,78 dla formy oplewionej i 0,85 dla formy nieoplewionej; tłuszcz - 0,81 dla formy oplewionej i 0,83 dla formy nieoplewionej); coefficient of digestibility taken: protein - 0,78 for covered oat, 0,85 for naked oat; fat - 0,81 for covered oat and 0,83 for naked oat

Zastosowany Bioalgeen u poszczególnych odmian nie różnicował plonu (tab. 1). Podobne wyniki uzyskali Szewczuk i Horoszkiewicz-Janka (Szewczuk, Michałojć, 2003 Horoszkiewicz-Janka i in., 2004), którzy w swoich badaniach stwierdzili brak wpływu Bioalgeenu na plonowanie owsa w siewie czystym i w mieszankach z jęczmieniem. Według Bobreckiej-Jamro i Tobiasz-Salach (2003) rejon Podkarpacia jest korzystny do

uprawy owsa, a szczególnie form nieoplewionych. Uzyskiwane plony są wysokie i mało zróżnicowane w latach. W swoich badaniach autorki wykazały brak wpływu dolistnego dokarmiania na wielkość plonu, analizowały jednak inne nawozy niż Bioalgeen.

Stosowany Bioalgeen nie różnicował zawartości białka i tłuszczu strawnego dla trzody chlewnej, wykazano natomiast różnice odmianowe, wynikające z genetycznego uwarunkowania zawartości białka i tłuszczu ogółem, a nie z zastosowanego nawożenia (tab. 1). Najwyższą ilością białka i tłuszczu strawnego charakteryzowały się odmiany nieoplewione Polar i Akt, odpowiednio około 116 i 114 g białka oraz 73 i 67 g tłuszczu w 1 kg ziarna. Średnie wartości dla tych parametrów dla odmian nieoplewionych były odpowiednio o 32 i 58% wyższe od średnich wartości dla odmian oplewionych.

Analiza statystyczna wykazała wpływ Bioalgeenu na zawartość białka ogólnego i włókna surowego u badanych owsów. Zawartość białka wzrosła średnio o 6,1%, zaś włókna spadła o 5,6% (tab. 2). Największą zawartością tłuszczu i białka charakteryzowały się odmiany nagoziarniste Akt i Polar. U odmian tych zawartość białka i tłuszczu była odpowiednio o 17,5% i 54,4% wyższa niż u owsów oplewionych. Podobne rezultaty w swoich badaniach uzyskali Nita i Fabijańska (Nita i in., 1999; Fabijańska i in., 2002).

Tabela 2

Wyniki analizy chemicznej owsa (w % s.m.). Średnia za lata 2003–2005
Chemical composition of oats (in % d.m.). Mean for 2003–2005

Nawożenie (kg·ha ⁻¹) Fertilization I	Odmiana Cultivar II	Białko Protein	Tłuszcz Fat	Włókno surowe Crude fibre	Popiół Ash	Bezazotowe wyciągowe Nitrogen free extract
Kontrola Control	Bajka	10,59	4,27	12,53	2,58	70,02
	Sławko	10,83	5,61	11,27	2,52	68,77
	Chwat	11,37	5,26	9,54	2,69	71,13
	Akt*	13,18	8,49	2,40	2,29	73,63
	Polar*	12,81	7,92	4,70	2,33	72,24
Bioalgeen	Bajka	11,20	4,24	11,14	2,56	70,87
	Sławko	12,14	7,40	8,61	2,60	69,25
	Chwat	10,90	5,95	9,08	2,72	71,34
	Akt*	13,72	7,69	6,94	2,43	69,22
	Polar*	14,44	9,62	2,45	2,19	71,30
NIR I _{X,II} — LSD		r. n	r. n.	r. n	r. n	r. n
Średnia dla nawożenia	Kontrol Control	11,76	6,31	8,09	2,48	71,36
Mean for fertilization	Bio-algeen	12,48	6,98	7,64	2,50	70,40
NIR _{p=0,05} — LSD		0,356	r. n	0,199	r. n.	r. n
Średnia dla odmiany Mean for cultivar	Bajka	10,89	4,25	11,84	2,57	70,45
	Sławko	11,48	6,51	9,94	2,56	69,51
	Chwat	11,14	5,61	9,31	2,71	71,24
	Akt*	13,45	8,09	4,67	2,36	71,43
	Polar*	13,63	8,77	3,58	2,26	71,77
NIR _{p=0,05} — LSD		1,186	3,114	3,311	0,257	0,213
Średnia Mean		12,12	6,64	7,87	2,49	70,88

* Nieoplewiona; Hull-less

Zawartość włókna surowego w ziarnie owsa związana jest z udziałem łuski. Odmiany owsa nagoziarnistego Akt i Polar charakteryzowały się mniejszą ilością włókna surowego o 60,2% w porównaniu z odmianami oplewionymi.

Ziarno owsa, podobnie jak i innych zbóż, jest także źródłem wielu składników mineralnych, które sumarycznie obrazuje zawartość popiołu w ziarnie (Givens i in., 2004). U badanych odmian zawartość ta wahała się od 2,3% u odmiany Akt do 2,7% u odmiany oplewionej Chwat. Formy nagoziarniste uzyskały średnio o 11,2% mniej popiołu niż owsy oplewione.

Nie wykazano wpływu Bioalgeenu na zróżnicowanie zawartości tłuszczu, popiołu i związków bezazotowych wyciągowych u badanych odmian owsa.

WNIOSKI

1. Nawożenie Bioalgeenem spowodowało wzrost plonu owsa średnio o 9,6% w stosunku do kontroli. Nie wykazano natomiast istotnych różnic w plonie pomiędzy badanymi odmianami na zastosowany nawóz.
2. Bioalgeen spowodował zwiększenie zawartości białka średnio o 6,1% zaś zmniejszenie włókna o 5,56%. Nie różnicował zawartości tłuszczu, popiołu i związków bezazotowych wyciągowych.

LITERATURA

- Brand T. S., van der Merve J. P. 1996. Naked oats (*Avena nuda*) as a substitute for maize in diets for weanling and grower — finisher pigs. Anim. Feed Sci. Tech. 113.: 169 — 181.
- Ciepiela A., Jankowski K., Jodełka J. 1999. Dolistne dokarmianie roślin jednoliściennych. Nowoczesne Roln. nr 7: 11.
- Fabijańska M., Kosieradzka I., Sokół J., Bekta M., Bobel B. 2002. Polskie odmiany zbóż nagoziarnistych w żywieniu zwierząt. Zesz. Nauk. PTZ Przegląd Hodowlany 60: 197 — 210.
- Givens D. I., Davies T. W., Laverick R. M. 2004. Effect of variety, nitrogen fertilizer and various agronomic factors on the nutritive value of husked and naked oats grain. Anim. Feed Sci. Tech. 113: 169 — 181.
- Horoszkiewicz-Janka H., Michalski T. 2004. Wpływ biopreparatów Bion 50 WG i Bio-algeen S 90 Plus 2 na zdrowotność i plonowanie jęczmienia jarego uprawianego w siewie czystym i w mieszankach z owsem. Biul. IHAR 231: 347 — 355.
- Jankowski K., Nowak M. 1999. Wady i zalety dolistnego dokarmiania. Nowoczesne Rolnictwo nr 11: 11.
- Mazurek J. 1993. Biologia i agrotechnika owsa. IUNG, Puławy.
- Michałojć Z., Szewczuk C. 2003. Teoretyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin. Acta Agrophysica nr 85: 9 — 17.
- Nita Z. 1999. Stan aktualny i nowe kierunki hodowli owsa w Polsce. Żywność. Supl.: 273 — 277.
- Normy Żywienia Świń — wartość pokarmowa pasz. 1993. PAN Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt, tab. 12 s: 54.
- Szewczuk C., Michałojć Z. 2003. Praktyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin. Acta Agrophysica nr 85: 18 — 30.
- Tobiasz-Salach R., Bobrecka-Jamro D. 2003. Wpływ wieloskładnikowych nawozów dolistnych na plonowanie i skład chemiczny owsa. Acta Agrophysica nr 85: 89 — 98.
- Wysoka-Owczarek M. 2002. Bio-algeen. Hasło Ogrodnicze nr 5: 55 — 57.

JAROSŁAW PLICH

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Młochów

Odporność roślin ziemniaka na *Phytophthora infestans* i jej związek z wczesnością odmian — przegląd literatury

Resistance of the potato to *Phytophthora infestans* and its relation to earliness of cultivars — a review

Phytophthora infestans, organizm wywołujący zarazę ziemniaka jest najgroźniejszym i najważniejszym ekonomicznie patogenem ziemniaka. Pomimo długiej historii hodowli odpornościowej na *P. infestans*, przy wykorzystaniu zarówno genów *R* jak i genów o małych efektach, do tej pory nie udało się uzyskać satysfakcjonującego poziomu trwałej odporności u odmian o krótkim okresie wegetacji. Powodem tego jest fakt, iż wysoki poziom odporności polowej na *P. infestans* jest silnie sprzężony z długim okresem wegetacji roślin ziemniaka. Przyczyny tego związku mogą mieć charakter fizjologiczny i genetyczny. Wyniki badań molekularnych potwierdzają, iż długość wegetacji oraz pozioma odporność na *P. infestans* mogą być warunkowane przez te same geny o efekcie pleiotropowym lub przez geny bardzo silnie sprzężone. Możliwości uzyskania odmian wczesnych o wysokim i trwałym poziomie odporności na drodze konwencjonalnej hodowli należy upatrywać w zastosowaniu nowych źródeł odporności.

Słowa kluczowe: długość wegetacji, odporność, *Phytophthora infestans*, *Solanum tuberosum*, zaraza ziemniaka, wczesność

Phytophthora infestans, the causal agent of the late blight is the most dangerous and economically important potato pathogen. In long history of resistance breeding against *P. infestans* both, *R* genes and genes with small effects were used. Until now early cultivars with high level of durable resistance do not exist. The main reason for the lack of early resistant cultivars is relationship between high levels of field resistance and late maturity. Nature of this relationship might be both physiological and genetic. Molecular study of earliness and late blight resistance shows that both traits may be the results of pleiotropic effects of the same genes or independent but very closely linked genes. New sources of resistance are required for introduction of high level of durable resistance to late blight into early genotypes by conventional breeding.

Key words: maturity, resistance, *Phytophthora infestans*, late blight, *Solanum tuberosum*, earliness.

WSTĘP

Zaraza ziemniaka, wywoływana przez *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, jest jedną z najgroźniejszych chorób ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.). Odporność ziemniaka na *P. infestans* jest zazwyczaj dzielona na dwa rodzaje: pionową — determinowaną przez pojedyncze geny (geny *R*) i poziomą (polową) — warunkowaną poligenicznie. Odporność pionowa nazywana także rasowo-specyficzną działa zgodnie z teorią „gen-na-gen” i zapewnia całkowitą odporność przeciwko konkretnym patotypom patogena. Odporność pozioma jest rasowo-niespecyficzna i zapewnia określony poziom odporności na wszystkie patotypy (Pietkiewicz, 1976; Wastie, 1991). Jednak wysoki poziom odporności polowej na *P. infestans* jest silnie sprzężony z długim okresem wegetacji roślin ziemniaka (Van der Planck, 1957; Toxopeus, 1958; Świeżyński, 1990 a; Świeżyński, 1990 b; Visker i in., 2004). Przyczyn tego związku upatruje się bądź w bliskim sprzężeniu genów poziomej odporności naci roślin ziemniaka na zarazę ziemniaka i genów odpowiedzialnych za długi okres wegetacji, bądź w pleiotropowym efekcie działania tych samych genów na obie te cechy (Visker i in., 2003). Wy tłumaczenia tego zjawiska poszukuje się również na poziomie procesów fizjologicznych zachodzących w roślinie (Toxopeus, 1958; Makela, 1966; Świeżyński, 1990 a; Colon, 1994).

W dalszej części pracy przedstawiono przegląd literatury, ukazujący stan wiedzy na temat związku odporności na *P. infestans* i długości wegetacji roślin ziemniaka, oraz praktycznych konsekwencji tego związku dla hodowli i uprawy ziemniaka.

Długość wegetacji

Ziemniaki po raz pierwszy do Europy sprowadzili około roku 1570 hiszpańscy konkwistadorzy. Należały one do podgatunku *andigena* i były roślinami dnia krótkiego, dlatego w warunkach europejskich tuberyzowały bardzo późno w sezonie. Zachowywanie i wysadzanie w roku następnym bulw z roślin wcześniej dających plon skutkowało niezamierzoną selekcją w kierunku wczesności i w konsekwencji adaptacją ziemniaka do tuberyzacji w warunkach dnia długiego (Visker, 2005). Różnice w długości wegetacji są konsekwencją różnego stopnia adaptacji *S. tuberosum* ssp. *tuberosum* do warunków dnia długiego panujących w środkowej i północnej Europie. Na podstawie długości wegetacji roślin wyrażanej w dniach możemy podzielić je na tzw. grupy wczesności lub określić ich ‘typy wczesności’ (ang. maturity type). W Polsce wyróżniamy 5 grup wczesności odmian ziemniaka:

- bardzo wczesne — do 95 dni wegetacji,
- wczesne — 96–109 dni wegetacji,
- średnio wczesne — 110–124 dni wegetacji,
- średnio późne — 125–139 dni wegetacji,
- późne — 140 i więcej dni wegetacji.

Typ wczesności (lub potocznie ‘wczesność’) jest złożoną cechą ilościową kontrolującą długość życia rośliny od kiełkowania bulw przez kwitnienie, tuberyzację, dojrzewanie i starzenie się roślin (Gebhardt i in., 2004). Różnice w typie wczesności mogą się wyrażać na poziomie procesów fizjologiczno-rozwojowych jak i morfologii roślin. Rośliny genotypów wczesnych są przeważnie mniejsze, mają krótszą fazę kwitnienia, a proces

starzenia się naci jest szybki. Okres formowania stolonów i tuberyzacji następuje wcześniej i jest krótki (Celis-Gamboa, 2002). W okresie tym następuje szybka alokacja asymilatów z łodyg do rozwijających się bulw, przez co dalsze utrzymywanie naci staje się bezcelowe i roślina się starzeje (Visker, 2005). Natomiast genotypy późne mocniej inwestują w rozwój części nadziemnej, co skutkuje dłuższym okresem rozwoju naci oraz większymi rozmiarami roślin. Kwitnienie jest dłuższe i bardziej obfite a tempo starzenia się naci powolne. Okres formowania stolonów, inicjacji bulw i tuberyzacji jest opóźniony i znacznie wydłużony (Celis-Gamboa, 2002). Dojrzałość roślin, a na jej podstawie długość wegetacji ocenia się wizualnie na podstawie stanu fizjologicznego części nadziemnej roślin (zatrzymanie wzrostu naci, żółknięcie, więdnienie i zasychanie liści) (Visker, 2005).

Odporność na *Phytophthora infestans*

Odporność roślin ziemniaka na *P. infestans* jest zwyczajowo opisywana zgodnie z podziałem zaproponowanym przez Van der Planka (1963) jako dwu rodzajowa: pionowa — determinowana przez pojedyncze geny (geny *R*) i pozioma (polowa) — warunkowana poligenicznie. Monogeniczna odporność pionowa warunkowana genami *R* działa zgodnie z teorią „gen-na-gen” zaproponowaną przez Florę (1942). Geny *R* zapewniają roślinom całkowitą odporność na konkretne patotypy patogena (posiadające korespondujący z genem *R* gen awirulencji *avr*) (Wastie, 1991). Produkt roślinnego genu *R* wchodzi w bezpośrednią (lub pośrednią) reakcję z produktem genu awirulencji patogena. W rezultacie zachodzi tzw. reakcja nadwrażliwości (HR — hypersensitive response) i następuje zaprogramowana śmierć komórek zainfekowanych oraz komórek do nich przylegających, co hamuje dalszy wzrost patogena w tkance rośliny (Śliwka, 2004). *P. infestans* jest patogenem o dużych zdolnościach adaptacyjnych, przez co łatwo dostosowuje się do czynników ograniczających jej rozwój (jak geny *R* funkcjonujące w odmianach uprawnych, stosowane fungicydy systemiczne). Dlatego odporność oparta o geny *R* może być szybko przełamywana przez nowe, bardziej wirulentne rasy patogena (Colon i in., 1995). Trwałą, choć dającą roślinie tylko częściową ochronę przed patogenem jest rasowo-niespecyficzna odporność pozioma. Najprościej odporność polową na *P. infestans* można zdefiniować jako zdolność rośliny do ograniczenia wzrostu i rozwoju wszystkich izolatów patogena, nie warunkowaną genami *R* (Umaerus i Umaerus, 1994). Ograniczenia te mogą dotyczyć każdego etapu interakcji patogena z rośliną; zdolności do zainfekowania rośliny, rozwoju patogena wewnątrz tkanki, czasu potrzebnego patogenowi do rozpoczęcia kolejnej sporulacji oraz jej intensywności (Van der Zaag, 1959; Colon, 1994). Polowa odporność naci nie zapewnia roślinom całkowitej ochrony przed *P. infestans* tzn. rośliny w pewnym stopniu ulegają porażeniu przez patogena. Jednak stopień porażenia roślin jest różny i zależy od poziomu odporności danego genotypu. Rośliny o bardzo niskim stopniu odporności mogą zostać całkowicie zniszczone przez patogena w przeciągu kilkunastu dni, natomiast genotypy o wysokim poziomie odporności poziomej kontynuują wzrost i rozwój pomimo porażenia.

Odporność bulw ziemniaka na *P. infestans* jest równie ważna jak odporność części nadziemnej. Jednakże odporność naci ziemniaka i odporność bulw na *P. infestans* nie są ze sobą silnie skorelowane (Świeżyński, 1990; Świeżyński i Zimnoch-Guzowska, 2001). Większość z genów *R* wykazuje swoją typową ekspresję, czyli powoduje reakcję

nadwrażliwości tylko w części nadziemnej roślin. Tylko niektóre z opisanych genów *R* wywołują reakcję nadwrażliwości również w bulwach (Świeżyński, 1990; Śliwka i in., 2006). Pomimo braku typowej ekspresji obecność genów *R* podnosi poziom ogólnej odporności bulw na zarazę ziemniaka (Świeżyński, 1990). Wysoki poziom odporności bulw podobnie jak naci jest skorelowany z długim okresem wegetacji roślin, jednak korelacja ta jest raczej słaba. Pomimo to trudno jest jednak uzyskać odmiany wczesne o wysoko odpornych bulwach (Świeżyński i in., 1993).

Odporność na *P. infestans* była prawdopodobnie pierwszym, historycznym już celem hodowli odpornościowej opartej o naukowe podstawy (Umaerus i Umaerus, 1994). Przez wiele lat od sprowadzenia ziemniaka do Europy jedynym występującym w odmianach typem odporności była pozioma odporność pochodząca z podgatunków *Solanum tuberosum* ssp. *andigena* oraz *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum*. Gatunki te pochodzą z Ameryki Południowej, natomiast *P. infestans* pochodzi z Ameryki Środkowej, najprawdopodobniej ze Środkowego Meksyku, z Doliny Toluca, przez co gatunki te nie mogły koewoluować z patogenem i wytworzyć bardziej skutecznych mechanizmów obronnych. W latach 40-tych XIX wieku, prawdopodobnie na skutek sprowadzenia zainfekowanych bulw z Ameryki Środkowej w Europie wybuchła wielka epidemia zarazy ziemniaka. Poziom odporności większości ówczesnych odmian na *P. infestans* okazał się bardzo niski. Tylko niektóre odmiany, (które przetrwały ten okres) wykazały później pewien podwyższony stopień odporności poziomej (Umaerus i in., 1983). Od tego czasu odporność na *P. infestans* stała się ważnym celem badań fitopatologów i hodowców. Na początku XX wieku wykryto w pochodzącym z Meksyku dzikim gatunku *Solanum demissum* dominujące geny główne odporności pionowej (geny *R*) i podjęto próbę wprowadzenia ich do ziemniaka uprawnego. Geny te zapewniały całkowitą odporność roślin na *P. infestans*. Jednak odporność tego typu szybko okazała się nietrwała. Odmiany z odpornością warunkowaną przez geny *R* były porażane wkrótce po (lub czasem nawet przed) wprowadzeniem do uprawy na szerszą skalę (Allefs i in., 2005). Ze względu na nietrwałość odporności warunkowanej genami *R* powróciło zainteresowanie podwyższaniem poziomu odporności polowej. Odporność polowa daje roślinie tylko częściową ochronę przed patogenem. Jest ona trudniejsza do zastosowania w hodowli odpornościowej przez swój ilościowy charakter, poligeniczne dziedziczenie i silny związek z długą wegetacją roślin (Visker, 2005).

W świetle współczesnych badań relacje pomiędzy pionową i poziomą odpornością na *P. infestans* nie są do końca jasne (Rubio-Covarrubias i in., 2003). Ekspresja niektórych z 11 genów *R* (tzw słabych) nie jest całkowita i rośliny są w pewnym stopniu porażane przez patogena. Objawy te są trudne do odróżnienia od reakcji roślin z wysokim stopniem odporności polowej (Umaerus i Umaerus, 1994). Natomiast genotypy z genem *R* w kontakcie z izolatem *P. infestans* posiadającym korespondujący z nim gen wirulencji wykazują wyższy poziom odporności niż genotypy nie posiadające genów *R*. Ponadto każdy dodatkowy gen *R* wpływa na podwyższenie ogólnego poziomu odporności na *P. infestans* zarówno naci jak i bulw (Darsow i in., 1987; Stewart i in., 2003). Wykazano ponadto, iż reakcja nadwrażliwości (HR) występuje zarówno w przypadku pionowej jak i poziomej odporności na *P. infestans*. W roślinach z odpornością pionową reakcja HR jest

bardzo szybka, natomiast w odporności poziomej reakcja HR jest wolna, co nie pozwala skutecznie zahamować rozprzestrzeniania się patogena (Vleeshowers i in., 2000). Związek pomiędzy genetycznymi czynnikami kontrolującymi ilościową (poziomą) i jakościową (pionową) odporność na *P. infestans* jest nieznany (Leonards-Schippers i in., 1994). Coraz więcej danych wskazuje, że odporność pozioma i pionowa są ze sobą ściśle powiązane, a nawet, że geny główne odporności (geny *R*) są skrajnymi allelicznymi wariantami QTL (ang. quantitative trait loci — loci cech ilościowych) odporności (Leonards-Schippers i in., 1992; Gebhardt i in., 2004).

Fizjologiczne związki odporności ziemniaka na *P. infestans* i długości wegetacji

Pomimo długiej historii hodowli odpornościowej na *P. infestans* jej osiągnięcia są wciąż niezadowalające. Mimo postępów w podnoszeniu poziomu odporności odmian na zarazę ziemniaka, do tej pory nie udało się uzyskać satysfakcjonującego poziomu odporności u odmian o krótkim okresie wegetacji (Mastenbroek, 1966; Zimnoch-Guzowska i Tatarowska, 2004). Fakt ten może świadczyć o tym, iż zarówno odporność naci na *P. infestans* jak i długi okres wegetacji mogą być warunkowane tymi samymi czynnikami fizjologicznymi. Analizując fizjologiczne podstawy związku długości wegetacji i odporności naci na *P. infestans* należy rozpatrywać wpływ zmian zachodzących w roślinach podczas wzrostu i rozwoju naci, kwitnienia, starzenia się części nadziemnej oraz formowania się, wzrostu i dojrzewania bulw w części podziemnej rośliny na poziom odporności.

Stopień poziomej odporności naci roślin ziemniaka na zarazę ziemniaka zmienia się w trakcie wegetacji. Rośliny bardzo młode są stosunkowo podatne na zarazę ziemniaka, natomiast podczas intensywnego wzrostu i rozwoju rośliny wchodzi w fazę wzrostu odporności. Ponowny spadek odporności naci następuje po rozpoczęciu tuberyzacji i podczas starzenia się roślin (Makela, 1966; Carnegie i Colhoun, 1982; Fry i Apple, 1986). Wpływ wieku roślin na odporność ich naci nie jest jednakowy u wszystkich genotypów. Zmiany te są wyraźnie widoczne w odmianach późnych (Fry i Apple, 1986) lub odpornych (Carnegie i Colhoun, 1982), natomiast są one zdecydowanie mniejsze w odmianach wczesnych (Fry, Apple, 1986) lub podatnych (Carnegie i Colhoun, 1982). Wejście roślin w drugą fazę podatności jest skorelowane ze zmianami fizjologicznymi wywołanymi tuberyzacją oraz wpływem zmian długości dnia (Makela, 1966; Umaerus, 1970).

Długość wegetacji, podobnie jak pozioma odporność na *P. infestans* jest złożoną cechą warunkowaną poligenicznie i podlegającą silnemu wpływowi szeregu czynników zewnętrznych. Fotoperiod oraz temperatura są czynnikami istotnie wpływającymi zarówno na długość wegetacji (poprzez indukcję lub zahamowanie tuberyzacji) jak i na stopień odporności naci ziemniaka na zarazę. Krótki fotoperiod (Alvey, 1963; Ewing, 1978; Ewing i Wareing, 1978; Van Daam i in., 1996; Jackson 1999; Amador i in., 2001) oraz niska temperatura (Krug, 1965; Ewing i Wareing, 1978; Jackson, 1999) indukują tuberyzację oraz ograniczają rozwój nadziemnych części roślin, przez co przyspieszają starzenie się roślin. Natomiast długi fotoperiod stymuluje wzrost naci a inhibuje tuberyzację, co wydłuża okres wegetacji roślin. Długość dnia oraz temperatura wpływają również na ekspresję odporności części nadziemnych roślin ziemniaka na *P. infestans*. Krótki fotoperiod (Colon, 1994) oraz niska temperatura może indukować również spadek

odporności naci roślin *S. tuberosum* (Rubio-Covarrubias i in., 2003). Colon (1994) spadek ten tłumaczy zmianami w ogólnym stanie fizjologicznym roślin wywołanymi tuberyzacją.

Silnie skorelowany przebieg zmian w procesach fizjologicznych i odpornościowych oraz wpływ tych samych czynników zewnętrznych na obie cechy jednocześnie może sugerować fizjologiczny charakter poziomej odporności naci ziemniaka na *P. infestans*. Produkt tego samego genu może wpływać jednocześnie na poziom odporności i długi okres wegetacji biorąc udział w szlakach metabolicznych wpływających na obie te cechy.

Sprzężenie genetyczne czy efekt pleiotropowy?

Za genetyczną przyczynę związku długiego okresu wegetacji i poziomej odporności na *P. infestans* uważa się sprzężenie genów odpowiedzialnych za obie te cechy (Toxopeus, 1958) lub raczej efekt pleiotropowy tego samego genu na obie te cechy (Visker i in., 2003). Za źródło tego negatywnego związku uważane są geny pochodzące z *Solanum tuberosum* (Toxopeus, 1958; Toxopeus, 1959) jak i geny wprowadzone do ziemniaka uprawnego z dzikiego gatunku *S. demissum* (Umaerus i in., 1983). Geny główne odporności z tego gatunku były powszechnie wprowadzane do odmian uprawnych na początku XX wieku. Gatunek *S. demissum* pochodzi z tego samego rejonu co *P. infestans* i wytworzył w procesie koewolucji wysoki poziom odporności oparty na obu typach odporności: pionowej warunkowanej genami *R* jak i poziomej warunkowanej poligenicznie (Wastie, 1991). Umaerus i wsp. (1983) uważają, że wraz z wprowadzeniem genów *R* z *Solanum demissum* wprowadzono również połowę odporność na zarazę ziemniaka oraz długi okres wegetacji. Gebhardt i wsp. (2004) potwierdzają możliwość równoczesnej introgresji genów odporności na *P. infestans* i długiego okresu wegetacji z *S. demissum*.

Początkowo twierdzono, że mimo tak silnej korelacji obu cech dalsze prace hodowlane pozwolą na przełamanie tego związku (Toxopeus, 1958; Umaerus i in., 1983). Jednakże aż do dnia dzisiejszego mimo wielu lat prac hodowlanych, nie udało się przełamać negatywnej korelacji pomiędzy wczesnością odmian a ich wysokim poziomem odporności na *P. infestans* (Colon i Budding, 1988; Śnieżyński i in., 1994). Fakt ten może świadczyć o bardzo bliskim sprzężeniu genów lub raczej o pleiotropowym działaniu tego samego genu (lub genów) na obie te cechy (Visker i in., 2003).

W ciągu ostatnich kilku lat przeprowadzono wiele prac molekularnych w celu zlokalizowania w tym samym materiale jednocześnie czynników genetycznych warunkujących długość wegetacji i odporność na *P. infestans*. QTL odpowiedzialne za długość wegetacji i poziomą odporność na zarazę ziemniaka zidentyfikowano i zmapowano na podstawie badań populacji diploidalnych oraz tetraploidalnych o różnym pochodzeniu odporności. Na poziomie diploidalnym były to: *Solanum kurtzianum*, *S. vernei*, *S. tariense*, *S. stenotomum* (Collins i in., 1999), *S. chacoense*, *S. kurtzianum*, *S. vernei*, *S. stenotomum* (Oberhagemann i in., 1999), *S. phureja*, *S. vernei* (Visker i in., 2003) i na poziomie tetraploidalnym *S. tuberosum* ssp. *tuberosum* (Bormann i in., 2004; Bradshaw i in., 2004). Czynniki warunkujące poziomą odporność naci na *P. infestans* znaleziono na prawie wszystkich chromosomach ziemniaka (Gebhardt i Valkonen, 2001) jednak QTL o bardzo dużym efekcie we wszystkich badanych populacjach zlokalizowano na chromosomie V (Leonard-Schippers i in., 1994; Collins i in., 1999; Oberhagemann i in., 1999; Visker i in., 2003; Visker i in., 2005). QTL warunkujących długość wegetacji nie

zlokalizowano aż tak wiele, jednakże *loci* o największym wpływie na długość wegetacji zlokalizowano w tym samym miejscu na chromosomie V, w którym zlokalizowano QTL odporności na zarazę ziemniaka (Oberhagemann i in., 1999; Visker i in., 2003; Bormann i in., 2004; Bradshaw i in., 2004; Visker i in., 2005). Visker i wsp. (2003) sugerują, że bądź jest to jeden QTL o plejotropowym efekcie działającym jednocześnie na obie te cechy, bądź że są to dwa blisko sprzężone QTL: jeden o efekcie plejotropowym wpływającym na stopień odporności i długość wegetacji, a drugi tylko na odporność naci. W tym samym miejscu zlokalizowano również QTL warunkujące odporność bulw na *P. infestans*. Jednakże wyniki tych badań nie są jednoznaczne. Collins i wsp. (1999) oraz Oberhagemann i wsp. (1999) wykryli negatywną, natomiast Bradshaw i wsp. (2004) pozytywną korelację pomiędzy odpornością bulw a odpornością naci oraz długim okresem wegetacji.

Pozostałe zlokalizowane *loci* długości wegetacji o mniejszych efektach były zawsze ściśle związane z QTL poziomej odporności w taki sposób, że allel wpływający na krótki okres wegetacji zawsze wpływał na spadek odporności i odwrotnie — allel długiego okresu wegetacji podnosił odporność (Oberhagemann i in., 1999). Jednakże nie wszystkie QTL odporności były związane z QTL długości wegetacji (Bradshaw i in., 2004; Visker i in., 2005).

Nie bez znaczenia wydaje się być fakt, iż w tym samym miejscu na chromosomie V gdzie zmapowano QTL o dużym efekcie wpływające na odporność na *P. infestans* i długość wegetacji wcześniej zlokalizowano gen *R1* — gen rasowo-specyficznej (pionowej) odporności na *P. infestans* pochodzący z *S. demissum* (Leonard-Schippers i in., 1992). W tym samym rejonie chromosomu V zmapowano również czynniki genetyczne warunkujące odporność na zupełnie inne patogeny jak: gen *Rx1* warunkujący ekstremalną odporność na wirus X ziemniaka (PVX — *potato virus X*) (Ritter i in., 1991), gen *Nb* wywołujący reakcję nadwrażliwości na PVX (De Jong i in., 1997), *Gpa_QTL* (Kreike i in., 1994) i *Gpa5_QTL* (Roupe van der Voort i in., 2000) warunkujące odporność na *Globodera pallida*, oraz *Grp1_QTL* warunkujący odporność na *Globodera rostochiensis* i *G. pallida* (Roupe van der Voort i in., 1998).

PODSUMOWANIE

P. infestans jest najgroźniejszym i najważniejszym ekonomicznie patogenem ziemniaka na całym świecie. Stosunkowo skuteczną może być chemiczna ochrona roślin przed tym patogenem, jednak w dużym stopniu zwiększa ona koszty ponoszone na uprawę i wywołuje niepożądane skutki dla środowiska. W tej sytuacji najrozsądniejszą wydaje się hodowla i uprawa odmian odpornych na tego patogena (Colon, 1994). W hodowli odmian odpornych na zarazę ziemniaka wykorzystywane są zarówno geny *R* jak i geny o małych efektach. Mimo postępów w podnoszeniu poziomu odporności, do tej pory nie udało się osiągnąć satysfakcjonującego poziomu odporności u odmian o krótkim okresie wegetacji (Zimnoch-Guzowska i Tatarowska, 2004).

Nie udało się jednoznacznie wyjaśnić genetyczno-fizjologicznych przyczyn związku odporności naci i długiego okresu wegetacji. Silnie skorelowany przebieg zmian

w procesach fizjologicznych i odpornościowych oraz wpływ tych samych czynników zewnętrznych na obie cechy jednocześnie sugeruje fizjologiczny charakter odporności poziomej. Genetyczne czynniki (QTL) wpływające na odporność i na długość wegetacji znaleziono w wielu miejscach genomu ziemniaka. Najważniejsze QTL, najsilniej wpływające na odporność i długość wegetacji zmapowano w tym samym miejscu na chromosomie V. Prawdopodobnym wydaje się fakt, iż jest to ten sam QTL o plejotropowym działaniu na obie te cechy. Nie da się jednak wykluczyć możliwości determinacji tych cech przez dwa różne blisko sprzężone QTL (Visker i in., 2003). Bardzo prawdopodobnym wydaje się być fakt, iż produkt tego samego genu wpływa jednocześnie na poziom odporności i długi okres wegetacji, biorąc udział w szlakach metabolicznych wpływających na obie te cechy.

Wobec powyższego wprowadzenie wysokiego poziomu odporności polowej do odmian wczesnych wydaje się trudne. Allefs i wsp. (2005) zaproponowali hipotezę, według której wyróżniają w poziomie odporności na *P. infestans* część wynikającą z długości wegetacji genotypu natomiast pozostała część wynika z działania genów *R*. Szansy na podwyższenie poziomu odporności genotypów wczesnych należy upatrywać we wprowadzaniu nowych, nie sprzężonych z długim okresem wegetacji źródeł odporności, takich jak: nieprzełamywane dotąd przez *P. infestans* geny *R* pochodzące z nowych źródeł odporności jak np. gen *Rpi-phu1* (Sliwka i in., 2006) czy gen *Rpi-abpt* z dzikiego gatunku *Solanum bulbocastanum* lub QTL odporności niewpływające na wegetację. Uzasadniona wydaje się być również próba piramidyacji (kumulacji) tych genów, co może uniemożliwić lub przynajmniej utrudnić przełamanie tej odporności przez *P. infestans*. Niezmiernie pomocne w pracach hodowlanych może okazać się wykorzystanie zdobyczy biologii molekularnej do zadań poznawczych (mapowanie genów długości wegetacji i odporności nie sprzężonych ze sobą) i aplikacyjnych (MAS-marker assisted selection, selekcja przy użyciu markerów molekularnych). Sukces w łączeniu „wczesności” i trwałej odporności na *P. infestans* na drodze konwencjonalnych metod hodowlanych wydaje się być bardzo trudny, lecz możliwy do osiągnięcia dzięki ścisłej współpracy hodowców, genetyków, fitopatologów i biologów molekularnych.

LITERATURA

- Allefs J. J. H. M., Muskens M. W. M., van der Vossen E. A. G. 2005. Breeding for foliage blight resistance in the genomics era. In: Haverkort A. J.: Potato in progress: science meets practice. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands: 255 — 267.
- Alvey N., G., 1963. The effect of daylength on two tuberous *Solanum* species. Potato Res. Vol. 6 No. 2: 106 — 120.
- Amador V., Bou J., Martinez-Garcia J., Monte E., Rodriguez-Falcon M., Russo E., Prat S. 2001. Regulation of potato tuberization by daylength and gibberellins. Int. J. Dev. Biol. 45 (S1): 37 — 38.
- Bormann C. A., Rickert A. M., Castillo Ruiz R. A., Paal J., Lubeck J., Strahwald J., Buhr K., Gebhardt C. 2004. Tagging quantitative trait loci for maturity-corrected late blight resistance in tetraploid potato with PCR-based candidate gene markers. Mol. Plant Microbe Interact. 17, No. 10: 1126 — 1138.
- Bradshaw E. J., Pande B., Bryan G. J., Hackett C. A., McLean K., Stewart H. E., Waugh R. 2004. Interval mapping of quantitative trait loci for resistance to late blight [*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary],

- height and maturity in a tetraploid population of potato (*Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*). *Genetics* 168: 983 — 995.
- 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.
- Celis-Gamboa B. C. 2002. The life cycle of the potato (*Solanum tuberosum* L.): From crop physiology to genetics. Ph.D. Thesis. Wageningen University, The Netherlands: 1 — 191.
- Collins A., Milbourne D., Ramsay L., Meyer R., Chatot-Balandras C., Oberhagemann P., De Jong W., Gebhardt C., Bonnel E., Waugh R. 1999. QTL for field resistance to late blight in potato are strongly correlated with maturity and vigour. *Mol. Breeding* Vol. 5, No. 5: 387 — 398.
- Colon L. T. 1994. Resistance to *Phytophthora infestans* in *Solanum tuberosum* and wild *Solanum* species. Ph. D. Thesis, Wageningen University, The Netherlands: 1 — 159.
- Colon L. T., Budding D. J. 1988. Resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) in ten wild *Solanum* species. *Euphytica* Vol. 39, Suppl. 3: 77 — 86.
- Colon L. T., Turkensteen L. J., Prummel W., Budding D. J., Hoogendoorn J. 1995. Durable resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) in old potato cultivars. *Eur. J. Plant Pathol.* Vol. 101, No. 4: 387 — 397.
- Darsow U., Gobel S., Gotz E., Ortel H., Schuler K. 1987. R-gens and relative resistance of potato tubers to *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. *Archiv für Züchtungsforschung* 17: 387 — 397.
- De Jong W., Forsyth A., Leister D., Gebhardt C., Baulcombe D. C. 1997. A potato hypersensitive resistance gene against potato virus X maps to a resistance gene cluster on chromosome V. *Theor. Appl. Genet.* 95: 153 — 162.
- Ewing E. E. 1978. Critical photoperiods for tuberization: a screening technique with potato cuttings. *Am. Potato J.* Vol. 55: 43 — 53.
- Ewing E. E., Wareing P. F. 1978. Shoot, stolon and tuber formation on potato (*Solanum tuberosum* L.) Cuttings in Response to Photoperiod. *Plant Physiol.* Vol. 61: 348 — 353.
- Flor H. H. 1942. Inheritance of pathogenicity *Melampsora lini*. *Phytopathology* 32: 653 — 669.
- Fry W. E., Apple A. E. 1986. Disease Management Implications of Age-Related Changes in Susceptibility of Potato Foliage to *Phytophthora infestans*. *Am. Potato J.* Vol. 63: 47 — 56.
- Gebhardt C., Ballvora A., Walkemeier B., Oberhagemann P., Schuler K. 2004 Assessing genetic potential in germplasm collections of crop plants by marker-trait association: a cause for potatoes with quantitative variation of resistance to late blight and maturity type. *Mol. Breeding* 13: 93 — 102.
- Gebhardt C., Valkonen J. P. T. 2001 Organization of genes controlling disease resistance in the potato genome. *Annu. Rev. Phytopathol.* 39: 79 — 102.
- Jackson S. D. 1999. Multiple signaling pathways control tuber induction in potato. *Plant Physiol.* Vol. 119: 1 — 8.
- Kreike C. M., De Koning J. R. A., Vinke H. J., Van Ooijen J. W., Strikema W. J. 1994. Quantitatively-inherited resistance to *Globodera pallida* is dominated by one major locus in *Solanum spegazzini*. *Theor. Appl. Genet.* 88: 764 — 769.
- Krug H. 1965. The importance of the photoperiod-temperature response of potato varieties for breeding and cultivation. *Euro. Potato J.* Vol. 8, No. 1: 14 — 27.
- Leonards-Schippers C., Giffers W., Salamini F., Gebhardt C. 1992. The *R1* gene conferring race-specific resistance to *Phytophthora infestans* in potato is located on potato chromosome V. *Mol. Gen. Genet.* 233, No.1-2: 278 — 283.
- Leonards-Schippers C., Giffers W., Schafer-Pregl R., Ritter E., Knapp S. J., Salamini F., Gebhardt C. 1994. Quantitative resistance to *Phytophthora infestans* in potato: a cause study for QTL mapping in an allogamous plant species. *Genetics* 137: 67 — 77.
- Makela K. 1966. Factors influencing the epidemics of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary in Finland. *Acta Agralia Fennica* 104: 1 — 100.
- Mastenbroek C. 1966. Some major points from 22 years for experience in breeding potatoes for resistance to late blight (*Phytophthora infestans*). *Am. Potato J.* Vol. 43- No. 8: 261 — 277.
- Oberhagemann P., Chatot-Balandras C., Schafer-Pregl R., Wagner D., Palamino C., Salamini F., Bonnel E., Gebhardt C. 1999. A genetic analysis of quantitative resistance to late blight in potato: towards marker-assisted selection. *Mol. Breeding* Vol. 5 No. 5: 399 — 415.

- Pietkiewicz J. 1976. Charakterystyka odporności poziomej ziemniaka na zarazę *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary. Ziemniak 37: 87 — 127.
- Ritter E., Debener T., Barone A., Salamini F., Gebhardt C. 1991. RFLP mapping on potato chromosomes of two genes controlling extreme resistance to potato virus X (PVX). Mol. Gen. Genet. Vol. 227. No. 1: 81 — 85.
- Roupe van der Voort J., Lindeman W., Folkertsma R., Hutten R., Overmars H. 1998. A QTL for broad-spectrum resistance to cyst nematode species (*Globodera* spp.) maps to a resistance gene cluster in potato. Theor. Appl. Genet. Vol. 96. No. 5: 654 — 661.
- Roupe van der Voort J., van der Vossen E., Barker E., Overmars H., van Zandvoort P. 2000. Two additive QTLs conferring broad-spectrum resistance in potato to *Globodera pallida* are localized no resistance gene cluster. Theor. Appl. Genet. Vol. 101. No. 7: 1122 — 1130.
- Rubio-Covarrubias O. A., Douches D. S., Hammerschmidt R., daRocha A., Kirk W.W. 2003. Effect of temperature and photoperiod on symptoms associated with resistance to *Phytophthora infestans* after leaf penetration in susceptible and resistant potato cultivars. Am. J. Potato Res. 82: 153 — 160.
- Stewart H. E., Bradshaw J. E., Pande B. 2003. The effect of the presence of *R*-genes for resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) of potato (*Solanum tuberosum*) on the underlying level of field resistance. Plant Pathology 52: 193 — 198.
- Śliwka J. 2004. Genetic factors encoding resistance to late blight caused by *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary on the potato genetic map. Cell. Mol. Biol. Lett. Vol. 9: 855 — 867.
- Śliwka J., Jakuczun H., Lebecka R., Marczewski W., Gebhardt C., Zimnoch-Guzowska E. 2006. The novel, major locus *Rpi-phu1* for late blight resistance maps to potato chromosome IX and is not correlated with long vegetation period. Theor. Appl. Genet. 113: 685 — 695.
- Świeżyński, K. M. 1990 a. Resistance to *Phytophthora infestans* in potato cultivars and its relation to maturity. Genetica Polonica 31: 99 — 106.
- Świeżyński, K. M. 1990 b. Resistance to *Phytophthora infestans* in the potato. Institute for Potato Research, Bonin: 1 — 76.
- Świeżyński, K. M., Krusiec J., Osiecka M., Sieczka M. T., Zarzycka H. 1993. Potato Tuber Resistance to *Phytophthora infestans* and its Relation to Maturity. Plant Breeding 110 (2): 161 — 164.
- Świeżyński K. M., Osiecka M., Sieczka M. T., Zarzycka H., Zimnoch-Guzowska E. 1994: Problematyka hodowli odmian ziemniaka odpornych na grzyb *Phytophthora infestans*. Biuletyn Instytutu Ziemniaka Nr 44: 13 — 20.
- Toxopeus H. J. 1958. Some notes on the relation between field resistance to *Phytophthora infestans* in leaves and tubers and ripening time in *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*. Euphytica Vol. 7. No. 2: 123 — 130.
- Toxopeus H. J. 1959. Problems involved in breeding for resistance. Euphytica Vol. 8. No. 3: 223 — 231.
- Umaerus V. 1970. Studies on field resistance to *Phytophthora infestans*. 5. Mechanisms of resistance and application to potato breeding. Z. Pflanzenzüchtg. 63: 1 — 23.
- Umaerus, V., Umareus, M. 1994. Inheritance of resistance to late blight. In: Potato genetics. Bradshaw J. E., Mackay G. R. CAB International: 365 — 401.
- Umaerus, V., Umareus, M., Erjefalt, L., Nilsson, B. A. 1983. Control of *Phytophthora* by host resistance: Problems and progress. In: (Erwin D. C., Bartnicki-Garcia S., Tsao P. H.) *Phytophthora*, its biology, taxonomy, ecology and resistance. Phytopathological Society. St. Paul. Minnesota: 315 — 326.
- Wastie R.L. 1991. Breeding for resistance. In: Ingram D.S., Williams P.H. Advances in Plant Pathology vol. 7. *Phytophthora infestans*, the Cause of Late Blight of Potato. 193 — 224.
- Van Dam J., Kooman P. L., Struik P. C. 1996. Effects of temperature and photoperiod on early growth and final number of tubers in potato (*Solanum tuberosum* L.). Potato Res. Vol. 39. No. 1: 51 — 62.
- Van der Plank J.E. 1957. A note on three sorts of resistance to late blight. Am. Potato J. Vol. 34: 72 — 75.
- Van der Plank J.E. 1963. Plant Diseases: Epidemics and Control. New York & London. Academic: 349
- Van der Zaag D.E. 1959. Some observations on breeding for resistance for *Phytophthora infestans*. Eur. Potato J. Vol. 2. No. 4: 278 — 286.
- Visker M. H. P. W. 2005. Association between late blight resistance and foliage maturity type in potato. Physiological and genetical studies. Ph.D. thesis, Wageningen University, the Netherlands: 1 — 160.

- Visker M. H. P. W., Heilersig H. J. B., Kodde L. P., Van de Weg W. E., Voorrips R. E., Struik P. C., Colon L. T. 2005. Genetic linkage of QTLs for late blight resistance and foliage maturity type in six related potato progenies. *Euphytica* Vol. 143. No. 1–2: 189 — 199.
- Visker M. H. P. W., Keizer L. C. P., Van Eck H. J., Jacobsen E., Colon L. T., Struik P. C. 2003. Can the QTL for late blight resistance on potato chromosome 5 be attributed to foliage maturity type? *Theor. Appl. Genet.* Vol. 106. No. 2: 317 — 325.
- Visker M. H. P. W., van Raaij H. M. G., Keizer L.C.P., Struik P. C., Colon L. T. 2004. Correlation between late blight resistance and foliage maturity type in potato. *Euphytica* Vol. 137. No 3: 311 — 323.
- Vleeshouwers V. G. A. A., van Dooijeweert W., Govers F., Kamoun S., Colon L. T. 2000. The hypersensitive response is associated with host and nonhost resistance to *Phytophthora infestans*. *Planta* 210, 6: 853 — 864.
- Zimnoch-Guzowska E., Tatarowska B. 2004: Bottle necks in breeding late blight resistance potato. *Plant Breeding and Seed Science* Vol. 50: 71 — 79.

CEZARY TRAWCZYŃSKI

Zakład Agronomii Ziemiaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Jadwisin

Reakcja kilku nowych odmian ziemniaka na nawożenie azotem

The reaction of some new potato cultivars to nitrogen fertilization

Celem doświadczeń przeprowadzonych w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Jadwisin było poznanie reakcji na nawożenie azotem nowych odmian ziemniaka Bartek, Clarissa, Pirol, Syrena, Monsun, Ślęza, Cekin, Tajfun, Ursus, Gandawa oraz określenie wpływu zróżnicowanego poziomu nawożenia azotem na udział bulw dużych w plonie, a także zawartość skrobi i azotanów w bulwach. Badania przeprowadzono na glebie nawożonej organicznie słomą i poplonem gorczycy białej. W badaniach stosowano 5 poziomów nawożenia azotem: 0, 50, 100, 150 i 200 kg N·ha⁻¹ oraz stały poziom fosforu — 52,3 kg P·ha⁻¹ i potasu 149,4 kg K·ha⁻¹. Dla odmian wyznaczono dawki azotu maksymalne i zalecane oraz określono ich efektywność. Uzyskane wyniki pozwoliły na wyodrębnienie 3 grup odmian: o małych, średnich i dużych wymaganiach w stosunku do azotu. Stwierdzono także, że dla odmian Ursus, Gandawa i Ślęza zalecana dawka azotu wynosiła 100 kg N·ha⁻¹, dla odmian Bartek, Clarissa, Tajfun, Syrena i Monsun — 120 kg N·ha⁻¹, a dla odmian Cekin i Pirol 140 kg N·ha⁻¹. Efektywność agronomiczna maksymalnej dawki azotu wahała się od 34 do 118 kg bulw na 1 kg N i była mniejsza od 3 do 11 kg bulw w porównaniu do dawki zalecanej. Zawartość azotanów w bulwach oraz udział bulw dużych w plonie wzrastały, natomiast zawartość skrobi obniżała się w miarę podwyższania dawki azotu. Największy udział bulw dużych w plonie stwierdzono u odmiany Syrena (22%) a największą zawartością azotanów charakteryzowały się bulwy odmian: Syrena i Cekin.

Słowa kluczowe: dawki azotu, efektywność nawożenia, odmiany ziemniaka, plon

The aim of the experiments conducted in the Plant Breeding and Acclimatization Institute was recognition in reaction to nitrogen fertilization of the new potato cultivars Bartek, Clarissa, Pirol, Syrena, Monsun, Ślęza, Cekin, Tajfun, Ursus, Gandawa and determination of the influence of different nitrogen doses on share of big tubers in yield and on content of starch and nitrates in tubers. The experiment was carried out on light soil, conditioned which ploughing straw and aftercrop of white mustard. Five levels of nitrogen fertilization were applied: 0, 50, 100, 150 and 200 kg N·ha⁻¹, at the constant levels of phosphorus 52.3 kg P·ha⁻¹ and potassium 149.4 kg K·ha⁻¹. Maximum nitrogen doses and recommended doses as well as their efficiency were determined for cultivars. The obtained results enabled classification of the cultivars into three groups, representing low, medium or high requirement for nitrogen. For the cultivars Ursus, Gandawa, Ślęza the recommended dose was 100 kg N·ha⁻¹, for the cultivars Bartek, Clarissa, Tajfun, Syrena, Monsun — 120 kg N·ha⁻¹ and for the cultivars Cekin, Pirol — 140 kg N·ha⁻¹. The agronomical efficiency of maximum doses ranged from 34 to 118 kg of tubers per 1 kg of N and was lower about 3–11 kg of tubers as compared to the recommended doses. Along with increasing the nitrogen dose, content of nitrates in tubers and share of big tubers in yield

increased but starch content decreased. The highest share of big tubers was stated for the Syrena cultivar (22%) and the highest content of nitrates was recorded in tubers of the Syrena and Cekin cultivars.

Key words: fertilization efficiency, nitrogen doses, potato cultivars, yield

WSTĘP

Nawożenie jest jednym z elementów agrotechniki mającym podstawowe znaczenie w kształtowaniu plonu bulw ziemniaka (Chotkowski, 1997). Spośród składników stosowanych w nawożeniu decydujący wpływ na plon i zawartość poszczególnych składników w bulwach wywiera azot. W stosunku do azotu trudno jest ustalić potrzeby nawozowe w oparciu o zawartość tego składnika w glebie, tak jak w przypadku fosforu czy potasu, ze względu na labilność jego form (Łabętowicz, 2000). Dlatego też jedną z metod ustalenia zapotrzebowania na azot jest reakcja plonu bulw na wzrastający poziom nawożenia tym składnikiem (Mercik, 2002). Dotychczas przeprowadzone badania wskazują, że zapotrzebowanie na azot należy rozpatrywać w odniesieniu do poszczególnych odmian, gdyż odznaczają się one dużym zróżnicowaniem reakcji na ten pierwiastek (Kaczorek, Wierzejska-Bujakowska, 1988; Wierzejska-Bujakowska, 1996 a; Jabłoński, 2004 b; Trawczyński, 2004). Zagadnienie to ma istotny aspekt praktyczny ze względu na wpisywanie corocznie do rejestru nowych odmian ziemniaka.

Celem badań było wyznaczenie poziomu nawożenia azotem warunkującego uzyskanie optymalnego plonu i określenie efektywności zastosowanej dawki azotu dla kilku nowych odmian ziemniaka, przebadanych w latach 2004–2006, a także analiza wpływu nawożenia azotem na kształtowanie cech jakości, takich jak: udział bulw dużych w plonie oraz zawartość skrobi i azotanów w bulwach.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2004–2006 w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Jadwisinie w ścisłych doświadczeniach polowych i laboratoryjnych analizowano reakcję 10 odmian ziemniaka na nawożenie azotem. Doświadczenia 2-czynnikowe zakładano metodą losowanych bloków w 3 powtórzeniach. Czynnikiem pierwszego rzędu były zróżnicowane dawki azotu a drugiego rzędu odmiany. Przeprowadzono 2 serie badań w cyklach 2-letnich. Wykaz odmian w seriach badań z uwzględnieniem ich wczesności i przydatności użytkowej zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Odmiany ziemniaka w latach 2004–2006 Potato cultivars in the years 2004–2006

Seria Serie	Lata Years	Odmiany — Cultivars		
		średnio wczesne — medium early	średnio późne — medium late	Późne — late
1	2004–2005	Bartek*; Clarissa*; Pirol*; Monsun**	Syrena*	Ślęza**
2	2005–2006	Cekin*; Tajfun*		Ursus*; Gandawa**

* Odmiany jadalne; Table cultivars

** Odmiany skrobiowe; Starch cultivars

Badania przeprowadzono na glebie lekkiej, o składzie mechanicznym piasku gliniastego lekkiego. Gleba w poszczególnych latach badań wykazywała kwaśny odczyn,

wysoką do bardzo wysokiej zasobność w przyswajalny fosfor oraz średnią do wysokiej zawartość potasu i niską do średniej magnezu (tab. 2). Warunki klimatyczne okresów wegetacji oceniono na podstawie ilości opadów i temperatur powietrza (tab. 3). Z danych zamieszczonych w tabeli wynika, że przebieg pogody w latach badań nie sprzyjał wzrostowi i rozwojowi roślin ziemniaka, głównie z uwagi na brak opadów deszczu.

Tabela 2

Zawartość P, K, Mg oraz pH gleby w latach (Jadwisin 2004–2006)
Soil content of P, K, Mg and pH in the years (Jadwisin 2004–2006)

Rok Year	pH w KCl pH in KCl	Zawartość w glebie — Content in soil (mg·100 g)		
		P	K	Mg
2004	4,6	8,2	10,5	2,5
2005	5,5	8,9	12,6	4,5
2006	5,0	9,6	15,0	3,5

Tabela 3

Opady i temperatury okresów wegetacji (Jadwisin 2004–2006)
Rainfalls and temperatures of the vegetation periods (Jadwisin 2004–2006)

Rok Year	Odchylenie od średniej wieloletniej — Deviations from long term average									
	opady i miesiąc rainfalls and month					temperatura powietrza i miesiąc temperature and month				
	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
2004	11,2	-42,9	-5,7	-23,0	-37,8	-2,6	-1,7	-1,5	0,6	3,1
2005	18,6	-40,7	-7,6	-46,7	-24,7	-1,1	-1,9	1,3	-1,6	1,7
2006	-0,6	-26,1	-63,8	94,1	-37,5	-0,9	-1,3	3,6	-0,7	1,6

Ziemniaki uprawiano na nawożeniu organicznym słomą przyorywanej podorywką w dawkach 4–5 t·ha⁻¹ oraz poplonie ścierniskowym gorczycy białej przyorywanym jesienią orką przedzimową w dawkach: 2003 rok — 34,9 t·ha⁻¹; 2004 rok — 27,2 t·ha⁻¹; 2005 rok — 5,2 t·ha⁻¹.

Nawożenie fosforem jednakowe na powierzchni całego doświadczenia, stosowano w dawce 52,3 kg·ha⁻¹ P, a potasem w dawce 149,4 kg·ha⁻¹ K. Jesienią pod orkę przedzimową wysiewano 39,2 kg·ha⁻¹ P i 99,6 kg·ha⁻¹ K, a wiosną przed sadzeniem uzupełniające dawki fosforu i potasu, tj. 13,1 kg·ha⁻¹ P i 49,8 kg·ha⁻¹ K. Stosowano 5 poziomów nawożenia azotem: 0, 50, 100, 150 i 200 kg·ha⁻¹ N. Azot w dawkach 50 i 100 kg·ha⁻¹ wysiewano bezpośrednio przed sadzeniem bulw na całym doświadczeniu. Na poletkach nawożonych dawką 150 i 200 kg·ha⁻¹ N uzupełniono nawożenie wysiewając 50 i 100 kg·ha⁻¹ przed wschodami ziemniaków. Chwasty niszczone metodą mechaniczno-chemiczną, tzn. do wschodów 3-krotnie obsypnik z łańcuchami a następnie herbicydy (Afaon 450SC i Titus 23WG). Zabiegi przeciwko stoncy przeprowadzano 2–3-krotnie w okresie wegetacji przy użyciu preparatów Actara 25WG lub Calypso 480SC po przekroczeniu progu szkodliwości owada. W okresie wegetacji 2–3-krotnie wykonywano również zabiegi przeciwko zarazie ziemniaka po zaobserwowaniu pierwszych objawów choroby na roślinach.

Ziemniaki sadzano ręcznie w III dekadzie kwietnia w rozstawie 75×33 cm, a zbierano w I dekadzie października. Liczba roślin na poletku do zbioru wynosiła 30. Podczas zbioru określono poziom plonu bulw z każdego poletka oraz pobierano 5-kilogramowe próby w celu oznaczenia procentowego udziału bulw dużych w plonie (powyżej 6 cm), a w bulwach zawartości skrobi i azotanów. Zawartość skrobi, z każdego poletka oznaczono na podstawie pomiaru gęstości na wadze elektronicznej. Zawartość azotanów w bulwach oznaczano w próbach obiektowych stosując kolorymetryczną metodę z wykorzystaniem reakcji Griessa.

Z zależności pomiędzy wielkością plonu bulw a dawką azotu określono zapotrzebowanie odmian na azot. Na podstawie parametrów funkcji kwadratowej:

$$Y = a + bX + cX^2$$

gdzie Y = plon bulw,

X = dawka azotu,

a = plon przy dawce 0 kg·ha⁻¹ N,

b = przyrost plonu na 1 kg dawki N,

c = współczynnik zmniejszającego się przyrostu plonu, wyznaczono wielkość maksymalnej dawki azotu $X_{\max} = -b/2c$.

Następnie wyliczono plon bulw dla maksymalnej dawki azotu $Y_{\max} = (a - b^2/4c)$ oraz efektywność agronomiczną maksymalnej dawki azotu:

$$E_A = \frac{(Y_N - Y_0)}{N}$$

gdzie Y_N = plon bulw przy maksymalnej dawce azotu,

Y_0 = plon bulw na obiekcie bez azotu,

N = dawka azotu.

Określenie potrzeb w stosunku do maksymalnej dawki azotu przeprowadzono przy zastosowaniu przedziału, który umożliwił podział odmian na 3 grupy: o małych (poniżej 145), średnich (145-177) i dużych wymaganiach (powyżej 177 kg·ha⁻¹ N) (Wierzejska-Bujakowska, 1994, 1996 a; Trawczyński, 2004). Wielkość zalecanej dawki azotu wyznaczono opisując ją graficznie przez poprowadzenie prostej, która była styczna do paraboli określającej wielkość plonu maksymalnego. Po wyznaczeniu dawki zalecanej określono wielkość plonu przy tej dawce oraz jej efektywność agronomiczną.

Wyniki doświadczeń opracowano posługując się analizą wariancji i regresji.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki wskazują na zróżnicowaną reakcję odmian na nawożenie azotem, co jest potwierdzeniem wcześniejszych doniesień Grześkiewicza i Wierzejskiej-Bujakowskiej (1980), Kaczorek i Wierzejskiej-Bujakowskiej (1987, 1988), Roztropowicz i Wierzejskiej-Bujakowskiej (1993), Wierzejskiej-Bujakowskiej (1996 a), Jabłońskiego (2004 b) oraz Trawczyńskiego (2004). Do odmian charakteryzujących się największym zapotrzebowaniem na azot należą Cekin i Pirol (odpowiednio 174 i 186 kg N·ha⁻¹). Mniejsze wymagania w tym względzie stwierdzono dla odmian Bartek, Clarissa, Tajfun, Syrena

i Monsun (od 146 do 162 kg N·ha⁻¹), zaś najmniejsze dla odmian Ursus, Gandawa i Ślęza (od 119 do 133 kg N·ha⁻¹) — tabela 4. W praktyce racjonalne nawożenie należy jednak opierać nie na maksymalnych dawkach azotu, lecz na dawkach zalecanych, czyli mniejszych o 20–40 kg N·ha⁻¹. Stosując dawki zalecane azotu uzyskuje się mniejszy plon o 2–3%, ale większą efektywność nawożenia w porównaniu do dawki maksymalnej (Wierzejska-Bujakowska, 1994, 1996 a; Trawczyński, 2004). W badaniach wykazano, że dla odmian Cekin i Pirol, o wysokich potrzebach względem azotu zalecana dawka wynosiła 140 kg N·ha⁻¹, dla odmian Bartek, Clarissa, Tajfun, Syrena i Monsun 120 kg N·ha⁻¹, a dla odmian Ursus, Gandawa i Ślęza o małych potrzebach w stosunku do dawki azotu 100 kg N·ha⁻¹ (tab. 5). Największe plony bulw pod wpływem dawek maksymalnej i zalecanej z odmian skrobiowych wykształciła odmiana Gandawa (odpowiednio 52,5 i 51,3 t·ha⁻¹), natomiast spośród odmian jadalnych odmiany Ursus (odpowiednio 43,4 i 42,5 t·ha⁻¹) oraz Tajfun (odpowiednio 43,0 i 42,0 t·ha⁻¹) (tab. 4 i 5).

Zastosowanie odpowiedniej dawki azotu stwarza możliwość uzyskania wysokiej efektywności nawożenia, wyrażonej masą bulw na kg zastosowanego azotu. W badaniach efektywność kg azotu przy dawce maksymalnej wahała się od 34 kg dla odmiany Clarissa do 118 kg bulw dla odmiany Gandawa (tab. 4), natomiast przy dawce zalecanej uzyskano dla tych odmian od 3 do 11 kg bulw na kg N więcej (tab. 5). Zbieżne wyniki odnośnie efektywności nawożenia dla odmian Syrena i Monsun oraz mniejsze dla odmiany Ślęza stwierdził w warunkach gleby średniej Jabłoński (2006).

Tabela 4

Parametry równań określające wielkość i efektywność maksymalnej dawki azotu oraz plon bulw odmian. Lata 2004-2006

Equations parameters to determine amount and efficiency of maximum nitrogen dose and tubers yield of potato cultivars. Years 2004-2006

Odmiana Cultivar	Parametry równań Equations parameters			Wielkość maksymalnej dawki N (kg·ha ⁻¹) Maximum N dose (kg·ha ⁻¹)	Plon przy maksymalnej dawce N (t·ha ⁻¹) Yield at maximum N dose (t·ha ⁻¹)	Efektywność agronomiczna maksymalnej dawki N (kg bulw na kg azotu) Agronomical efficiency of maximum N dose (kg tubers per 1 kg N)
	a	b	c			
Bartek	24,5	0,1345	-0,0005	146	34,2	66
Cekin	21,9	0,0915	-0,0002	186	30,4	46
Clarissa	26,7	0,0667	-0,0002	160	32,1	34
Pirol	28,7	0,0894	-0,0003	174	36,5	45
Tajfun	34,2	0,1083	-0,0003	162	43,0	54
Syrena	28,0	0,1307	-0,0004	159	38,4	65
Ursus	33,2	0,1645	-0,0007	124	43,4	83
Monsun	27,2	0,1274	-0,0004	153	36,9	63
Gandawa	38,4	0,2361	-0,0010	119	52,5	118
Ślęza	26,9	0,1161	-0,0004	133	34,7	59

Tabela 5

**Wielkość i efektywność zalecanej dawki azotu, plon bulw i wymagania nawozowe odmian,
(lata 2004–2006)**

**Amount and efficiency of recommended nitrogen dose, yield and fertilization requirements of the
cultivars, (years 2004–2006)**

Odmiana Cultivar	Wielkość zalecanej dawki N (kg·ha ⁻¹) Recommended N dose (kg·ha ⁻¹)	Plon przy zalecanej dawce N (t·ha ⁻¹) Yield at recommended N dose (t·ha ⁻¹)	Efektywność agronomiczna zalecanej dawki N (kg bulw na kg azotu) Agronomical efficiency of recommended N dose (kg tubers per 1 kg N)	Wymagania nawozowe Fertilization requirements
Bartek	120	32,8	69	średnie — medium
Cekin	140	30,0	58	duże — high
Clarissa	120	31,1	37	średnie — medium
Pirol	140	35,4	48	duże — high
Tajfun	120	42,0	65	średnie — medium
Syrena	120	37,0	75	średnie — medium
Ursus	100	42,5	93	małe — low
Monsun	120	35,9	73	średnie — medium
Gandawa	100	51,3	129	małe — low
Ślęza	100	33,9	70	małe — low

W miarę podwyższania poziomu nawożenia azotem zanotowano wzrost w plonie udziału bulw dużych o średnicy powyżej 6 cm (tab. 6). Dla odmian Pirol, Syrena, Cekin oraz Gandawa przyrost procentowego udziału bulw dużych w plonie stwierdzono do dawki 150 kg N·ha⁻¹, zaś u pozostałych odmian był największy procent bulw dużych w plonie, gdy stosowano nawożenie w dawce 200 kg N·ha⁻¹. Największym udziałem bulw dużych w plonie charakteryzowała się odmiana Syrena (22%), a najmniejszym odmiana Ślęza (5%) — tabela 6.

Tabela 6

**Wpływ poziomu nawożenia azotem na procent wagowy bulw dużych w plonie (średnica powyżej 6 cm),
(lata 2004–2006)**

**The influence of nitrogen doses on percent (by weight) of big tubers in yield (size above 6 cm),
(years 2004–2006)**

Seria Series	Odmiana Cultivar	Dawka N kg·ha ⁻¹ — Dose of N kg·ha ⁻¹					Średnio Mean
		0	50	100	150	200	
1	Bartek	8	14	18	22	34	19
	Clarissa	4	11	10	15	17	12
	Pirol	3	11	14	21	21	14
	Syrena	10	23	28	27	22	22
	Monsun	9	13	19	13	18	14
	Ślęza	6	2	6	3	9	5
NIR _{0,05}		6					7
LSD _{0,05}							
2	Cekin	5	9	14	12	9	10
	Tajfun	7	10	9	15	21	13
	Ursus	7	10	14	11	18	12
	Gandawa	15	11	15	22	16	16
NIR _{0,05}		4					n.i.-n.s.
LSD _{0,05}							

Dawki nawożenia azotem na poziomie 150 i 200 kg N·ha⁻¹ wywierały ujemny wpływ na zawartość skrobi w bulwach (tab. 7). U odmian Bartek, Clarissa, Pirol, Śleza, Tajfun i Gandawa największą zawartość skrobi w bulwach uzyskano przy dawce 50 kg N·ha⁻¹, a u odmian Syrena, Monsun, Cekin i Ursus po zastosowaniu dawki 100 kg N·ha⁻¹. Dotychczas przeprowadzone badania na różnych glebach potwierdzają na ogół niekorzystne oddziaływanie na zawartość skrobi w bulwach dużych dawek azotu zarówno u odmian jadalnych, jak i skrobiowych (Kaczorek, 1973; Wierzejska, Grześkiewicz, 1979; Wierzejska-Bujakowska, 1996b; Jabłoński, 2002, 2004 a; Dmowski i in., 2004). Analizując zawartość skrobi należy podkreślić, że obfite opady deszczu w sierpniu 2006 roku, które wystąpiły po długotrwałej suszy, odbiły się szczególnie negatywnie na zawartości skrobi. Stwierdzono, bowiem że w tym roku odmiany charakteryzowały się o około 2–4% mniejszą zawartością skrobi w bulwach w porównaniu do zawartości określonych w badaniach rejestrowych COBORU.

Tabela 7

Wpływ poziomu nawożenia azotem na procentową zawartość skrobi w bulwach badanych odmian (lata 2004–2006)

The influence of nitrogen doses on percentage content of starch in tubers of the investigated cultivars (years 2004–2006)

Seria Series	Odmiana Cultivar	Dawka N kg·ha ⁻¹ — Dose of N kg·ha ⁻¹					Średnio Mean
		0	50	100	150	200	
1	Bartek	15,1	16,3	16,4	16,5	16,2	16,1
	Clarissa	13,5	13,6	13,9	13,4	13,3	13,5
	Pirol	15,4	16,3	16,6	16,2	15,9	16,1
	Syrena	15,0	15,5	15,9	15,3	15,3	15,4
	Monsun	16,9	17,6	18,1	18,0	17,9	17,7
	Śleza	19,3	20,4	20,7	20,8	19,9	20,2
	NIR _{0,05}			0,3			0,4
	LSD _{0,05}						
2	Cekin	12,3	12,2	12,4	12,2	12,0	12,2
	Tajfun	13,8	14,4	13,9	13,6	13,6	13,8
	Ursus	12,1	12,9	13,6	13,0	13,0	12,9
	Gandawa	15,6	16,5	16,4	16,1	16,0	16,1
	NIR _{0,05}			n.i.-n.s.			0,9
	LSD _{0,05}						

Zawartość azotanów w bulwach utrzymywała się poniżej dopuszczalnej normy (według MZ i OS 200 mg NO₃·kg⁻¹ świeżej masy bulw). Jedynie u odmiany Syrena po zastosowaniu dawki 200 kg N·ha⁻¹ stwierdzono niewielkie przekroczenie dopuszczalnej normy. Wraz z podwyższaniem dawki azotu do 200 kg N·ha⁻¹ wzrastała zawartość azotanów w bulwach u wszystkich odmian (tab. 8). Liczni badacze stwierdzają, że nawożenie azotem jest głównym czynnikiem wpływającym na gromadzenie azotanów w bulwach (Mazur, Krefft, 1983; Reda, Łojkowska, 1993; Lis, 1996). Odmiany cechowały się dużą zmiennością w odniesieniu do kumulowania azotanów w bulwach, co znalazło również potwierdzenie dla odmian zarejestrowanych wcześniej (Lis, 1995, 1996; Rogozińska, 1995). Największą skłonnością do kumulowania azotanów niezależnie od wielkości zastosowanej dawki azotu charakteryzowały się bulwy odmian Cekin i Syrena

— około 130 mg NO₃·kg⁻¹ świeżej masy, zaś najmniejszą koncentracją bulwy odmian Ślęza, Ursus i Gandawa — 40–50 mg NO₃·kg⁻¹ świeżej masy.

Tabela 8

**Wpływ poziomu nawożenia azotem na zawartość azotanów w bulwach badanych odmian
w mg NO₃·kg⁻¹ (lata 2004–2006)**
**The influence of nitrogen doses on the content of nitrates in tubers of the investigated cultivars
in mg NO₃·kg⁻¹ (years 2004–2006)**

Seria Serie	Odmiana Cultivar	Dawka N kg ha ⁻¹ — Dose of N kg ha ⁻¹					Średnio Mean
		0	50	100	150	200	
1	Bartek	32	45	69	76	86	61
	Clarissa	30	55	87	89	114	75
	Pirol	16	44	73	73	116	64
	Syrena	42	97	132	169	213	130
	Monsun	35	53	105	98	125	83
	Ślęza	17	28	37	53	81	43
NIR _{0,05}		9					26
LSD _{0,05}							
2	Cekin	86	119	146	142	162	131
	Tajfun	60	61	80	98	135	86
	Ursus	24	29	59	49	88	50
	Gandawa	23	38	70	53	76	52
	NIR _{0,05}	35					22
LSD _{0,05}							

WNIOSKI

1. Odmiany cechowały się zróżnicowanym zapotrzebowaniem na azot. Z ocenianych odmian największe zapotrzebowanie wykazały odmiany Cekin i Pirol (zalecana dawka 140 kg N·ha⁻¹), średnimi wymaganiami odnośnie dawki N charakteryzowały się odmiany Bartek, Clarissa, Tajfun, Syrena i Monsun (zalecana dawka 120 kg N·ha⁻¹), zaś do odmian o małym zapotrzebowaniu na azot (zalecana dawka 100 kg N·ha⁻¹) należały Ursus, Gandawa i Ślęza.
2. Stwierdzono również, że efektywność wykorzystania azotu przez odmiany była różna. Największą efektywnością nawożenia azotem — 118 kg bulw z kg N przy dawce maksymalnej i 129 kg bulw przy dawce zalecanej charakteryzowała się odmiana Gandawa.
3. Wraz z podwyższaniem poziomu nawożenia azotem stwierdzono przyrost udziału bulw dużych w plonie u odmian Pirol, Syrena, Cekin i Gandawa do dawki 150 kg N·ha⁻¹, a u pozostałych do dawki 200 kg N·ha⁻¹.
4. Wzrost dawki azotu powodował u wszystkich odmian istotny przyrost poziomu azotanów w bulwach i obniżenie zawartości skrobi.

LITERATURA

Choćkowski J. 1997. Produkcja ziemniaków. Technologia – Ekonomika – Marketing. Wyd. IHAR Oddział Bonin: 352 ss.

- Dmowski Z., Nowak L., Chmura K. 2004. Reakcja odmian ziemniaka o różnej długości wegetacji na zróżnicowane warunki wodno-nawozowe. Biul. IHAR 232: 141 — 148.
- Grześkiewicz H., Wierzejska-Bujakowska A. 1980. Wpływ nawadniania i nawożenia azotem na plon i niektóre cechy jakości ziemniaków. Biul. Inst. Ziem. 25: 77 — 93.
- Jabłoński K. 2002. Wpływ poziomu nawożenia azotowego nowych odmian ziemniaków jadalnych w latach 1998-2000 na plon i jego jakość oraz trwałość przechowalniczą. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. z. 484: 211 — 217.
- Jabłoński K. 2004 a. Wpływ nawożenia azotowego na plon i jakość nowych odmian ziemniaka jadalnego uprawianych na glebach średnio zwięzłych. Biul. IHAR 232: 157 — 165.
- Jabłoński K. 2004 b. Efektywność nawożenia azotem nowych odmian ziemniaków skrobiowych. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. z. 500: 253 — 262.
- Jabłoński K. 2006. Wpływ poziomu nawożenia azotem na plon i zawartość skrobi oraz na jakość nowych odmian ziemniaka. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. z. 512: 193 — 200.
- Kaczorek S. 1973. Efektywność nawożenia azotem późnych odmian ziemniaka. Biul. Inst. Ziem. 11: 139 — 158.
- Kaczorek S., Wierzejska-Bujakowska A. 1987. Maksymalne biologicznie dawki N w uprawie ziemniaka. W: Agrotechnika ziemniaka i wybrane zagadnienia z przechowalnictwa. XX Sesja Naukowa Inst. Ziemn. Bonin: 10 — 13.
- Kaczorek S., Wierzejska-Bujakowska A. 1988. Wymagania nawozowe 32 odmian ziemniaka. Ziemniak: 45 — 59.
- Lis B. 1995. Poziom azotanów w bulwach ziemniaka odmian wczesnych w odniesieniu do propozycji normy dopuszczalnej ich zawartości. Materiały XXVIII Sesji Naukowej. „Agrotechnika i wybrane zagadnienia z przechowalnictwa”. Bonin: 63 — 66.
- Lis B. 1996. Wpływ długości okresu wegetacji odmian i nawożenia azotowego na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 440: 217 — 222.
- Łabętowicz J. 2000. Współczesne poglądy na żywność i metody testowania gleb. Nawozy i Nawożenie 3a: 106 — 130.
- Mazur T., Krefft L. 1983. Zawartość związków azotowych w bulwach pięciu odmian ziemniaka w zależności od nawożenia azotem w rejonie Olsztyna. Biul. Inst. Ziem. 30: 29 — 40.
- Mercik S. 2002. Chemia rolna-podstawy teoretyczne i praktyczne. Wyd. SGGW: 237 — 245.
- Reda S., Łojkowska E. 1993. Wpływ nawożenia azotem na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka. Biul. Inst. Ziemn. 42: 29 — 37.
- Rogozińska I. 1995. Wpływ nawożenia azotowego na bilans azotu oraz szkodliwych dla zdrowia substancji chemicznych w bulwach ziemniaka. Post. Nauk Roln. 1: 59 — 65.
- Roztropowicz S., Wierzejska-Bujakowska A. 1993. Nitrogen fertilization of Polish potato cultivars. Potato Res. 4: 384.
- Trawczyński C. 2004. Zależność między dawką azotu a plonem odmian ziemniaka. Biul. IHAR 232: 131 — 140.
- Wierzejska A., Grześkiewicz H. 1979. Nawożenie ziemniaków wysokimi dawkami nawozów azotowych z uwzględnieniem roślin akumulujących ten składnik. Biul. Inst. Ziem. 23: 35 — 53.
- Wierzejska-Bujakowska A. 1994. Rola odmian w dążeniu do zwiększenia efektywności nawożenia azotem. W: Makroproblemy produkcji ziemniaka w Polsce w okresie przemian organizacyjno-ekonomicznych. Sesja Naukowa PAN. Inst. Ziemn. Bonin, 48 — 51.
- Wierzejska-Bujakowska A. 1996 a. Maksymalne biologicznie dawki azotu dla 22 odmian ziemniaka i ich zmiana pod wpływem ochrony przed zarazą ziemniaka (*Phytophthora infestans* (Mont) de Bary). Biul. Inst. Ziem. 46: 51 — 62.
- Wierzejska-Bujakowska A. 1996 b. Wpływ ochrony ziemniaka przed zarazą (*Phytophthora infestans* (Mont) de Bary) na długość okresu wegetacji i na zawartość skrobi w bulwach modyfikowaną nawożeniem azotem. Biul. Inst. Ziem. 46: 63 — 71.

CEZARY TRAWCZYŃSKI

Zakład Agronomii Ziemiaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Jadwisin

Wpływ nawożenia azotem na plonowanie ziemniaka, zawartość azotanów w bulwach i azotu mineralnego w glebie

The influence of nitrogen fertilization on potato yielding, content of nitrates in tubers and mineral nitrogen in the soil

Celem badań polowych przeprowadzonych w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Jadwisin było określenie plonu, zawartości azotanów w bulwach ziemniaka oraz ilości azotu mineralnego pozostającego w glebie po zbiorze ziemniaków w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotem i lat badań. Badania przeprowadzono w warunkach gleby lekkiej, na której każdego roku przyorywano słomę i poplon gorczycy białej. Nawozy fosforowe w formie superfosfatu potrójnego stosowano w dawce $52,3 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$ i potasowe w formie soli potasowej w dawce $149,4 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz zróżnicowany poziom nawożenia azotem (0, 50, 100, 150, 200 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$). Wszystkie lata badań (2003, 2004, 2005) charakteryzowały się niedoborem opadów deszczu w głównych miesiącach wegetacji. Poziom dawki azotu i lata badań istotnie zróżnicowały uzyskany plon bulw, zawartość azotanów w bulwach i azotu mineralnego w glebie. Największy plon bulw uzyskano po zastosowaniu dawki 150 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Zawartość azotanów w bulwach wzrastała w miarę wzrostu dawki N, ale nawet dawka najwyższa (200 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$) nie spowodowała przekroczenia dopuszczalnej zawartości azotanów w bulwach. Po zastosowaniu dawek 150 i 200 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ stwierdzono natomiast wysoki poziom azotu mineralnego w warstwie gleby 0–60 cm po zbiorze bulw ziemniaka. Nadmiar tego azotu może być wypłukany z gleby do wód gruntowych w okresie jesienno-zimowym.

Słowa kluczowe: azotany, azot mineralny, dawki azotu, gleba, plon, ziemniak

The field experiment was conducted in the Plant Breeding and Acclimatization Institute, Department in Jadwisin. The effects of different levels of nitrogen fertilization and years of study on yield, content of nitrates in potato tubers and quantity of mineral nitrogen in the soil after harvest of potato were determined. The experiment was carried out on light soil, which was conditioned every year with ploughing in the straw and aftercrop of white mustard. The following kinds and doses of phosphorus, potassium and nitrogen were applied: triple superphosphate — $52.3 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$, potassium salt — $149.4 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$ and different levels of ammonium nitrate - 0, 50, 100, 150, 200 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. All the years of investigation (2003, 2004, 2005) were deficient in rainfalls in main vegetation months. The nitrogen doses and years of study significantly differentiated yield of potatoes, content of nitrates in tubers and residues of mineral nitrogen in the soil. The highest yield of tubers was obtained at the rate of 150 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. The content of nitrates rose as the N-fertilization level increased, but even the highest

dose (200 kg·ha⁻¹) did not influence negatively the content of nitrates in tubers. After application doses of 150 and 200 kg N·ha⁻¹ a high level of mineral nitrogen was stated in the soil layer of 0–60 cm after harvest of potato tubers. The nitrogen surplus may be leached from the soil into groundwater in the autumn and winter period.

Key words: nitrates, mineral nitrogen, nitrogen doses, soil, yield, potato

WSTĘP

Spośród podstawowych składników pokarmowych azot jest jedynym z najbardziej plonotwórczych. Do niedawna wpływ nawożenia azotem określany był więc głównie z punktu widzenia plonu. Troska o środowisko sprawia, że obecnie coraz częściej zwraca się uwagę na poziom tego składnika w glebie. Oznaczenie zawartości mineralnych form azotu, azotanowej i amonowej w warstwie gleby, w której rozmieszczona jest główna masa systemu korzeniowego roślin umożliwia wnioskowanie o potrzebie nawożenia oraz ocenie ilości azotu pozostającego po sprężeniu roślin (Fotyma, 1996). Fotyma i wsp. (1998) oraz Vos i Mackerron (2000) podają, że ryzyko strat azotu po zbiorze roślin jest większe niż w okresie wegetacji. Duża ilość N-mineralnego pozostała po zbiorze roślin stwarza niebezpieczeństwo wypłukania tego składnika w okresie jesienno-zimowym, stanowiąc zagrożenie dla wód gruntowych. Wymywanie azotu jest większe w warunkach gleb lekkich i uzależnione jest w znacznej mierze od ilości opadów i poziomu zastosowanego azotu (Mazur, 1991). Z jednej strony notuje się niski współczynnik wykorzystania azotu z nawozów mineralnych przez ziemniaki (Neeteson, 1989), niższy w porównaniu do innych roślin uprawy polowej (Fotyma, 1997) i zmniejszający się w miarę stosowania wzrastających dawek tego składnika (Lis i in., 2000; Wierzbicka i Lis, 2002; Mazurczyk i in., 2005). Z drugiej strony stwierdza się wysoki poziom azotanów w bulwach ziemniaka po zbiorze (Karłowski i in., 1988; Lis, 1995). Reda i Łojkowska (1993) oraz Lis (1996) podkreślają, że dawka azotu oraz przebieg warunków pogodowych są głównymi czynnikami wpływającymi na gromadzenie azotanów w bulwach.

Celem badań polowych było określenie wpływu zróżnicowanego poziomu nawożenia azotem oraz warunków klimatycznych na plonowanie i zawartość azotanów w bulwach ziemniaka oraz ilość azotu mineralnego pozostającego w glebie po zbiorze ziemniaków.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2003–2005 w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Jadwisin w warunkach gleby lekkiej o składzie mechanicznym piasku gliniastego lekkiego. Charakterystykę warunków glebowych dotyczącą odczynu i zawartości poszczególnych składników w warstwie ornej przedstawiono w tabeli 1. Warunki klimatyczne okresu wegetacji oceniono na podstawie ilości opadów i temperatury powietrza (tab. 2).

Ziemniaki średnio późnej odmiany Wolfram uprawiano na słomie pszennej, pociętej i przyoranej podorywką w dawce 4–5 t·ha⁻¹ oraz na poplonie ścierniskowym górczycy białej przyoranej w dawce 25–30 t·ha⁻¹ orką przedzimową. Przed przyoraniem na słomę stosowano azot w ilości 1 kg N na 100 kg słomy.

Tabela 1

Charakterystyka warunków glebowych w latach badań (Jadwisin 2003–2005)
Soil characteristic in the years of study (Jadwisin 2003–2005)

Rok Year	pH w KCl pH in KCl	Zawartość w glebie (mg·100g) Content in the soil (mg·100g)		
		P	K	Mg
2003	4,6	9,0	15,8	3,6
2004	4,5	8,2	7,1	2,5
2005	5,1	10,0	18,3	5,9

Tabela 2

Charakterystyka warunków klimatycznych okresu wegetacji w Jadwisinie w latach 2003–2005
Characteristic of climate conditions of the vegetation periods in Jadwisin 2003–2005

Rok Year	Odchylenie od średniej wieloletniej — Deviations from long term average									
	opady w mm i miesiąc rainfalls in mm and month					temperatura powietrza w °C i miesiąc temperature in °C and month				
	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
2003	1,1	-35,5	-3,8	-24,8	3,3	1,1	0,3	1,4	0,2	0,2
2004	11,2	-42,9	-5,7	-23,0	-37,8	-2,6	-1,7	-1,5	0,6	3,1
2005	18,6	-40,7	-7,6	-46,7	-24,7	-1,1	-1,9	1,3	-1,6	1,7

Jednakowe na powierzchni całego doświadczenia nawożenie fosforem stosowano w dawce 52,3 kg P·ha⁻¹, a potasem w dawce 149,4 kg K·ha⁻¹. Jesienią pod orkę przedzimową wysiewano 39,2 kg P·ha⁻¹ i 99,6 kg K·ha⁻¹, a wiosną przed sadzeniem uzupełniające dawki fosforu i potasu, tj. 13,1 kg P·ha⁻¹ i 49,8 kg K·ha⁻¹. Nawożenie azotem stosowano w formie saletry amonowej w dawkach: 0, 50, 100, 150 i 200 kg N·ha⁻¹. Azot w dawkach 50 i 100 kg·ha⁻¹ wysiewano bezpośrednio przed sadzeniem bulw. Dawki 150 i 200 kg N·ha⁻¹ dzielono na dwie części i ilości uzupełniające, tj. 50 i 100 kg·ha⁻¹ wysiewano przed wschodami ziemniaków, przed ostatnim obredlaniem. Ziemniaki wysadzano ręcznie w III dekadzie kwietnia w rozstawie 75 × 33 cm. Zbiór przeprowadzono w III dekadzie września (rok 2003) i I dekadzie października (lata 2004 i 2005) przy użyciu kopaczki przenośnikowej. Podczas zbioru określano wielkość plonu bulw z każdego poletka oraz pobierano 5-kilogramowe próby w celu oznaczenia zawartości azotanów. Zawartość azotanów w świeżej masie bulw oznaczano na średnich próbach obiektowych stosując kolorymetryczną metodę z wykorzystaniem reakcji Griessa.

Glebę do badań na oznaczenie zawartości azotanowej i amonowej formy azotu mineralnego pobierano wiosną przed zastosowaniem azotu oraz jesienią po zakończeniu wegetacji roślin, bezpośrednio przed zbiorem bulw ziemniaka. Próbkę gleby pobierano z warstwy 0–30 cm i 30–60 cm przy użyciu świdra glebowego. Powierzchnia poletka wynosiła 7,5 m². Próbkę gleby pobierano z czterech miejsc na poletku i łączono w jedną próbkę ogólną. Po pobraniu próbkę ogólną (ok. 400 g) umieszczano w torebce foliowej. Do czasu wykonywania analizy próbki przechowywano w stanie zamrożonym. Analizy zawartości jonów azotanowych (NO₃⁻) i amonowych (NH₄⁺) wykonywano reflektrometrycznie przy użyciu reflektometru RQ Flex Merck. Do ekstrakcji jonów azotanowych i amonowych wykorzystano roztwór 0,01 mol·dm⁻³ chlorku wapnia (CaCl₂). Otrzymane

wyniki przeliczono na zawartość N-NO_3 i N-NH_4 w suchej masie gleby. Następnie zsumowano zawartość N-NO_3 i N-NH_4 uzyskując zawartość N-mineralnego. Wykorzystując współczynnik dla 30 cm warstwy gleby lekkiej (4,5), obliczono zawartość N-mineralnego w $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Fotyma i in., 1998).

Wyniki opracowano, posługując się analizą wariancji i odczytując wartości krytyczne (przy poziomie istotności $p = 0,05$) z tablic w układzie F-Snedecora.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wykazano istotne zróżnicowanie wielkości plonu bulw zarówno w odniesieniu do poziomu zastosowanej dawki azotu jak i poszczególnych lat badań. Średnio istotny przyrost plonu bulw notowano do dawki $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, natomiast wzrost poziomu azotu do dawki $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ oddziaływał już negatywnie na ten parametr (tab. 3), co znalazło potwierdzenie w innych badaniach (Roztropowicz, Wierzejska-Bujakowska, 1993; Wierzejska-Bujakowska, 1996; Lis, Wierzejska-Bujakowska, 2000; Trawczyński, 2004). We wszystkich latach badań stwierdzono niedobory opadów w głównych miesiącach wegetacji, a przede wszystkim w okresie akumulacji plonu bulw ziemniaka (czerwiec, lipiec, sierpień) — tab. 2. Jednak najmniejszy niedobór opadów, przy wyższej od średniej z wielolecia temperaturze powietrza, zanotowano w roku 2003, co przyczyniło się do uzyskania istotnie większego plonu bulw niż w dwóch pozostałych latach badań (2004 i 2005).

Tabela 3

Wpływ lat badań i zróżnicowanego poziomu nawożenia azotem na plon bulw ziemniaka ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)
The influence of the study years and different nitrogen doses on yield of potato tubers ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Lata Years	Dawka $\text{N kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ — Dose of $\text{N kg}\cdot\text{ha}^{-1}$					Średnio Mean
	0	50	100	150	200	
2003	36,6	42,5	46,9	47,5	44,2	43,5
2004	29,0	35,3	37,4	39,3	39,1	36,0
2005	23,4	27,4	30,0	32,9	31,1	29,0
Średnio—Mean	29,6	35,1	38,1	39,9	38,1	
$\text{NIR}_{0,05}$ — $\text{LSD}_{0,05}$			1,0			0,8

Wraz z podwyższaniem dawki azotu wzrastała również zawartość azotanów w bulwach (tab. 4). Wielu badaczy podkreśla, że nawożenie azotem jest głównym czynnikiem istotnie wpływającym na gromadzenie azotanów w bulwach (Mazur, Krefft, 1983; Reda, Łojkowska, 1993; Lis 1996). W przeprowadzonych badaniach istotny wzrost azotanów w bulwach notowano do dawki $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, przy czym należy podkreślić, że średnio nawet przy tym poziomie dawki azotu zawartość azotanów w bulwach utrzymywała się poniżej dopuszczalnej normy (według MZ i OS $200 \text{ mg NO}_3\cdot\text{kg}^{-1}$ świeżej masy bulw). Jedynie w pierwszym roku badań stwierdzono większe zawartości azotanów w bulwach w stosunku do dwóch pozostałych lat badań, a po zastosowaniu dawki $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ niewielkie przekroczenie dopuszczalnej zawartości tego składnika w bulwach. Według Frydeckiej-Mazurczyk i Zgórskiej (1990), Rogozińskiej (1995) oraz Lis (1996) szczególnie w lata suche i ciepłe można spodziewać się nadmiernego gromadzenia

azotanów w bulwach. W analizowanych badaniach pierwszy rok (2003) oprócz tego, że był suchy, charakteryzował się w każdym miesiącu wegetacji temperaturą powietrza powyżej średniej z wielolecia, co mogło być przyczyną podwyższonego poziomu azotanów w bulwach w porównaniu do 2004 i 2005 roku.

Tabela 4

Wpływ lat badań i zróżnicowanego poziomu nawożenia azotem na zawartość azotanów w bulwach
($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ św. masy)
The influence of the study years and different nitrogen doses on nitrates content in tubers
($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ fresh mass)

Lata Years	Dawka N $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ — Dose of N $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$					Średnio Mean
	0	50	100	150	200	
2003	44	96	131	134	223	126
2004	26	31	42	54	62	43
2005	38	46	75	85	92	67
Średnio — Mean	36	58	83	91	126	
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			13			10

Z uzyskanych wyników badań generalnie wynika, że dążąc do uzyskania najwyższego plonu bulw uzasadnione było zastosowaniem dawki $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, gdyż stwierdzono jeszcze istotny przyrost plonu bulw w porównaniu do dawki $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, zaś nawet wysoki poziom dawek azotu (150 i $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) nie spowodował przekroczenia dopuszczalnej zawartości azotanów w bulwach.

Niski współczynnik wykorzystania azotu z zastosowanych nawozów przez ziemniak stanowiący do 50% (Neteeson, 1989; Lis i in., 2002) sprawia, że coraz większą uwagę zwraca się na jego oddziaływanie na środowisko glebowe, głównie po zakończeniu wegetacji roślin. Po zbiorze roślin zawartość azotu w glebie może ulec znacznemu wzrostowi, co należy wiązać z niepełnym wykorzystaniem przez rośliny azotu z zastosowanych nawozów mineralnych oraz mineralizacji substancji organicznej z nawozów naturalnych czy organicznych (Łabętowicz, 1995; Fotyma i in., 1999). Ponadto Fotyma (1990) oraz Ciećko i wsp. (1996) donoszą, że zawartość N-mineralnego w glebie po zakończeniu wegetacji roślin wzrasta szczególnie w miarę wzrostu zastosowanych dawek azotu. W badaniach stwierdzono istotny dodatni wpływ nawożenia azotowego na zawartość mineralnych form azotu (azotanowej i amonowej) zarówno w warstwie gleby 0–30 jak i 30–60 cm (tab. 5 i 6). W glebach pozostających w dobrej kulturze przeważającą formą azotu mineralnego są jony azotanowe, które z kolei są bardziej labilne niż jony amonowe (Fotyma i in., 1998), stąd w ocenie środowiskowych skutków nawożenia szczególną uwagę należy zwracać na zawartość tej formy azotu w glebie. Według Fotymy (2000) zawartość azotanowej formy azotu N-NO_3 w glebie lekkiej w warstwie 0–30 cm do $31 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ oraz około $16\text{--}17 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ w warstwie 30–60 cm uznawane są za bezpieczne, czyli wyklucza się potencjalne zagrożenie skażenia wód gruntowych nadmiarem azotanów. Wyniki uzyskane w obecnych badaniach dowodzą więc, że niezależnie od lat badań, po zastosowaniu dawki $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ zawartość formy azotanowej na poziomie $45 \text{ kg N-NO}_3\cdot\text{ha}^{-1}$ znacznie przekraczała wskazaną przez Fotymę (2000) zawartość w warstwie

gleby 0–30 cm (tab. 5). Z kolei zawartość formy azotanowej N-NO_3 stanowiąca $19,3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w warstwie gleby 30–60 cm już po zastosowaniu dawki $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ przekraczała przeciętną zawartość ustaloną dla gleby lekkiej (tab. 5). Z sumarycznej zawartości azotanowej formy azotu mineralnego dla warstwy gleby 0–60 cm wynika również, że zastosowanie dawki azotu powyżej $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ przyczynić się może do nadmiernej akumulacji azotu mineralnego w glebie po zbiorze bulw ziemniaka (tab. 5).

Tabela 5

Zawartość formy azotanowej N-NO_3 ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) w glebie w zależności od lat badań i dawki nawożenia azotem

Content of nitrate form N-NO_3 ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) in the soil depending on the study years and nitrogen doses

Warstwa gleby Soil layer	Lata Years	Dawka N ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) — Dose of N ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)					Średnio Mean
		0	50	100	150	200	
0–30 cm	2003	12,6	31,0	37,8	56,7	64,3	40,5
	2004	14,4	14,8	18,9	27,9	45,9	24,4
	2005	14,4	19,8	33,7	50,8	63,9	36,5
Średnio — Mean		13,8	21,9	30,1	45,1	58,0	
$\text{NIR}_{0,05}$ — $\text{LSD}_{0,05}$		3,6					2,7
30–60 cm	2003	17,5	19,3	26,1	38,2	45,0	29,2
	2004	11,2	13,5	14,8	18,9	25,6	16,8
	2005	11,7	13,9	17,1	27,9	36,0	21,3
Średnio — Mean		13,4	15,5	19,3	28,3	35,5	
$\text{NIR}_{0,05}$ — $\text{LSD}_{0,5}$		3,1					2,2
0–60 cm	2003	30,1	50,3	63,9	94,9	109,3	69,7
	2004	25,6	28,3	33,7	46,8	71,5	41,2
	2005	26,1	33,7	50,8	78,7	99,4	57,8
Średnio — Mean		27,4	37,3	49,5	73,3	93,6	
$\text{NIR}_{0,05}$ — $\text{LSD}_{0,05}$				6,3			4,5

Müller i Gorlitz (1990) zwracają uwagę na niebezpieczeństwo nadmiernej ilości azotu mineralnego w glebie po zbiorach i podają, że przeciętna zawartość jesienią (koniec listopada) w glebie o składzie mechanicznym piasku gliniastego w warstwie 0–60 cm wynosi $107 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. W prezentowanych badaniach zawartość azotu mineralnego w warstwie gleby 0–60 cm po zastosowaniu dawki $150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ wynosiła średnio $94,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Należy jednak podkreślić, że próby do oceny zawartości azotu mineralnego pobierano w końcu września, stąd wysoce prawdopodobne jest, że po zbiorze bulw na skutek braku pobierania azotu przez rośliny oraz mineralizacji azotu organicznego (do końca listopada) znacznemu zwiększeniu ulec może zawartość tego składnika w glebie. Zastosowanie dawki $150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ przejawiać się więc może nadmierną zawartością azotu mineralnego w profilu glebowym w okresie zimowym i wiosennym. Müller i Gorlitz (1990) sugerują, aby podejmować odpowiednie kroki zmierzające do obniżenia N-mineralnego w glebie poprzez wysiew polonów lub uprawę roślin ozimych.

Tabela 6

Zawartość formy amonowej N-NH₄ (kg·ha⁻¹) w glebie w zależności od lat badań i dawki nawożenia azotem

Content of ammonium form N-NH₄ (kg·ha⁻¹) in the soil depending on the study years and nitrogen doses

Warstwa gleby Soil layer	Lata Years	Dawka N (kg·ha ⁻¹) — Dose of N (kg·ha ⁻¹)					Średnio Mean
		0	50	100	150	200	
0–30 cm	2003	2,2	7,6	10,3	8,5	23,8	10,5
	2004	2,7	3,6	6,7	11,7	18,0	8,5
	2005	5,8	7,6	7,2	9,0	9,4	7,8
Średnio — Mean		3,5	6,2	8,0	9,7	17,0	
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		0,9					0,9
30–60 cm	2003	5,8	9,4	13,0	11,2	18,9	11,7
	2004	1,8	3,1	5,4	11,2	16,6	7,6
	2005	7,2	9,0	9,0	10,3	11,2	9,3
Średnio — Mean		4,9	7,2	9,1	10,9	15,5	
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		1,3					0,9
0–60 cm	2003	8,0	17,5	23,4	19,8	43,2	22,2
	2004	4,5	6,7	12,1	22,9	35,1	16,1
	2005	13,0	16,6	16,2	19,3	21,1	17,1
Średnio — Mean		8,5	13,6	17,2	20,7	33,1	
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}				2,2			1,8

Zawartość mineralnych form azotu zróżnicowana była pomiędzy poszczególnymi latami badań i stwierdzono większą zawartość azotu mineralnego w pierwszym i trzecim roku badań w stosunku do roku drugiego. W drugim roku badań (2004) w porównaniu do dwóch pozostałych lat średnio istotnie mniejsza była zawartość mineralnych form azotu w warstwie gleby 0–60 cm już w okresie wiosennym (tab. 7).

Tabela 7

Zawartość azotu mineralnego N-NO₃ + N-NH₄ (kg·ha⁻¹) w warstwie gleby 0–60 cm w zależności od lat badań i dawki nawożenia azotem

Content of mineral nitrogen N-NO₃ + N-NH₄ (kg·ha⁻¹) in the soil layer of 0–60 cm depending on the study years and nitrogen doses

Lata Years	Wiosna Spring	Jesień — Autumn					Średnio Mean
		0	50	100	150	200	
2003	77,8	38,7	67,9	87,3	114,7	152,5	89,8
2004	37,3	30,1	35,0	45,8	69,7	106,6	54,0
2005	67,9	39,1	50,3	67,0	98,0	120,5	73,8
Średnio — Mean		61,0	35,9	51,0	66,7	94,1	126,5
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}				8,5			6,3

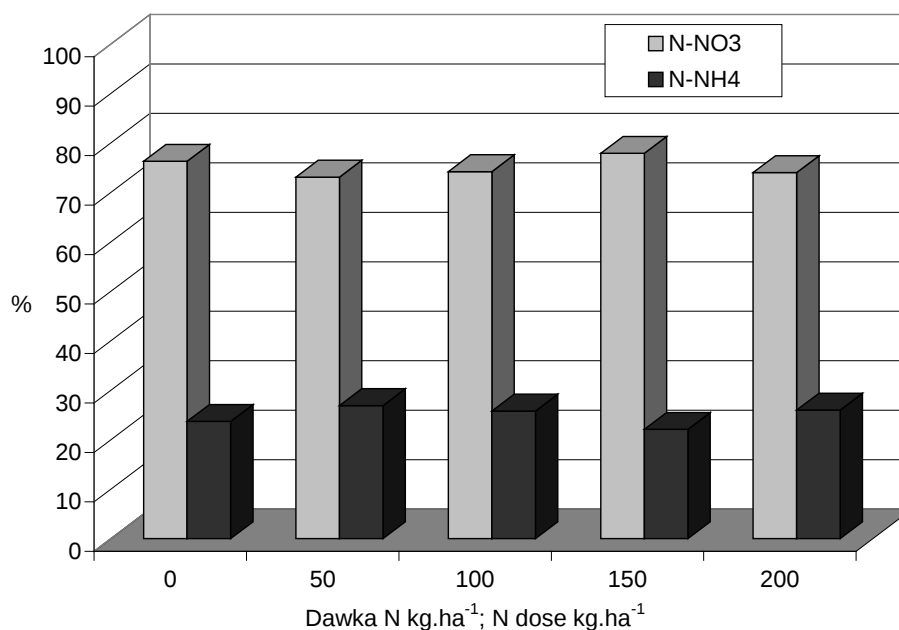
NIR_{0,05} dla współdziałania 1 × 2; LSD_{0,05} for interaction 1 × 2 – 15,3

Zgodnie z monitoringiem oceny potrzeb nawożenia azotem prowadzonym przez Okręgowe Stacje Chemiczno-Rolnicze we współpracy z IUNG zawartość N-mineralnego w warstwie gleby 0–60 cm stanowiąca 37,3 kg·ha⁻¹ (drugi rok badań) była niska i wskazywała na bardzo duże potrzeby nawożenia azotem natomiast zawartość N-mineralnego w pierwszym i trzecim roku badań była zbliżona i określała potrzeby nawożenia azotem jako średnie (Fotyma i in., 1998). Z uwagi na fakt, że wszystkie

analizowane lata badań charakteryzowały się podobnym układem warunków wilgotnościowych tzn. niedoborem opadów w głównych miesiącach wegetacji należy przypuszczać, że zawartość mineralnych form azotu w poszczególnych latach uzależniona była głównie od poziomu zastosowanego azotu, zaś różnice pomiędzy latami badań wynikać mogły z początkowej (w okresie wiosny) zawartości tego składnika w glebie.

W badaniach stwierdzono znaczne zróżnicowanie zawartości azotu mineralnego w glebie w zależności od głębokości w profilu glebowym. Rutkowska i wsp. (2002) donoszą, że zawartość formy N-NO_3 była najmniejsza w wierzchniej warstwie gleby i wzrastała istotnie wraz z głębokością w profilu glebowym, co w sprzyjających warunkach może doprowadzić do jej wymycia. W badaniach własnych wykazano wyższą zawartość obu form azotu mineralnego w warstwie gleby 0–30 cm niż w warstwie 30–60 cm. Stwarza to szansę wykorzystania z gleby części azotu mineralnego, pozostającego po zbiorze roślin przez młode rozwijające się rośliny poplonowe lub ozime (Fotyma, 2000).

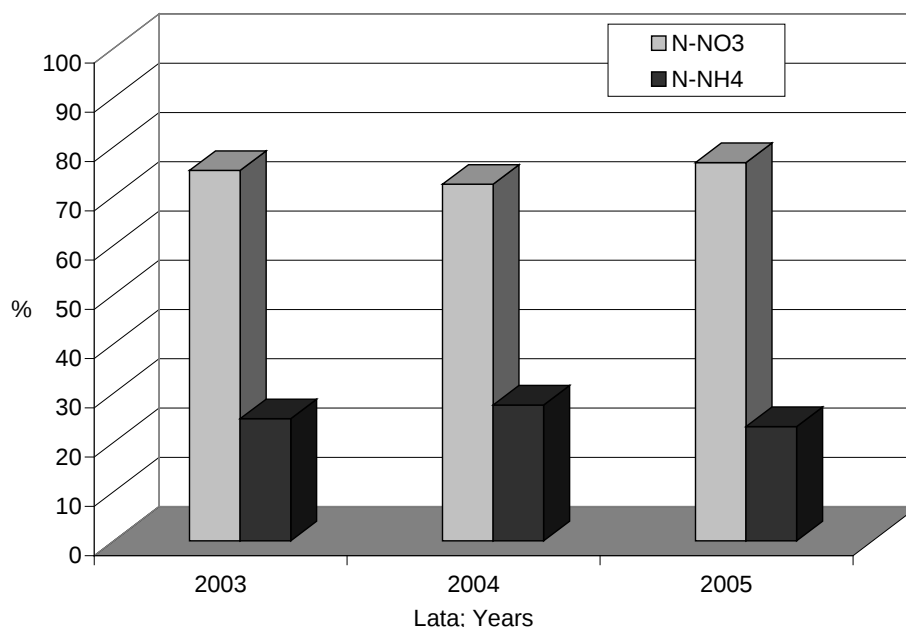
Z zagadnieniem zawartości azotu mineralnego związany jest również procentowy udział poszczególnych jego form w profilu glebowym. W badaniach wykazano, że w warstwie gleby 0–60 cm udział azotanowej formy był znacznie wyższy niż amonowej stanowił od około 73 do około 78% ogólnej ilości azotu mineralnego, niezależnie od wielkości zastosowanej dawki azotu (rys. 1).



Rys. 1. Procentowy udział formy azotanowej N-NO_3 i amonowej N-NH_4 w całkowitej zawartości azotu mineralnego w warstwie gleby 0–60 cm w zależności od poziomu nawożenia azotem

Fig. 1. Percentage of nitrate N-NO_3 and ammonium N-NH_4 forms in the total content of mineral nitrogen in the soil layer of 0–60 cm depending on the level of nitrogen fertilization

Podobny stosunek procentowy form azotanowej i amonowej w ogólnej ilości azotu mineralnego stwierdzono w zależności od lat badań z tym, że w drugim roku badań procentowy udział azotanowej formy azotu był nieco niższy, natomiast amonowej wyższy w porównaniu do dwóch pozostałych lat (rys. 2).



Rys. 2. Procentowy udział formy azotanowej N-NO₃ i amonowej N-NH₄ w całkowitej zawartości azotu mineralnego w warstwie gleby 0-60 cm w zależności od lat badań

Fig. 2. Percentage of nitrate N-NO₃ and ammonium N-NH₄ forms in the total content of mineral nitrogen in the soil layer of 0-60 cm depending on the study years

We wcześniejszych badaniach (Trawczyński, 2001) wykazano podobny procentowy udział N-NO₃ i N-NH₄ w N-mineralnym oraz niewielkie stopniowe zwiększenie udziału azotanowej formy oraz obniżenie formy amonowej w ogólnej ilości azotu mineralnego w miarę wzrostu dawek azotu. W glebach polskich stosunek jonów amonowych do azotanowych ulega dużym wahaniom. Według badań Fotymy i Boguszewskiej (1998) zawartość jonów azotanowych w glebie w okresie późnej jesieni stanowić może od 60 do 80% ogólnej ilości azotu mineralnego.

WNIOSKI

1. Lata badań jak i poziom zastosowanej dawki azotu istotnie różnicowały wielkość uzyskanego plonu bulw, zawartość azotanów w bulwach oraz azotu mineralnego w glebie.

2. Największy plon i poziom azotanów w bulwach oraz zawartość azotu mineralnego w glebie stwierdzono w roku charakteryzującym się najmniejszym niedoborem opadów i wyższą od średniej z wielolecia temperaturą powietrza w głównych miesiącach wegetacji.
3. Największy plon bulw uzyskano po zastosowaniu dawki 150 kg N·ha⁻¹.
4. Przyrost zawartości azotanów w bulwach notowano do dawki 200 kg N·ha⁻¹, ale średnio nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnej zawartości tego składnika.
5. Wraz z podwyższaniem poziomu dawki azotu do 200 kg N·ha⁻¹ wykazano istotny stopniowy wzrost zawartości azotu mineralnego w glebie.
6. Zastosowanie dawek 150 i 200 kg N·ha⁻¹ wskazuje na możliwość wypłukania części azotu mineralnego do głębszych warstw gleby i skażenia wód gruntowych azotanami w okresie jesienno-zimowym i wczesnowiosennym.

LITERATURA

- Ciećko Z., Wyszowski M., Szagała J. 1996. Wpływ 4-letniego stosowania mineralnych nawozów azotowych na zawartość N-NO₃ i N-NH₄ w glebach. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 440: 27 — 33.
- Fotyma E. 1990. Określenie potrzeb nawozowych roślin w stosunku do azotu na przykładzie jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.* 4: 4 — 78.
- Fotyma E. 1996. Zastosowanie metody Nmin do oceny środowiskowych skutków nawożenia azotem. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 440: 89 — 100.
- Fotyma E. 1997. Efektywność nawożenia azotem podstawowych roślin uprawy polowej. *Fragm. Agron.* 1 (53): 46 — 66.
- Fotyma E., Boguszevska M. 1998. Zawartość azotu mineralnego w glebach Polski jako wskaźnik stanu środowiska rolniczego. *Mat. Konf. Nauk „Dobre praktyki w produkcji rolniczej”* 1: 61 — 70.
- Fotyma E., Wilkos G., Pietruch Cz. 1998. Test glebowy azotu mineralnego – możliwości praktycznego wykorzystania. *Mat. szkol.* 69/98: 48 ss.
- Fotyma M., Fotyma E., Stuczyński T. 1999. Wykorzystanie wyników analiz chemicznych w doradztwie nawozowym i ochronie środowiska. *Nawozy i Nawożenie* 1: 44 — 58.
- Fotyma E. 2000. Zasady nawożenia azotem z wykorzystaniem testów glebowych i roślinnych. *Nawozy i Nawożenie* 3a: 17 — 37.
- Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K. 1990. Zawartość azotanów w bulwach kilku odmian ziemniak uprawianych w Jadwisinie w 1988 r. *Biul. Inst. Ziemn.* 40: 17 — 22.
- Karłowski K., Kłosińska J., Oliwa G., Jamborowicz K., Kahl S. 1988. Występowanie azotanów i azotynów w żywności. *Cz. III Warzywa i ziemniaki. Rocz. PZH* 39: 291 — 296.
- Lis B. 1995. Poziom azotanów w bulwach ziemniaka odmian wczesnych w odniesieniu do propozycji normy dopuszczalnej ich zawartości. *Materiały XXVIII Sesji Naukowej. „Agrotechnika i wybrane zagadnienia z przechowalnictwa”*. Bonin: 63 — 66.
- Lis B. 1996. Wpływ długości okresu wegetacji odmian i nawożenia azotowego na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 440: 217 — 222.
- Lis B., Wierzejska-Bujakowska A. 2000. Wykorzystanie azotu przez jadalne odmiany ziemniaka a ich plonowanie. *Biul. IHAR* 213: 87 — 98.
- Lis B., Mazurczyk W., Trawczyński C., Wierzbicka A. 2002. Czynniki ograniczające wykorzystanie azotu przez rośliny ziemniaka a zagrożenie środowiska. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 489: 165 — 174.
- Łabętowicz J. 1995. Skład chemiczny roztworu glebowego w zróżnicowanych warunkach nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 421a: 245 — 251.
- Mazur T., Krefft L. 1983. Zawartość związków azotowych w bulwach pięciu odmian ziemniaka w zależności od nawożenia azotem w rejonie Olsztyna. *Biul. Inst. Ziem.* 30: 29 — 40.
- Mazur T. 1991. Azot w glebach uprawnych. *Wyd. Nauk. PWN, Warszawa*: 127 — 137.

- Mazurczyk W., Wierzbicka A., Wroniak J. 2005. Wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych przez odmiany wczesne ziemniaka. *Fragm. Agron.* 1 (85): 512 — 520.
- Müller S., Gorlitz H. 1990. Wykorzystanie metody Nmin w NRD. *Fragm. Agron.* 1: 23 — 35.
- Neeteson J. J. 1989. Evaluation of the performance for nitrogen fertilization of sugar beet and potatoes. *Netherlands J. Agric. Sci.* 37: 143 — 155.
- Postma R., Goffart J. P., Johnson P. A., Salomez J., Shepherd M. A., Wheatley R. E. 2000. Losses of mineral nitrogen from the plant soil system in potato production. In: *Management of nitrogen and water in potato production*. Haverkart A.J., Mackerron D.K.L. (eds). Wageningen Pers, Wageningen: 136 — 154.
- Reda S., Łojkowska E. 1993. Wpływ nawożenia azotem na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka. *Biul. Inst. Ziemn.* 42: 29 — 37.
- Rogozińska I. 1995. Wpływ nawożenia azotowego na bilans azotu oraz szkodliwych dla zdrowia substancji chemicznych w bulwach ziemniaka. *Post. Nauk Roln.* 1: 59 — 65.
- Roztropowicz S., Wierzejska-Bujakowska A. 1993. Nitrogen fertilization of Polish potato cultivars. *Potato Res.* 4: 384.
- Rutkowska B., Łabętowicz J., Szulc W. 2002. Zawartość azotu mineralnego w profilu glebowym w warunkach wieloletniego trwałego doświadczenia nawozowego. *Nawozy i Nawożenie* 1: 76 — 82.
- Trawczyński C. 2001. Wpływ opadów oraz zróżnicowanego nawożenia ziemniaka azotem na zawartość N-mineralnego w glebie. *Biul. IHAR* 217: 177 — 185.
- Trawczyński C. 2004. Zależność między dawką azotu a plonem odmian ziemniaka. *Biul. IHAR* 232: 131 — 140.
- Vos J., Mackerron D.K.L. 2000. Basic concepts of the management of supply of nitrogen and water in potato production in: *Management of nitrogen and water in potato production*. Haverkart A. J., Mackerron D. K. L. (eds). Wageningen Pers, Wageningen: 136 — 154.
- Wierzbicka A., Lis B. 2002. Optymalizacja nawożenia azotem wczesnych odmian ziemniaka. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 489: 203 — 212.
- Wierzejska-Bujakowska A. 1996. Maksymalne biologicznie dawki azotu dla 22 odmian ziemniaka i ich zmiana pod wpływem ochrony przed zarazą ziemniaka (*Phytophthora infestans* (Mont) de Bary). *Biul. Inst. Ziemn.* 46: 51 — 62.

KRYSTYNA ZARZYŃSKA**WOJCIECH GOLISZEWSKI**

Zakład Agronomii Ziemniaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Jadwisinie

Zachwaszczenie plantacji ziemniaka w zależności od systemu uprawy i kompleksu glebowego

The weed infestation of potatoes depending on crop production system and soil type

Badania przeprowadzono w latach 2002–2004 na roślinach ziemniaka uprawianych 2 systemach produkcji: ekologicznym i integrowanym w dwóch miejscowościach na 2 rodzajach gleb. Oceniano zachwaszczenie wtórne określając zieloną masę chwastów, liczbę oraz skład gatunkowy. Największy poziom zachwaszczenia w odniesieniu zarówno do masy chwastów, jak i składu gatunkowego stwierdzono w ziemniakach uprawianych w systemie ekologicznym na glebie cięższej. Najmniejszą masę chwastów zanotowano w systemie integrowanym. Udowodniono różnice odmianowe dotyczące poziomu zachwaszczenia. Znacznie mniej zachwaszczono były odmiany późniejsze, o dużej masie nadziemnej. Stwierdzono istotne zróżnicowanie w poziomie zachwaszczenia w zależności od roku badań. Największe zachwaszczenie, niezależnie od systemu produkcji stwierdzono w 2004 roku, w którym poziom opadów był największy.

Słowa kluczowe: gleba, system produkcji, zachwaszczenie, ziemniak

The investigations on potato cultivars grown using two different production systems: organic and integrated, and cultivated on two different types of soil: light and heavier, were carried out in the years 2002–2004. The aim of the experiment was to assess the biomass and diversity of weeds depending on the tested factors. The highest level of weed infestation and the greatest variety of weed species were recorded at the organic system of potato production on heavier soil. The lowest weed biomass characterized the integrated production system. Differences between potato cultivars in the rate of weed infestation were found. The biomass of weeds infesting late or mid-late potato cultivars that produce high mass of foliage was much lower than that of weeds accompanying earlier cultivars. Rate of weed infestation was also found to be year-dependent. The highest biomass of weeds was recorded in the wet year 2004, irrespective of the production system applied and the type of soil.

Key words: crop production system, potato, soil, weeds

WSTĘP

Obecnie najczęściej wyróżnia się trzy systemy gospodarowania w rolnictwie: konwencjonalny, integrowany i ekologiczny (Niewiadomski, 1993). Podstawą wyróżnienia tych systemów jest stopień uzależnienia rolnictwa od dostaw przemysłowych środków produkcji, a głównie nawozów mineralnych i pestycydów oraz przyjęte priorytety w realizacji celów ekonomicznych i ekologicznych rolnictwa. Prace badawcze nad uprawą poszczególnych roślin w wymienionych systemach uprawy są dosyć szeroko zakrojone.

Zdaniem wielu badaczy ziemniak jest jedną z najtrudniejszych, bądź wręcz niemożliwych gatunków do uprawy w systemie ekologicznym (Prośba-Białczyk, 2002; Zarzyńska i Goliszewski, 2005). Trudność uprawy w tym systemie wynika przede wszystkim z zagrożenia przez rozwój chwastów, a także przez agrofagi takie jak zaraza ziemniaka czy stonka ziemniaczana. Ze względu na wolny początkowy rozwój, a także uprawę w szerokich międzyrzędziach ziemniak jest narażony na bardzo duże zachwaszczenie. Mechaniczne metody walki z chwastami nie zawsze dają zadowalające efekty. Skuteczność tych metod uzależniona jest bowiem od wielu czynników między innymi od gatunków chwastów, panującej pogody lub uprawianej odmiany. Celem badań była ocena zachwaszczenia wtórnego plantacji ziemniaka uprawianego w systemie ekologicznym w dwóch miejscowościach na różnych rodzajach gleb i porównanie go z zachwaszczeniem plantacji uprawianej w systemie integrowanym.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono w latach 2002–2004 w dwóch miejscowościach różniących się rodzajem gleby (Osiny — gleba kompleksu żyniego bardzo dobrego i Jadwisin — gleba kompleksu żyniego słabego), na plantacjach ziemniaka uprawianych w systemie ekologicznym i integrowanym (w Jadwisinie tylko w ekologicznym).

W każdym z systemów stosowano różne zmianowania oraz technologie produkcji:

- zmianowanie w systemie ekologicznym na glebie cięższej — Osiny: ziemniak → jęczmień jary z wsiewką koniczyny czerwonej → koniczyna czerwona z trawami → koniczyna czerwona z trawami → pszenica ozima + poplon: 2002 rok — bobik z grochem i perko, w 2003 rok — bobik i perko, w 2004 rok bobik z gorczycą białą
- zmianowanie w systemie ekologicznym na glebie lżejszej — Jadwisin: ziemniak → łubin wąskolistny na nasiona → facelia na nasiona → + gorczyca biała jako poplon.
- zmianowanie w systemie integrowanym: ziemniak → jęczmień jary → bobik na nasiona → pszenica + poplon 2002 rok i 2003 rok — perko i gorczyca biała, w 2004 rok — gorczyca biała.

W systemie ekologicznym nie stosowano nawozów mineralnych i pestycydów, z wyjątkiem dozwolonych preparatów miedziowych przeciwko zarazie ziemniaka oraz Novodoru i Pyretryny naturalnej przeciwko stoncy ziemniaczanej.

Pod ziemniaki stosowano w Osinach kompost lub obornik, natomiast w Jadwisinie we wszystkich latach obornik w dawce 25 dt·ha⁻¹. Z powodu widocznych objawów niedoboru

potasu na roślinach zastosowano w Osinach uzupełniające nawożenie potasowe (dozwolony w uprawach ekologicznych siarczan potasu).

Zwalczanie chwastów w tym systemie odbywało się w sposób mechaniczny i polegało na bronowaniu broną chwastownikiem do wschodów, 3-krotnym obredlaniu oraz ręcznym pieleniu.

W systemie integrowanym stosowano nawożenie N — 80 kg·ha⁻¹, P i K równoważące pobranie tych składników w rotacji zmianowania. Kompost lub obornik wnoszono tylko pod ziemniaki. Chemiczne zabiegi ochrony roślin stosowano po przekroczeniu progów szkodliwości agrofagów.

Zwalczanie chwastów odbywało się w sposób mechaniczno-chemiczny, tj. oprócz stosowania narzędzi takich jak: brona chwastownik, obsypnik, stosowano 2-krotny oprysk herbicydem na chwasty jedno i dwuliścienne.

Wybrane elementy agrotechniki w poszczególnych systemach produkcji podano w tabeli 1.

Tabela 1

Czynniki agrotechniczne w uprawie ziemniaka w różnych systemach produkcji
Cultivation factors at different systems of potato production

Wyszczególnienie Specification	Systemy produkcji Production system	
	Integrowany (Osiny) — Integrated	Ekologiczny (Osiny, Jadwisin) — Organic
Nawożenie Fertilization	2002 rok: kompost dwuletni 300 dt·ha ⁻¹ ; biennial 2002 rok – Osiny: kompost: 300 dt·ha ⁻¹ , NPK (kg) 80–60–60 2003 rok: obornik: 300 dt·ha ⁻¹ ; manure: 300 dt·ha ⁻¹ , NPK (kg): 80–60–60 2004 rok: obornik 300 dt·ha ⁻¹ ; manure: 300 dt·ha ⁻¹ NPK (kg): 55–50–75 (odm. wczesne; early cv.) 85–50–75 (pozostałe later cv.)	2002 rok – Osiny: kompost: 330 dt·ha ⁻¹ ; compost: 330 dt·ha ⁻¹ , K – 150 kg·ha ⁻¹ 2003–2004 rok – Osiny: obornik: 300 dt·ha ⁻¹ ; manure: 300 dt·ha ⁻¹ K – 80 kg·ha ⁻¹ 2002–2004 rok – Jadwisin: obornik: 250 dt·ha ⁻¹ ; manure: 250 dt·ha ⁻¹
Zwalczanie chwastów Weed control	mechaniczne + herbicydy; mechanical + herbicides: 2002–2003 rok: Afalon 2 l·ha ⁻¹ , Fusilade 1,5 l·ha ⁻¹ 2004 rok: Afalon + Command-1,0 l·ha ⁻¹ +0,2 l·ha ⁻¹ , Fusilade Forte 1,5 l·ha ⁻¹	mechaniczne + 1× pielenie ręczne; mechanical + manual weeding 40–50 rbh·ha ⁻¹
Zwalczanie stonki ziemniaczanej Colorado beetle control	3–5 zabiegów; applications: Bancol, Nurella, Decis, Actara	2002 rok – Osiny: 4× Novodor 2,5 l·ha ⁻¹ ; 1 × Pyretryna -Pyretrine 0,5 l·ha ⁻¹ 2003 r.: 4 × Pyretryna; Pyretrine 2004 r.: 3 × Novodor 2,5 l/ha 2002 r.– Jadwisin: 3 × Novodor – 2 l/ha 2003 rok: 1 × Novodor 2 l/ha; 2 × Pyretryna; Pyretrine 0,5 l/ha 2004 rok: 1 × Novodor – 2 l/ha
Zwalczanie zarazy ziemniaka Potato late blight control	3–5 zabiegów; applications: Tatoo C — 750SC, Pyton, Bestanid, Curzate, Acrobat	2002–2004 rok – Osiny: 2–3 × Funguran 50WP 2 kg·ha ⁻¹ ; 1 × Miedzian Extra 350SC 2–3 kg ha ⁻¹ 2002–2004 rok – Jadwisin: 2–3 × Miedzian 50 WP 4 kg ha ⁻¹

Ocenę zachwaszczenia przeprowadzono metodą jakościowo-ilościową oraz wagową ok. połowy sierpnia (zachwaszczenie wtórne). Badania obejmowały ocenę składu gatunkowego, liczebności oraz świeżej masy chwastów. Wykonywano je na powierzchniach 0,5

m² wyznaczonych za pomocą ramki, w 3 powtórzeniach dla każdej odmiany, czyli 18 powtórzeniach dla systemu ekologicznego i integrowanego w Osinach oraz 9 dla systemu ekologicznego w Jadwisinie

Stosowano 2 rodzaje sadzeniaków, tj podkiełkowane przez okres 4 tygodni oraz bez podkiełkowania. Uprawiano 6 odmian w Osinach i 3 w Jadwisinie. Wyniki badań opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji.

WYNIKI BADAŃ

Charakterystyka warunków klimatycznych w okresie wegetacji

Lata 2002 i 2003 charakteryzowały się ciepłą wiosną i niedoborem opadów. Rozkład opadów w okresie wegetacji był w tych latach bardzo nierównomierny. Okres wegetacji 2004 roku charakteryzował się zimną wiosną i niedoborem opadów, ale ich rozkład w okresie wegetacji był równomierny (tab. 2).

Tabela 2

Charakterystyka warunków meteorologicznych w okresie wegetacji w latach badań (2002–2004)
The characteristics of some meteorological factors in the vegetation periods (2002–2004)

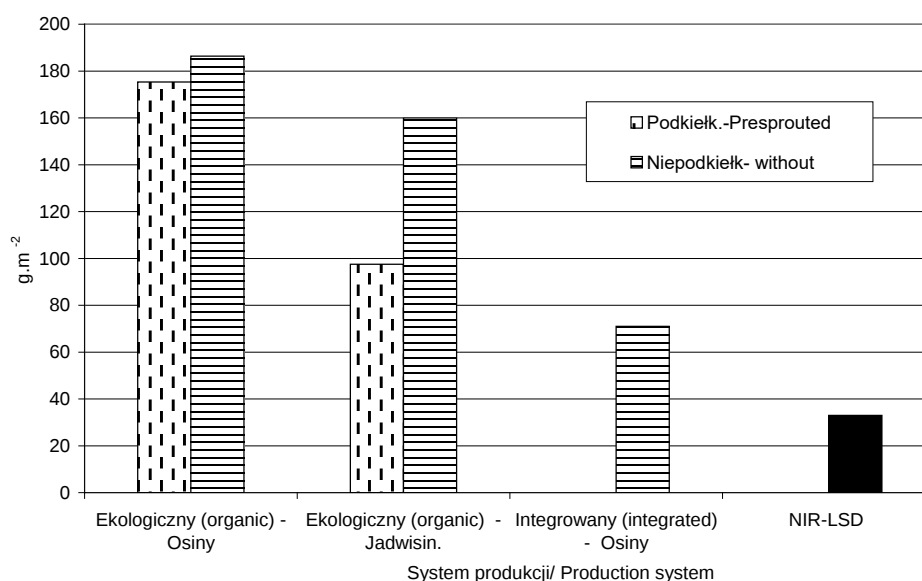
Miesiące Months	Lata Years	2002	2003	2004
		współczynniki hydrotermiczne Sielianinowa Sielianinov's hydrothermal coefficients		
Kwiecień — April		0,3	1,2	1,7
Maj — May		0,4	1,2	1,8
Czerwiec — June		1,4	0,9	0,8
Lipiec — July		0,6	1,2	1,3
Sierpień — August		0,6	0,1	0,6
Wrzesień — September		0,6	1,4	0,3

Zróżnicowanie poziomu zachwaszczenia w zależności od systemu produkcji

Stwierdzono istotne zróżnicowanie dotyczące zarówno masy, liczebności jak i składu gatunkowego chwastów w zależności od systemu produkcji i rodzaju gleby, na której uprawiano ziemniaki. Największą masę i różnorodność gatunkową chwastów stwierdzono w systemie ekologicznym w Osinach, natomiast w Jadwisinie na glebie lekkiej odnotowano mniejszą masę i zmienność gatunkową chwastów, szczególnie na plantacjach pochodzących z podkiełkowanych sadzeniaków. W systemie integrowanym w Osinach masa chwastów była najmniejsza a różnorodność gatunkowa na zbliżonym poziomie jak w systemie ekologicznym na glebie lekkiej w Jadwisinie (rys. 1, tab. 3).

W systemie ekologicznym, na glebie kompleksu żytńskiego bardzo dobrego świeża masa chwastów wynosiła ponad 180 g m⁻², natomiast w tym samym systemie uprawy, ale na glebie lekkiej parametr ten dla sadzeniaków niepodkiełkowanych osiągnął wielkość 160 g·m⁻², a w systemie integrowanym nie przekroczył 80 g·m⁻².

Podkiełkowanie sadzeniaków, a tym samym przyspieszenie rozwoju roślin przyczyniło się do zmniejszenia zachwaszczenia, ale istotną różnicę stwierdzono tylko na glebie lekkiej w Jadwisinie.



Rys. 1. Świeża masa chwastów w zależności od systemu produkcji, rodzaju gleby i sposobu przygotowania sadzeniaków

Fig. 1. Biomass of weeds depending on the production system, type of soil and seed preparation

Tabela 3

Procentowy skład gatunkowy chwastów w zależności od systemu produkcji i rodzaju gleby
The occurrence of weed species depending on the crop production system and type of soil (%)

Lp. No.	System produkcji ziemniaka — Potato production system					
	ekologiczny — organic			integrowany — integrated		
	Osiny	Jadwisin		Osiny		
1. <i>Chenopodium album</i>	48,9	<i>Echinochloa crus-galli</i>	66,8	<i>Galium aparine</i>	30,0	
2. <i>Polygonum convolvulus</i>	14,7	<i>Erodium cicutarium</i>	9,7	<i>Equisetum arvense</i>	20,9	
3. <i>Echinochloa crus-galli</i>	13,5	<i>Chenopodium album</i>	7,0	<i>Polygonum convolvulus</i>	13,8	
4. <i>Matricaria chamomilla</i>	4,8	<i>Lycopsis arvensis</i>	6,3	<i>Echinochloa crus-galli</i>	11,6	
5. <i>Erodium cicutarium</i>	3,6	<i>Polygonum convolvulus</i>	4,5	<i>Chenopodium album</i>	8,9	
6. <i>Agropyron repens</i>	2,9	<i>Agropyron repens</i>	2,5	<i>Galinsoga parviflora</i>	3,8	
7. <i>Capsella bursa-pastoris</i>	2,7	<i>Raphanus raphanistrum</i>	1,5	<i>Matricaria chamomilla</i>	3,2	
8. <i>Galium aparine</i>	2,0	<i>Matricaria chamomilla</i>	1,1	<i>Fumaria officinalis</i>	2,9	
9. <i>Plantago maior</i>	1,8	<i>Plantago major</i>	0,4	<i>Viola arvensis</i>	2,5	
10. <i>Teraxacum officinale</i>	1,7	<i>Viola arvensis</i>	0,2	<i>Amaranthus retroflexus</i>	2,4	
11. <i>Viola arvensis</i>	1,2					
12. <i>Cirsium arvense</i>	1,1					
13. <i>Amaranthus retroflexus</i>	0,5					
14. <i>Senecio vulgaris</i>	0,4					
15. <i>Lamium amplexicaule</i>	0,2					

Skład gatunkowy chwastów w zależności od systemu produkcji i kompleksu gleby

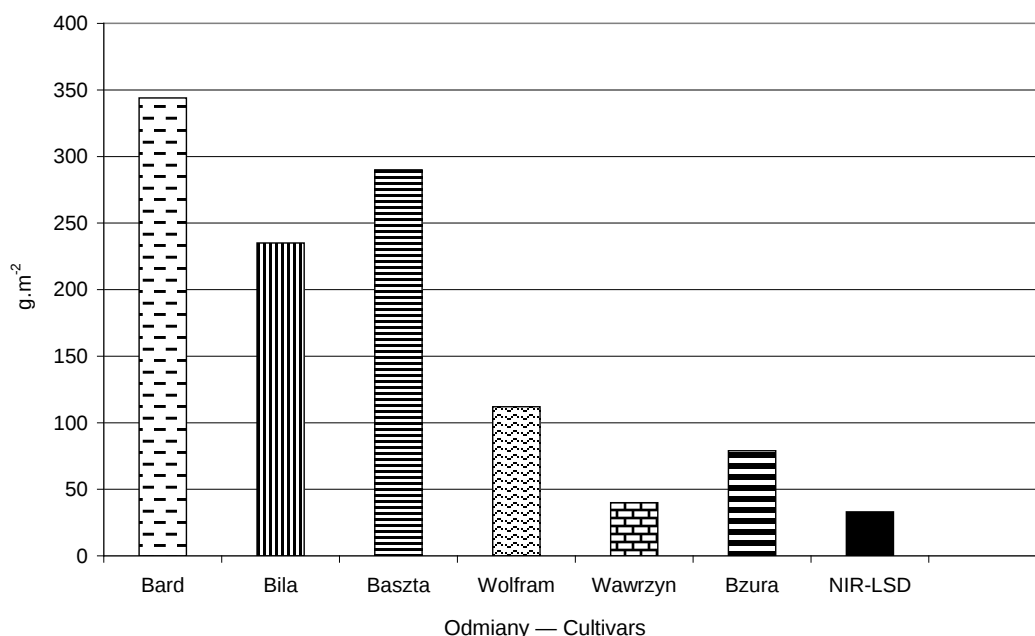
Skład gatunkowy chwastów był zróżnicowany w zależności zarówno od systemu produkcji, jak i kompleksu przydatności rolniczej. W systemie ekologicznym, na glebie cięższej w Osinach przeważały chwasty dwuliścienne, a głównie komosa biała

(*Chenopodium album*) 48,9% i rdest powojowaty (*Convolvulus arvensis*) 14,7%. Wśród chwastów jednoliściennych dominowała chwastnica jednostronna (*Echinochloa crus-galli*) 13,5%.

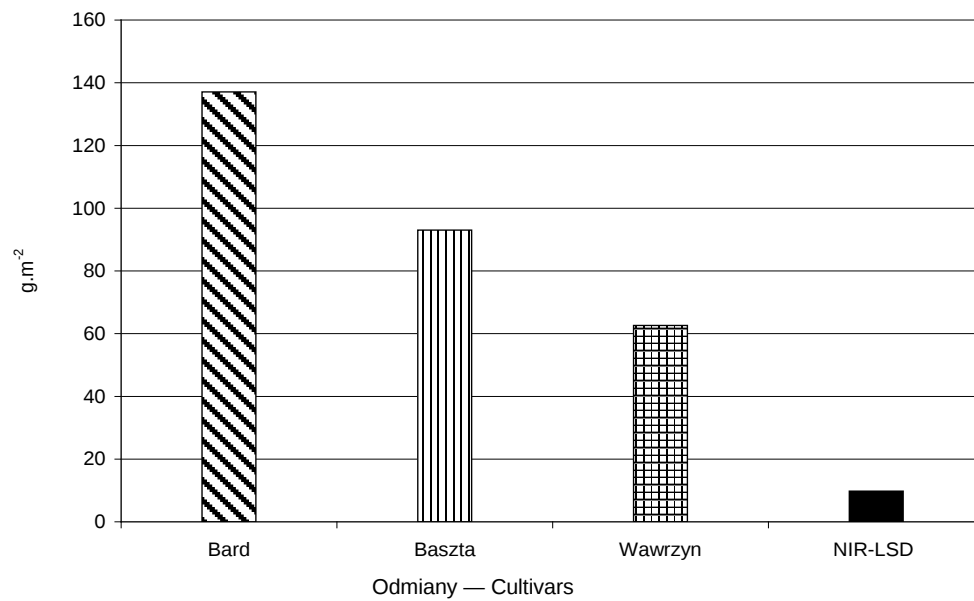
W uprawie ekologicznej na glebie lekkiej w Jadwisinie istotnie największy udział miała chwastnica jednostronna (*Echinochloa crus-galli*) — 66,8%. Udział pozostałych chwastów nie przekraczał 10% w ogólnej masie. Zdecydowanie inny skład gatunkowy odnotowano na polu ziemniaków uprawianych w systemie integrowanym. Dominowały tu chwasty trudne do zwalczania za pomocą herbicydów tj. przytulia czepna (*Galium aparine*) — 30% i skrzyp polny (*Equisetum arvense*) — 20,9% (tab. 3).

Poziomu zachwaszczenia w zależności od odmiany

Badane odmiany różniły się poziomem zachwaszczenia. Największą masę chwastów zanotowano u odmian wczesnych charakteryzujących się mniejszą masą nadziemną. Najmniej zachwaszczoną odmianą była odmiana Wawrzyn, o bardzo dużej masie nadziemnej (rys. 2, 3).

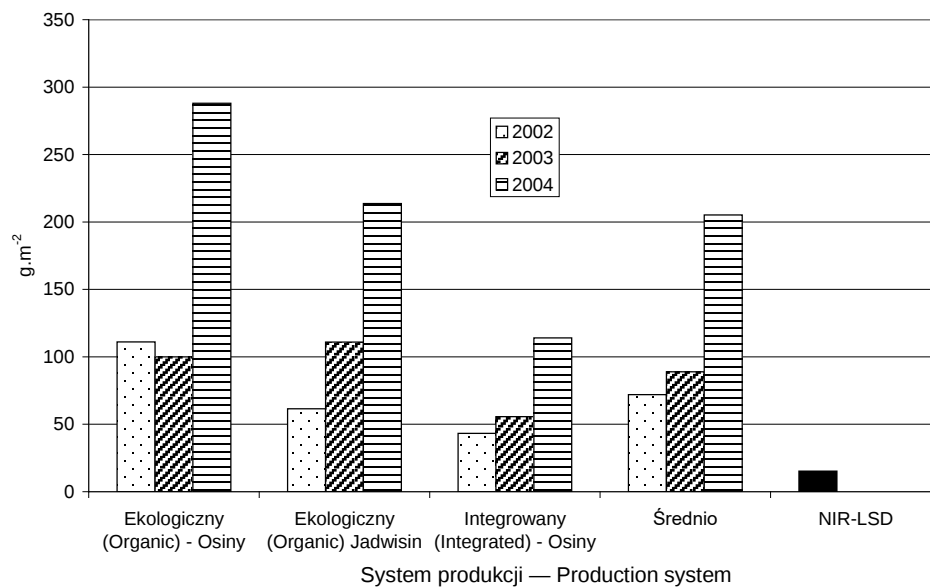


Rys. 2. Świeża masa chwastów w zależności od odmiany w systemie ekologicznym. Osiny (2002–2004)
Fig. 2. Biomass of weeds depending on potato cultivar at organic production system. Osiny (2002–2004)



Rys. 3. Świeża masa chwastów w zależności od odmiany w systemie ekologicznym. Jadwisin (2002–2004)

Fig. 3. Biomass of weeds depending on potato cultivar at organic production system. Jadwisin (2002–2004)



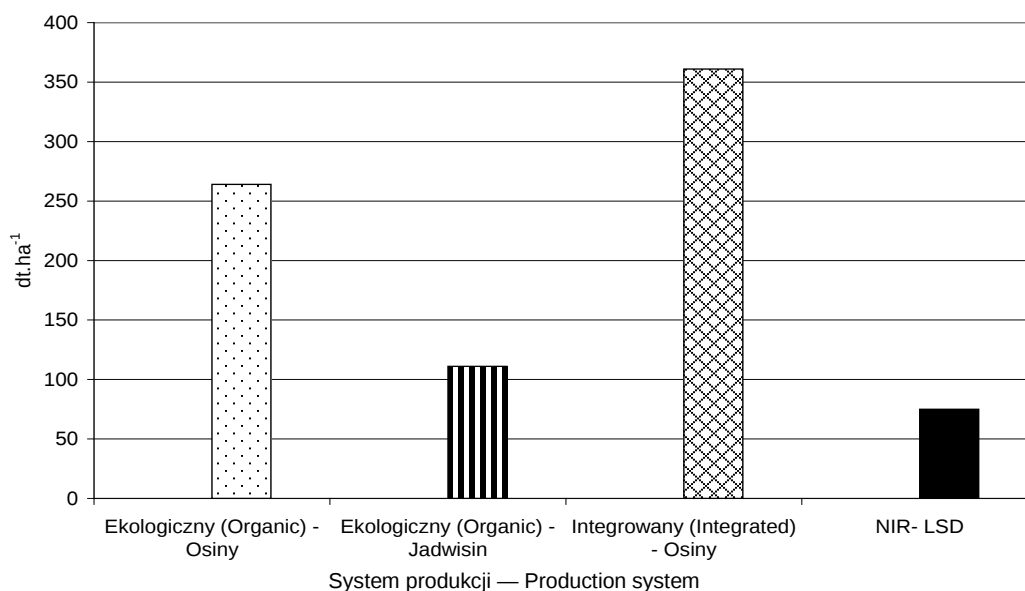
Rys. 4. Świeża masa chwastów w zależności od roku badań
Fig. 4. Biomass of weeds depending on the year of experiment

Poziom zachwaszczenia w zależności od roku badań

Stwierdzono istotne różnice dotyczące świeżej masy chwastów w zależności od warunków pogodowych panujących w poszczególnych latach badań. Największą masę chwastów niezależnie od systemu produkcji stwierdzono w 2004 roku (rys. 4.). Okres wegetacji 2004 roku charakteryzował się zimną wiosną i największą ilością opadów atmosferycznych w porównaniu do pozostałych lat badań, co głównie zadecydowało o tak wysokim poziomie zachwaszczenia.

Plon bulw ziemniaka w zależności od systemu produkcji i rodzaju gleby

Plon bulw zależał w sposób istotny zarówno od systemu produkcji, rodzaju gleby jak i odmiany. Najwyższy plon uzyskano w systemie integrowanym, niższy w systemie ekologicznym na glebie cięższej w Osinach i najniższy w systemie ekologicznym na glebie lekkiej w Jadwisinie. Badane czynniki bardzo mocno różnicowały wielkość plonu. Różnica między plonem ziemniaków uprawianych w systemie integrowanym i ekologicznym na tych samych glebach wynosiła ok. 40%, natomiast między plonem ziemniaków uprawianych w systemie ekologicznym, ale na różnych glebach 127% na korzyść gleby cięższej. Ponad trzykrotnie większe plony stwierdzono w systemie integrowanym w porównaniu do systemu ekologicznego na glebie lekkiej. Wielkość plonu bulw w zależności od systemu produkcji i rodzaju gleby przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Plon bulw w zależności od systemu produkcji i rodzaju gleby (2002–2004)
Fig. 5. Tuber yield depending on the production system and type of soil (2002–2004)

DYSKUSJA

W uprawie ekologicznej, jak wiadomo, jedynymi metodami walki z chwastami są metody mechaniczne. Według Gruczka (2001) staranna pielęgnacja ziemniaka od

posadzenia do zwarcia rzędów zmniejsza bardzo ryzyko zachwaszczenia wtórnego. Ten sam autor porównując 2 metody zwalczania chwastów w ziemniakach, tj. pielęgnację mechaniczną i mechaniczno-chemiczną, stwierdził, że skuteczność zabiegów mechanicznych wynosiła w warunkach wysokiego zachwaszczenia od 50,3 do 95,6%. Zdaniem Zarzeckiej (1997, 1998) efektywność tego typu pielęgnacji wahała się od 71,8 do 83%. O skuteczności zabiegów mechanicznych decyduje przede wszystkim skład gatunkowy chwastów, termin wykonywania zabiegów dostosowany do fazy rozwojowej roślin i przebiegu pogody. W naszych badaniach, gdzie stosowano tylko metodę mechaniczną, zielona masa chwastów na powierzchni m^2 wynosiła na glebie mocniejszej ponad $180 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, a na glebie lekkiej $160 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$. W badaniach Gruczka (2002) zielona masa chwastów przy tego typu ochronie kształtowała się od 7 do $950 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ w zależności od roku badań. Należy podkreślić, że na polstkach kontrolnych zielona masa chwastów wynosiła nawet ponad $2000 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$. Można więc uznać, że metoda mechaniczna ogranicza zachwaszczenie w sposób zadawalający.

Stwierdzone istotne zróżnicowanie poziomu zachwaszczenia w poszczególnych latach badań jest potwierdzeniem wielu prac dotyczących tego zagadnienia (Adamczewski i in., 1987; Hołyński i in., 2000; Skrzyczyński i Skrzyczyńska, 1987; Zarzecka, 2000). Wiadomo bowiem, że w latach suchych poziom zachwaszczenia jest niższy niż w latach o dużej ilości opadów.

Innym problemem jest zróżnicowanie ilościowe i jakościowe składu gatunkowego chwastów na plantacji ekologicznej i integrowanej. W uprawie bez stosowania herbicydów ta różnorodność była większa. Badania wielu autorów potwierdzają również większą liczebność i masę chwastów w roślinach uprawianych w systemie ekologicznym w porównaniu z systemem konwencjonalnym, czy integrowanym (Borówczak i in., 1998; Hołyński i in., 2000; Topham i in., 1982; Tyr i in., 1998). Z obserwacji tych autorów wynika, że intensyfikacja produkcji roślinnej związana z uproszczeniami w strukturze zasiewów i dużym zużyciem przemysłowych środków produkcji, głównie herbicydów prowadzi do specjalizacji zbiorowisk chwastów i zmniejszenia ich różnorodności, a nawet zaniku pewnych gatunków chwastów.

Kolejnym problemem jest rodzaj gleby. Ziemniaki uprawiane w systemie ekologicznym w Jadwisinie charakteryzowały się znacznie mniejszym zachwaszczeniem. Skład gatunkowy chwastów był również mniej zróżnicowany. Wynikało to generalnie ze słabszych warunków glebowych zarówno dla rozwoju rośliny uprawnej (znacznie niższe plony) jak i dla chwastów.

Bardzo istotnym elementem w uprawach ekologicznych ziemniaków jest dobór odmian pod kątem szybkiego tempa początkowego rozwoju roślin, jak i wielkości masy nadziemnej. Cechy te decydują o konkurencyjności odmiany w stosunku do chwastów (Zarzyńska, 2006). W naszych badaniach udowodniono istotne zróżnicowanie w poziomie zachwaszczenia w zależności od odmiany. Odmiany o dużej masie nadziemnej, takie jak: Wolfram, Wawrzyn czy Bzura charakteryzowały się znacznie mniejszym zachwaszczeniem niż odmiany wczesne o dużo mniejszej powierzchni asymilacyjnej.

Zabiegiem zalecanym w uprawie ziemniaków w systemie ekologicznym jest podkiełkowanie sadzeniaków (Zarzyńska, 2002). Ten sposób przygotowania bulw powoduje nie tylko przyspieszenie wschodów, ale lepszy rozwój masy nadziemnej, co skutecznie ogranicza zachwaszczenie. W naszych badaniach zachwaszczenie wtórne na kombinacji gdzie stosowano sadzeniaki podkiełkowane było wprawdzie mniejsze, ale istotne różnice stwierdzono tylko na glebie lekkiej.

WNIOSKI

1. Udowodniono istotne zróżnicowanie dotyczące poziomu zachwaszczenia wtórnego w zależności od systemu produkcji ziemniaków oraz kompleksu gleby. Największą masę chwastów i największą różnorodność gatunkową stwierdzono w systemie ekologicznym na glebie kompleksu żyniego bardzo dobrego. Najmniejszy poziom zachwaszczenia zanotowano w systemie integrowanym.
2. Wykazano istotne różnice w zachwaszczeniu w zależności od zarówno od odmiany, jak i warunków środowiskowych. Najmniej zachwaszczonymi odmianami były odmiany późniejsze o dużej masie nadziemnej. Największą masę chwastów zanotowano w 2004 roku, który charakteryzował się zimną wiosną i dużą ilością opadów.
3. Stwierdzono, że pomimo większego zachwaszczenia plantacji w systemie ekologicznym w porównaniu z systemem integrowanym, mechaniczna metoda walki z chwastami na plantacji ekologicznej okazała się wystarczająco skuteczna.

LITERATURA

- Adamczewski K., Praczyk T., Perczak J. 1987. Wyniki 17-letnich obserwacji nad zachwaszczeniem pól uprawnych. Materiały Krajowego Sympozjum, Wrocław 25–26 czerwiec: 115 — 119.
- Borówek F., Kozłara W., Grześ S. 1998. Wpływ deszczowania i systemu uprawy na zachwaszczenie roślin w płodozmianie czteropolowym. *Progress in Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 38 (2): 663 — 666.
- Gruźek T. 2001. System pielęgnowania ziemniaka, a jakość plonu bulw. *Fragm. Agron.* 2 (70): 36 — 50.
- Gruźek T. 2002. Skuteczność zabiegów mechanicznych w systemach pielęgnowania ziemniaka. *Zesz. Probl. Postępów Nauk Rol.* 489: 137 — 147.
- Hołyński Cz., Korona A., Jastrzębski W., Korona E. 2000. Zachwaszczenie pól w różnych systemach uprawy. *Pam. Puł.* 122: 149 — 159.
- Janczar-Tobaszewska D., Tyburski J. 1991. Zachwaszczenie pszenicy jarej i ziemniaków w gospodarstwach ekologicznych i konwencjonalnych. Porównanie ekologicznych i konwencjonalnych gospodarstw rolnych w Polsce. Wyd. SGGW. Warszawa 49 — 54.
- Niewiadomski W. 1993. Rolnictwo jutra. *Mat. Konf. Biotyczne środowisko uprawne, a zagrożenia chorobowe roślin.* Wyd. ART., Olsztyn.
- Prośba- Białczyk U. 2002. Uprawa ziemniaka z uwzględnieniem aspektów rolnictwa ekologicznego. *Post. Nauk Roln.* 489: 33 — 47.
- Skrzyczyński T., Skrzyczyńska J. 1987. Zachwaszczenie upraw na Podlasiu zachodnim. *Biul. Inst. Ziemn.* 36: 103 — 115.
- Topham P. B., Lawson H. M. 1982. Measurement of species diversity in crop/weed competition studies. *Weed Research* 22: 285 — 293.
- Zarzecka K. 1997. Badania nad stosowaniem zabiegów pielęgnacyjnych na plantacjach ziemniaka. Cz. I. Sposoby pielęgnowania, a zachwaszczenie ziemniaków. *Rocz. Nauk Rol., A-112*, 3–4: 141 — 150.

- Zarzecka K. 1998. Studia nad stosowaniem zabiegów pielęgnacyjnych na plantacjach ziemniaka. Cz. I. Wpływ sposobów pielęgnowania na wysokość i jakość plonu ziemniaka. *Rocz. Nauk Rol.*, A-113, 1-2: 179 — 186.
- Zarzecka K., Gąsiorowska B. 2000. Efekty zwalczania chwastów w uprawie ziemniaka i ich wpływ na wybrane cechy jakościowe bulw. *Biul. IHAR* 213: 201 — 210.
- Zarzyńska K. 2002. Przygotowanie sadzeniaków ziemniaka z uwzględnieniem produkcji ekologicznej. *Postępy. Nauk Rol.* 489: 103 — 113.
- Zarzyńska K., Goliszewski W. 2005. Porównanie skuteczności różnych metod zwalczania agrofagów ziemniaka na plantacjach ekologicznych i integrowanych. *Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych. Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie, Monografia, tom 2*: 210 — 217.
- Zarzyńska K. 2006. Cechy odmian ziemniaka przydatne w uprawie ekologicznej. *Zesz. Probl. Postępów. Nauk Roln. Zeszyt 511. cz. II. Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie. Jakość polskich odmian ziemniaka*: 73 — 81.

MAREK GUGAŁA¹**KRYSTYNA ZARZECKA**¹**KATARZYNA RYMUZA**²¹ Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin² Katedra Doświadczalnictwa Rolniczego
Akademia Podlaska, Siedlce

Wpływ sposobów uprawy i odchwaszczania na niektóre cechy jakości ziemniaka

The influence of tillage and weeding methods on some quantitative traits in potato

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2002–2004 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady należącej do Akademii Podlaskiej w Siedlcach. W doświadczeniu badano dwa czynniki: I czynnik — dwa sposoby uprawy roli, II czynnik — siedem sposobów odchwaszczania. Celem niniejszych badań było określenie wpływu sposobów uprawy roli (tradycyjnej i uproszczonej) oraz zróżnicowanej pielęgnacji ziemniaka na strukturę plonu, niektóre cechy jakości i skład chemiczny bulw ziemniaka jadalnego odmiany Wiking. Tradycyjna uprawa roli korzystnie wpłynęła na strukturę plonu. Procentowy udział frakcji > 40 mm w plonie głównym wyniósł 87,1% i był wyższy o 3,2% w stosunku do metody uproszczonej.

Słowa kluczowe: ziemniak, uprawa roli, sposoby odchwaszczania, struktura plonu, skrobia

A field experiment was carried out in the years 2002–2004 at the Zawady Experimental Farm belonging to the University of Podlasie in Siedlce. The following two factors were examined in the experiment: factor I — two methods of soil tillage, factor II — seven methods of weed control. The work was undertaken to determine an impact of soil tillage methods (conventional or simplified) and diversified weed management in potato cultivation on the yield structure, some tuber quality characteristics and chemical composition of edible potato cv. Wiking. The traditional tillage had positive effects on the yield structure. The proportion of the fraction > 40 mm in the main tuber yield (87.1%) was higher by about 3.2% than that obtained using a simplified method.

Key words: potato, soil tillage methods, weed control methods, yield structure, starch

WSTĘP

Jakość ziemniaka jadalnego oraz jego wartość żywieniowa i technologiczna zależą od składu chemicznego i cech jakości bulw, które z kolei kształtują uwarunkowania genetyczne oraz inne czynniki środowiskowe i agrotechniczne. Oprócz warunków klimatycznych i glebowych decydujący wpływ na kształtowanie cech jakości ziemniaka

mają zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne stosowane w uprawie ziemniaka (Gruczek, 2001; Leszczyński, 1994; Zarzecka i Gąsiorowska, 2000).

Tradycyjna uprawa roli pod ziemniaki pochłania 25–40% ogólnych nakładów energetycznych ponoszonych na produkcję tej rośliny, z czego 20–40% stanowi orka. Dlatego też od wielu lat prowadzone są prace badawcze nad uproszczeniem uprawy roli i zastosowaniem zamiast orki różnych narzędzi doprawiających oraz sadzeniem bulw ziemniaka w mulcz (Dzienia, 1994; Jabłoński i Bernat, 2002).

Celem niniejszych badań było określenie wpływu sposobów uprawy roli tradycyjnej i uproszczonej oraz zróżnicowanej pielęgnacji ziemniaka na strukturę plonu, niektóre cechy jakości i skład chemiczny bulw ziemniaka jadalnego odmiany Wiking.

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 badano dwa czynniki:

I czynnik — dwa sposoby uprawy roli:

- uprawa tradycyjna (klasyczna) — jesienią obornik 25 t·ha⁻¹, orka zimowa (przykrywająca obornik i nawozy fosforowo-potasowe), orka przedzimowa. Wiosną — bronowanie, nawozy azotowe i kultywatorowanie, bronowanie.
- uprawa uproszczona — jesienią obornik 25 t·ha⁻¹, orka zimowa (przykrywająca obornik i nawozy fosforowo-potasowe). Wiosną — nawozy azotowe i kultywatorowanie.

II czynnik — siedem sposobów odchwaszczania:

- obiekt kontrolny — pielęgnacja mechaniczna do i po wschodach roślin ziemniaka — do wschodów 3–4- krotne obredlanie połączone z bronowaniem, a po wschodach dwukrotne obredlanie,
- pielęgnacja mechaniczno-chemiczna, tj. do wschodów 3- krotne obredlanie połączone z bronowaniem, a tuż przed wschodami:
 - oprysk herbicydem Plateen 41,5 WG 2,0 kg·ha⁻¹,
 - oprysk mieszką herbicydów Plateen 41,5 WG 2,0 kg·ha⁻¹ i graminicydem Fusilade Forte 2,5 l·ha⁻¹,
 - oprysk mieszką herbicydów Plateen 41,5 WG 1,6 kg·ha⁻¹ i graminicydem Fusilade Forte 2,0 l·ha⁻¹ oraz adiuwantem Atpolan 80 EC 1,5 l·ha⁻¹,
- pielęgnacja mechaniczno-chemiczna, tj. do wschodów 3- krotne obredlanie połączone z bronowaniem, a po wschodach, przy 10–15 cm wysokości roślin ziemniaka:
 - oprysk herbicydem Barox 460 SL 3,0 l·ha⁻¹,
 - oprysk mieszką herbicydów Barox 460 SL 3,0 l·ha⁻¹ i graminicydem Fusilade Forte 2,5 l·ha⁻¹,
 - oprysk mieszką herbicydów Barox 460 SL 2,4 l·ha⁻¹ i graminicydem Fusilade Forte 2,0 l·ha⁻¹ oraz adiuwantem Atpolan 80 EC 1,5 l·ha⁻¹.

W doświadczeniu uprawianą odmianą była Wiking. Jest to odmiana jadalna, średnio wczesna, o kolorze miąższu kremowym, średnim plonie ogólnym, który wynosi 459 dt·ha⁻¹, zawartość: suchej masy 23,3%, skrobi 16,5%, (Zgórska i Głuska, 2004).

Przed zbiorem pobrano próby bulwy z 10. losowo wybranych roślin ziemniaka (z wyłączeniem roślin brzeżnych), w których określono strukturę plonu według frakcji o średnicy poprzecznej: poniżej 30 mm, 30–40, 40–50, 50–60 i powyżej 60 mm. Z frakcji handlowej o wielkości bulw powyżej 40 mm odrzucono bulwy z wadami zewnętrznymi i wewnętrznymi. Zawartość skrobi oznaczono na wadze Reimanna. W świeżej masie bulw oznaczono: zawartość suchej masy metodą suszarkowo-wagową przez wysuszenie w temperaturze 65–70°C, a następnie dosuszenie do stałej wagi w temperaturze 105°C oraz zawartość cukrów ogółem metodą Luffa-Schoorla.

Wyniki opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji.

Warunki klimatyczne w sezonach wegetacji przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Charakterystyka warunków pogodowych w okresie wegetacji ziemniaka
Characteristics of weather conditions in the period of potato vegetation

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
Opady — Rainfall	310,1	132,5	320,9
Odchylenie opadów od średniej wieloletniej (1981–1995) Rainfall deviation from multiyear mean (1981–1995)	-33,6	-211,2	-22,8
Temperatura powietrza — Air temperature (°C)	16,2	15,5	14,1
Odchylenie temperatur od średniej wieloletniej (1981–1995) Temperature deviation from multiyear mean (1981–1995)	+2,2	+1,5	+0,1

*Wartość współczynnika — Value of coefficient (Bac i in., 1998)

<0,5 Silna posucha — Serious drought;

0,51–0,69 Posucha — Moderate drought;

0,70–0,99 Słaba posucha — Mild drought;

≥1 Brak posuchy — No drought

WYNIKI BADAŃ

Tradycyjna uprawa roli korzystnie wpłynęła na strukturę plonu. Procentowy udział frakcji > 40 mm w plonie głównym wyniósł 87,1% i był wyższy o 3,2% w stosunku do metody uproszczonej (tab. 2).

Porównując sposoby odchwaszczania należy stwierdzić, że odchwaszczanie przy pomocy herbicydów wpłynęło dodatnio na wielkość bulw ziemniaka w porównaniu z obiektem kontrolnym, gdzie zastosowano pielęgnację mechaniczną do i po wschodach ziemniaka. Największy procent bulw > 40 mm zebrano na poletkach, na których po

wschodach ziemniaka zastosowano mieszankę herbicydów: Barox 460 + Fusilade Forte i adiuwant Atpolan 80 EC (średnio 88,8%) oraz z obiektu 4., gdzie przed wschodami zastosowano mieszankę herbicydów Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC + Atpolan 80 EC (średnio 88,4%), natomiast najmniej z obiektu kontrolnego (średnio 78,6%).

Tabela 2

Procentowy udział frakcji w plonie ogólnym bulw ziemniaka (% wagowy)
Percentage of particular fractions in total yield of potato tubers (% by weight)

Czynniki Factors	Struktura plonu w mm (% masy) Yield structure in mm (% by weight)					
	< 30	30-40	40-50	50-60	>60	>40
Sposoby uprawy roli — Soil tillage systems						
Tradycyjna — Traditional	1,9	11,0	30,2	32,6	24,3	87,1
Uproszczona — Simplified	2,3	13,7	29,5	30,2	24,2	83,9
Sposoby odchwaszczania — Weed control methods						
1. Obiekt kontrolny — Control object	3,0	18,4	28,0	29,9	20,7	78,6
2. Plateen 41,5 WG	2,4	13,0	30,0	31,8	22,9	84,7
3. Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC	1,8	10,9	26,9	34,5	25,9	87,3
4. Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC + Atpolan 80 EC	1,6	9,9	28,8	30,6	29,0	88,4
5. Barox 460 SL	2,1	13,9	31,6	28,0	24,4	84,0
6. Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC	2,2	10,7	29,0	31,6	26,4	87,0
7. Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC + Atpolan 80 EC	1,6	9,6	34,9	33,7	20,2	88,8
Lata — Years						
2002	1,7	8,0	21,6	39,3	29,4	90,3
2003	2,7	17,9	50,6	24,6	4,2	79,4
2004	2,0	11,2	17,4	30,3	39,1	86,8
Średnio Mean	2,1	12,4	29,9	31,4	24,2	85,5

Również warunki pogodowe w latach badań wpływały na strukturę plonu. Najbardziej niekorzystnym pod względem tej cechy był rok 2003, procentowy udział frakcji > 40 mm w plonie głównym wyniósł 79,4% i był niższy o 10,9% w stosunku do udziału z 2002 roku.

Sposoby uprawy roli nie miały istotnego wpływu na procentowy udział bulw z wadami wewnętrznymi i zewnętrznymi jednakże średni udział tych bulw był wyższy na obiektach z zastosowaniem uproszczeń i wynosił 5,4% (tab. 3).

Sposoby pielęgnacji istotnie wpłynęły na udział wad wewnętrznych bulw natomiast nie stwierdzono istotnego wpływu na wady zewnętrzne. Najwyższy procentowy udział bulw z wadami wewnętrznymi zanotowano na obiekcie kontrolnym (średnio 4,4%), natomiast najniższy 2,2% na obiekcie 4, gdzie zastosowano mieszankę herbicydów Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC + Atpolan 80 EC.

Obliczenia statystyczne wykazały istotny wpływ warunków klimatycznych na udział wad wewnętrznych bulw ziemniaka.

Analiza wariancji potwierdziła istotny wpływ sposobów uprawy roli i lat badań na zawartość suchej masy w bulwach ziemniaka (tab. 4). Istotnie więcej omawianego składnika zawierały bulwy zebrane z obiektów, na których stosowano uproszczoną uprawę roli i wynosiła — średnio 26,3%, natomiast bulwy pochodzące z obiektów uprawianych tradycyjnie zawierały o 0,6% mniej omawianego składnika.

Tabela 3

Procentowy udział bulw ziemniaka z wadami zewnętrznymi lub wewnętrznymi
Proportion of potato tubers with external or and internal defects

Czynniki Factors	Wady zewnętrzne External defects (%)	Wady wewnętrzne Internal defects (%)	Średni udział bulw z wadami Mean proportion of tubers with defects (%)	Bulwy bez wad Tubers without defects (%)
Sposoby uprawy roli — Soil tillage systems				
Tradycyjna — Traditional	5,1	2,7	3,9	96,1
Uproszczona — Simplified	7,1	3,7	5,4	94,6
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	—
Sposoby odchwaszczania — Weed control methods				
1. Obiekt kontrolny — Control object	9,8	4,4	7,1	92,9
2. Plateen 41,5 WG	6,2	3,3	4,8	95,2
3. Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC	5,4	3,0	4,2	95,8
4. Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC + Atpolan 80 EC	5,0	2,2	3,6	96,4
5. Barox 460 SL	6,2	3,7	5,0	95,0
6. Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC	5,3	2,7	4,0	96,0
7. Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC + Atpolan 80 EC	5,2	2,9	4,1	95,9
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	r.n.; n.s.	0,65	0,4	—
Lata — Years				
2002	7,3	8,2	7,8	92,2
2003	5,8	1,0	3,4	96,6
2004	5,4	0,5	2,9	97,1
Średnio — Mean	6,2	3,2	4,7	95,3
NIR _{0,05}	r.n.; n.s.	2,08	0,50	—
LSD _{0,05}				

r.n ; n.s. Różnice nieistotne; Not significant differences

Sposoby odchwaszczania nie miały istotnego wpływu na tę cechę. Zaobserwowano także tendencję do obniżenia suchej masy bulw pod wpływem herbicydów.

Warunki meteorologiczne w czasie wegetacji w istotny sposób wpływały na wartość omawianej cechy. Największą wartością suchej masy cechowały się bulwy w silnie posuszonym 2003 roku, średnio 27,7%, najmniejszą zaś w 2004 roku o największej sumie opadów w czasie wegetacji.

Stwierdzono również istotną interakcję pomiędzy latami a sposobami uprawy roli.

Obliczenia statystyczne wykazały, że sposoby uprawy roli i warunki pogodowe panujące w latach badań istotnie wpływały na zawartość skrobi w bulwach ziemniaka (tab. 4). W bulwach pochodzących z obiektów, na których wykonano uproszczoną uprawę roli stwierdzono istotnie wyższą zawartość skrobi niż w bulwach zebranych z obiektów uprawianych tradycyjnie.

Nie stwierdzono istotnego wpływu sposobów odchwaszczania na zawartość skrobi. Zaobserwowano jednak tendencję do obniżania tego składnika w bulwach zebranych z obiektów (warianty 2–7) odchwaszczanych z użyciem herbicydów.

Istotne różnice w zawartości skrobi zanotowano w bulwach zebranych w poszczególnych sezonach wegetacji. Najniższą zawartość tego składnika zanotowano w ciepłym

i wilgotnym 2002 roku (średnio 16,5%), najwyższą zaś w silnie posuszonym 2003 roku (średnio 19,4%).

Obliczenia statystyczne nie wykazały interakcji pomiędzy czynnikami doświadczenia w odniesieniu do omawianej cechy.

Sposoby uprawy roli istotnie wpływały na zawartość sumy cukrów (tab. 4). Zastosowane uproszczenia przyczyniły się do gromadzenia sumy cukrów w bulwach ziemniaka – średnio 0,704%. Istotnie mniej tego składnika gromadziły bulwy uprawiane metodą tradycyjną – średnio 0,700%.

Tabela 4

Zawartość suchej masy, skrobi i cukrów ogółem w bulwach ziemniaka
Percentage content of dry matter, starch and total sugar in potato tubers

Czynniki Factors	Zawartość suchej masy Dry matter content (%)	Zawartość skrobi Starch content (%)	Zawartość cukrów ogółem Total sugar content (%)
Sposoby uprawy roli — Soil tillage systems			
Tradycyjna — Traditional	25,7	17,5	0,700
Uproszczona — Simplified	26,3	17,7	0,704
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,4	0,1	0,003
Sposoby odchwaszczania — Weed control methods			
1. Obiekt kontrolny — Control object	26,6	17,8	0,697
2. Plateen 41,5 WG	25,9	17,6	0,701
3. Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC	25,6	17,5	0,702
4. Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC + Atpolan 80 EC	26,2	17,7	0,698
5. Barox 460 SL	26,0	17,6	0,698
6. Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC	25,8	17,5	0,709
7. Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC + Atpolan 80 EC	26,3	17,7	0,702
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.
Lata — Years			
2002	26,2	16,5	0,716
2003	27,7	19,4	0,653
2004	24,3	17,0	0,737
Średnio — Mean	26,0	17,6	0,702
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,6	0,2	0,009

r.n.; n.s. Różnice nieistotne; Not significant differences

Sposoby odchwaszczania, nie miały istotnego wpływu na zawartość omawianej cechy jednakże zaobserwowano wzrost zawartości sumy cukrów w porównaniu do bulw pochodzących z obiektu kontrolnego.

Zmienne warunki pogodowe panujące w latach badań modyfikowały w sposób istotny zawartość tego składnika w bulwach ziemniaka. W roku 2004 bulwy nagromadziły najwięcej sumy cukrów — średnio 0,737%. Istotnie mniej cukrów było w bulwach zebranych w 2002 roku, a najmniej w ziemniakach uprawianych w warunkach suchego i ciepłego sezonu 2003 — średnio 0,653%.

Obliczenia statystyczne nie wykazały interakcji pomiędzy badanymi czynnikami.

DYSKUSJA

Przeprowadzone badania własne dowiodły, że na strukturę plonu mają wpływ zarówno sposoby uprawy roli, metody odchwaszczania jak również warunki klimatyczne panujące w latach badań, co znalazło potwierdzenie we wcześniejszych badaniach Kraski i Pałysa (2002).

Badania własne wykazały istotny wpływ sposobów uprawy roli i lat badań na zawartość suchej masy w bulwach, podobne wyniki w swoich badaniach uzyskała Klikocka (2002). Natomiast badania innych autorów dowiodły, że zawartość omawianego składnika zależały głównie od warunków pogodowych, a w niewielkim stopniu od sposobów uprawy i pielęgnacji (Sawicka i Kuś, 2002; Zarzecka i in., 2004). Sposoby odchwaszczania nie miały istotnego wpływu na zawartość suchej masy, tym niemniej zarysowała się tendencja do obniżenia tego składnika pod wpływem herbicydów. Do podobnych spostrzeżeń doszli w swoich badaniach Ceglarek i Zarzecka (1992).

Badania własne dowiodły, że sposoby uprawy roli istotnie wpłynęły na zawartość skrobi. Wyższą zawartość tego składnika uzyskano na obiektach z uprawą uproszczoną. Klikocka (2002) najkorzystniejszą zawartość skrobi uzyskała po zastosowaniu uprawy tradycyjnej. Natomiast Boligłowa i Dzienia (1999), stosując uproszczenia nie stwierdzili zmian w zawartości skrobi.

Badania własne wykazały brak istotnych zmian w zawartości skrobi w bulwach zebranych z obiektów odchwaszczonych mechaniczno-chemicznie. Innego zdania są Ceglarek i Książak (1992), według których stosowane herbicydy powodowały obniżenie zawartości skrobi w bulwach ziemniaka.

Zastosowana w badaniach własnych uproszczona metoda uprawy roli przyczyniła się do zwiększenia sumy cukrów, co znalazło potwierdzenie w badaniach Kraski (2002). Stwierdzono również podwyższenie sumy cukrów w bulwach pochodzących z obiektów odchwaszczanych chemicznie, a uzyskane wyniki znalazły potwierdzenie w badaniach Lisińskiej (1981), Zarzeckiej i Gąsiorowskiej (2000). Badania własne wykazały, że oprócz metod uprawy i sposobów pielęgnacji na zawartość cukrów ogółem miały istotny wpływ warunki klimatyczne. Największą zawartość monosacharydów stwierdzono w roku, w którym temperatury były wysokie, a opady najmniejsze. Natomiast odmiennego zdania były Zgórska i Frydecka-Mazurczyk (1999, 2000).

WNIOSKI

1. Tradycyjna uprawa roli w porównaniu do uproszczonej dodatkowo wpłynęła na procentowy udział frakcji bulw dużych w plonie ogólnym. Ponadto na omawianą cechę oddziaływały sposoby odchwaszczania, największy procent bulw > 40 mm zebrano z obiektu, na którym po wschodach ziemniaka zastosowano mieszankę herbicydów: Barox 460 + Fusilade Forte i adiuwant Atpolan 80 EC.
2. Na procentowy udział bulw ziemniaka z wadami wewnętrznymi miały wpływ zarówno metody odchwaszczania jak i warunki panujące w poszczególnych sezonach wegetacyjnych.

3. O zawartości suchej masy, skrobi i sumy cukrów w bulwach ziemniaka odmiany Wiking decydowały sposoby uprawy roli. Zastosowanie uproszczeń spowodowało podwyższenie zawartości omawianych składników w porównaniu z uprawą tradycyjną.

LITERATURA

- Bac S., Koźmiński Cz., Rojek M. 1998. Agrometeorologia. Wyd. PWN, Warszawa.
- Bolińska E., Dzienia S. 1999. Efektywność systemów uprawy roli i nawożenia organicznego pod ziemniak. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, Agricultura, 74: 191 — 195.
- Ceglarek F., Zarzecka K. 1992. Wpływ herbicydu Racer na niektóre elementy składu chemicznego i cechy konsumpcyjne dwóch odmian ziemniaka uprawianych w rejonie Siedlec. Zesz. Nauk. WSRP w Siedlcach, Rol., 31: 97 — 105.
- Ceglarek F., Księżak J. 1992. Wpływ herbicydów stosowanych do niszczenia perzu na skład chemiczny bulw ziemniaka. *Fragm. Agronom.* 3 (35): 58 — 64.
- Dzienia S. 1994. Nowe tendencje w produkcji zbóż, ziemniaków i roślin strączkowych. *Mat z Konf. Nauk. Ustka* 19-21.01.1994.
- Gruźek T. 2001. System pielęgnowania ziemniaka a jakość plonu. *Fragm. Agronom.* 2 (70): 37 — 50.
- Jabłoński K., Bernat E. 2002. Agrotechniczne efekty bezpługowej uprawy roli pod ziemniaki. *Pam. Puł.*, 130: 301 — 308.
- Klikocka H. 2002. Studia nad plonowaniem ziemniaka w warunkach zróżnicowanej uprawy roli i pielęgnowania. Rozprawa, AR Lublin: 1 — 91.
- 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.
- Leszczyński W. 1994. Wpływ czynników działających w okresie wegetacji ziemniaka na jego jakość. *Post. Nauk Rol.* 6: 55 — 68.
- Lisińska G. 1981. Wpływ różnych czynników na skład chemiczny bulw ziemniaka i jakość otrzymanych z nich chipsów. Rozprawa, AR Wrocław: 1 — 52.
- Sawicka B., Kuś J. 2002. Zmienność składu chemicznego bulw ziemniaka w warunkach ekologicznego i integrowanego systemu produkcji. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 489: 273 — 282.
- Zarzecka K., Antolak M., Pszczółkowski P., Gąsiorowska B., Mystkowska I. 2004. Zawartość suchej masy i skrobi w dziesięciu średnio wczesnych odmianach ziemniaka. *Zesz. Nauk. AP w Siedlcach, Rol.*, 65: 59 — 63.
- Zarzecka K., Gąsiorowska B. 2002. Zawartość wybranych składników w bulwach ziemniaka w warunkach pielęgnacji mechaniczno-chemicznej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 489: 301 — 308.
- Zarzecka K., Gąsiorowska B. 2000. Oddziaływanie herbicydów na wybrane cechy jakościowe bulw ziemniaka jadalnego. *Żywność (Supl.)*, 4 (25): 28 — 36.
- Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 2000. Wpływ warunków w czasie wegetacji oraz temperatury przechowywania na cechy jakości ziemniaków przeznaczonych do przetwórstwa. *Biul. IHAR* 213: 239 — 251.
- Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1999. Wpływ warunków uprawy i przechowywania na cechy jakości ziemniaków przeznaczonych do przetwórstwa. *Mat. Konf. Nauk. Ziemniak jadalny i dla przetwórstwa spożywczego-czynniki agrotechniczne i przechowalnicze warunkujące jakość. Radzików 23-25 lutego:* 85 — 87.
- Zgórska K., Głuska M. 2004. Charakterystyka zarejestrowanych odmian ziemniaka. Wydanie VIII, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Jadwisin.

JERZY OSOWSKIInstytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin,
Zakład Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka, Bonin

Zróżnicowanie skuteczności działania Dithane M-45 80 WP (mankozeb) i Bravo 500 SC (chlorotalonil) w ograniczaniu rozwoju alternariozy ziemniaka w Boninie i Starym Oleśnie w latach 1997–2006

The effectiveness of Dithane and Bravo in controlling potato early blight in Bonin and Stare Olesno in 1997–2006

W latach 1997–2006 w Boninie i Starym Oleśnie w doświadczeniu polowym oceniano skuteczność fungicydów Dithane M-45 80 WP (mankozeb) i Bravo 500 SC (chlorotalonil) w zwalczaniu alternariozy ziemniaka. Większe nasilenie choroby obserwowano w Starym Oleśnie (południowo-zachodni rejon Polski). Nie stwierdzono różnic w biologicznej skuteczności badanych fungicydów. Zaobserwowano natomiast wydłużenie okresu gromadzenia plonu (opóźnienie zniszczenia 50% naci) w Boninie o trzy dni po zastosowaniu fungicydu Dithane M-45 80 WP (mankozeb) i o pięć dni dla fungicydu Bravo 500 SC (chlorotalonil) w porównaniu do Starego Olesna. Średni wzrost plonu bulw po zastosowaniu ochrony chemicznej wynosił 20,5% dla fungicydu Dithane M-45 80 WP i 20,3% - Bravo 500 SC.

Słowa kluczowe: alternarioza, chlorotalonil, mankozeb, ochrona chemiczna

Field experiments aimed to assess the effectiveness of fungicides Dithane M-45 80 WP (mancozeb) and Bravo 500 SC (chlorothalonil) in controlling potato early blight were carried out in Bonin and Stare Olesno in the years 1997–2006. The higher incidence of the disease was recorded in Stare Olesno (south-west region of Poland). No differences in biological effectiveness of the fungicides were found. The application of Dithane and Bravo in Bonin, as compared to that in Stare Olesno, resulted in lengthening of the period of potato yield accumulation (delayed destruction of 50% of foliage) by 3 days and 5 days, respectively. The increase in the average tuber yield by 20.5% and 20.3%, respectively, was recorded.

Key words: chlorothalonil, chemical control, early blight, mancozeb

WSTĘP

Do najgroźniejszych sprawców powodujących plamistości liści ziemniaka zaliczyć możemy dwa gatunki grzybów rodzaju *Alternaria*: *A. solani* i *A. alternata*, wywołujące alternariozę ziemniaka. Jest to choroba powszechnie występująca na ziemniaku we wszystkich rejonach jego uprawy (Nachmias i in., 1988; Brune i in., 1998; Holm 2002). W Polsce alternarioza jest chorobą o rosnącym znaczeniu ze względu na wczesny termin jej wystąpienia (faza kwitnienia i tuberyzacji bulw) oraz na wielkość powodowanych strat. Straty powodowane przez alternariozę są trudne do oszacowania i jak podaje Fry (1994) mogą one wynosić 20–30%, a w skrajnych przypadkach sięgać nawet 73% plonu (Brune i in., 1998). W Polsce według Kuczyńskiej (1992) straty wynoszą do 32%.

Istotnym elementem ochrony roślin ziemniaka przed alternariozą jest oprócz zabiegów agrotechnicznych stosowanie ochrony chemicznej.

Celem przeprowadzonych badań było sprawdzenie skuteczności działania fungicydów Dithane M-45 80 WP i Bravo 500 SC w zależności od miejsca i roku uprawy.

MATERIAŁ I METODY

Ocenę skuteczności mankozebu (Dithane M-45 80 WP) i chlortalonilu (Bravo 500 SC) w ograniczeniu porażenia roślin przez alternariozę prowadzono w latach 1997–2006 w Zakładzie Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka w Boninie (województwo zachodniopomorskie) i w Oddziale Hodowli Ziemniaka Zamarte w Starym Oleśnie (województwo opolskie).

Doświadczenie jednoczynnikowe w 4 powtórzeniach, założono w układzie losowanych bloków na poletkach o wielkości 20 m². Badania skuteczności przeprowadzono na dwóch odmianach bardzo wczesnych: Frezja i Bard, charakteryzujących się wysoką podatnością na sprawców alternariozy.

Testowane fungicydy stosowano w dawkach 2,0 kg/ha (Dithane M-45 80WP) i 2,0 l/ha (Bravo 500 SC). Ochronę chemiczną rozpoczynano w momencie wystąpienia pierwszych objawów choroby na roślinach ziemniaka. Ciecz roboczą (w ilości 400 l H₂O/ ha) наносzono na rośliny za pomocą opryskiwacza wyposażonego w dysze płasko-strumieniowe o średnicy 0,3 mm.

Ocenę tempa rozwoju choroby prowadzono przed kolejnymi zabiegami w odstępach 7–10 dniowych według 9-stopniowej skali Pietkiewicza, gdzie 9 oznacza brak objawów choroby, a 1 całkowite zniszczenie rośliny. Określono tempo szerzenia choroby oraz datę zniszczenia części nadziemnej rośliny ziemniaka w 50%. Jesienią po wykopkach oceniono wysokość plonów. Otrzymane wyniki opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji.

WYNIKI

Warunki meteorologiczne w latach 1997–2006 były zróżnicowane i znacznie odbiegały od średniej wieloletniej (tab. 1). W Boninie (rejon Pomorza Zachodniego) stwierdzono wyższą od średniej wieloletniej średnią temperaturę powietrza dla 5 lat (1997,

2001, 2002, 2003 i 2004). Temperatura powietrza w Starym Oleśnie (woj. opolskie) była bardziej zbliżona do średniej wieloletniej dla 6 lat (1999, 2000, 2003, 2004, 2005 i 2006).

Tabela 1

Średnia temperatura i suma opadów w miesiącach VI–VIII w Boninie i Starym Oleśnie w porównaniu do wielolecia
Average temperatures and rainfall in months VI–VIII in Bonin and Stare Olesno against the multi-year data (1997–2006)

Rok Year	Miejscowość Locality	Temp (°C)	% wielolecia multi-year	Opady Rainfall (mm)	% wielolecia multi-year	Charakterystyka warunków meteorologicznych Meteorological conditions
1997	Bonin	19,8	21,9	111,1	-61,3	ciepły*, suchy**
	Stare Olesno	15,7	-9,2	350,7	43,3	chłodny, mokry
1998	Bonin	16,2	0,0	391,1	36,1	przeciętny***, mokry
	Stare Olesno	15,2	-12,1	272,5	11,4	chłodny, mokry
1999	Bonin	17,2	5,9	183,9	-36,0	przeciętny, suchy
	Stare Olesno	18,1	5,1	190,0	-22,3	przeciętny, suchy
2000	Bonin	16,8	3,2	192,8	-32,9	przeciętny, suchy
	Stare Olesno	18,9	9,3	271,5	11,0	przeciętny, mokry
2001	Bonin	18,5	13,6	407,6	41,9	ciepły, mokry
	Stare Olesno	20,2	16,8	292,7	19,6	ciepły, mokry
2002	Bonin	20,6	27,0	226,9	-21,0	ciepły, suchy
	Stare Olesno	19,5	12,8	212,2	-13,3	ciepły, suchy
2003	Bonin	17,6	8,0	173,4	-39,6	ciepły, suchy
	Stare Olesno	19,9	15,1	117,4	-52,0	przeciętny, suchy
2004	Bonin	18,6	14,5	225,2	-21,6	ciepły, suchy
	Stare Olesno	18,4	6,4	231,3	-5,5	przeciętny
2005	Bonin	16,2	0,0	201,6	-29,8	przeciętny, suchy
	Stare Olesno	16,2	-6,2	223,0	-8,9	przeciętny, suchy
2006	Bonin	16,9	4,3	323,0	12,4	przeciętny, mokry
	Stare Olesno	16,8	-3,0	174,8	-28,6	przeciętny, suchy

* ciepły; warm ** suchy; dry *** przeciętny; moderate

W każdym z punktów badawczych stwierdzono niedobór ilości opadów w sezonie wegetacyjnym (Bonin dla 7 lat, Stare Olesno dla 5 lat). W skrajnych przypadkach deficyt opadów dla Bonina wynosił 61,3% w porównaniu do wielolecia a dla Starego Olesna 52,0%. W większości z badanych lata przebieg warunków meteorologicznych (rozkład temperatur powietrza; ilość opadów) nie był zbyt sprzyjający do występowania i rozwoju alternariomy ziemniaka w okresie wegetacji.

W tabeli 2 przedstawiono zniszczenie części nadziemnej roślin ziemniaka w okresie wegetacji w Boninie w zależności od zastosowanego wariantu ochrony w latach badań. Największe zniszczenie naci na wariantcie kontrolnym stwierdzono w latach 1999 (36,2%), 1998 (40,3%), 2002 (44,0%) i 2001 (45,3%); najniższe zaś zniszczenie obserwowano w latach 2005 (16,8%) i 2006 (17,7%). Zakres porażenia po zastosowaniu fungicydu Dithane M-45 80 WP wahał się w granicach od 4,2% do 40,9%. Najniższy poziom zniszczenia powierzchni asymilacyjnej liści ziemniaka stwierdzono dla fungicydu Dithane M-45 80 WP w latach 2000 i 2006 (4,8%), 2005 (11,1%) oraz 2004 (14,9%). Najwyższe zniszczenie stwierdzono w latach 1998 (32,5%) i 2002 (40,9%).

Zakres zniszczenia części nadziemnej dla wariantu chronionego fungicydem Bravo 500 SC wynosił od 2,8% do 39,5%. Najniższe zniszczenie naci stwierdzono w latach 2006 (2,8%), 2000 (7,1%) i 2005 (10,8%), najwyższe zaś w latach 1998 (32,5%) i 2002 (39,5%).

Tabela 2

Procent zniszczenia roślin ziemniaka w latach 1997–2006 w zależności do warunków meteorologicznych i wariantów ochrony w okresie 2 dek. VI do 3 dek. VIII w Boninie
Percentage of destruction of potato plants in 1997–2006 depending on meteorological conditions and variants of plant protection in the period 2nd decade of June, 3rd decade of August in Bonin

Rok Year	Wariant ochrony Variant of protection	Temperatura Temperature (°C)	Opad (mm) Rainfall (mm)	Zniszczenie części nadziemnej (%) Foliale destruction (%)
1997	Kontrola — Control	18,0	93,0	31,2
	Dithane M-45			10,6
	Bravo 500 SC			12,8
1998	Kontrola — Control	16,1	305,1	40,3
	Dithane M-45			32,5
	Bravo 500 SC			32,5
1999	Kontrola — Control	17,8	147,9	36,2
	Dithane M-45			22,8
	Bravo 500 SC			23,1
2000	Kontrola — Control	16,3	157,6	28,2
	Dithane M-45			4,8
	Bravo 500 SC			7,1
2001	Kontrola — Control	17,7	339,2	45,3
	Dithane M-45			26,2
	Bravo 500 SC			26,5
2002	Kontrola — Control	19,0	211,9	44,0
	Dithane M-45			40,9
	Bravo 500 SC			39,5
2003	Kontrola — Control	17,4	173,0	32,3
	Dithane M-45			25,0
	Bravo 500 SC			25,0
2004	Kontrola — Control	16,4	222,4	33,3
	Dithane M-45			14,9
	Bravo 500 SC			15,0
2005	Kontrola — Control	17,1	185,4	16,4
	Dithane M-45			11,1
	Bravo 500 SC			10,8
2006	Kontrola — Control	19,0	316,4	17,7
	Dithane M-45			4,8
	Bravo 500 SC			2,8
	NIR — LSD = α 0,05			11,9
1997		18,0	93,0	18,2
1998		16,1	305,1	35,1
1999		17,8	147,9	27,4
2000		16,3	157,6	13,4
2001		17,7	339,2	32,7
2002		19,0	211,9	41,5
2003		17,4	173,0	27,5
2004		16,4	222,4	21,1
2005		17,1	185,4	12,8
2006		19,0	316,4	8,4
	NIR — LSD = α 0,05			6,9

Tabela 3

Procent zniszczenia roślin ziemniaka w latach 1997–2006 w zależności do warunków meteorologicznych i wariantów ochrony w okresie 2 dek. VI do 3 dek. VIII w Starym Oleśnie
Percentage of destruction of potato plants in the years 1997–2006 depending on meteorological conditions and variants of plant protection in the period 2nd decade of June, 3rd decade of August in Stare Olesno

Rok Year	Wariant ochrony Variant of protection	Temperatura Temperature (°C)	Opad (mm) Rainfall (mm)	Zniszczenie części nadziemnej (%) Foliale destruction (%)
1997	Kontrola — Control	16,3	336,1	42,5
	Dithane M-45			37,3
	Bravo 500 SC			39,3
1998	Kontrola — Control	14,7	251,6	49,2
	Dithane M-45			33,9
	Bravo 500 SC			37,2
1999	Kontrola — Control	18,5	161,9	61,3
	Dithane M-45			12,3
	Bravo 500 SC			17,4
2000	Kontrola — Control	17,6	235,5	45,7
	Dithane M-45			41,4
	Bravo 500 SC			41,7
2001	Kontrola — Control	19,1	257,4	48,7
	Dithane M-45			1,1
	Bravo 500 SC			2,6
2002	Kontrola — Control	19,2	131,1	39,6
	Dithane M-45			36,5
	Bravo 500 SC			38,4
2003	Kontrola — Control	19,2	115,3	13,1
	Dithane M-45			2,6
	Bravo 500 SC			2,0
2004	Kontrola — Control	17,3	204,0	25,0
	Dithane M-45			12,9
	Bravo 500 SC			17,5
2005	Kontrola — Control	17,4	199,1	40,6
	Dithane M-45			28,6
	Bravo 500 SC			26,5
2006	Kontrola — Control	19,3	153,2	16,0
	Dithane M-45			3,5
	Bravo 500 SC			6,9
	NIR — LSD = α 0,05			14,7
1997		16,3	336,1	39,7
1998		14,7	251,6	40,1
1999		18,5	161,9	30,3
2000		17,6	235,5	42,9
2001		19,1	257,4	17,5
2002		19,2	131,1	38,2
2003		19,2	115,3	5,9
2004		17,3	204,0	18,4
2005		17,4	199,1	31,9
2006		19,3	153,2	8,8
	NIR — LSD = α 0,05			4,7

Istotne statystycznie obniżenie porażenia części nadziemnej roślin ziemniaka w wariantach chronionych chemicznie, w porównaniu do wariantu kontrolnego (NIR α = 11,9%)

stwierdzono dla sześciu spośród ocenianych lat (1997; 1999; 2000; 2001; 2004 i 2006), w pozostałych latach zaobserwowano jedynie efekt hamowania rozwoju choroby.

Wysokość zniszczenia części nadziemnej w Starym Oleśnie w latach 1997–2006 przedstawia tabela 3. Zakres zniszczenia blaszki liściowej na kontroli wynosił od 13,1% (2003) do 61,3% (1999). Najwyższą skuteczność hamowania niszczenia blaszki liściowej dla wariantu chronionego fungicydem Dithane M-45 80 WP stwierdzono w latach 2001 (1,1%); 2003 (2,6%) i 2006 (3,5%). Istotny statystycznie efekt hamowania zniszczenia blaszki liściowej zaobserwowano w latach 1998 (33,9%); 1999 (12,3%) oraz 2001 (48,7%). Zakres zniszczenia blaszki liściowej dla wariantu chronionego fungicydem Bravo 500 SC wynosił od 2,0% do 39,3%. W ocenianym okresie czasu nie stwierdzono istotnego statystycznie efektu ograniczania zniszczenia części nadziemnej roślin ziemniaka.

W tabeli 4 przedstawiono porównanie tempa szerzenia alternariozy ziemniaka i opóźnienia terminu zniszczenia 50% naci w latach 1997–2006 w zależności od zastosowanego wariantu ochrony i miejsca uprawy.

Tabela 4

Tempo szerzenia alternariozy ziemniaka i opóźnienie zniszczenia 50% naci w latach 1997–2006 w zależności od miejsca badań i wariantów ochrony
The rate of early blight development and delay of destruction of 50% of foliage in 1997–2006 depending on the locality and variants of protection

Rok Year	Miejscowość Locality	Kontrola Control	Dithane M-45	Różnica w stosunku do kontroli (dni) Difference in relation to control (days)	Bravo 500 SC	Różnica w stosunku do kontroli (dni) Difference in relation to control (days)
1997	Bonin	0,217	0,140	16	0,150	13
	Stare Olesno	0,255	0,237	2	0,237	2
1998	Bonin	0,177	0,133	12	0,170	3
	Stare Olesno	0,345	0,248	9	0,259	8
1999	Bonin	0,142	0,109	14	0,119	11
	Stare Olesno	0,335	0,159	9	0,179	6
2000	Bonin	0,130	0,071	40	0,079	31
	Stare Olesno	0,210	0,185	4	0,193	4
2001	Bonin	0,183	0,168	6	0,168	6
	Stare Olesno	0,505	0,110	45	0,169	24
2002	Bonin	0,199	0,164	6	0,151	10
	Stare Olesno	0,181	0,132	8	0,144	6
2003	Bonin	0,191	0,154	8	0,154	8
	Stare Olesno	0,298	0,141	24	0,153	20
2004	Bonin	0,168	0,110	20	0,110	20
	Stare Olesno	0,212	0,177	7	0,189	5
2005	Bonin	0,128	0,103	13	0,122	3
	Stare Olesno	0,178	0,159	5	0,153	6
2006	Bonin	0,132	0,082	24	0,079	31
	Stare Olesno	0,155	0,118	12	0,136	5
Średnio — Average Bonin		0,168	0,123	15,9	0,130	13,6
Średnio — Average Stare Olesno		0,267	0,167	12,5	0,181	8,6

W latach badań średnie tempo szerzenia choroby na poletku kontrolnym wynosiło w Boninie 0,168 i było niższe, niż zaobserwowane w Starym Oleśnie — 0,267. Stwierdzony zakres wartości tempa szerzenia wynosił dla Bonina od 0,128 do 0,217. Najwyższe wartości dla tego parametru oceny stwierdzono w latach 1997 (0,217), 2002 (0,199) i 2003 (0,191), najniższe zaś w latach 2005 i 2000 (odpowiednio 0,128 i 0,130). W Starym Oleśnie najwyższe tempo szerzenia alternariozy na poletkach kontrolnych stwierdzono w latach 2001 (0,505), 1998 (0,345) i 1999 (0,335), najwolniejsze zaś tempo rozwoju choroby stwierdzono w latach 2006 (0,155) i 2002 (0,181).

Na poletkach chronionych fungicydem Dithane M-45 80WP średnie tempo szerzenia alternariozy w ocenianych latach wynosiło 0,123 w Boninie, w Starym Oleśnie — 0,167. Stwierdzony zakres wartości dla Bonina wahał się od 0,071 do 0,168. Najwolniejsze tempo rozwoju choroby zaobserwowano w Boninie w latach 2000, 2006 i 2005 (od 0,071 do 0,103). W Starym Oleśnie zakres ten wynosił od 0,110 do 0,248. Najszybszy rozwój choroby stwierdzono w latach 1997 (0,237) i 1998 (0,248).

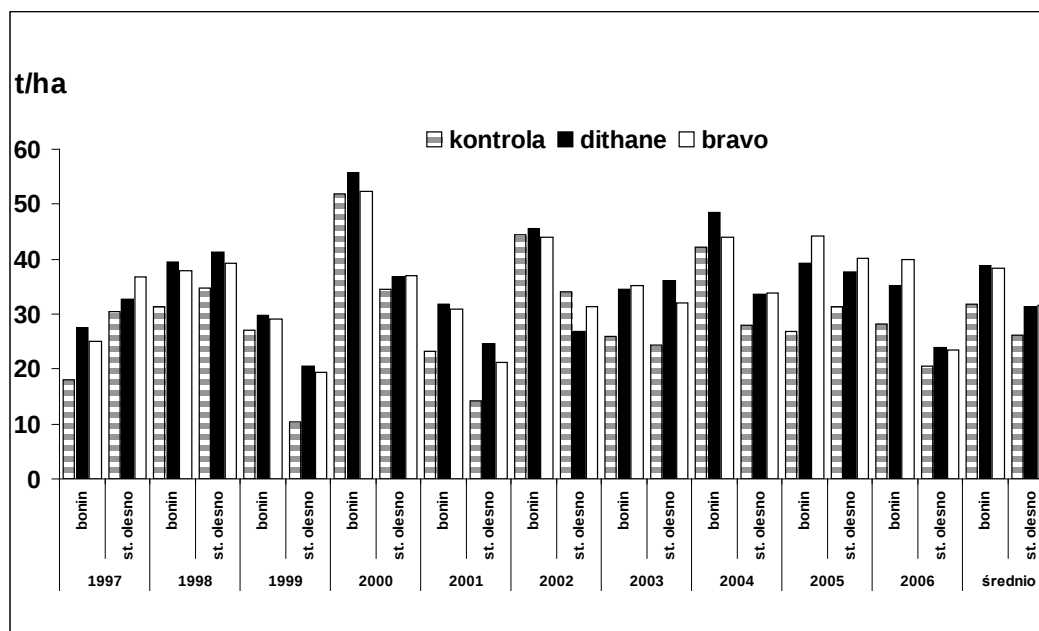
Na poletkach chronionych fungicydem Bravo 500 SC średnie tempo szerzenia alternariozy wynosiło w Boninie 0,130, a w Starym Oleśnie — 0,181. Najwolniejsze tempo rozwoju choroby w Boninie zaobserwowano w latach 2000, 2006 i 2004 (od 0,079 do 0,110). W Starym Oleśnie choroba rozwijała się najwolniej w latach 2006 i 2002 (od 0,136 do 0,144).

W badanych latach stwierdzono zróżnicowanie w terminie opóźnienia zniszczenia 50% części nadziemnej roślin ziemniaka w zależności od zastosowanego wariantu ochrony (tab. 3). Średni termin wydłużenia możliwości gromadzenia plonu na wariacie ochrony fungicydem Dithane M-45 80 WP wynosił w Boninie około 16 dni a w Starym Oleśnie był krótszy o trzy dni. Zakres opóźnienia terminu zniszczenia 50% naci w Boninie wahał się w granicach od 6 do 40 dni. Najdłuższe terminy opóźnienia krytycznego zniszczenia naci zaobserwowano w latach 2004, 2006 i 2000 (odpowiednio 20, 24 i 40 dni). W Starym Oleśnie zakres ten wynosił od 2 do 45 dni, a najdłuższe terminy wydłużenia możliwości gromadzenia plonu stwierdzono w latach 2003 i 2001 (24 i 45 dni).

Na poletkach chronionych fungicydem Bravo 500 SC średni termin opóźnienia zniszczenia 50% naci wynosił w Boninie około 14 dni i był dłuższy o 5 dni od terminu zaobserwowanego w Starym Oleśnie. Zakres krytycznego zniszczenia naci w Boninie wahał się w granicach od 4 do 31 dni a w Starym Oleśnie od 2 do 24. Najkrótsze terminy wydłużenia możliwości gromadzenia plonu po zastosowaniu ochrony fungicydem Bravo 500 SC stwierdzono w Boninie w latach 1998, 2005 i 2001 (odpowiednio 3, 3 i 6 dni), zaś w Starym Oleśnie w latach 1997, 2000, 2004 i 2006 (2, 4 i 5 dni).

Na rysunku 1 przedstawiono wysokość plonu bulw w zależności od zastosowanego wariantu ochrony w porównaniu do kontroli. Średnie plony uzyskane na kombinacjach chronionych fungicydem Dithane M-45 80 WP w Boninie wynosiły 38,7 t/ha (zakres od 27,5 t/ha — rok 1997 do 55,8 t/ha — rok 2000). Wysokość plonów uzyskana w drugim punkcie badawczym wahała się w zakresie od 20,6 t/ha — rok 1999 do 41,2 t/ha — rok 1998 (średnio 31,4 t/ha). Średnie plony na poletkach chronionych fungicydem Bravo 500 SC w miejscowości Bonin wynosiły 38,3 t/ha (zakres od 25,0 t/ha — rok 1997 do 44,2 t/ha — rok 2005) a w Starym Oleśnie 31,5 t/ha (zakres od 19,5 t/ha — rok 1999 do 40,2 t/ha —

rok 2005). Nie stwierdzono różnic pomiędzy badanymi fungicydami w każdym z punktów badawczych. Średni wzrost plonu na poletkach chronionych w porównaniu do kontroli wynosił w Boninie od 20,1% (Bravo 500 SC) do 21,3% (Dithane M-45 80 WP). Różnice w plonie stwierdzone w Starym Oleśnie układały się na podobnym poziomie (wzrost o 19,8% Dithane M-45 80 WP i 20,2% Bravo 500 SC).



Rys. 1. Wysokość plonu bulw w zależności od wariantu ochrony w Boninie i Starym Oleśnie w latach 1997–2006

Fig. 1. Yield of potato tubers in depending on variant of plant protection in Bonin and Stare Olesno in the years 1997–2006

DYSKUSJA

Alternarioza jako choroba niszcząca powierzchnię asymilacyjną roślin ziemniaka we wczesnych stadiach ich rozwoju stanowi groźny czynnik biologiczny obniżający w dużym stopniu możliwość uzyskania potencjalnie wysokich plonów. W Polsce straty plonu, wywołane wczesnym wystąpieniem choroby i jej silnym przebiegiem, według Kuczyńskiej (1992) mogą sięgać od 10 do 32%.

Istotnym czynnikiem mającym wpływ na wystąpienie i rozwój alternariozy są warunki meteorologiczne. Znaczenie temperatury jako czynnika najważniejszego w wystąpieniu i rozwoju infekcji, obok wilgotności, podkreślają także Hooker (1980), Czajka (1990), Schuller i Habermeyer (2001) oraz Holm (2002). W latach 1997–2006 w każdej z ocenianych miejscowości, w której były zlokalizowane doświadczenia występowały zmienne warunki meteorologiczne. Warunki te nie sprzyjały gwałtownemu rozwojowi

choroby w okresie wegetacji. Zakres temperatur panujących w okresie od drugiej dekady czerwca do trzeciej dekady lipca (średnia z dwóch miejscowości) wynosił od 15,4°C w roku 1998 do 19,2°C w roku 2006. Dorożkin i Ivanjuk (1976) uważają za najkorzystniejsze do rozwoju choroby temperatury przekraczające 17°C. Volkov i Tete (1974) zakres temperatur korzystnych do rozwoju infekcji określają na poziomie 19–21°C. Bambawale i Bedi (1981) z kolei oceniają, że choroba może rozwijać się w zakresie temperatur 15–30°C z optymalną temperaturą wynoszącą 25°C. W badanym okresie czasu najwyższe porażenie części nadziemnej roślin ziemniaka obserwowano w latach o temperaturze wyższej niż 17°C.

Ochrona chemiczna stanowi istotny element technologii ochrony roślin przed chorobami i szkodnikami. Stosowanie do zwalczania alternariozy zabiegów chemicznych jest według Dahmana i Stauba (1992); Singha (1998) oraz Kapsy i Osowskiego (2004) skutecznym sposobem ograniczania rozwoju choroby i wpływa korzystnie na gromadzenie plonu bulw. Badane w latach 1997–2006 fungicydy istotnie ograniczyły wielkość porażenia roślin ziemniaka w porównaniu do wariantu kontrolnego (tab. 2 i 3). Nie stwierdzono istotnych różnic w skuteczności hamowania porażenia roślin ziemniaka pomiędzy ocenianymi fungicydami. Średnie porażenie roślin na poletkach chronionych fungicydem Dithane M-45 80 WP wynosiło 20,2% i było na poziomie porażenia stwierdzonego na poletkach chronionych fungicydem Bravo 500 SC- 21,2%.

Stwierdzono znaczne różnice w wysokości tempa szerzenia choroby i terminu opóźnienia krytycznego zniszczenia naci na poletkach kontrolnych w porównaniu do poletek chronionych w każdej z miejscowości (tab. 4). Przebieg choroby miał łagodniejszy charakter w Boninie (rejon Pomorza Zachodniego). Średnie tempo szerzenia choroby na kontroli wynosiło 0,168. W drugim punkcie badawczym (Stare Olesno woj. opolskie) choroba miała gwałtowniejszy przebieg a średnie tempo rozwoju choroby wynosiło na kontroli 0,267. Na wyższe wartości tempa szerzenia choroby stwierdzone w Starym Oleśnie mógł mieć wpływ nie tylko korzystniejszy niż w Boninie układ warunków meteorologicznych, ale także położenie tej miejscowości w strefie wysokiego zagrożenia presją wirusów. Hooker (1980), Wnękowski i Błaszczak (1997) oraz (Kapsa, Osowski, 2004) uważają zawirusowanie roślin za ważny czynnik sprzyjający wystąpieniu i rozwojowi choroby.

Jednym z kryteriów oceny efektywności działania stosowanych środków ochrony roślin jest wyznaczenie terminu krytycznego zniszczenia 50% powierzchni asymilacyjnej rośliny. Zniszczenie przekraczające tę wartość jest uznawane za moment, w którym rośliny przestają gromadzić plon pod krzakiem. Oceniane w tym doświadczeniu fungicydy w każdym z prowadzonych badań opóźniały termin krytycznego zniszczenia powierzchni asymilacyjnej roślin ziemniaka. Stwierdzono różnice w długości trwania tego okresu pomiędzy testowanymi fungicydami w latach badań i ocenianych miejscowościach. Średni termin opóźnienia zniszczenia 50% części nadziemnej na poletkach chronionych fungicydem Dithane M-45 80 WP wynosił w Boninie 16 dni i był o 3 dni dłuższy od terminu stwierdzonego w Starym Oleśnie. Dla fungicydu Bravo 500 SC wartości te wynosiły 14 dni dla Bonina i 9 dni dla Starego Olesna.

Pośrednim efektem stosowania ochrony chemicznej jest obok zmniejszenia zniszczenia powierzchni asymilacyjnej roślin ziemniaka wydłużenie okresu gromadzenia plonu bulw pod krzakiem. W przeprowadzonym doświadczeniu stwierdzono korzystny wpływ stosowania ochrony chemicznej na wysokość uzyskiwanych plonów bulw. Średni wzrost plonu w porównaniu do kontroli wynosił 20,5% dla fungicydu Dithane M-45 80 WP i 20,3% Bravo 500 SC.

Wyniki uzyskane w przeprowadzonym doświadczeniu potwierdzają także doniesienia innych autorów o skuteczności i przydatności ocenianych fungicydów do zwalczania alternariozy na plantacjach ziemniaka Christ (1990); Guddewar i in. (1992); Maheshwari i Meta (1993); Dekker (1993); Sujkowski i wsp. (1995); Brandao-Filho (1996); Osowski (2000); Schuller i Habermeyer (2001) oraz Kapsa, Osowski, Shevchuk (2002).

WNIOSKI

1. Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń można stwierdzić większe nasilenie rozwoju alternariozy w Starym Oleśnie (woj. opolskie) w porównaniu do Bonina (Pomorze Zachodnie).
2. Nie zaobserwowano znaczących różnic w biologicznej skuteczności w ograniczaniu porażenia części nadziemnych roślin ziemniaka przez alternariozę dla obu ocenianych fungicydów.
3. W warunkach glebowo-klimatycznych Bonina (Pomorze Zachodnie) okres gromadzenia plonu (termin zniszczenia 50% naci) był dłuższy średnio w ocenianych latach badań dla fungicydu Dithane M-45 80 WP o 3 dni a dla fungicydu Bravo 500 SC o 5 dni w porównaniu do rejonu Polski południowo-zachodniej (Stare Olesno woj. opolskie).
4. Średni wzrost plonu na poletkach chronionych fungicydem Dithane M-45 80 WP wynosił 20,5% a na poletkach z fungicydem Bravo 500 SC — 20,3%.

LITERATURA

- Bambawale O. M., Bedi P. S. 1981. Temperature and moisture requirements for colonization of potato leaves by *Alternaria solani*. JIPA 8 /4/, 2002 — 205.
- Brandao-Filho J. U. T., Brinholi O., Bastos-Andrade J. M. 1996. Control of early blight (*Alternaria solani*) in potato (*Solanum tuberosum* L.), with fungicide in irrigation system and conventional spraying. Revista-UNIMAR 18: 3, 467 — 475.
- Brune S., Melo P.E., Avila A.C. 1998. Embrapa/CIP-PP018 and Embrapa/CIP-PP039: new potato clones resistant to early blight, 1997. Horticultura-Brasileira 16, 1: 90 — 91.
- Christ B.J. 1990. Influence of potato cultivars on the effectiveness of fungicide control of early blight. American Potato Journal 67, 7: 419 — 425.
- Czajka W. 1990. Nasilenie występowania rizoktoniozy i alternariozy ziemniaka na tle nawożenia azotowego. Roczniki Nauk Rolniczych, Seria E. T. 20. Z. 1/2 31 — 39.
- Dahman H., Staub T. 1992. Protective, curative and eradicated activity of difenconazole against *Centuria inequalis*, *Cercospora arachidicola* and *Alternaria solani*. Plant Disease 76: 774 — 777.
- Dekker J. 1993. The fungicide resistance problem: Current status and role of systemic. In: Alman J. (ed), Pesticide interactions in crop production: beneficial and deleterious effects. CRS Press, Fort Collins, Co.: 163 — 182.

- Dorożkin N. A., Ivanjuk V. G. 1979. Epifitotii rannej suchoj piatnistosti kartofelja i tomatov. Mikol. Fitopatol. 13, 4: 314 — 321.
- Fry W. E. 1994. Role of early and late blight suppression in potato pest management. P.166 — 177. In: "Advances in Potato Pest Biology and Management" (G. W. Zehnder, M. L. Powelson, R. K. Jansson, K. V. Raman, eds.). APS PRESS. The American Phytopathology Society St. Paul, Minnesota, USA: 655pp.
- Guddewar M. B., Saleem M., Chand P., Shukla A. 1992. Field evaluation of fungicides against potato early blight (*Alternaria solani*). Plant Protection Bulletin Faridabad 44, 4: 34 — 35.
- Holm A. L. 2002. Early blight www.ndsu.nodak.edu/instruct/gudmesta/lateblight1/blight1.html.
- Hooker W. J. (ed.) 1980. Compendio de enfermedades de la papa. Centro Intern. De la Papa, Lima — Peru: 166 pp.
- Kapsa J., Osowski J. 2004. Occurrence of early blight (*Alternaria* spp.) at potato crops and results of its chemical control in Polish experiments. Eighth Workshop of an European Network for development of an Integrated Control Strategy of potato late blight. Jersey, England / France, 31st of March, 4th of April No 10: 101 — 107.
- Kapsa J., Osowski J., Shevchuk O. 2002. Efficacy of zoxamide/mancozeb mixture against early blight (*Alternaria* spp.) and late blight (*Phytophthora infestans*) in Polish experiences. Seventh Workshop of an European Network for development of an Integrated Control Strategy of potato late blight Poznan, Poland, 2–6 October 2002: 85 — 94.
- Kuczyńska J. 1992. The influence of some factors on the incidence and harmfulness of early blight on potatoes. Biul. Inst. Ziemn. No. 41: 73 — 87.
- Maheshwari S.K., Meta P.K. 1993. Integrated control of early and late blight diseases of potato through chemicals. Bhartiya Krishi Anusandhan Patrika 8: 1: 43 — 46.
- Nachmias A., Caligari P. D. S., Mackay G. R., Livescu L. 1988. The effect of *Alternaria solani* and *Verticillium dahliae* on potatoes growing in Israel. Potato Research 31: 443 — 450.
- Osowski J. 2000. Możliwości zwalczania alternariozy *Alternaria* spp. w badaniach laboratoryjnych i polowych. Ochrona Ziemniaka. Konferencja Naukowa, Kołobrzeg: 37 — 41.
- Schuller E., Habermeyer J. 2001. First results from an *Alternaria solani* Field trial in potatoes. Sixth Workshop of an European Network for development of an Integrated Control Strategy of potato late blight. Edinburgh, Scotland, 26–30 September 2001, 265 — 269.
- Singh R. S. 1998. Plant disease. 7th Editions. P. 686. Oxford and IBH Publish. Co. Pvt. Ltd., New Delhi, India.
- Sujkowski L. S., Fry B. A., Goodwin S. B., Power R. J., Fry W.E. 1995. Sensitivities of Mexican isolates of *Phytophthora infestans* to chlorothalonil, cymoxanil and metalaxyl. Plant Dis. 79: 1117 — 1120.
- Volkov V., Tete L. G. 1974. Fitoftoroz i makrosporioz kartofelja. Kartofel' i Owoszczy 6, 34.
- Wnękowski S., Błaszczak W. 1997. Choroby ziemniaka. W: Ochrona Roślin. Pod red. J. Kochman i W. Węgorek, Plantpress, Kraków: 505 — 535.

MAREK GUGAŁA¹**KRYSTYNA ZARZECKA**¹**KATARZYNA RYMUZA**²¹ Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin² Katedra Doświadczalnictwa Rolniczego, Akademia Podlaska, Siedlce

Wpływ uprawy roli i sposobu odchwaszczania plantacji ziemniaka na porażenie bulw parchem zwykłym (*Streptomyces scabies* Thaxt.)

The influence of soil tillage and weed control methods infestation of potato tubers with common scab (*Streptomyces scabies* Thaxt.)

W pracy przedstawiono wyniki badań prowadzonych w latach 2002–2004 na polu Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady. Badano wpływ sposobów uprawy roli i niektórych herbicydów na porażenie bulw odmiany Wiking przez *Streptomyces scabies*. Objawy parcha zwykłego oceniano w 9-stopniowej skali na 100 bulwach pobranych losowo z poszczególnych kombinacji doświadczenia. Zaobserwowano istotny wpływ warunków pogodowych w okresie maj-lipiec na procentowy udział bulw porażonych, średni stopień porażenia próby i stopień porażenia bulw porażonych. Natomiast nie stwierdzono istotnego wpływu sposobów pielęgnacji i uprawy roli na porażenie bulw.

Słowa kluczowe: parch zwykły, sposoby pielęgnacji, sposoby uprawy roli, ziemniak

A field experiment was carried out in 2002–2004 at the Agricultural Experimental Station Zawady. The effects of different soil tillage systems and of some herbicides on infestation of tubers of potato cv. Wiking with *Streptomyces scabies* were estimated. Symptoms produced by the common scab were evaluated using a nine-grade scale on 100 tubers chosen at random from the experimental combinations. Significant influence of the weather conditions in the May-July period on the percentage of infested tubers, mean degree of sample infestation and mean degree of tuber infestation was found. No significant effects of the weed control methods or the soil tillage systems applied on the incidence of the pathogen on potato tubers were recorded.

Key words: common scab, potato, tillage systems, weed control systems

WSTĘP

Preparaty chwastobójcze, w zależności od rodzaju substancji aktywnej, dawki oraz patogena, mogą hamować lub stymulować rozwój chorób roślin (Bolińska i in., 2004; Burgiel, 1992). Niektórzy autorzy (Burgiel i Gleń, 1997; Gruczek, 1980, 2001; Gruczek

i Urbanowicz, 1998; Klikocka, 2004) uważają, że herbicydy chronią roślinę uprawną przed zachwaszczeniem, jednocześnie niszczą źródła infekcji różnych chorób.

W produkcji ziemniaka jadalnego bardzo ważną cechą jest wygląd zewnętrzny bulwy, który bezpośrednio wpływa na decyzje odbiorców plonu. Najczęściej występującą chorobą skórki jest parch zwykły ziemniaka wywołany przez bakterie *Streptomyces scabies*, a objawiający się strupowatymi zmianami na bulwie. Parch zwykły ziemniaka nie obniża wprawdzie plonu bulw, ale zmniejsza jego jakość lub nawet eliminuje z obrotu na cele jadalne czy do przetwórstwa spożywczego (Sadowski, 2006). Choroba rozwija się w okresie wegetacji, a porażenie bulw następuje tuż po tuberyzacji, gdy skórka jest bardzo delikatna (Głuska, 2002 a). Występowanie choroby jest mocno uzależnione od warunków pogodowych, glebowych, odporności odmianowej oraz zabiegów agrotechnicznych (Bolińska i Głęb, 2003; Borówecki i Gładysiak, 1997; Choroszewski, 1993; Czajka, 1988; Szutkowska, 1998). Doniesienia literaturowe opisujące wpływ herbicydów i zabiegów uprawowych na porażenie bulw chorobami skórki są nieliczne.

Celem podjętych badań było określenie wpływu różnych sposobów pielęgnacji z użyciem herbicydów i sposobów uprawy roli na porażenie bulw ziemniaka parchem zwykłym (*Streptomyces scabies*).

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2002–2004 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady, na glebie kompleksu żytnej bardzo dobrej. Gleba ta odznaczała się lekko kwaśnym odczynem ($\text{pH} = 5,3\text{--}6,4$ w 1 mol KCL), wysoką zasobnością w fosfor, średnią do wysokiej zasobnością w potas i średnią do bardzo wysokiej w magnez. Doświadczenie dwuczynnikowe zakładano metodą losowanych podbloków w trzech powtórzeniach. Pierwszym czynnikiem były dwa sposoby uprawy a drugim siedem sposobów pielęgnacji (tab. 1).

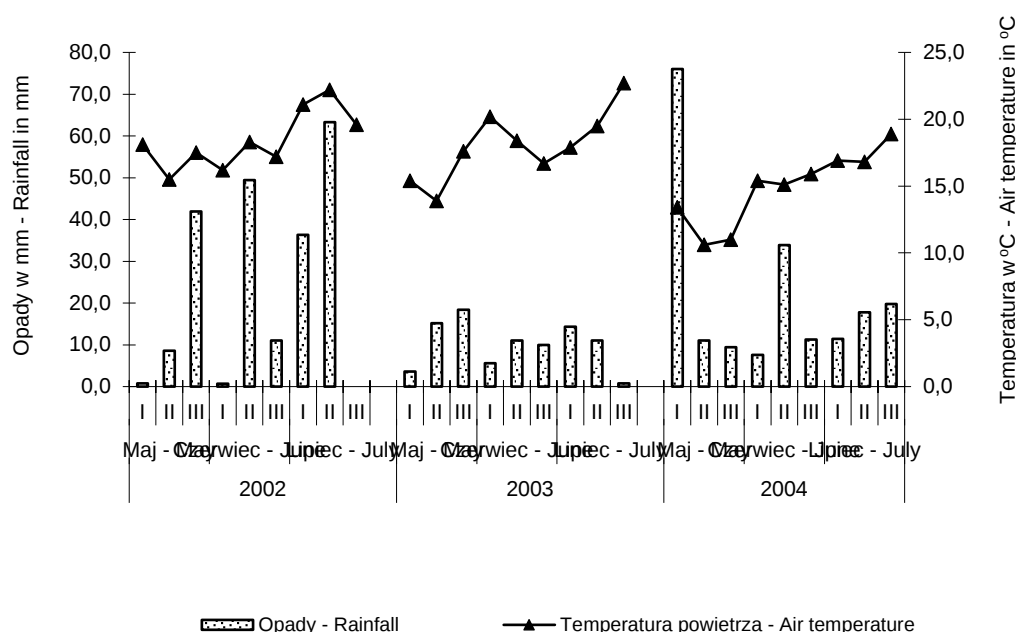
Tabela 1

Badane czynniki Experimental factors	
Czynnik I — Systemy uprawy roli	
Factor I — Tillage systems	
1	Tradycyjna (orka + orka przedzimowa + bronowanie + kultywatorowanie + bronowanie)
	Traditional (skimming + fall ploughing + harrowing + cultivating + harrowing)
2	Uproszczona (orka zimowa + kultywatorowanie) — simplified (skimming + cultivating)
Czynnik II — Sposoby odchwaszczania	
Factors II — Weed control methods	
1	Obiekt kontrolny — pielęgnacja mechaniczna przed wschodami i po wschodach roślin ziemniaka
	Control objects — mechanical weeding before and after potato emergence
2	Plateen 41,5 WG 2,0 kg $\cdot$ ha $^{-1}$
3	Plateen 41,5 WG 2,0 kg $\cdot$ ha $^{-1}$ + Fusilade Forte 150 EC 2,5 dm 3 $\cdot$ ha $^{-1}$ (mieszanina — mixture)
4	Plateen 41,5 WG 1,6 kg $\cdot$ ha $^{-1}$ + Fusilade Forte 150 2,0 dm 3 $\cdot$ ha $^{-1}$ + adiuwant — adjuvant Atpolan 80 EC 1,5 dm 3 $\cdot$ ha $^{-1}$
	(mieszanina — mixture)
5	Barox 460 SL 3,0 dm 3 $\cdot$ ha $^{-1}$
6	Barox 460 SL 3,0 dm 3 $\cdot$ ha $^{-1}$ + Fusilade Forte 150 EC 2,5 dm 3 $\cdot$ ha $^{-1}$ (mieszanina — mixture)
7	Barox 460 SL 2,4 l $\cdot$ ha $^{-1}$ + Fusilade Forte 150 EC 2,0 dm 3 $\cdot$ ha $^{-1}$ + adiuwant — adjuvant Atpolan 80 EC 1,5 dm 3 $\cdot$ ha $^{-1}$
	(mieszanina — mixture)

Ziemniak odmiany Wiking charakteryzujący się średnią odpornością na parcha (ocena 5 w skali 1–9) sadzono w trzeciej dekadzie kwietnia w rozstawie $67,5 \times 37$ cm. Każdego roku stosowano obornik w ilości $25,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ i nawożenie mineralne w dawkach: N — 90, P — 32,9 i K — $112,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Ocenę porażenia parchem zwykłym wykonano bezpośrednio po zbiorze na 100 umytych bulwach. Określono procent bulw porażonych oraz średni stopień porażenia próby i średni stopień porażenia bulw porażonych posługując się dziewięciostopniową skalą, gdzie 9 oznacza bulwy zdrowe, skala 5 — 16%–20% opanowanej powierzchni, a 1 — ponad 50% powierzchni bulwy opanowanej przez parcha (Roztropowicz, 1999). Wyniki badań poddano analizie wariancji, a istotność różnic testowano testem Tukeya.

Warunki atmosferyczne w okresie rozwoju choroby w latach badań były zróżnicowane (rys. 1).



Rys. 1. Warunki meteorologiczne w poszczególnych dekadach w okresie maj — lipiec (lata 2002–2004)
Fig. 1. Meteorological conditions in decades over the period May — July (2002–2004)

WYNIKI I DYSKUSJA

Przeciętny udział bulw z objawami parcha zwykłego był niewielki i stanowił 2,7%, średni stopień porażenia próby wynosił 8,8, a średni stopień porażenia bulw porażonych 6,3 w skali 9-stopniowej (tab. 3). Również Gawińska-Urbanowicz (2004) stwierdziła, że w latach 2000–2002 na terenie Polski generalnie nie było dużego zagrożenia plantacji

ziemniaka chorobami bakteryjnymi. Na małe porażenie bulw parchem zwykłym w 2003 roku wskazują także badania Osowskiego i wsp. (2004).

Istotny wpływ na procentowy udział bulw z objawami choroby, średni stopień porażenia próby i średni stopień porażenia bulw zainfekowanych wywierały warunki atmosferyczne na początku okresu wegetacji (tab. 2 i 3).

Tabela 2

Warunki pogodowe podczas rozwoju ziemniaka
Weather conditions during potato development

Okresy fenologiczne Phenological periods	Lata Years	Średnia temperatura powietrza (°C) Mean air temperature (°C)	Sumy opadów (mm) Rainfall (mm)
Sadzenie — zakończenie wschodów Planting — end of emergence	2002 2003 2004	15,9 13,7 11,3	30,6 36,2 40,2
Zakończenie wschodów — zawiązywanie pąków kwiatowych End of emergence — flower budding	2002 2003 2004	16,9 18,2 13,8	21,5 20,3 35,8
Zawiązywanie pąków kwiatowych — zakończenie kwitnienia Flower budding — end of blooming	2002 2003 2004	18,9 17,3 16,5	64,0 35,3 40,2
Początek zasychania naci — zakończenie zasychania naci Beginning of withering of vine — end of withering of vine	2002 2003 2004	20,4 18,4 18,8	64,2 3,5 69,9

Tabela 3

Zróźnicowanie porażenia bulw ziemniaka parchem zwykłym (*Streptomyces scabies*) w latach badań
Diversified infestation of potato tubers by common scab (*Streptomyces scabies*) in the study years

Wyszczególnienie Specification	Lata — Years			Średnio Mean	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
	2002	2003	2004		
Procent bulw porażonych Percentage of infested tubers	5,1	1,1	2,0	2,7	0,2
Średni stopień porażenia próby (skala 1–9) Mean degree of sample infestation (scale 1–9)	8,7	8,9	8,9	8,8	0,1
Średni stopień porażenia bulw porażonych (skala 1–9) Mean degree of tuber infestation (scale 1–9)	5,4	6,2	7,3	6,3	1,0

Największe porażenie było w 2002 roku, w którym w okresie od posadzenia do zakończenia wschodów, średnia temperatura powietrza wynosiła 15,9°C i była o 2,2–4,6°C wyższa niż w pozostałych sezonach. Również umiarkowana wilgotność na początku wegetacji bardziej sprzyjała występowaniu porażenia *Streptomyces scabies*. Zawiązywanie pąków kwiatowych w 2002 roku zanotowano już 7 czerwca, a w pozostałych latach dwa tygodnie później. Także podczas tuberyzacji (wiązanie pąków kwiatowych — koniec kwitnienia) temperatura była wyższa o 1,6–2,4°C w porównaniu do lat 2003 i 2004 i młode bulwy były bardziej narażone na rozwój omawianej choroby. Według Choroszewskiego (1993) promieniowce z rodzaju *Streptomyces*, porażające bulwy ziemniaka w okresie ich zawiązywania, wymagają do swego rozwoju wyższej temperatury, dostępu powietrza oraz niezbyt wilgotnej i lekkiej gleby. Głuska (2002 b) najniższe porażenie parchem notowała

przy wysokich sumach opadów w czerwcu, a opady lipca i sierpnia nie miały istotnego wpływu na poziom zainfekowania. Sawicka (1998) stwierdziła, że wzrost temperatury gleby o jednostkę w okresie zawiązywania bulw zwiększał udział bulw porażonych parchem zwykłym oraz powodował wzrost powierzchni zainfekowania ziemniaków tym patogenem.

Czynniki doświadczenia, tj. sposoby uprawy roli i sposoby pielęgnacji nie miały wpływu na udział bulw z objawami parcha, stopień porażenia próby i stopień porażenia bulw porażonych (tab. 4).

Tabela 4

Porażenie bulw ziemniaka parchem zwykłym (*Streptomyces scabies*) w zależności od sposobów pielęgnacji i uprawy roli
The infection of potato tubers by common scab (*Streptomyces scabies*) depending on the systems of soil tillage and weed control

Sposoby pielęgnacji Weed control systems	Procent bulw porażonych Percentage of infested tubers			Średni stopień porażenia bulw porażonych Mean degree of tuber infestation scale 1–9		
	sposoby uprawy roli soil tillage systems		średnio mean	sposoby uprawy roli soil tillage systems		średnio mean
	tradycyjna traditional	uproszczona simplified		tradycyjna traditional	uproszczona simplified	
Obiekt kontrolny — pielęgnacja mechaniczna Control object — mechanical weeding	4,1	5,8	5,0	6,7	5,4	6,1
Herbicydy przed wschodami Herbicides before emergence						
2 Plateen 41,5 WG	2,8	2,4	2,6	5,9	5,3	5,6
3 Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC	1,3	1,6	1,5	8,1	6,1	7,1
4 Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC + Atpolan 80 EC	2,7	3,0	2,9	7,9	5,5	6,7
Herbicydy po wschodach Herbicides after emergence						
5 Barox 460 SL	2,7	1,6	2,2	5,3	5,6	5,5
6 Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC	3,8	1,0	2,4	5,6	7,6	6,6
7 Barox 460 SL + Fusilade Forte 150 EC + Atpolan 80 EC	2,6	2,7	2,7	6,9	6,2	6,6
Średnio Mean	2,9	2,6	2,8	6,6	6,0	6,3
NIR—LSD _{0,05} sposoby uprawy roli — soil tillage systems			r.n. — n.s.			r.n. — n.s.
sposoby pielęgnacji — weed control systems			r.n. — n.s.			r.n. — n.s.
interakcja — interaction			r.n. — n.s.			r.n. — n.s.

r.n. — Różnice nieistotne, n.s. — Not significant

Zaobserwowano jednak tendencję do zmniejszania udziału bulw zainfekowanych po zastosowaniu herbicydów i ich mieszanek do odchwaszczania ziemniaka, przy czym odnotowano niewielkie zwiększenie bulw porażonych na obiektach z dodatkiem adiuwanta (obiekty 4 i 7). Wróbel (2003) notował mniej bulw z objawami parcha po zastosowaniu oleju mineralnego w czasie wegetacji, ale zależność ta była słaba i niepotwierdzona statystycznie. Boligłowa i wsp. (2004) stwierdzili, że stan zdrowotny ziemniaka zależał od rodzaju użytego środka chwastobójczego. Niektóre preparaty (rimsulfuron + metrybuzyna,

linuron + cyjanazyna) powodowały wzrost porażenia, inne (linuron, fluorochloridon, cyjanazyna) ograniczały występowanie parcha zwykłego na bulwach. W przeprowadzonych badaniach większy stopień porażenia bulw zainfekowanych, ale niepotwierdzony statystycznie, w stosunku do obiektu kontrolnego, uzyskano na obiektach 2 i 5, tj. opryskiwanych pojedynczymi herbicydami Plateen 41,5 WG (metrybuzyna + flufenacet) i Barox 460 SL (bentazon + MCPA).

Sposoby uprawy nie wpływały na udział bulw porażonych i stopień ich porażenia, tym niemniej zaobserwowano, że procent bulw zainfekowanych był mniejszy po zastosowaniu uprawy uproszczonej w porównaniu z tradycyjną. Mniejsze porażenie bulw parchem przy uprawie uproszczonej obserwowała także Klikocka (2000). W innych badaniach autorka (Klikocka, 2002) stwierdziła, że porażenie bulw ziemniaka przez parcha zwykłego nie było różnicowane przez metody uprawy roli i sposoby pielęgnowania, natomiast zmieniał je istotnie czynnik pogodowy w latach badań. Borówczak i Gładysiak (1997) badając wpływ trzech technologii uprawy (nisko-, średnio- i wysoko nakładowej) na zdrowotność ziemniaka wykazali, że porażenie bulw parchem zwykłym w uprawie średnio nakładowej było najmniejsze.

WNIOSKI

1. Na procentowy udział bulw porażonych *Streptomyces scabies*, stopień porażenia próby i stopień porażenia bulw porażonych istotny wpływ miały warunki pogodowe w początkowym okresie wegetacji ziemniaka. Największe porażenie bulw patogenem wystąpiło w 2002 roku, w którym od posadzenia do wschodów oraz w okresie od zawiązywania pąków kwiatowych do końca kwitnienia temperatury powietrza były większe o 1,6–4,6°C niż w pozostałych sezonach wegetacji i sprzyjały rozwojowi parcha zwykłego.
2. Sposoby uprawy roli i pielęgnacji plantacji ziemniaka nie wpływały na porażenie bulw parchem zwykłym.

LITERATURA

- Boligłowa E., Gleń K. 2003. Yielding and quality of potato tubers depending on the kind of organic fertilisation and tillage method. EJPAU, Agronomy, Vol. 6, Issue 1: 1–8 www.ejpau.media.pl/series/volume6/issue1/agronomy/art-03.html.
- 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.
- Borówczak F., Gładysiak S. 1997. Porażenia bulw ziemniaka chorobami w zależności od deszczowania, nawożenia azotowego i technologii uprawy. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 37 (2): 210 — 212.
- Burgiel Z. J. 1992. Wpływ wybranych herbicydów na występowanie i szkodliwość chorób pszenicy ozimej powodowanych przez grzyby. Zesz. Nauk. AR w Krakowie. Rozpr. habil. nr 163: 1 — 52.
- Burgiel Z. J., Gleń K. 1997. Wpływ herbicydu Afalon na zdrowotność bulw ziemniaka. Pesticidy, 3 — 4: 85 — 91.
- Choraszewski P. 1993. Wpływ warunków klimatycznych na porażenie bulw ziemniaka sprawcami chorób w latach 1979–1988. Biul. Inst. Ziemn. 43: 113 — 129.

- Czajka W. 1988. Badania nad występowaniem ważniejszych bakteryjnych i grzybowych chorób ziemniaka na tle wybranych czynników agrotechnicznych oraz zabiegów chemicznych. Acta Acad. Agricult. Techn. Olst. Agricult. Supl. C, 44: 11 — 19.
- Gawińska-Urbanowicz H. 2004. Nasilenie występowania głównych patogenów ziemniaka na terenie Polski w latach 2000–2002. Biul. IHAR, 232: 325 — 331.
- Głuska A. 2002 a. Uprawa ziemniaków w warunkach nawadniania. W: Produkcja i rynek ziemniaków jadalnych. Praca zbior. pod red. J. Chotkowskiego. Wyd. Wieś Jutra, Warszawa: 169 — 182.
- Głuska A. 2002 b. Wpływ warunków glebowych i rozkładu opadów na plon i niektóre cechy jakości bulw jako ograniczenia w produkcji ekologicznej ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 489: 113 — 121.
- Gruczek T. 1980. Wpływ niektórych czynników agrotechnicznych na efektywność działania Afałonu w uprawie ziemniaka. Ziemniak: 79 — 112.
- Gruczek T. 2001. Efektywne sposoby walki z chwastami i ich wpływ na jakość bulw ziemniaka. Biul. IHAR, 217: 221 — 231.
- Gruczek T. Urbanowicz J. 1998. Skuteczność niszczenia chwastów w ziemniakach za pomocą preparatu Raft 400 SC. Mat. Konf. Ochrona ziemniaka. Bonin, 21–22 kwietnia: 32 — 38.
- Klikocka H. 2000. Wpływ stosowania różnych metod pielęgnowania i uprawy roli na porażenie bulw ziemniaka parchem zwykłym (*Streptomyces scabies* Thaxt. Waksman et Henrici). Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 38 (2):634 — 636.
- Klikocka H. 2002. Studia nad plonowaniem ziemniaka w warunkach zróżnicowanej uprawy roli i pielęgnowania. Wyd. AR w Lublinie. Rozpr. habil.: 1 — 91.
- Osowski J., Bernat E., Gawińska-Urbanowicz H., Kapsa J. 2004. Nasilenie i zwalczanie patogenów występujących w 2003 roku. Mat. Konf. Nasiennictwo i ochrona ziemniaka. Kołobrzeg, 4–5 marca: 21 — 24.
- Roztropowicz S. (red.). 1999. Metodyka obserwacji, pomiaru 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.
- Sawicka B. 1998. Porażenie bulw *Streptomyces scabies* 37 odmian ziemniaka w zmiennych warunkach stopnia zakwaszenia i składu chemicznego gleby. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 456: 591 — 597.
- Szutkowska M. 1998. Porażanie się bulw ziemniaka parchem zwykłym zależnie od warunków wilgotnościowo termicznych i składu granulometrycznego gleby. Fragm. Agron. 2 (58): 107 — 119.
- Wróbel S. 2003. Porażenie bulw ziemniaka parchem zwykłym i rizoktoniozą w zależności od zabiegów stosowanych w nasiennictwie. Biul. IHAR 228: 283 — 289.

BOŻENA CWALINA-AMBROZIAK¹**BOŻENA BOGUCA**²**ALDONA TROJAK**³¹ Katedra Fitopatologii i Entomologii, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie² Katedra Agrotechnologii i Zarządzania Produkcją Roślinną, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie³ Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin w Tomaszowie Mazowieckim

Porażenie niektórych odmian ziemniaka przez *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) Hughes w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem

Infestation of some potato cultivars by *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) Hughes at different levels of nitrogen fertilization

Badania przeprowadzono w latach 1997–1999 na polach Stacji Doświadczalnej w Tomaszowie. Obiekt badań stanowiły trzy średnio późne odmiany ziemniaka, nawożone azotem w dawkach 30, 60 i 90 kg·ha⁻¹ sposobem rzędowym (zlokalizowanym w redlinę podczas sadzenia) i sposobem powierzchniowo-rzutowym. Podczas okresu wegetacji, na trzy tygodnie przed zbiorem, dokonano oceny nasilenia antraknozy (*Colletotrichum coccodes*). W laboratorium określono skład ilościowy i jakościowy grzybów wyizolowanych z podstawy losowo pobranych łodyg ziemniaka. Podczas całego okresu badań odmiana Anielka charakteryzowała się istotnie niższym porażeniem przez *C. coccodes* w porównaniu do pozostałych odmian: Rywal i Salto, na których zanotowane indeksy porażenia wynosiły odpowiednio 18,5, 16,9 i 22,6% w kolejnych latach badań. Stwierdzono zróżnicowane nasilenie antraknozy na badanych odmianach w zależności od dawki nawożenia azotem. Najwyższe porażenie (27%) zanotowano w 1999 roku na ziemniaku nawożonym azotem w najniższej dawce 30 kg·ha⁻¹. Porażenie roślin w kombinacji z nawożeniem zlokalizowanym w redlinę było istotnie niższe w porównaniu z nawożeniem powierzchniowym tylko w trzecim roku badań. Izolacja grzybów z podstawy losowo pobranych łodyg ziemniaka dowiodła licznego udziału grzyba *C. coccodes* wśród 479 kolonii — 35,5%. Najczęściej był on wyosobniony z odmiany Rywal. Pozostałe patogeny, reprezentowane przez gatunki z rodzaju *Fusarium* oraz *Alternaria alternata*, izolowano z łodyg badanych odmian rzadziej — po 8%. Niewiele więcej izolatów grzyba *C. coccodes* było na roślinach o najniższym nawożeniu, natomiast grzyby z rodzaju *Fusarium* oraz *Rhizoctonia solani* częściej zasiedlały łodygi roślin nawożonych azotem w dawce 60 i 90 kg·ha⁻¹.

Słowa kluczowe: *Colletotrichum coccodes*, grzyby, odmiany ziemniaka, dawki azotu, sposób nawożenia azotem

The studies were carried out in the years 1997–1999 in a closed field experiment located at the Experimental Station in Tomaszowo. The objects of study were three medium late cultivars of potato fertilized with nitrogen at 30, 60 and 90 kg·ha⁻¹ by rows (applied into the ridge during planting) and by

surface throwing method. During the vegetation period, three weeks before the harvest the intensity of infestation with anthracnose (*Colletotrichum coccodes*) was assessed. The quantitative and qualitative composition of fungi isolated from potato stems selected at random was analyzed in the laboratory. During the entire period of the study potato cv. Anielka was characterized by significantly lower infestation by *C. coccodes* as compared to cultivars Rywal and Salto. The infestation indices were 18.5, 16.9 and 22.6% in the years 1997, 1998 and 1999, respectively. The levels of infestation depended on the nitrogen fertilization doses. The highest level (27%) was recorded in 1999 on the potatoes fertilized at the lowest dose of 30 kg·ha⁻¹. Infestation of plants in the experimental variant with fertilization in the ridge compared to that in the variant with surface fertilization, was significantly lower only in the third year of the study. Isolation of fungi from random selected potato stems proved a significant share of *C. coccodes* (35.5%) among 479 colonies. The fungus was most frequently isolated from cv. Rywal. The other pathogens, represented by species of the genera *Fusarium* and *Alternaria alternata*, were isolated from stems less frequently (8% each). A slight domination of *C. coccodes* isolates was found in potatoes fertilized with the lowest nitrogen dose, while fungi of the genera *Fusarium* and *Rhizoctonia solani* were more frequently found on stems of the plants supplied with nitrogen at 60 and 90 kg·ha⁻¹.

Key words: *Colletotrichum coccodes*, fungi, cultivar of potato, dose of N, method of N fertilization

WSTĘP

Antraknoza ziemniaka powodowana przez grzyb *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) Hughes syn. *C. atramentarium* jest chorobą szeroko rozpowszechnioną na całym świecie (Farley, 1976; Scholte, 1993; Johnson, 1994; Andrivon i in., 1998; Denner i in., 1998). O występowaniu tej choroby w Polsce informuje Kuczyńska (1986, 1992) oraz Jańczak-Tabaszewska i Przybyłek (1994). We Francji w 1994 r. stwierdzono występowanie antraknozy na 82 plantacjach ziemniaka Andrivon i wsp. 1997). Poważne zagrożenie dla tych upraw wystąpiło pod koniec lat 90. ubiegłego wieku na plantacjach w południowo-wschodniej części Wielkiej Brytanii, gdzie zanotowano 70 do 100% porażenia roślin (Bradshaw i in., 2002). Choroba jest często przeoczona na polach produkcyjnych ze względu na słabo wyraźne objawy w okresie wegetacji, a bardziej widoczne dopiero pod koniec sezonu u podstawy łodyg. Wpływ na występowanie antraknozy ziemniaka, obok warunków pogodowych (Andrivon i in., 1997), mają czynniki agrotechniczne, a wśród nich odmiany (Read, 1991) i nawożenie mineralne (Zarzycka, 1990). Autorka w swoich badaniach stwierdziła nasilenie się objawów choroby w warunkach uboższego nawożenia azotowego.

Celem podjętych badań była ocena nasilenia występowania antraknozy na trzech średnio późnych odmianach ziemniaka w okresie wegetacji w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem, poparta dokładną identyfikacją patogena w laboratorium.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 1997–1999 roku na poletkach doświadczalnych o powierzchni 30,6 m² (10,2 × 3 m) założonych w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Tomaszku k. Olsztyna w układzie losowanych podbloków, w czterech powtórzeniach. Materiał badań stanowiły trzy średnio późne odmiany ziemniaka — Anielka, Salto i Rywal (odmiany Anielka i Rywal zostały skreślone z rejestru w 2004 r.). W doświadczeniu uwzględniono:

- zróżnicowane dawki nawożenia azotowego: 30, 60 i 90 kg·ha⁻¹ w postaci mocznika 46% N (dodatkowo przed sadzeniem zastosowano nawożenie Polifoską 6 — 50 kg·ha⁻¹),
- sposoby wysiewu nawozu azotowego N: zlokalizowany siewnikiem w redlinę razem z sadzeniem i rzutowo-powierzchniowy. Do wysadzenia użyto kwalifikowanych bulw badanych odmian, pochodzących z centrali nasiennej. Ziemniaki uprawiano po jęczmieniu jarym.

Obserwacje nad występowaniem antraknozy ziemniaka prowadzono w drugiej połowie okresu wegetacji ziemniaka. Oceny porażenia dokonano na trzy tygodnie przed zbiorem bulw na 30 roślinach na poletku, posługując się 4-stopniową skalą: 0° — brak objawów porażenia, 1° — porażenie słabe (do 25% łodyg z 1 rośliny z objawami antraknozy), 2° — porażenie średnie (do 50% porażonych łodyg), 3° — porażenie silne (ponad 50% porażonych łodyg). Wyniki podano w % jako indeks porażenia wg wzoru McKinneya (Łacicowa, 1970):

$$\text{Indeks porażenia} = \frac{\sum (a \times b) \times 100\%}{N \times I}$$

gdzie:

$\Sigma (a \times b)$ — suma iloczynów otrzymanych przez pomnożenie liczby zbadanych roślin przez dany stopień skali

N — liczba ogólna zbadanych roślin

I — najwyższy stopień skali.

Otrzymane wyniki doświadczenia opracowano statystycznie z wykorzystaniem analizy wariancji według układu losowanych podbloków. W celu porównania średnich zastosowano test *T-Tuckey*, uwzględniając poziom istotności 0,05. Podczas przeprowadzanych analiz wykorzystano pakiet statystyczny Statistica® 6.0 2001.

Materiał do izolacji grzybów z podstawy łodyg ziemniaka stanowiły zbiorcze próby w ilości 30 sztuk z losowo pobranych fragmentów łodyg z czterech powtórzeń dla danej kombinacji (odmiana $\times$ dawki nawożenia N $\times$ sposób wysiewu N). Kawałki łodyg o długości 1 cm odkażano przez około 30 s w 50% etanolu (C₂H₅OH) i 0,1% sublimacie (HgCl₂), potem trzykrotnie płukano w sterylnej wodzie, po czym wykładano na podłoże PDA. Kultury grzybów wyrosłe po 7-dniowym okresie inkubacji w temperaturze 22°C przeszczepiano na skosy agarowe w celu późniejszej identyfikacji według kluczy: Booth (1971), Ellis (1971), Fassiatova (1983), Gilman (1957) oraz Nelson i wsp. (1983). Charakterystykę warunków pogodowych panujących w sezonach wegetacyjnych podczas okresu badań według Stacji Meteorologicznej w Tomaszkanie zamieszczono w tabeli 1. Lata 1997 i 1998 charakteryzowały się umiarkowanymi temperaturami, zbliżonymi do średnich z wielolecia. W pierwszym roku badań bardzo wysokie opady zanotowano w lipcu, natomiast w 1998 roku rozkład opadów był bardziej równomierny i w ciągu całego okresu wegetacyjnego zanotowano średnie opady. W sezonie wegetacyjnym 1999 roku panowały wyższe temperatury w porównaniu z poprzednimi latami. Szczególnie ciepłym miesiącem był lipiec, co wraz z panującą w tym okresie suszą w znacznym stopniu wpłynęło na rozwój choroby.

Tabela 1

Warunki meteorologiczne według Stacji Meteorologicznej w Tomaszkowie
Meteorological data, according to the Meteorological Station in Tomaszkowo

Miesiąc Month	Temperatura — Temperature °C				Opady — Rainfall (mm)			
	1997	1998	1999	średnia z wielolecia mean for years 1961–1995	1997	1998	1999	suma z wielolecia sum for years 1961–1995
Maj — May	11,8	13,5	10,9	12,6	81,6	62,8	75,8	49,4
Czerwiec — June	16,0	16,3	17,2	15,7	45,9	80,9	113,5	83,9
Lipiec — July	17,4	16,6	19,5	17,4	188,4	57,0	44,3	74,9
Sierpień — August	18,5	15,3	16,9	16,9	17,8	81,3	73,4	71,4

WYNIKI I DYSKUSJA

Charakterystyczne objawy antraknozy ziemniaka wywoływanej przez *C. coccodes* w postaci mikrosklerocjów u podstawy łodyg zauważono w pierwszym roku badań w połowie sierpnia, a w pozostałych dwóch latach na początku sierpnia. W największym nasileniu choroba wystąpiła w 1999 roku, na co zapewne miały wpływ niskie opady w lipcu i na początku sierpnia oraz towarzyszące im temperatury wyższe od średnich z wielolecia. Wzrost szkodliwości tej choroby jest spowodowany zmianami klimatycznymi, także pojawianiem się coraz bardziej agresywnych izolatów tego patogenicznego grzyba (Andrivon i in., 1997). Optymalne warunki rozwoju grzyba, o czym dowiadujemy się z doniesień w literaturze (Jańczak-Tabaszewska i Przybyłek, 1994; Kochman i Węgorzek, 1997), to temperatura 28–30°C. Największe objawy porażenia (40,8%) stwierdzono w sezonie wegetacyjnym 1999 roku na ziemniaku odmiany Rywał nawożonej azotem w dawce 60 kg·ha⁻¹ (tab. 2). Najślabsze porażenie roślin stwierdzono w pierwszych dwóch latach badań, w których najniższe indeksy porażenia odpowiednio 13,4 i 12,1% zanotowano na odmianie Anielka nawożonej N w dawce 90 kg N·ha⁻¹. Interpretacja wyników sugeruje słabszą infekcję patogenem w kombinacji z zastosowanym wyższym nawożeniem azotem. Prawdliwość tę stwierdzono u wszystkich badanych odmian. Uzyskane wyniki znajdują potwierdzenie w badaniach wielu autorów (Davis, 1981; Zarzycka, 1990; Cwalina-Ambroziak i Czajka, 2000), na podstawie których informują oni o częstszym porażeniu ziemniaków przez *C. coccodes* uprawianych na glebach ubogich w azot niż dostatecznie nawożonych tym makroelementem.

Analiza średnich indeksów porażenia w poszczególnych sezonach wegetacyjnych ujawniła zróżnicowaną reakcję odmian na infekcję patogenem. Najmniejsze porażenie podczas całego okresu badań odnotowano na odmianie Anielka, a zanotowany w 1998 roku najniższy indeks porażenia wynosił 16,9%. Odmiana Rywał charakteryzowała się najwyższym porażeniem przez *C. coccodes* w 1999 r. — 29,1%.

Tabela 2

Wpływ nawożenia azotem na występowanie antraknozy ziemniaka
Influence of nitrogen fertilization on intensity of potato anthracnose

Odmiana Cultivar	Nawożenie N — Fertilization N		Indeks porażenia roślin (%) Infection index of plants (%)		
	dawka (kg·ha ⁻¹) dose (kg·ha ⁻¹)	sposób — method	1997	1998	1999
Anielka	30	L	17,0a-e ¹	17,3c-f	21,7efg
	60		16,5c-e	15,6e-f	15,9g
	90		13,4e	12,1f	18,3fg
	średnia dla sposobu nawożenia mean for method of fertilization		15,6 c	15,0 c	18,7 c
	30	P	24,5a-d	22,0a-e	24,6cdef
	60		20,8a-e	17,8c-f	31,3cd
	90		19,0a-e	16,6c-f	23,8defg
	średnia dla sposobu nawożenia mean for method of fertilization		21,4 ab	18,8 bc	26,6 b
średnia dla odmiany — mean for cultivar			18,5 b	16,9 c	22,6 b
Salto	30	L	16,3c-e	22,2a-e	32,1bcd
	60		19,7a-e	18,2c-f	21,3efg
	90		15,3de	16,3d-f	25,4cdef
	średnia dla sposobu nawożenia mean for method of fertilization		17,1 bc	18,9 bc	26,3 b
	30	P	25,9abc	27,1a-b	27,5cde
	60		23,8a-d	19,6b-f	28,3cde
	90		18,7a-e	21,4a-e	26,7cdef
	średnia dla sposobu nawożenia mean for method of fertilization		22,8 a	22,7 ab	27,5 b
średnia dla odmiany — mean for cultivar			20,0 ab	20,8 b	26,9 ab
Rywal	30	L	23,7a-d	25,1abc	23,8defg
	60		19,5a-e	21,5a-e	21,7efg
	90		19,0a-e	20,3b-f	18,8fg
	średnia dla sposobu nawożenia mean for method of fertilization		20,7 ab	22,3 ab	21,4 c
	30	P	27,0a	29,1a	32,9bc
	60		26,3ab	24,9a-d	40,8a
	90		22,4a-e	23,7a-e	36,7ab
	średnia dla sposobu nawożenia mean for method of fertilization		25,2 a	25,9 a	36,8 a
średnia dla odmiany — mean for cultivar			23,0 a	24,1 a	29,1 a

L — Nawożenie rzędowe; Row fertilization,

P — Nawożenie całopowierzchniowe; Whole area fertilization 30 N — 30 kg N·ha⁻¹, 60 N — 60 kg N·ha⁻¹, 90 N — 90 kg N·ha⁻¹¹ a, b, c — Grupy jednorodne według testu Tukeya do porównania średnich w obrębie lat; Homogeneous groups according to the Tukey test, for comparison of means within years

Dawki nawożenia azotem okazały się czynnikiem istotnie różnicującym nasilenie antraknozy na badanych odmianach. We wszystkich kombinacjach najwyższe dawki azotu 90 kg·ha⁻¹ ograniczały porażenie roślin patogenem w porównaniu z najniższym nawożeniem N 30 kg·ha⁻¹, a zanotowane średnie dla całego okresu badań wynosiły odpowiednio 20,5% i 24,4%. Podczas trzyletnich badań porażenie roślin nawożonych azotem sposobem zlokalizowanym w redlinę było niższe (19,6%) w porównaniu z nawożeniem rzutowo-powierzchniowym (25,3%). Sposób nawożenia azotem miał

istotny wpływ na nasilenie antraknozy ziemniaka na odmianie Anielka i Salto w pierwszym roku badań oraz na odmianie Anielka i Rywał w trzecim roku.

Tabela 3

Grzyby wyizolowane z podstawy łodyg ziemniaka w okresie badań
Fungi isolated from potato stem bases during the studies

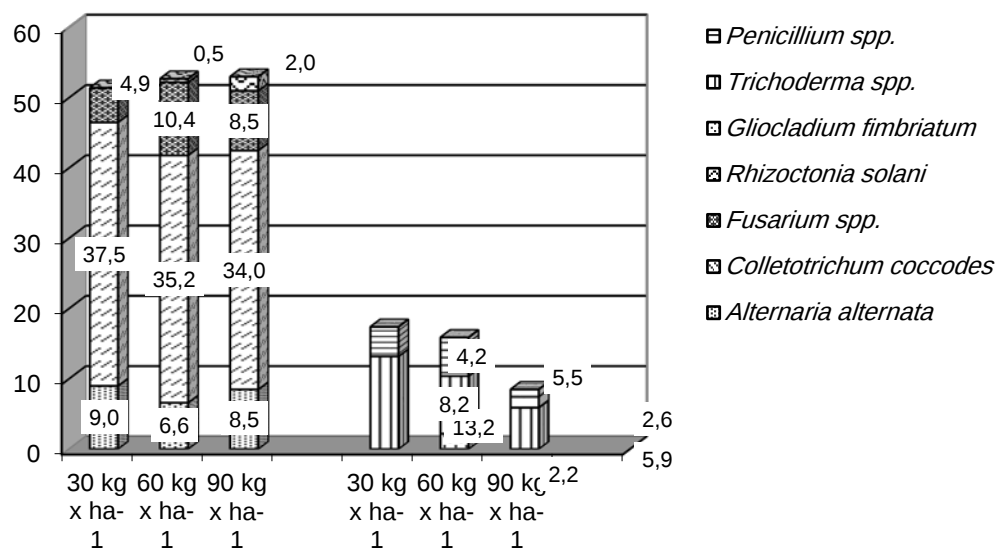
Gatunek Species	Liczba izolatów — Number of isolates												
	Anielka			Σ	Salto			Σ	Rywał			Σ	Ogółem Total
	30N	60N	90N		30N	60N	90N		30N	60N	90N		
<i>Acremonium strictum</i> W. Gams			1	1	2			2					3
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissler	5	6	7	18	2	3	2	7	6	3	4	13	38
<i>Arthrinium spherospermum</i> Fuckel	2			2			1	1		1		1	4
<i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary) Amaud										1		1	1
<i>Botrytis cinerea</i> Pers	2	6	7	15	3	9	5	17	2		4	6	38
<i>Chaetomium puliliferum</i> Hughes		2		2		1		1	2		1	3	6
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fres.) de Vries			1	1		3		3		1		1	5
<i>Colletotrichum coccodes</i> (Wallr.) Hughes	11	27	12	50	27	13	14	54	16	24	26	66	170
<i>Epicoecum</i> spp.	3	1	1	5	4	2	1	7	3			3	15
<i>Fusarium avenaceum</i> Fr.) Sacc.	1	2	1	4		2	1	3	1	2	2	5	12
<i>Fusarium culmorum</i> (W.G.Sm.) Sacc.	2	1	3	6						2	1	3	9
<i>Fusarium oxysporum</i> Schlecht		4	2	6	1	2		3	1	3	2	6	15
<i>Fusarium poae</i> (Peck) Wallr.	1			1						1	1	2	3
<i>Gladioladium fimbriatum</i> Gillman and Abbott						4		4					4
<i>Humicola brevis</i> Gillman and Abbott			1	1		1	1	2	1		1	2	5
<i>Humicola fuscoatra</i> Traaen							1	1					1
<i>Humicola grisea</i> Traaen							1	1					1
<i>Monodictis putredinis</i> (Wallr.) Hughes	2			2									2
<i>Mortierella alpina</i> Peyronel	1			1	4	2	3	9		1		1	11
<i>Mucor circinelloides</i> van Tieghem		1	1	2		2	1	3					5
<i>Mucor hiemalis</i> Wehmer	3	4		7			2	2					9
<i>Penicillium</i> spp.	2	2		4		5	3	8	4	3	1	8	20
<i>Rhizoctonia solani</i> Kuhn		1	1	2							2	2	4
<i>Rhizopus nigricans</i> Ehrenberg		1	1	2	2	1	1	4		2		2	8
<i>Trichoderma hamatum</i> (Bon.) Bain	4	2	2	8	3	5	1	9	1	2	3	6	23
<i>Trichoderma harzianum</i> Rifai	1			1	3	2		5	3		1	4	10
<i>Trichoderma polysporum</i> (Link ex Pers.) Rifai		2		2	2	2	2	6	2			2	10
Grzyby drożdżopodobne- Yeast-like fungi		4	5	9	4	5	6	15			1	1	25
Grzyby niezarodnikujące Nonsporulating fungi	2	2	7	11	1	2	3	6	2	2	1	5	22
Razem — Total	42	68	53	163	58	66	49	173	44	48	51	143	479

Objaśnienia jak w tabeli 2; Explanations as in Table 2

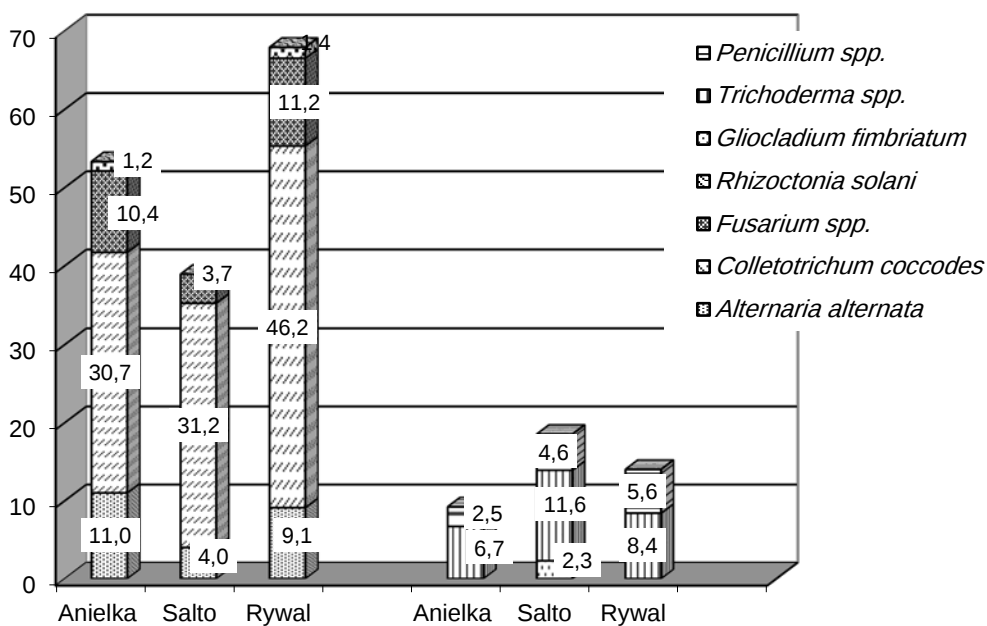
W wyniku przeprowadzonej izolacji grzybów z podstawy losowo pobranych łodyg ziemniaka otrzymano 479 kolonii, wśród których zidentyfikowano 24, 22 i 26 rodzajów grzybów odpowiednio w kolejnych latach trwania doświadczenia oraz grzyby drożdżopodobne i kultury niezarodnikujące (tab. 3). W sezonie wegetacyjnym 1999 roku otrzymano o 6,3 i 4,1% kultur grzybów więcej w porównaniu do lat 1997 i 1998. Analizując odmiany jako czynnik doświadczenia należy stwierdzić, że najwięcej grzybów otrzymano z ziemniaka odmiany Salto; o 2,1 i 6,2% izolatów więcej niż z odmian kolejno Anielka i Rywał. Jednak najmniejszy udział grzybów patogenicznych w zbiorowisku grzybów, co jest miarodajnym czynnikiem w ocenie zdrowotności poszczególnych odmian, zanotowano właśnie na odmianie Salto (38,7%), większy na odmianie Anielka (53,3%) i największy — Rywał (67,9%). We wszystkich latach badań gatunek *C. coccodes* okazał się dominującym w zbiorowisku grzybów, a jego udział wynosił 35,5%. Najczęściej był on wyosobniony z odmiany Rywał (46,2% ogółu izolatów otrzymanych z tej odmiany — rys. 1 b), co potwierdzałoby wyniki badań polowych, podczas których największe porażenie przez powyższego patogena stwierdzono na roślinach ziemniaka właśnie tej odmiany. Odmiany Anielka i Salto w jednakowym stopniu były zasiedlone przez sprawcę antraknozy (około 31% ogółu izolatów otrzymanych z poszczególnych odmian). Mniej licznie spośród patogenów izolowano gatunki z rodzaju *Fusarium* oraz *Alternaria alternata*, odpowiednio 8,1 i 7,9% ogółu wyosobnień z całego okresu badań. Wyżej wymienione gatunki grzybów patogenicznych są stałym komponentem zbiorowiska grzybów zasiedlających podstawy łodyg ziemniaka (Cwalina-Ambroziak, Czajka 2000).

Ogółem liczebność grzybów patogenicznych izolowanych z łodyg ziemniaka w poszczególnych kombinacjach z nawożeniem azotem kształtowała się na zbliżonym poziomie (ok. 53,0% — rys. 1 a), jednak grzyb *C. coccodes* najczęściej izolowano z łodyg ziemniaka nawożonego N w najniższej dawce, a najmniejszą liczebność sprawcy antraknozy ziemniaka stwierdzono w kombinacji z najwyższą dawką N, co jest zgodne z wynikami badań polowych w niniejszej pracy. Nie stwierdzono jednoznacznego wpływu wysokości dawek N na liczebność gatunku *A. alternata*; w podobnym stopniu zasiedlał on łodygi ziemniaka nawożonego 30 i 90 kg N·ha⁻¹. Grzyby z rodzaju *Fusarium* oraz *Rhizoctonia solani* zdecydowanie częściej zasiedlały łodygi roślin nawożonych azotem w najwyższych dawkach w porównaniu z najniższą dawką.

Grzyby saprotroficzne były reprezentowane przez gatunki z rzędu (*Mucorales*) (*Mortierella alpina*, *Mucor circinelloides*, *M. hiemalis*, *Rhizopus nigricans* — 6,9%) i z rodzaju *Penicillium* (4,2%), a także przez antagonistów z rodzaju *Trichoderma* (*T. hamatum*, *T. harzianum*, *T. polysporum* — 9,0%) i pojedyncze izolaty *Gliocladium fimbriatum*. Liczebność kolonii niezarodnikujących i grzybów drożdżopodobnych była zbliżona; stanowiły one po 5% ogółu izolatów. Grzyby o działaniu antagonistycznym (*G. fimbriatum*, z rodzaju *Penicillium* i *Trichoderma*) częściej izolowano z łodyg ziemniaka w kombinacji z nawożeniem N w niższych dawkach niż w najwyższej, gdzie w tej ostatniej udział powyższych saprotrofów był najniższy.



A



B

Rys. 1. Procentowy udział grzybów wyizolowanych z łodyg ziemniaka w zależności od: A — dawki N, B — odmiany

Fig. 1. Percentage of fungi isolated from potato stem bases in relation to: A — dose of N, B — cultivar

Spośród badanych odmian Salto była najbardziej zasiedlona przez grzyby antagonistyczne, głównie z rodzaju *Trichoderma*, a także jako jedyna odmiana — przez *G. fimbriatum* (16,2%). O antagonistycznych właściwościach wspomnianych grzybów saprotroficznym względem patogenów informują liczni autorzy (Laevis i Papavizas, 1987; Łacicowa, 1988). Kurzawińska (1996) oraz Sas-Piotrowska i Doroszewski (1996) w przeprowadzonych badaniach *in vitro* dowiedli hamującego wpływu grzybów z rodzaju *Gliocladium*, *Trichoderma* oraz *Penicillium* na rozwój wybranych patogenów ziemniaka: *A. alternata*, *C. coccodes*, *R. solani* i z rodzaju *Phoma*.

Podsumowując wyniki badań należy stwierdzić, że najslabiej porażona przez *C. coccodes* była odmiana Salto. Jednocześnie z łodyg tej odmiany wyizolowano najmniej patogenów, a najwięcej grzybów antagonistycznych z rodzaju *Gliocladium*, *Trichoderma* i *Penicillium* w porównaniu z pozostałymi odmianami.

PODSUMOWANIE

1. Antraknoza najsilniej rozwijała się na ziemniaku odmiany Rywał w kombinacji z najniższą dawką azotu.
2. Najniższe indeksy porażenia zanotowano na ziemniaku nawożonym azotem sposobem zlokalizowanym w redlinę w ostatnim roku badań.
3. Dominującym wśród grzybów wyizolowanych z podstawy losowo pobranych łodyg ziemniaka był gatunek *Colletotrichum coccodes*. Mniej licznie izolowano gatunek *Alternaria alternata* i grzyby z rodzaju *Fusarium*.
4. Stwierdzono nieznaczną przewagę izolatów *C. coccodes* otrzymanych z łodyg ziemniaka w kombinacji z najniższym nawożeniem azotem. *R. solani* i gatunki z rodzaju *Fusarium* częściej zasiedlały ziemniak nawożony azotem w dawce 60 i 90 kg·ha⁻¹.

LITERATURA

- Andrison D., Lucas J. M., Guerin C., Jouan B. 1998. Colonization of roots, stolons, tubers and stems of various (*Solanum tuberosum*) cultivars by the black-dot fungus of *Colletotrichum coccodes*. Plant Pathol. 47: 440 — 445.
- Andrison D., Ramage K., Guerin C., Lucas M., Jouan B. 1997. Distribution and fungicide sensitivity *Colletotrichum coccodes* in French potato-producing areas. Plant Pathol. 46 (6): 722 — 728.
- Bradshaw N. J., Turner J. A., Elcock S. J. 2002. Potatoes. A survey of diseases. 2000. ADAS/CSI. Research and Development Publication. London: Department for Environment, Food and Rural Affairs.
- Booth T. C. 1971. The genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England: 237 pp.
- Cwalina-Ambroziak B., Czajka W. 2000. Potato stem infection by *Rhizoctonia solani* and *Colletotrichum coccodes* in different crop rotation. Phytopathol. Pol. 20: 155 — 163
- Davis J. R. 1981. Blade dot. In: Compendium of Potato Diseases. Ed. W. J. Hooker. Am. Phytopath. Society: 55 — 56.
- Denner F. D. N., Millard C. P., Wehner F. C. 1998. The effect of seed- and soilborne of *Colletotrichum coccodes* on the incidence of black dot on potatoes. Potato Research 41: 51 — 56.
- Ellis M. B. 1971. Dematiaceous, Hyphomycetes. DMI, KEW, Surrey, England.
- Fassiatova A. 1983. Grzyby mikroskopowe w biologii technicznej. WN-T, Warszawa.
- Farley J. D. 1976. Survival of *Colletotrichum coccodes* in soil. Phytopathology 66: 640 — 641.
- Gilman J. C. 1957. A manual of soil fungi. ISCP, IOWA, USA. 1871.

- Jańczak-Tabaszewska D., Przybyłek S. 1994. Antraknoza ziemniaka w województwie sieradzkim. Ochr. Rośl. 10: 4.
- Johnson D. A. 1994. Effect of foliar infection caused by *Colletotrichum coccodes* on yield of Russet Burbank potato. Plant Dis. 78: 1075 — 1078.
- Kochman J., Węgorzek W. 1997. Ochrona roślin. Praca zbiorowa. Kraków: 701 ss.
- Kuczyńska J. 1986. Antraknoza ziemniaków. Ochrona ziemniaka. Mater. XIX Sesji Nauk. Inst. Ziemn. Bonin: 47 s.
- Kuczyńska J. 1992. Rola grzybów *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler, *Colletotrichum coccodes* (Wallr) Hughes i *Geotrichum candidum* Link. w wywoływaniu mieszanych zgnilizn bulw ziemniaka. Biul. Inst. Ziemn. 42: 97 — 105.
- Laevis J., Papavizas G. C. 1987. Effect of mycelial preparations of *Trichoderma* and *Gliocladium* on population of *Rhizoctonia solani* and the incidence of damping-off. Phytopathol. 75: 812 — 817.
- Łacicowa B. 1970. Badanie szczepów *Helminthosporium sorokinianum* (*H. sativum*) oraz odporności odmian jęczmienia jarego na ten czynnik chorobotwórczy. Acta Mycol. 6 (2): 184 — 248.
- Łacicowa B. 1988. Niektóre aspekty wykorzystania grzybów z rodzaju *Trichoderma* i *Gliocladium* w biologicznej ochronie roślin. Ochr. Rośl. 3: 8 — 10.
- Kurzawińska H. 1996. Zbiorowiska grzybów środowiska glebowego z uprawy ziemniaka a *Rhizoctonia solani*. Mater. Symp. Choroby roślin a środowisko. Poznań: 183 — 192.
- Nelson P. E., Toussoun T. A., Marasas W. F. O. 1983. *Fusarium* species. The Pennsylvania State University Press, University Park and London.
- Read P. J. 1991. The susceptibility of tubers of potato cultivars to black dot (*Colletotrichum coccodes* /Wallr./ Hughes). Ann. Appl. Biol. 119: 475 — 482.
- Sas-Piotrowska B., Doroszewski J. 1996. Relationship between potato pathogens and *Trichoderma* spp. and *Gliocladium roseum* (Link) Thom. Phytopat. Pol. 11: 97 — 101.
- Schulte K. 1993. Bedeutung von *Verticillium* und *Colletotrichum* welke im Kartoffelanbau. Kartoffelbau. 44 (3): 100 — 105.
- Zarzycka H. 1990. Grzyby jako pasożyty okolicznościowe na materiałach hodowlanych ziemniaków w Młochowie. Phytopathol. Pol. XI: 40 — 44.

LESZEK DOMAŃSKI**KRYSTYNA MICHALAK****EWA ZIMNOCH-GUZOWSKA**

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Młochów

Zróżnicowanie podatności wybranych odmian ziemniaka na ciemną plamistość pouszkodzeniową bulw

Variation of blackspot susceptibility of the selected potato cultivars

W latach 2004–2006 oceniono zróżnicowanie podatności 48 odmian ziemniaka z krajowego rejestru na ciemną plamistość pouszkodzeniową (CPP). Do zainicjowania reakcji ciemnej plamistości bulw został wykorzystany heksagonalny bęben ze sklejk drewnianej. Test przeprowadzono w połowie lutego na próbie 25 bulw z każdej odmiany, o średnicy 55–65 mm, wolnych od uszkodzeń. Ocenę podatności bulw na CPP wyrażano w formie dwóch parametrów: (1) przeciętnej liczby ciemnych plam pouszkodzeniowych na bulwie, (2) procentu bulw wolnych od plam. Wśród ocenianej puli odmian stwierdzono znaczne genetyczne zróżnicowanie pod względem CPP. Dość wysoki stopień genetycznego uwarunkowania ($H_b = 0,67–0,71$) tej cechy wskazuje, że pula genowa zawarta w grupie odmian o małej podatności na CPP (Vineta, Pirol, Denar, Vitara, Impala, Andromeda, Rosalind, Augusta, Kolia, Kuklik, Bila) może być wykorzystana do podniesienia tolerancji na CPP w nowych populacjach hodowlanych na drodze krzyżowania i selekcji.

Słowa kluczowe: ciemna plamistość pouszkodzeniowa, odmiany ziemniaka, odziedziczalność

The potato cultivars, in the number of 48, from the Polish National List were evaluated for variation of blackspot susceptibility (CPP) in the years 2004–2006. The hexagon plywood drum was used for induction of blackspot reaction. The blackspot susceptibility test was carried out in mid February on the samples of 25 tubers of each cultivar, 55–65 mm in diameter, free from bruises. Evaluation result of blackspot susceptibility of tubers was expressed in the form of two parameters: (1) mean number of blackspot bruises per tuber, (2) the percentage of bruise free tubers. A considerable genotypic variation in tolerance to CPP was detected among the tested potato cultivars. Moderately high broad-sense heritability of this trait ($H_b = 0.67–0.71$) indicates that gene-pool of the group of cultivars with low susceptibility to CPP (Vineta, Pirol, Denar, Vitara, Impala, Andromeda, Rosalind, Augusta, Kolia, Kuklik, Bila) may be used for genetic improvement of CPP tolerance.

Key words: blackspot, heritability, potato cultivars

WSTĘP

Podatność bulw na ciemną plamistość pouszkodzeniową (CPP) jest jedną z ważniejszych cech warunkujących jakość ziemniaków, niezależnie od kierunku użytkowania. Brook (1996) oszacował, że w USA zmniejszenie uszkodzeń związanych z urazami mechanicznymi bulw o 1%, odpowiadało przeciętnie kwocie około 7,5 mln. USD w skali roku. W efekcie tych uszkodzeń zwiększają się straty w czasie przechowywania bulw, powodowane intensywniejszą transpiracją i oddychaniem oraz rozwojem chorób (Czerko i in., 1985; Kuźniewicz i in., 1986; Storey i Davis, 1992). Ważnym finalnym skutkiem uszkodzeń jest zwiększenie odpadów powstających podczas sortowania, obierania, kontroli jakości i selekcji wizualnej (Zgórska i Frydecka-Mazurczyk, 2000).

Ciemne plamy w miąższu bulw po uszkodzeniach są wynikiem katalitycznego działania oksydazy polifenolowej, która przekształca związki fenolowe, a głównie tyrozynę w barwniki melaninowe (Matheis, 1987; Dean i in., 1993; Edgell i in., 1998). Genetyczne uwarunkowanie podatności na CPP nie zostało dotychczas dobrze poznane. Cecha ta jest zarówno dość wysoko odziedziczalna (Pavek i in., 1985; Zgórska i Frydecka-Mazurczyk, 2000), jak też modyfikowana przez warunki uprawowe i przechowywania (Mondy i in., 1960; Hughes i in., 1975; Peterson i Hall, 1975; Stark i in., 1985; Zgórska i Frydecka-Mazurczyk, 2000).

Badania w IHAR O/Młochów ukierunkowano na poszukiwanie genotypów ziemniaka o małej podatności na CPP, które można by następnie wykorzystać w hodowli krajowej jako formy rodzicielskie, poprawiające wyżej wspomniany aspekt jakości.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło 48 odmian z krajowego rejestru odmian ziemniaka z lat 2004–2006, w tym: 32 to odmiany jadalne, a 16 skrobiowe. Próby bulw przeznaczone do testu uszkodzeniowego, o średnicy 55–65mm, wolne od uszkodzeń zewnętrznych, pochodziły z poletek kolekcji odmian, rosnącej w latach 2004–2006 na polu doświadczalnym w IHAR Młochów i były przechowywane w przechowalni (4–6°C, 75% RH). Do wywołania CPP stosowano heksagonalny bęben ze sklejk drewnianej, będący kopią bębna stosowanego na Uniwersytecie Stanowym Michigan w East Lansing, USA (Douches i in., 2003). Test generujący CPP w bulwach przeprowadzano, w połowie lutego. Próbę bulw (25 szt.) z każdej odmiany, po uprzednim przetrzymaniu w temperaturze 11°C przez 12 h, umieszczano w bębnie i wykonywano 10 obrotów, po czym próby były przenoszone do pomieszczenia o temperaturze 19°C na 48 h i obierane. Ocenę podatności bulw na CPP wyrażano w formie dwóch parametrów: (1) przeciętnej liczby ciemnych plam pouszkodzeniowych na bulwie (LPB), (2) procentu bulw wolnych od plam (BWP).

Statystyczna analiza wyników obejmowała w I etapie ANOVA 2-kierunkową (16 odmian $\times$ 3 lata oceny $\times$ 2 replikacje) wg modelu mieszanego; w II etapie ANOVA (48 odmian $\times$ 3 lata oceny $\times$ 1 replikacja). Błąd eksperymentalny z ANOVA I etapu wykorzystano do testowania interakcji genotypowo-środowiskowej. Dane wejściowe do analizy wariancji, w przypadku

zmiennej LPB były przybliżane do rozkładu normalnego przy zastosowaniu transformacji Anscomba (1948) zgodnie z równaniem: $X' = \sqrt{(X + 3/8)}$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Stwierdzono istotne zróżnicowanie odmian, jak i interakcji genotypowo-środowiskowych pod względem podatności na CPP (tab. 1). Istotny był również wpływ lat na poziom rozpatrywanych cech. Dalsza analiza wyników wykazała dość wysoki stopień genetycznego uwarunkowania cech ($H_b = 0,67$ dla BWP i 0,71 dla LPB). Podobne do naszych wyników uzyskali Pavék i wsp. (1985) oraz Zgórska i Frydecka-Mazurczyk (2000) badając pulę innych odmian za pomocą aparatów typu uderzeniowego.

Tabela 1

Zbiornicza analiza wariancji (48 odmian $\times$ 3 lata) dla średniej liczby ciemnych plam na bulwie — tLPB [dane transformowane wg wzoru $X' = \sqrt{(X + 3/8)}$] oraz procentu bulw w próbie wolnych od plam — BWP

Combined analysis of variance (48 cvs $\times$ 3 years) for mean number of blackspot bruises per tuber — tLPB [data transformed according to the formula $X' = \sqrt{(X + 3/8)}$] and the percentage of bruise free tubers — BWP

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	tLPB		BWP	
		średni kwadrat mean square	wartość F F value	średni kwadrat mean square	wartość F F value
Odmiany Cultivars	47	0,323 = M_1	8,48**	1651,32	7,23**
Lata Years	2	0,476	12,51**	1082,84	4,74**
Odmiany $\times$ lata Cultivars $\times$ years	94	0,038 = M_2	5,43**	228,54	2,04**
Błąd ^{1/} Error	45	0,007 = σ_e^2		112,12	
Stopień genetycznego uwarunkowania cechy (H_b) Broad-sense heritability		0,71		0,67	

$$H_b = \sigma_g^2 / \sigma_g^2 + \sigma_{ge}^2 + \sigma_e^2; \sigma_g^2 = M_1 - M_2 / L; \sigma_{ge}^2 = M_2 - \sigma_e^2$$

L = liczba lat; L = number of years

^{1/} średnie kwadraty z analizy wariancji (16 odmian $\times$ 3 lata $\times$ 2 replikacje); ^{1/} mean squares in ANOVA (16 cvs $\times$ 3 years $\times$ 2 replications)

** Istotne przy $\alpha = 0,01$; ** Significant at $\alpha = 0.01$

Stwierdzono wysoce istotną współzależność między zastosowanymi w naszej pracy parametrami CPP. Zależność ta miała postać wielomianu drugiego stopnia o następującym równaniu: $tLPB = 2,01179 - 0,02909 BWP + 0,00017 (BWP)^2$, gdzie; tLPB jest transformowaną przeciętną liczbą plam na bulwie. Statystyka R^2 wykazała, że wyżej wspomniany model wyjaśniał 97% zmienności tLPB. Z uwagi na ścisłą korelację między rozpatrywanymi zmiennymi, można przy ocenie podatności bulw na CPP zrezygnować z oceny zmiennej — BWP, gdyż nie wnosi ona dodatkowej informacji.

Spośród ocenianych 48 odmian wyróżniono grupę 11 odmian o małej podatności na CPP (tab. 2). Genotypy te stanowią cenne źródło form rodzicielskich, jako że będąc wpisane do krajowego rejestru reprezentują wysoki poziom plenności, jak również wysoki

poziom cech jakościowych. Odmiany skrobiowe wykazują większą podatność na CPP niż odmiany jadalne, co wykazały również badania Zgórskiej i Frydeckiej-Mazurczyk (2000).

Tabela 2

Średnie oceny podatności odmian na ciemną plamistość pouszkodzeniową w teście bębnowym i ich podział na grupy jednorodne
Mean blackspot susceptibility ratings of cultivars in the drum test and their classification into homogenous groups

Kierunek użytkowania Utility	Odmiany Cultivars	Średnia liczba ciemnych plam na bulwie (zakres) Mean number of blackspot bruises per tuber (range)		Grupy Jednorodne wg testu Tukeya Homogenous groups according to Tukey's test ^{1/}	
		X _{min}	X _{max}		
jadalne: table:	Pirol, Vineta	0,14	0,18	a	b
jadalne: table:	Andromeda, Augusta, Bila, Denar, Impala Kolia, Kuklik, Rosalind, Vitara	0,19	0,30	a	b c
jadalne: table: skrobiowe: starch:	Bard, Beata, Bryza, Ditta, Drop, Felka, Gracja, Krasa, Orlik, Triada, Zebra Saturna	0,32	0,56	a	b c d
jadalne: table:	Danusia, Irga	0,63	0,65	a	b c d e
jadalne: table: skrobiowe: starch:	Bartek, Ibis, Korona, Maryna, Romula, Ruta, Syrena, Zeus Dorota, Lawina, Monsun, Pasat	0,75	1,05	a	b c d e f
skrobiowe: starch	Kuba	1,34		b	c d e f g
skrobiowe: starch	Alicja, Cedron	1,38	1,39	c	d e f g
skrobiowe: starch	Jasia	1,59		d	e f g h
skrobiowe: starch	Głada, Grot	2,10	2,11	e	f g h i
skrobiowe: starch	Albatros, Bzura	2,19	2,30	f	g h i
skrobiowe: starch	Rudawa	2,79		g	h i
skrobiowe: starch	Hinga	3,30		h	i
skrobiowe: starch	Meduza	4,01		i	

^{1/} Grupy jednorodne oznaczono tymi samymi literami

^{1/} Homogenous groups denoted with the same letters

Dane uzyskane z charakterystyk katalogowych (www.europotato.org) dla 4 odmian (Impala, Ditta, Drop, Saturna), jak również z publikacji Zgórskiej (1989) dla 3 odmian (Bryza, Bzura, Ruta) były zgodne z wynikami, jakie uzyskano w naszych badaniach za pomocą testu bębnowego.

WNIOSKI

1. Wśród ocenianej puli odmian ziemniaka z krajowego rejestru występuje znaczne genetyczne zróżnicowanie pod względem podatności na ciemną plamistość pouszkodzeniową bulw.
2. Stopień genetycznego uwarunkowania tej cechy $H_b = (0,67-0,71)$ wskazuje, że pula genowa zawarta w grupie odmian o małej podatności na ciemną plamistość pouszkodzeniową (Vineta, Pirol, Denar, Vitara, Impala, Andromeda, Rosalind, Augusta, Kolia, Kuklik, Bila) może być wykorzystana do doskonalenia tej cechy w nowych populacjach hodowlanych na drodze selekcji.

LITERATURA

- Anscombe F. J. 1948. The transformation of Poisson, binominal and negative binominal data. *Biometrika* 35: 246 — 254.
- Brook R. C. 1996. Potato bruising. How and why emphasizing blackspot bruise. Running Water Publishing, Michigan, USA.
- Czerko Z., Gastoł J., Manikowski Z. 1985. Wpływ dwóch metod zbioru na trwałość przechowalniczą ziemniaków ze szczególnym uwzględnieniem uszkodzeń mechanicznych. *Biul. Inst. Ziemn.* 33: 29 — 136.
- Dean B. B., Jackowiak N., Nagel M., Pavék J., Corsini D. 1993. Blackspot pigment development of resistant and susceptible *Solanum Tuberosum* L. genotypes at harvest and during storage measured by three methods of evaluation. *Am. Potato J.* 70: 201 — 217.
- Douches D. S., Chase R. W., Coombs J., Flecher K., Frank L., Driscoll J., Estellee E., Hammerschmidt R., Kirk W. 2003. Seventy-second annual report by Michigan State University. In: National Germplasm Evaluation and Enhancement Report, 2001. Ed. by K.G. Haynes. Seventy-Second Annual Report by Cooperators. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS-162: 171 — 199.
- Edgell T., Brierley E.R., Cobb A.H. 1998. An ultrastructural study of bruising in stored potato tubers. *Annals of Applied Biology* 132: 143 — 150.
- Hughes J. C., Grant A., Faulks R. M. 1975. Susceptibility of tubers to internal damage (blackspot). *Potato Res.* 18: 338 — 339.
- Kuźniewicz M., Bittner K., Fechner E. 1986. Lagerungsverluste bei Kartoffeln in Abhängigkeit von unterschiedlichen Aufbereitungsterminen. *Feldwirtschaft* 7: 314 — 316.
- Matheis G. 1987. Polyphenol oxidase and enzymatic browning of potatoes (*Solanum tuberosum*). I. Properties of potato polyphenol oxidase. *Chemie, Mikrobiologie, Technologie der Lebensmittel* 11: 5 — 12.
- Mondy N.I., Klein B.P., Smith L.I. 1960. The effect of maturity and storage on phenolic content, enzymatic activity and discoloration of potatoes. *Food Res.* 25: 693 — 705.
- Pavék J., Corsini D., Nissley F. 1985. A rapid method for determining blackspot susceptibility of potato clones. *Am. Potato J.* 62: 511 — 517.
- Peterson C. L., Hall C. V. 1975. Dynamic mechanical properties of the Russet Burbank potato as related to temperature and bruise susceptibility. *Abstr. Am. Potato J.* 52: 289.
- Stark J. C., Corsini D. L., Hurley P. J., Dwelle R. B. 1985. Biochemical characteristics of potato clones differing in blackspot susceptibility. *Am. Potato J.* 62: 657 — 666.
- Storey R. H. J., Davies H. V. 1992. Tuber quality. In: Harris (Ed.) *The Potato Crop*. Chapman Hall, Londyn: 507 — 569.
- Zgórska K. 1989. Biologiczne i ekologiczne czynniki warunkujące podatność bulw ziemniaka na powstawanie ciemnej plamistości pouszkodzeniowej. *Bonin*, str. 1 — 91.
- Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 2000. Czynniki wpływające na ciemną plamistość pouszkodzeniową. *Biul. IHAR* 213: 253 — 259.
- Internet: Anonim. European Potato Database. www.europotato.org.

MAREK GUGAŁA**KRYSTYNA ZARZECKA**Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin
Akademia Podlaska, Siedlce

Porównanie skuteczności insektycydów w zwalczaniu stonki ziemniaczanej

Comparison of the effectiveness of insecticides in controlling of Colorado potato beetle

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2003–2005 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady Akademii Podlaskiej w Siedlcach. Doświadczenie założono metodą losowanych bloków jako jednoczynnikowe w trzech powtórzeniach. Celem niniejszej pracy było określenie skuteczności insektycydów nowej generacji z grupy neonikotynoidów w zwalczaniu stonki ziemniaczanej. Insektycydy te posiadają zdolność przemieszczania się w chronionej roślinie. Oceniano skuteczność następujących insektycydów: Actara 25 WG, Regent 200 SC oraz Calypso 480 SC. Skuteczność zwalczania larw i chrząszczy stonki ziemniaczanej w poszczególnych latach badań była wysoka i wynosiła średnio w 2003 roku 92,4%, w 2004 roku 94,1% oraz 86,2% w roku 2005.

Słowa kluczowe: fipronil, plon, stonka ziemniaczana, tiachlopyryd, tiametoksam, ziemniak

A field experiment was carried out in the years 2003–2005 at the Zawady Experimental Station belonging to the University of Podlasie. The experiment was set in the randomized blocks design as a three-factorial, three-replication trial. The aim of the work was assess the effectiveness of the nicotinoid insecticides that exhibit a high systemic activity in the plant and are used to control Colorado beetle. The following insecticides were applied: Actara 25 WG, Regent 200 SC and Calypso 480 SC. The effectiveness of the insecticides in controlling both larvae and adults of Colorado potato beetle was high. In the years 2003, 2004 and 2005 it reached 92.4, 94.1 and 86.2%, respectively.

Key words: Colorado beetle, yield, thiamethoxam, thiachlopyrid, fipronil

WSTĘP

Ochrona ziemniaka przed stonką ziemniaczaną (*Leptinotarsa decemlineata* Say) na świecie jak i w Polsce opiera się przede wszystkim na stosowaniu chemicznych środków ochrony roślin. Stała konieczność ochrony wynika z liczebności szkodnika, która corocznie prawie na całym obszarze uprawy ziemniaka znacznie przekracza próg szkodliwości i może, szczególnie przy równoczesnym wystąpieniu zarazy ziemniaka, doprowadzić do całkowitego zniszczenia roślin (Pruszyński i in., 2003).

Stonka ziemniaczana to szkodnik, który w sprzyjających warunkach pogodowych powoduje duże uszkodzenia liści i łodyg, co powoduje obniżkę plonu i procentowej zawartości skrobi i pogorszenie cech jakościowych bulw. Żerowanie stonki na roślinach ziemniaka w czerwcu i lipcu powoduje zmniejszenie plonu od 20 do 30%, w skrajnych przypadkach przy tzw. gołożerach, nawet może przekraczać 70%. Istotne znaczenie ma także wpływ zniszczenia roślin na jakość bulw ziemniaka (Witkowski, 1979).

Stosowanie insektycydów jest jak dotąd jedynym skutecznym sposobem eliminacji stonki ziemniaczanej z uprawy ziemniaka, dlatego celem niniejszej pracy było określenie skuteczności insektycydów nowej generacji z grupy neonikotynoidów, posiadających zdolność przemieszczania się w chronionej roślinie.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2003–2005 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady należącej do Akademii Podlaskiej w Siedlcach. Doświadczenie założono metodą losowanych bloków jako jednoczynnikowe w trzech powtórzeniach.

Tabela 1

Charakterystyka warunków pogodowych w okresie wegetacji ziemniaka
Characteristics of weather conditions in the period of potato vegetation

Miesiąc — Month	Współczynnik hydrotermiczny Sielanianowa* Sielianinov's hydrothermic coefficient		
	2003	2004	2005
Kwiecień — April	0,6	1,5	0,5
Maj — May	0,8	2,7	1,6
Czerwiec — June	0,5	1,1	0,9
Lipiec — July	0,4	0,9	1,5
Sierpień — August	0,1	1,1	0,8
Wrzesień — September	0,6	0,5	0,4
Średnio — Mean	0,4	1,2	0,95
Opady — Rainfall	132,5	320,9	269,2
Odchylenie opadów od średniej wieloletniej (1981–1995) Rainfall deviation from multiyear mean (1981–1995)	-211,2	-22,8	-74,5
Temperatura powietrza — Air temperature (°C)	15,5	14,1	15,0
Odchylenie temperatur od średniej wieloletniej (1981–1995) Temperature deviation from multiyear mean (1981–1995)	+1,5	+ 0,1	+1,0

*Wartość współczynnika — Value of coefficients (Bac i in., 1998)

<0,5 silna posucha — serious drought

0,51–0,69 posucha — moderate drought

0,70–0,99 słaba posucha — mild drought

≥1 brak posuchy — no drought

W doświadczeniu obiekty badawcze stanowiły insektycydy stosowane do zwalczania stonki ziemniaczanej:

- Obiekt kontrolny, bez insektycydów,
- Actara 25 WG w dawce 80 g·ha⁻¹,
- Regent 200 SC w dawce 100 ml·ha⁻¹,
- Calypso 480 SC w dawce 50 ml·ha⁻¹,
- Calypso 480 SC w dawce 75 ml·ha⁻¹,

— Calypso 480 SC w dawce 100 ml·ha⁻¹.

W doświadczeniu uprawiano jadalną, średnio-wczesną odmianę Wiking. W czasie wegetacji na wszystkich obiektach doświadczalnych prowadzono ochronę przeciwko chwastom i chorobom ziemniaka

Po wykonaniu oprysku insektycydami określono występowanie larw i chrząszczy stonki ziemniaczanej w 4. terminach: (dzień, dwa tygodnie, trzy tygodnie i cztery tygodnie od wykonania oprysku), zgodnie z metodyką badań. W każdym terminie liczono larwy i chrząszcze na 30 roślinach poszczególnych obiektów, ponadto obliczono skuteczność poszczególnych insektycydów według wzoru Hendersona-Tiltona (Mrówczyński, 1997).

Plon ogólny wyliczono na podstawie masy bulw zebranych z powierzchni poletka.

Warunki meteorologiczne panujące w poszczególnych sezonach wegetacji przedstawiono w tabeli 1.

WYNIKI BADAŃ

Skuteczność zwalczania larw i chrząszczy stonki ziemniaczanej w poszczególnych latach badań była wysoka i wynosiła średnio w 2003 roku 92,4%, w 2004 roku 94,1% oraz 86,2% w roku 2005 (tab. 2).

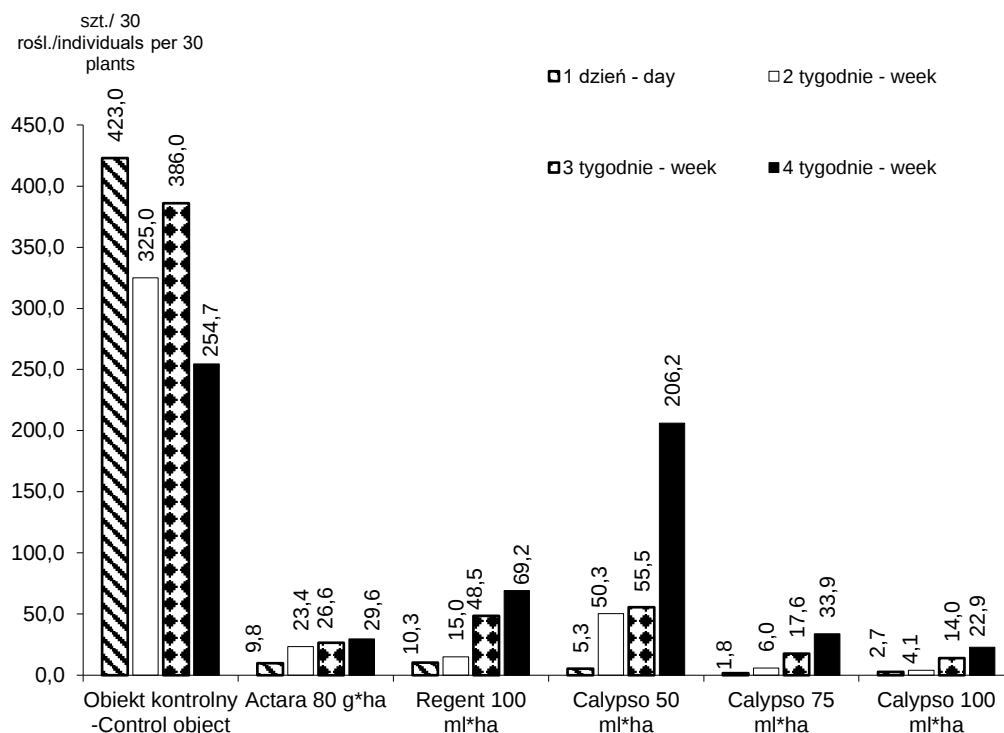
Tabela 2

Skuteczność insektycydów w zwalczaniu larw i chrząszczy stonki ziemniaczanej The effectiveness of fungicides in controlling larvae and adults of Colorado beetle

Obiekty — Objects	Skuteczność działania % — Effectiveness %				
	dni od zabiegu — days after treatment				
	1	14	21	28	średnio — mean
2003					
Obiekt kontrolny — Control object	—	—	—	—	—
Actara 25 WG 80g·ha ⁻¹	99,3	98,9	96,5	95,6	97,6
Regent 200 SC 100 ml·ha ⁻¹	99,1	99,1	88,2	72,8	89,8
Calypso 480 SC 50 ml·ha ⁻¹	99,9	96,7	63,1	63,6	80,8
Calypso 480 SC 75 ml·ha ⁻¹	100	99,6	94,3	92,3	96,6
Calypso 480 SC 100 ml·ha ⁻¹	100	99,7	96,2	92,6	97,2
Średnio dla obiektów 2-6 — Mean for objects 2-6	99,7	98,8	87,7	83,4	92,4
2004					
Obiekt kontrolny — Control object	—	—	—	—	—
Actara 25 WG 80g·ha ⁻¹	97,4	91,7	83,4	85,0	89,4
Regent 200 SC 100 ml·ha ⁻¹	97,9	98,1	93,5	85,6	93,8
Calypso 480 SC 50 ml·ha ⁻¹	97,5	96,5	94,6	87,0	93,9
Calypso 480 SC 75 ml·ha ⁻¹	99,1	99,5	96,1	90,0	96,2
Calypso 480 SC 100 ml·ha ⁻¹	98,6	99,5	96,5	93,6	97,1
Średnio dla obiektów 2-6 — Mean for objects 2-6	98,1	97,1	92,8	88,2	94,1
2005					
Obiekt kontrolny — Control object	—	—	—	—	—
Actara 25 WG 80g·ha ⁻¹	95,8	98,3	81,6	27,3	75,8
Regent 200 SC 100 ml·ha ⁻¹	95,2	98,2	23,8	48,1	66,3
Calypso 480 SC 50 ml·ha ⁻¹	96,4	99,7	100	86,6	95,7
Calypso 480 SC 75 ml·ha ⁻¹	95,5	100	100	95,1	97,7
Calypso 480 SC 100 ml·ha ⁻¹	97,7	100	100	83,6	95,3
Średnio dla obiektów 2-6 — Mean for objects 2-6	96,1	99,3	81,1	68,1	86,2

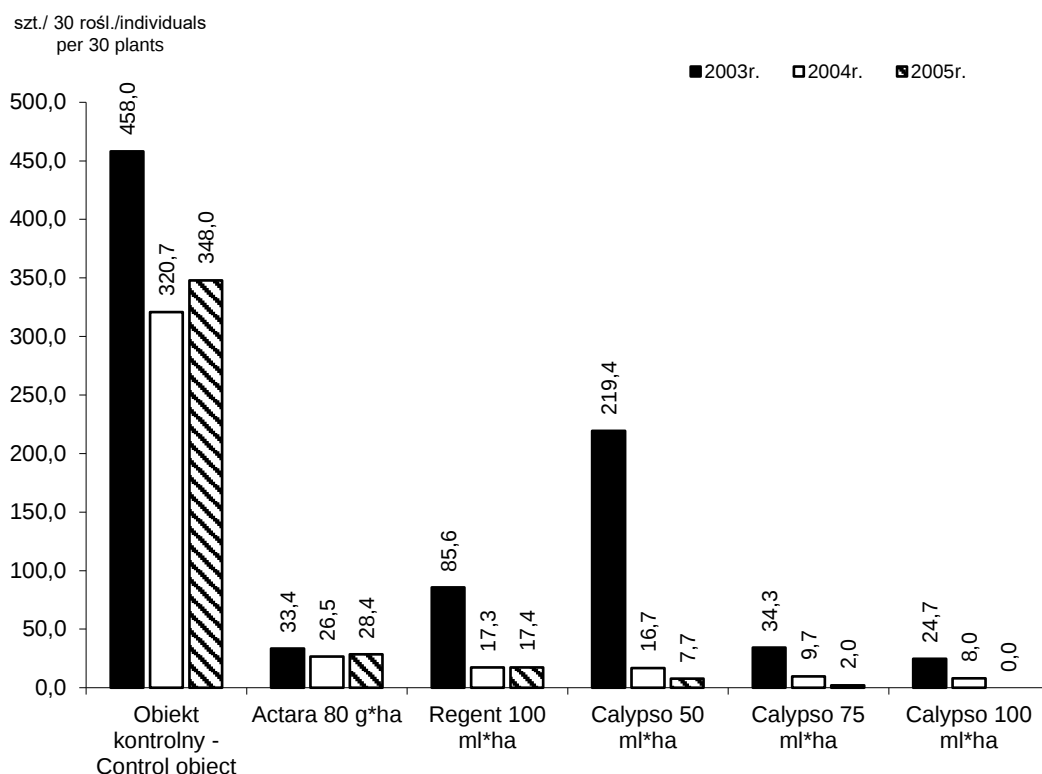
Największą skuteczność zwalczania stonki ziemniaczanej (średnio dla terminów liczenia szkodnika) w roku 2003 otrzymano przy użyciu preparatu Actara 25 WG oraz Calypso 480 SC w dawce 100 ml·ha⁻¹. W roku 2004 najwyższą skutecznością odznaczał się insektycyd Calypso 480 SC w dawkach 75 i 100 ml·ha⁻¹ odpowiednio 96,2 i 97,1%. Natomiast analizując 2005 rok należy stwierdzić, że najbardziej skutecznym w zwalczaniu stonki ziemniaczanej okazał się preparat Calypso 480 SC we wszystkich badanych dawkach.

Z przeprowadzonych badań wynika, że liczebność larw i chrząszczy stonki ziemniaczanej zależała od zastosowanych insektycydów (rys. 1, 2).



Rys. 1. Liczba larw i chrząszczy (średnio dla lat)
Fig. 1. Number of larvae and adults (means for years)

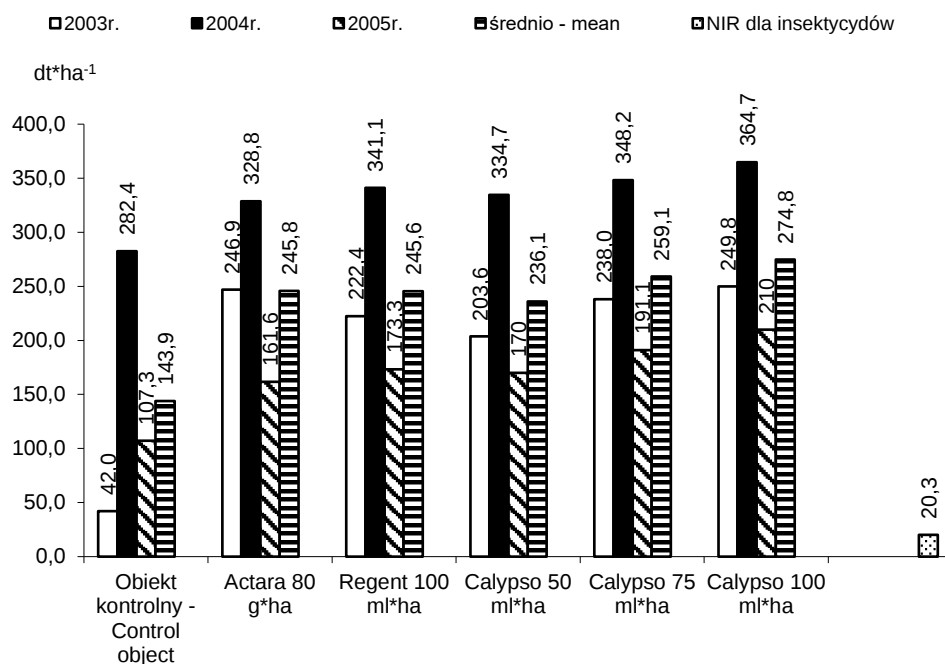
W pierwszym dniu po zabiegu najmniejszą liczbę larw i chrząszczy zanotowano na obiektach, gdzie zastosowano preparat Calypso 480 SC w dawkach 75 ml·ha⁻¹ i 100 ml·ha⁻¹. Liczba zarówno larw, jak i chrząszczy wynosiła odpowiednio 1,8 i 2,7 sztuki na 30 roślinach.



Rys. 2. Liczba larw i chrząszczy (średnio dla terminów obserwacji) w latach badań
Fig. 2. Number of larvae and beetles (means for observation dates) in the years of study

W cztery tygodnie od wykonania zabiegu preparat Calypso w dawce 100 ml·ha⁻¹ w dalszym ciągu charakteryzował się dużym wpływem na ograniczenie liczebności larw jak i osobników dorosłych szkodnika ponadto podobnymi właściwościami w zwalczaniu odznaczył się preparat Actara 25 WG w dawce 80 g·ha⁻¹, liczba larw i chrząszczy na omawianych obiektach wynosiła średnio 22,9 i 29,6 sztuk na 30 roślinach.

Uzyskane wyniki dowiodły, że wysokość plonu ogólnego bulw ziemniaka zależały od sposobów sposoby zwalczania stonki ziemniaczanej (rys. 3). Efektem zastosowanych insektycydów była znaczna wyższa plonu w porównaniu z obiektem kontrolnym. Najwyższy plon bulw ziemniaka uzyskano z obiektów, na których zastosowano preparat Calypso w dawce 75 ml·ha⁻¹ — średnio 259,1 dt·ha⁻¹ oraz Calypso w dawce 100 ml·ha⁻¹ — średnio 274,8 dt·ha⁻¹. Spośród stosowanych środków najmniej plonochronnym okazał się insektycyd Calypso, gdzie zastosowano najniższą zalecaną dawkę 50 ml·ha⁻¹, średni plon na tym obiekcie wyniósł 236,1 dt·ha⁻¹.



Rys. 3. Plon bulw ziemniaka
Fig. 3. Yield of potato tubers

DYSKUSJA

Otrzymane wyniki badań wskazują na wysoką skuteczność stosowanych insektycydów w redukcji populacji stonki ziemniaczanej oraz celowości ich stosowania w ochronie plantacji ziemniaka. Podobne wyniki badań uzyskali Pawińska i wsp. (1996), Zarzecka i Gugła (2004) oraz Zarzecka i wsp. (2005).

Warunki pogodowe panujące w poszczególnych sezonach wegetacyjnych wpływały na skuteczność zwalczania larw i chrząszczy stonki ziemniaczanej, jednakże nie były to różnice udowodnione statystycznie, co znalazło potwierdzenie w badaniach Mrówczyńskiego i wsp. (2000).

Analizując wysokość plonu ogólnego uzyskanego w doświadczeniu należy stwierdzić, że zastosowane insektycydy miały istotny wpływ na tę cechę, co potwierdzają badania Pawińskiej (2000), Pawińskiej i Osowskiego (1998).

WNIOSKI

1. Z badanych insektycydów (Actara 25 WG, Regent 200 SC i Calypso 480 S.C.) najbardziej skutecznym w zwalczaniu stonki ziemniaczanej we wszystkich terminach obserwacji był środek Calypso 480 SC w dawce 100 ml·ha⁻¹.
2. Skuteczność działania preparatów modyfikowały poszczególne sezony wegetacyjne. Najwyższą skuteczność uzyskano w 2004 roku — średnio 94,1%, najniższą w 2005 roku — średnio 86,2%,
3. Najwyższy plon ogólny bulw ziemniaka zebrano z obiektów, na których zastosowano środek Calypso w dawce 75 i 100 ml·ha⁻¹ (odpowiednio 259,1 i 274,8 dt·ha⁻¹).

LITERATURA

- Mrówczyński M. 1997. Metody badania skuteczności biologicznej insektycydów. Mat. Sem. „Metodyka zakładania i prowadzenia doświadczeń z zakresu ochrony roślin. IOR Poznań, 9 — 10: 47 — 50.
- Mrówczyński M., Wachowiak H., Pawińska M., Gądomski G. 2000. Wyniki badań wdrożeniowych insektycydu Actara 25 WG w zwalczaniu stonki ziemniaczanej *Leptinotarsa decemlineata* Say. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 40 (2): 901 — 904.
- Witkowski W. 1979. Doskonalenie chemicznego zwalczania stonki ziemniaczanej Prac. Nauk IOR, 21: 15 — 62.
- Pawińska M., Mrówczyński M., Wachowiak H., Widerski K., Bubniewicz P., Głazek M., Jabłczyński W. 1996. Badania nad zastosowaniem fipronilu w zwalczaniu szkodników upraw rolniczych. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 36 (2): 108 — 112.
- Pawińska M. 2000. Propozycja wykorzystania insektycydu Regent 200 SC w zwalczaniu stonki ziemniaczanej. Top Agrar Polska 4: 58 — 59.
- Pawińska M., Osowski J., 1998: Wpływ zabiegów ochrony na jakość bulw. Ziemniak Polski, 4: 13 — 21.
- Pruszyński S., Węgorz P., Pawińska M., Mrówczyński M., Wachowiak H., Przybysz E. 2003. Strategia chemicznego zwalczania stonki ziemniaczanej (*Leptinotarsa decemlineata* Say) w Polsce. Wyd. IOR Poznań: 5.
- Zarzecka K., Gugęła M. 2004. Skuteczność środka Calypso 480 SC w zwalczaniu stonki ziemniaczanej. Mat XLV Sesji Nauk. IOR, Poznań 12–13 luty, Streszczenia: 235 — 236.
- Zarzecka K., Gugęła M., Artych P. 2005. Skuteczność stosowania insektycydów w zwalczaniu stonki ziemniaczanej. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 45 (2): 1222 — 1224.

DANUTA BURACZYŃSKAKatedra Szczegółowej Uprawy Roślin
Akademia Podlaska w Siedlcach

Znaczenie nawozów zielonych z międzyplonów wsiewek i słomy w uprawie buraka cukrowego Część III. Zawartość makroskładników w roślinach

**The role of green manures, in form of undersown cover crops, and straw in sugar
beet cultivation**

Part III. Content of macroelements in plants

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 1997–2000 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Zawadach, na glebie kompleksu zbożowo-pastewnego mocnego, metodą *split-block*, w trzech powtórzeniach. Badano dwa czynniki: nawożenie biomasą międzyplonu wsiewki (obiekt kontrolny, obornik bydlęcy, międzyplon wsiewka: lucerna chmielowa, życica westerwoldzka, lucerna chmielowa + życica westerwoldzka), nawożenie słomą jęczmienną (obiekt bez słomy, obiekt ze słomą). W pracy określono zawartość makroskładników (N, P, K, Ca, Mg, Na) w korzeniach i liściach buraka cukrowego. Obornik i biomasa międzyplonów istotnie zmieniały zawartość azotu ogółem, fosforu, potasu i wapnia w korzeniach oraz liściach, a także zawartość magnezu w korzeniach i sodu w liściach buraka cukrowego, w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Zawartość wapnia i magnezu w korzeniach buraka cukrowego z kombinacji z biomasą mieszanki lucerny chmielowej z życicą westerwoldzką była istotnie większa, a zawartość azotu ogółem i potasu w korzeniach z kombinacji z biomasą życicy westerwoldzkiej istotnie mniejsze niż w korzeniach z obiektu z obornikiem. Liście buraka cukrowego z obiektu z lucerną chmielową charakteryzowały się istotnie większą zawartością potasu, a z kombinacji z mieszanką lucerny chmielowej z życicą westerwoldzką istotnie większą zawartością wapnia, w porównaniu z zawartością tych składników mineralnych w liściach buraka na oborniku. Nawożenie słomą, w odniesieniu do obiektu bez słomy, wpłynęło na istotny wzrost zawartości azotu ogółem, wapnia i magnezu w korzeniach i liściach oraz fosforu w liściach buraka cukrowego.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, międzyplon wsiewka, obornik, słoma, zawartość makroskładników

The field experiment was carried out in the split-block design with three replications, at the Experimental Farm in Zawady, on a cereal-fodder strong soil, in the years 1997–2000. Two factors were examined: fertilization with undersown cover crop biomass (control treatment, cattle farmyard manure, undersown cover crop: black medic, Westerwold ryegrass, black medic + Westerwold ryegrass), barley straw fertilization (treatments with or without straw). The content of macroelements

(N, P, K, Ca, Mg, Na) in sugar beet roots and leaves was determined. The farmyard manure and the biomass of catch crops significantly affected the content of total nitrogen, phosphorus, potassium and calcium in roots and leaves, the magnesium content of roots and sodium content of leaves, compared to those in the control treatments. The content both of calcium and magnesium in roots of sugar beet cultivated in the combination with the biomass of black medic and Westerwold ryegrass mixture was significantly higher, and the content, of nitrogen and potassium in the roots obtained in the combination with the biomass of Westerwold ryegrass was significantly lower than those in the treatment with farmyard manure alone. Sugar beet leaves from the treatment including black medic were characterized by significantly higher potassium content, and the leaves from the combination with the black medic and Westerwold ryegrass mixture contained significantly more calcium, as compared to the content of these elements in the control variant. Straw fertilization resulted in the significant increase in the content of total nitrogen, calcium and magnesium in roots and leaves, and of phosphorus in leaves.

Key words: content of macrolelements, farmyard manure, straw, sugar beet, undersown cover crop

WSTĘP

Zawartość składników pokarmowych w glebie i częściach wskaźnikowych buraka cukrowego, wykazuje ścisły związek z jego aktywnością fotosyntetyczną, wielkością wytworzonej biomasy oraz zdrowotnością roślin w różnych fazach wzrostu i jakością przetwórczą korzeni (Giles i in., 1977; Gutmański, 1992; Wiśniewski, 1994). Nawożenie organiczne, podobnie jak i mineralne, jest czynnikiem istotnie modyfikującym skład chemiczny roślin (Mazur i Koc, 1982; Gutmański, 1992; Słowiński i in., 1997; Wesołowski i in., 2003). Niewystarczająca ilość najcenniejszego z nawozów – obornika, dyktuje potrzebę zastąpienia go, w uprawie buraka cukrowego, innymi rodzajami nawozów organicznych. Słoma zbóż i nawozy zielone z międzyplonów mogą w znacznym stopniu zastąpić tradycyjny nawóz organiczny i uzupełniać niedobory substancji organicznej w glebie (Słowiński i in., 1995; Słowiński i in., 1997; Gutmański i in., 1998; Buraczyńska i Ceglarek, 2004).

Celem badań było określenie zmian w zawartości makroskładników w korzeniach i liściach buraka cukrowego pod wpływem nawozowego działania biomasy międzyplonu wsiewki oraz słomy jęczmiennej. Porównano także oddziaływanie obornika z nawozem zielonym z międzyplonu wsiewki na skład chemiczny buraka cukrowego.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w latach 1997–2000 na polu Rolniczego Zakładu Doświadczalnego w Zawadach, na glebie kompleksu zbożowo-pastewnego mocnego, klasy bonitacyjnej IIIb. Gleba charakteryzowała się średnią zasobnością w fosfor, potas i magnez przyswajalny oraz obojętnym odczynem. Doświadczenie dwuczynnikowe założono metodą *split-block*, w trzech powtórzeniach. Powierzchnia poletka do zbioru wynosiła 24,3 m². Czynnikiem I rzędu było nawożenie biomasą międzyplonu wsiewki: obiekt kontrolny (bez masy organicznej), obornik bydlęcy (30 t·ha⁻¹), międzyplon wsiewka: lucerna chmielowa (14,0 t·ha⁻¹), życica westerwoldzka (20,5 t·ha⁻¹), lucerna chmielowa + życica westerwoldzka (18,0 t·ha⁻¹). Czynnikiem II rzędu było nawożenie słomą jęczmienną: obiekt bez słomy, obiekt ze słomą (5,0 t·ha⁻¹). Na obiektach ze słomą,

z wyjątkiem kombinacji z lucerną chmielową, zastosowano wyrównawczą dawkę azotu w ilości 0,7 kg na 1 dt słomy. Dokładną metodykę badań przedstawiono w pierwszej części opracowania (Buraczyńska i Ceglarek, 2004). Międzyplony wsiewki wsiano w pierwszej dekadzie kwietnia w uprawiany na ziarno jęczmień jary, bezpośrednio po jego siewie. Wiosną pod jęczmień i międzyplony zastosowano nawozy mineralne w ilości: 60,0 kg N·ha⁻¹; 34,9 P·ha⁻¹ i 91,3 K·ha⁻¹. Po zbiorze jęczmienia jarego pod życicę westerwoldzką i mieszankę lucerny chmielowej z życicą westerwoldzką wysiano nawozy azotowe w dawkach odpowiednio 70,0 i 50,0 kg N·ha⁻¹. Biomasa międzyplonów wsiewek, obornik bydlęcy i słomę jęczmienną przyorano w trzeciej dekadzie października. Plon świeżej masy kośnej międzyplonów wsiewek przeznaczonych na zielony nawóz, a także plon słomy jęczmiennej określono w latach 1997–1999. W latach 1998–2000 uprawiano burak cukrowy odmiany Janina, pod który stosowano następujące dawki nawozów mineralnych: 120,0 kg N·ha⁻¹ (80,0 kg N·ha⁻¹ przedsięwzięcie i 40,0 kg N·ha⁻¹ pogłównie); 39,3 kg P·ha⁻¹ i 141,1 kg K·ha⁻¹.

Podczas zbioru buraka cukrowego z każdego poletka pobrano średnie próby korzeni i liści, w których suchej masie oznaczono zawartość: azotu ogółem – metodą Kjeldahla, fosforu – metodą wanadowo-molibdenową, potasu, sodu i wapnia – metodą fotometrii płomieniowej, magnezu – metodą absorpcji atomowej. Uzyskane dane eksperymentalne poddano analizie statystycznej, a istotność różnic między średnimi weryfikowano testem Tukeya przy poziomie $\alpha = 0,05$. Warunki pogodowe nie modyfikowały istotnie zawartości makroskładników w korzeniach i liściach buraka cukrowego, dlatego przedstawione wyniki są wartościami średnimi z trzech lat badań.

WYNIKI

Nawożenie buraka cukrowego biomasa międzyplonu wsiewki i słomą jęczmienną różnicowało zawartość makroskładników w korzeniach buraka cukrowego (tab. 1). Analizując oddziaływanie nawozów zielonych, stwierdzono, że zastosowana biomasa lucerny chmielowej i mieszanki lucerny chmielowej z życicą westerwoldzką istotnie zwiększała zawartość azotu ogółem w korzeniach buraka cukrowego, odpowiednio o 0,96 i 0,85 g·kg⁻¹ s.m., w stosunku do obiektu kontrolnego. Również obornik wpłynął na istotny wzrost zawartości azotu ogółem (o 0,94 g·kg⁻¹ s.m.) w korzeniach buraka cukrowego. Zawartość azotu ogółem w korzeniach buraka cukrowego z obiektu z życicą westerwoldzką kształtowała się na zbliżonym poziomie, jak w korzeniach z obiektu kontrolnego. Korzenie buraka cukrowego z kombinacji nawożonej biomasa lucerny chmielowej charakteryzowały się istotnie większą zawartością fosforu (o 0,15 g·kg⁻¹ s.m.) i potasu (o 0,49 g·kg⁻¹ s.m.) niż korzenie z obiektu bez masy organicznej. Obornik oraz biomasa życicy westerwoldzkiej i mieszanki lucerny chmielowej z życicą westerwoldzką, w stosunku do obiektu kontrolnego, nie modyfikowały istotnie zawartości fosforu i potasu w korzeniach buraka cukrowego. Przyorana pod burak cukrowy biomasa międzyplonów wsiewek istotnie zwiększała zawartość wapnia (o 0,30–0,55 g·kg⁻¹ s.m.) i magnezu (o 0,21–0,50 g·kg⁻¹ s.m.) w korzeniach buraka cukrowego w porównaniu z obiektem bez

masy organicznej. Podobne działanie nawozowe na zawartość wapnia i magnezu w korzeniach buraka cukrowego wykazał obornik, a wzrost zawartości pierwiastków wynosił odpowiednio 0,29 i 0,24 g·kg⁻¹ s.m. Zastosowanie obornika i biomasy międzyplonów wsiewek nie zmieniało istotnie zawartości sodu w korzeniach buraka cukrowego. Zawartość azotu ogółem i potasu w korzeniach buraka cukrowego z obiektu z życią westerwoldzką była istotnie mniejsza, a zawartość wapnia i magnezu w korzeniach z kombinacji z mieszanką lucerny chmielowej z życią westerwoldzką istotnie większa niż w korzeniach buraka na oborniku.

Tabela 1

Wpływ zróżnicowanego nawożenia na zawartość makroskładników w korzeniach buraka cukrowego, w g·kg⁻¹ s.m. (średnio z lat 1998–2000)
Influence of diversified fertilization on the content of macroelements in sugar beet roots, in g·kg⁻¹ d.m. (mean for 1998–2000)

Nawożenie biomasą międzyplonu wsiewki Fertilization with undersown cover crop biomass	Nawożenie słomą ¹ Straw fertilization ¹	Makroskładnik — Macroelement					
		N	P	K	Ca	Mg	Na
Obiekt kontrolny Control treatment	B	7,43	1,72	6,80	1,94	1,81	0,49
	S	8,21	1,82	7,32	2,10	2,17	0,41
	średnio — mean	7,82	1,77	7,06	2,02	1,99	0,45
Obornik bydlęcy Cattle farmyard manure	B	8,72	1,81	7,26	2,38	2,20	0,53
	S	8,79	1,76	7,44	2,24	2,26	0,54
	średnio — mean	8,76	1,79	7,35	2,31	2,23	0,54
Lucerna chmielowa Black medic	B	8,46	1,79	7,51	2,27	2,32	0,45
	S	9,10	2,04	7,59	2,51	2,44	0,37
	średnio — mean	8,78	1,92	7,55	2,39	2,38	0,41
Życia westerwoldzka Westerwold ryegrass	B	7,91	1,68	6,90	2,30	2,01	0,40
	S	8,33	1,73	7,12	2,34	2,39	0,40
	średnio — mean	8,12	1,71	7,01	2,32	2,20	0,40
Lucerna chmielowa + życia westerwoldzka Black medic + Westerwold ryegrass	B	8,29	1,77	7,14	2,41	2,40	0,51
	S	9,04	1,97	7,52	2,73	2,58	0,42
	średnio — mean	8,67	1,87	7,33	2,57	2,49	0,47
Średnio w zależności od nawożenia słomą Mean depending on straw fertilization	B	8,16	1,75	7,12	2,26	2,15	0,48
	S	8,69	1,86	7,40	2,38	2,37	0,43
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}							
Nawożenie biomasą międzyplonu wsiewki Fertilization with undersown cover crop biomass		0,43	0,13	0,31	0,18	0,17	r.n.-n.s.
Nawożenie słomą Straw fertilization		0,03	r.n.-n.s.	r.n.-n.s.	0,07	0,03	r.n.-n.s.
Nawożenie biomasą międzyplonu wsiewki × nawożenie słomą Fertilization with undersown cover crop biomass × straw fertilization		0,66	0,17	0,34	0,28	0,19	r.n.-n.s.

¹ B — Obiekt bez nawożenia słomą; The treatment without straw fertilization

S — Obiekt z nawożeniem słomą; The treatment with straw fertilization

r.n.-n.s. — Różnica nieistotna; Not significant

Uwzględniając wpływ nawożenia słomą jęczmienną na zawartość makroskładników w korzeniach buraka cukrowego, udowodniono, że korzenie z obiektu ze słomą odznaczały się istotnie większą zawartością azotu ogółem (o 0,53 g·kg⁻¹ s.m.), wapnia (o 0,12 g·kg⁻¹

s.m.) i magnezu ($0,22 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) niż korzenie z obiektu bez słomy. Stosowana pod burak cukrowy słoma jęczmienna nie wpływała istotnie na zawartość fosforu, potasu i sodu w korzeniach buraka.

Działanie biomasy międzyplonów wsiewek na zawartość makroskładników w korzeniach buraka cukrowego, z wyjątkiem sodu, było różnicowane przez nawożenie słomą jęczmienną. Na obiekcie bez słomy przyoranie biomasy życicy westerwoldzkiej spowodowało istotny spadek zawartości azotu ogółem ($0,81 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) i potasu ($0,36 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), a biomasy mieszanki lucerny chmielowej z życicą westerwoldzką istotny wzrost zawartości magnezu ($0,20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) w korzeniach buraka cukrowego, w stosunku do wariantu z obornikiem. Na obiekcie ze słomą jęczmienną biomasa lucerny chmielowej istotnie zwiększała zawartość fosforu ($0,28 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), natomiast biomasa mieszanki lucerny chmielowej z życicą westerwoldzką istotnie zwiększała zarówno zawartość fosforu ($0,21 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), jak i wapnia ($0,49 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) oraz magnezu ($0,32 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) w korzeniach buraka cukrowego, w odniesieniu do działania obornika.

Stosowane pod burak cukrowy nawozy przyczyniły się do zmiany zawartości makroskładników w liściach buraka (tab. 2). Obornik i biomasa międzyplonów wsiewek, w porównaniu z obiektem kontrolnym, istotnie zwiększały zawartość azotu ogółem ($2,94$ i $1,67\text{--}3,10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) oraz wapnia ($0,41$ i $0,43\text{--}0,76 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) w liściach buraka cukrowego. Zawartość fosforu w liściach buraka cukrowego z obiektu nawożonego obornikiem, biomasą lucerny chmielowej i mieszanki lucerny chmielowej z życicą westerwoldzką była istotnie większa, odpowiednio $0,18$, $0,26$ i $0,15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$, niż w liściach buraka z obiektu kontrolnego. Istotny wzrost zawartości potasu stwierdzono w liściach buraka cukrowego z obiektu z biomasą lucerny chmielowej ($1,99 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) i mieszanki lucerny chmielowej z życicą westerwoldzką ($1,31 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), a sodu w liściach z obiektu z obornikiem ($1,49 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) i biomasą mieszanki lucerny chmielowej z życicą westerwoldzką ($1,01 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), w odniesieniu do zawartości tych składników mineralnych w liściach z obiektu kontrolnego. Nawożenie buraka cukrowego obornikiem i biomasą międzyplonów wsiewek nie oddziaływało istotnie na zawartość magnezu w liściach buraka. Zawartość azotu ogółem w liściach buraka cukrowego z kombinacji z życicą westerwoldzką i sodu w liściach z kombinacji z lucerną chmielową i życicą westerwoldzką była istotnie mniejsza niż w liściach buraka na oborniku. Przyoranie biomasy lucerny chmielowej wpłynęło na istotny wzrost zawartości potasu ($1,09 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), a biomasy mieszanki lucerny chmielowej z życicą westerwoldzką na istotny wzrost zawartości wapnia ($0,35 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) w liściach buraka cukrowego w stosunku do obornika.

Nawożenie słomą jęczmienną istotnie zwiększało zawartość azotu ogółem ($2,48 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), fosforu ($0,12 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), wapnia ($0,38 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) i magnezu ($0,18 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), a nie różnicowało zawartości potasu i sodu w liściach buraka cukrowego, w porównaniu z obiektem bez słomy.

Analiza wariancji wykazała współdziałanie nawożenia biomasą międzyplonu wsiewki z nawożeniem słomą jęczmienną w odniesieniu do zawartości azotu ogółem, fosforu, potasu, wapnia i magnezu w liściach buraka cukrowego.

Tabela 2

Wpływ zróżnicowanego nawożenia na zawartość makroskładników w liściach buraka cukrowego, w g·kg⁻¹ s.m. (średnio z lat 1998–2000)
Influence of diversified fertilization on the content of macroelements in sugar beet leaves, in g·kg⁻¹ d.m. (mean for 1998–2000)

Nawożenie biomasą międzyplonu wsiewki Fertilization with undersown cover crop biomass	Nawożenie słomą ¹ Straw fertilization ¹	Makroskładnik — Macroelement					
		N	P	K	Ca	Mg	Na
Obiekt kontrolny Control treatment	B	22,42	3,31	43,20	11,97	6,10	11,84
	S	24,04	3,43	45,02	12,43	6,72	11,80
	średnio — mean	23,23	3,37	44,11	12,20	6,41	11,82
Obornik bydlęcy Cattle farmyard manure	B	24,51	3,63	45,38	12,40	6,60	13,10
	S	27,83	3,46	44,64	12,82	6,64	13,52
	średnio — mean	26,17	3,55	45,01	12,61	6,62	13,31
Lucerna chmielowa Black medic	B	25,04	3,54	46,19	12,38	6,34	12,53
	S	27,62	3,72	46,01	13,04	6,70	12,11
	średnio — mean	26,33	3,63	46,10	12,71	6,52	12,32
Życica westerwoldzka Westerwold ryegrass	B	24,13	3,40	43,82	12,52	6,61	12,00
	S	25,67	3,44	44,98	12,74	6,53	12,40
	średnio — mean	24,90	3,42	44,40	12,63	6,57	12,20
Lucerna chmielowa + życica westerwoldzka Black medic + Westerwold ryegrass	B	24,38	3,31	44,93	12,89	6,40	13,04
	S	27,72	3,73	45,90	13,03	6,38	12,62
	średnio — mean	26,05	3,52	45,42	12,96	6,39	12,83
Średnio w zależności od nawożenia słomą Mean depending on straw fertilization	B	24,10	3,44	44,70	12,43	6,41	12,50
	S	26,58	3,56	45,31	12,81	6,59	12,49
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}							
Nawożenie biomasą międzyplonu wsiewki Fertilization with undersown cover crop biomass		1,08	0,14	1,05	0,26	r.n.-n.s.	0,94
Nawożenie słomą Straw fertilization		0,29	0,04	r.n.-n.s.	0,08	0,06	r.n.-n.s.
Nawożenie biomasą międzyplonu wsiewki × nawożenie słomą Fertilization with undersown cover crop biomass × straw fertilization		1,56	0,22	1,16	0,32	0,35	r.n.-n.s.

¹ B — Obiekt bez nawożenia słomą; The treatment without straw fertilization

S — Obiekt z nawożeniem słomą; The treatment with straw fertilization

r.n.-n.s. — Różnica nieistotna; Not significant

Na obiekcie bez słomy zawartość fosforu w liściach buraka cukrowego z kombinacji nawożonej życią westerwoldzką i mieszką lucerny chmielowej z życią westerwoldzką oraz zawartość potasu w liściach z kombinacji z życią westerwoldzką była istotnie mniejsza, a zawartość wapnia w liściach z kombinacji z mieszką lucerny chmielowej z życią westerwoldzką była istotnie większa niż w liściach buraka uprawianego na oborniku. Nawożenie biomasą życicy westerwoldzkiej łącznie ze słomą jęczmienną przyczyniło się do istotnego spadku zawartości azotu ogółem (o 2,16 g·kg⁻¹ s.m.) w liściach buraka cukrowego, w odniesieniu do nawożenia obornikiem ze słomą. Na obiekcie ze słomą jęczmienną zastąpienie obornika biomasą lucerny chmielowej i mieszanki lucerny chmielowej z życią westerwoldzką istotnie zwiększało zawartość fosforu (o 0,26 i 0,27 g·kg⁻¹ s.m.) oraz potasu (o 1,37 i 1,26 g·kg⁻¹ s.m.) w liściach buraka cukrowego.

DYSKUSJA

Wyniki badań uzyskane z doświadczenia przeprowadzonego w warunkach glebowo-klimatycznych środkowowschodniej Polski wykazały wpływ nawożenia biomasą międzyplonu wsiewki i słomą jęczmienną na zawartość makroskładników w korzeniach i liściach buraka cukrowego.

Liście buraka cukrowego, jako organ asymilacyjny i fotosyntetyczny, charakteryzowały się większą zawartością makroskładników niż korzenie (Mazur i Koc, 1982; Wiśniewski, 1994; Słowiński i in., 1995, 1997).

Zastosowany pod burak cukrowy obornik i biomasa międzyplonów wsiewek, zwiększały, w większości przypadków, zawartość makroskładników w korzeniach i liściach buraka cukrowego, w odniesieniu do obiektu bez masy organicznej. Podobne zmiany lub tendencje udowodnili Songin i Zwierzykowski (1982) badając oddziaływanie obornika i nawozów zielonych z niemotylkowatych międzyplonów ścierniskowych na zawartość makro- i mikroskładników w korzeniach i liściach buraka cukrowego. Również w eksperymencie Gutmańskiego (1992) nawożenie obornikiem przyczyniło się do wzrostu zawartości azotu i pozostałych makroskładników w liściach buraka cukrowego. Fakt ten wynika z lepszego zaopatrzenia roślin buraka cukrowego w składniki pokarmowe w kombinacjach, w których stosowano nawozy. Nawozy naturalne i organiczne są, bowiem źródłem większości makro- i mikroskładników niezbędnych dla roślin (Wiśniewski, 1994; Mazur i Ciećko, 2000). Uwalniane w procesie mineralizacji substancji organicznej składniki pokarmowe są systematycznie pobierane przez rośliny następcze (Roszak, 1973; Wiater i Dębicki, 1994; Harasimowicz-Hermann, 1998).

W przeprowadzonym eksperymencie przyorana pod burak cukrowy biomasa międzyplonów wsiewek, w porównaniu z obornikiem, istotnie różnicowała zawartość azotu ogółem, fosforu, potasu i wapnia w korzeniach oraz liściach, a także magnezu w korzeniach i sodu w liściach buraka. Różnicowane działanie międzyplonów ścierniskowych z roślin motylkowatych i niemotylkowatych, w odniesieniu do obornika, na zawartość makroskładników w korzeniach i liściach buraka cukrowego stwierdzili Słowiński i wsp. (1997) oraz Wesołowski i wsp. (2003). Różnica w działaniu obornika i nawozów zielonych z międzyplonów na skład chemiczny buraka cukrowego wynika z szybszego tempa rozkładu i mineralizacji masy organicznej międzyplonów (Miczyński i Siwicki, 1962).

Badania własne wskazują na mniejszą zawartość makroskładników, nie zawsze jednak potwierdzoną statystycznie, w korzeniach i liściach buraka cukrowego z obiektu nawożonego biomasą życicy westerwoldzkiej niż w korzeniach i liściach buraka z kombinacji nawożonej lucerną chmielową oraz mieszanką lucerny chmielowej z życicą westerwoldzką. Dynamikę rozkładu masy organicznej warunkuje m.in. jej skład chemiczny, a zwłaszcza stosunek C:N — im węższy ten stosunek, tym szybsza mineralizacja (Roszak, 1973; Harasimowicz-Hermann, 1998; Mazur i Ciećko, 2000). Masa organiczna traw i innych roślin niemotylkowatych zawiera mniej makroskładników, zwłaszcza azotu, niż biomasa motylkowatych (Ceglarek, 1982; Sowiński i in., 1995). Oprócz tego biomasa traw, w porównaniu z biomasą motylkowatych, odznacza się szerszym stosunkiem C:N, dlatego

też rozkład masy organicznej i uwalnianie składników pokarmowych jest wolniejsze (Harasimowicz-Hermann, 1998).

Uzyskane wyniki badań wykazały, że zawartość azotu ogółem, wapnia i magnezu w korzeniach i liściach oraz fosforu w liściach buraka cukrowego z obiektu nawożonego słomą jęczmienną była istotnie większa niż w korzeniach i liściach buraka z obiektu bez słomy. Do podobnych konkluzji doszedł Mazur i Koc (1982). W badaniach własnych dodatek słomy jęczmiennej do biomasy międzyplonów wsiewek zwykle zwiększał ich działanie nawozowe oraz zawartość makroskładników, z wyjątkiem sodu, w korzeniach i liściach buraka cukrowego. Przyorując międzyplon łącznie ze słomą wprowadza się do gleby więcej masy organicznej i składników pokarmowych, z których korzysta roślina następcza, niż z samym międzyplonem (Dzienia, 1989).

WNIOSKI

1. W warunkach przeprowadzonego eksperymentu stosowane pod burak cukrowy nawozy zielone z międzyplonów wsiewek, istotnie zmieniały zawartość azotu ogółem, fosforu, potasu oraz wapnia w korzeniach i liściach, a także zawartość magnezu w korzeniach i sodu w liściach buraka, w odniesieniu do obiektu kontrolnego i z obornikiem.
2. Nawożenie słomą jęczmienną istotnie zwiększało zawartość azotu ogółem, wapnia i magnezu w korzeniach oraz liściach, jak również fosforu w liściach buraka cukrowego.
3. Oddziaływanie przyoranej biomasy międzyplonów wsiewek na zawartość makroskładników w korzeniach i liściach buraka cukrowego, z wyjątkiem sodu, było istotnie modyfikowane przez nawożenie słomą jęczmienną.
4. Zawartość wapnia i magnezu w korzeniach oraz wapnia w liściach z kombinacji z biomasą mieszanki lucerny chmielowej z życicą westerwoldzką, a także potasu w liściach buraka cukrowego z kombinacji z lucerną chmielową była istotnie większa niż w buraku uprawianym na oborniku. Natomiast działanie nawozowe biomasy życicy westerwoldziej na zawartość azotu ogółem i potasu w korzeniach oraz azotu ogółem i sodu w liściach, jak i biomasy lucerny chmielowej na zawartość sodu w liściach buraka cukrowego nie dorównywało działaniu obornika.

LITERATURA

- Buraczyńska D., Ceglarek F. 2004. Znaczenie nawozów zielonych z międzyplonów wsiewek i słomy w uprawie buraka cukrowego. Cz. I. Zachwaszczenie plantacji buraka cukrowego. Biul. IHAR 234: 171 — 180.
- Ceglarek F. 1982. Uprawa wsiewek poplonowych w zbożach. Cz. III. Ocena resztek poźniwnych wsiewek poplonowych i ich wpływ na plon pszenicy jarej. Zesz. Nauk. WSRP Siedlce 1, Ser. Rol.: 101 — 114.
- Dzienia S. 1989. Wpływ masy organicznej na plonowanie roślin i chemiczne właściwości gleby lekkiej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 377: 155 — 159.
- Giles J. F., Ludwick A. E., Reuss J.O. 1977. Prediction of late season nitrate — nitrogen content of sugar beet petioles. Agron. J. 69, 1: 85 — 88.

- Gutmański I. 1992. Działanie wapna, obornika i terminu zbioru na efektywność dawek azotu stosowanego pod buraki cukrowe. Cz. II. Zawartość składników pokarmowych w siewkach i liściach buraka cukrowego. Biul. IHAR 184: 105 — 118.
- Gutmański I., Szymczak-Nowak J., Kostka-Gościński D., Nowakowski M., Banaszak H. 1998. Wpływ obornika, słomy i międzyplonów ścierniskowych na plonowanie buraka cukrowego przy zróżnicowanej koncentracji jego uprawy w płodozmianie. Roczn. AR Poznań CCCVII, Rol. 52: 263 — 271.
- Harasimowicz-Hermann G. 1998. Wartość następcza łubinów, ich miejsce w zmianowaniu oraz w siedliskach pozarolniczych. Mat. ogólnopol. sem. nauk. „Łubin w rolnictwie ekologicznym. Łubin — Białko — Ekologia”. Przysiek, 23 IX 1998. Wyd. ODR Przysiek: 31 — 40.
- Mazur T., Ciećko Z. 2000. Nawożenie organiczne w zintegrowanym rolnictwie. Folia Univ. Agric. Stetin 211, Agricultura 84: 285 — 288.
- Mazur T., Koc J. 1982. Wpływ nawożenia mineralnego i organicznego stosowanego w zmianowaniu na plon roślin i ich skład chemiczny. Zesz. Nauk. ART Olsztyn, Rol. 34: 119 — 133.
- Miczyński J., Siwicki S. 1962. Międzyplony nawozowe w uprawie buraka cukrowego. Cz. III. Różne poplony ścierniskowe i ich działanie następcze. Roczn. Nauk Rol., Ser. A, 87, 1: 63 — 89.
- Roszak W. 1973. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie oraz wartość przedplonową wieloletnich roślin motylkowatych i mieszanek z trawami. Cz. II. Wartość przedplonowa koniczyny czerwonej lucerny mieszańcowej oraz mieszanek tych roślin z trawami nawożonych azotem. Roczn. Nauk Rol. Ser. A, 99, 1: 65 — 73.
- Słowiński H., Prośba-Białczyk U., Pytlarz-Kozicka M., Nowak W. 1995. Wpływ nawożenia na dynamikę pobierania składników mineralnych przez buraka cukrowego. Zesz. Nauk. AR Wrocław 262, Rol. LXIII: 31 — 43.
- Słowiński H., Prośba-Białczyk U., Pytlarz-Kozicka M., Nowak W. 1997. Wpływ nawożenia organicznego i mineralnego na zawartość makroskładników i cukru w buraku cukrowym. Biul. IHAR 202: 149 — 157.
- Songin W., Zwierzykowski M. 1982. Wpływ niektórych czynników przyrodniczych i agrotechnicznych na zróżnicowanie zawartości N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, i Cu w ziemniakach, burakach i kukurydzy. Cz. II. Zróżnicowanie w zależności od deszczowania, nawożenia oraz niektórych czynników agrotechnicznych. Zesz. Nauk. AR Szczecin 92, Rol. XXVII: 179 — 187.
- Sowiński J., Nowak W., Gospodarczyk F. 1995. Wartość nawozowa wybranych poplonów ścierniskowych na tle obornika dla buraka cukrowego. Zesz. Nauk. AR Wrocław 262, Rol. LXIII: 9 — 20.
- Wesołowski M., Bętkowski M., Kokoszka M. 2003. Wpływ gospodarki bezobornikowej na jakość korzeni buraka cukrowego. Annales UMCS, Sec. E, 58: 1 — 12.
- Wiater J., Dębicki R. 1994. Następcze oddziaływanie różnych materiałów organicznych na glebę i roślinę. Cz. II. Skład chemiczny roślin. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 407: 65 — 70.
- Wiśniewski W. 1994. Dynamika wzrostu i pobierania składników pokarmowych przez buraki cukrowe i pastewne z uwzględnieniem ich jakości. Hod. Rośl. Aklim. 38, (1/2): 3 — 41.

MAŁGORZATA WYRZYKOWSKA**JOLANTA ZIEMIAŃSKA****MARZENA LISOWSKA**

Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa

Akademia Podlaska w Siedlcach

Zmienność i współzależność cech lucerny (*Medicago sativa* ssp. L.) o różnej długości kwiatostanu

Variability and correlations of some traits in lucerne (*Medicago sativa* ssp. L.) forms with different length of inflorescence

Od wielu lat prowadzone są prace hodowlane mające na celu poprawienie produktywności nasiennej uprawianych w naszym kraju lucern. Celem niniejszego opracowania była analiza produktywności nasiennej oraz ekspresji cech plonotwórczych form lucerny o różnej długości produktywnej części grona. Wydzielono trzy grupy fenotypowe: pędy o długich gronach (formy „lp”), odcinek produktywny grona powyżej 4 cm; typowe dla lucerny, z produktywną częścią gron o długości 2–4 cm (rośliny selekcjonowane na cechę samokończenia i przedłużone kwitnienie kwiatów, rośliny o wiechowatych kwiatostanach, z produktywną częścią gron o długości do ok. 2 cm. Rośliny charakteryzujące się długością produktywnej części grona powyżej 4 cm miały większą liczbę strąków w gronie i większą liczbę nasion w gronie. Rośliny o krótkich osadkach kwiatostanowych (do 2 cm) zawiązywały istotnie więcej nasion w strąku. Plonowanie nasienne wydzielonych grup roślin było podobne, od 1,1 do 1,4 g nasion z pędu. We wszystkich grupach stwierdzono, że plon nasion z pędu zależy od zmienności liczby nasion z rośliny, masy tysiąca nasion, średniej liczby nasion w gronie oraz liczby węzłów i gron na pędzie. Plon nasion z pędu w badanych grupach, w około 98% determinowany jest zmiennością liczby nasion z pędu i zmiennością masy tysiąca nasion.

Słowa kluczowe: lucerna, długość produktywnej części grona, plon nasion, korelacje, regresja

Breeding work to improve seed productivity of lucerne has been conducted in our country for many years. The aim of the investigations was to analyze the seed productivity and variability of yielding traits of lucerne forms with different length of the productive parts of raceme. Three phenotype groups were separated: shoots with long racemes ('lp' forms) that were above 4 cm long; forms typical of lucerne, with a 2–4 cm long productive part of raceme (determine forms and the ones showing prolonged flowering were selected); plants with panicle inflorescence and the length of a raceme of about 2 cm. Plants with the productive part of a raceme exceeding 4 cm in length were characterized by greater number both of pods and seeds per raceme. Plants with a short peduncle (up to 2 cm) set significantly more seeds per pod. Seed yielding of the selected groups was similar, from 1.1 to 1.4 g of seeds per shoot. In all the groups, yield of seeds per plant depended on: variability of a number of seeds

per plant, thousand seeds weight, average number of seeds per raceme, number of nodes and number of raceme per shoot. In the tested groups, seed yield per shoot was determined by the variability of a number of seeds per shoot and that of thousand seeds weight.

Key words: lucerne, alfalfa, seed yield, raceme productive part length, simple correlation, regression

WSTĘP

Rynek nasienny lucerny nasycony jest obecnie odmianami zagranicznymi, z których większość to odmiany lucerny siewnej (*Medicago sativa* ssp. *sativa*). Uprawa odmian importowanych bywa zawodna między innymi ze względu na małe ich przystosowanie do warunków agrometeorologicznych Polski. Ograniczona jest również ich reprodukcja z powodu słabego, w naszych warunkach, wiązania nasion. Kłopoty z reprodukcją dotyczą również naszych polskich odmian, które w większości zaliczamy do podgatunku lucerny mieszańcowej (*Medicago sativa* ssp. *media*). Od wielu lat prowadzone są prace hodowlane mające na celu poprawienie produktywności nasiennej uprawianych w naszym kraju lucern.

Na materiale kolekcyjnym uzyskanym z IHAR Radzików, prowadzone są w Katedrze Hodowli Roślin i Nasiennictwa Akademii Podlaskiej w Siedlcach prace selekcyjne mające na celu polepszenie produktywności nasiennej badanych form. Przynoszą one różne rezultaty a intuicyjna analiza wyników wskazuje na związek między długością produktywnej części grona i plonowaniem nasiennym roślin. Celem niniejszego opracowania była analiza produktywności nasiennej oraz ekspresji cech plonotwórczych badanych form lucerny o różnej długości produktywnej części grona.

MATERIAŁ I METODY

W doświadczeniu, w układzie całkowicie losowym, badano różne formy genetyczne lucerny mieszańcowej. Materiał badawczy stanowiły biotypy (formy) lucerny otrzymane z IHAR w Radzikowie koło Warszawy, od dr Zbigniewa Bodzona.

Badano: linie wyprowadzone z materiału hodowlanego odmiany Radius, selekcjonowane na długie grona (formy „lp” — ang. „long peduncle”); linie S₂, selekcjonowane na cechę długiej żywotności kwiatów (formy „l.v” — ang. „long viability”); linie S₂, selekcjonowane na cechę samokończenia (formy „tf” — ang. „terminal flower”); linie S₁, odznaczające się rozgałęzionymi gronami, „wiechy” (formy „br” — ang. „branched raceme”). Charakterystyka biotypów sporządzona została na podstawie danych udostępnionych przez ich pierwotnego właściciela i polowych obserwacji autorów. Nasiona przeznaczone do siewu uzyskano w wyniku kontrolowanego krzyżowania form o cesze, w kierunku której selekcjonowane są linie. Ze względu na małą ilość nasion, ich twardość oraz nieznane energię i siłę kiełkowania zastosowano siew gniazdowy (2003 r.) na podłożu ogrodniczym w donicach bez dna, które umieszczono w szklarni. W gnieździe wysiewano nasiona uzyskane z pojedynczego typu krzyżowań (jedna forma mateczna i ojcowska). Gleba na zagonach szklarniowych należy do gleb kulturoziemnych typu hortisoli i charakteryzuje się wysoką zasobnością w składniki pokarmowe oraz pH w 1 mol KCl·dm⁻³ — 6,6. Szklarnia w okresie jesiennym, zimowym i w okresie wegetacji, pozbawiona była

dachu w związku z tym warunki zimowania i rozwoju roślin zbliżone były do naturalnych. Oceny roślin dokonano w latach 2004 i 2005, obejmujących pierwszy i drugi roku użytkowania. Z każdego gniazda zebrano wszystkie pędy. Pędy potraktowano jako pojedynki i podzielono na trzy grupy, za kryterium podziału przyjmując średnią długość produktywnej części grona, jaka charakteryzowała dany pęd i przynależność do grupy selekcyjnej. Pędów o długich gronach (formy „lp”) (część produktywna powyżej 4 cm) było 159 szt. (po dwóch latach badań). Typowe dla lucerny, produktywne części grona o długości 2–4 cm, wykształciły rośliny selekcjonowane na cechę samokończenia i przedłużone kwitnienie kwiatów, było ich 165 szt. (po dwóch latach badań). Rośliny o wiechowatych kwiatostanach, charakteryzowały się bardzo krótkimi częściami produktywnymi gron (do 2 cm) i zebrano ich 145 (po dwóch latach badań). Materiał roślinny opracowano biometrycznie uwzględniając: długość pędu, liczbę węzłów na pędzie, liczbę gron na pędzie, MTN, plon nasion z pędu. Charakterystyka biometryczna gron znajdujących się na poszczególnych pędach wymagała wyznaczenia wartości średnich dla następujących cech: długość osadki grona, długość części produktywnej grona, liczby nasion w gronie, liczby nasion w strąku, liczby strąków w gronie. Uzyskane w pomiarach biometrycznych wyniki opisujące różnorodność badanego materiału wyjściowego lucerny, opracowano statystycznie. Istotność różnic między badanymi grupami lucerny oceniono jednoczynnikową analizą wariancji a szczegółowego porównania średnich dokonano, stosując test Tukeya. Wyznaczono współczynniki korelacji prostej między cechami roślin poszczególnych grup, oraz przeprowadzono analizę wpływu badanych cech na plonowanie nasienne metodą regresji wielokrotnej postępującej.

WYNIKI I DYSKUSJA

W badaniach analizowano zmienność i współzależności wybranych cech roślin lucerny, po dwóch latach użytkowania. Badana populacja lucerny jest materiałem wyjściowym o dużej zmienności, w którym prowadzi się selekcję. Podzielono ją na trzy grupy: rośliny o długości produktywnej części grona do 2 cm, od 2,1 cm do 4 cm i powyżej 4,0 cm.

Plonowanie nasienne wydzielonych grup roślin kształtowało się następująco: 1,1 g nasion z pędu dla grup o długich i krótkich osadkach kwiatostanowych oraz istotnie więcej — 1,4 g nasion z pędu dla populacji o typowych kwiatostanach (tab. 1) Brak różnic w plonowaniu nasiennym badanych roślin lucerny o skrajnych długościach osadek kwiatostanowych wynika z braku różnic w liczbie nasion z pędu i MTN. Właściwie nie chodzi tu nawet o istotność różnic, które nie zostały potwierdzone z powodu wysokiej zmienności wewnątrzgrupowej cech, a o prostą zależność, iż wiązanie większej ilości nasion może być związane z mniejszą ich dorodnością i odwrotnie. Rośliny o krótkich osadkach kwiatostanu wiązały mniej strąków w gronie (9,8) jednak strąki były lepiej wypełnione (średnio po ok. 2 nasiona). Formy o długich osadkach kwiatostanowych wiązały istotnie więcej strąków w gronie (ok. 15) jednak na pojedynczy strąk przypadało tylko jedno nasiono. Zjawisko to można wytłumaczyć dużą zmiennością tych cech w populacji.

Tabela 1

Zmienność cech badanych form lucerny
Variability of characters in the tested lucerne forms

Cecha Character	Grupy fenotypowe — Phenotypic group						
	I ≤ 2,0 cm		II 2,1-4,0		III ≥ 4,1		
	średnia mean	V%*	średnia mean	V%	średnia mean	V%	
Długość pędów (cm) Shoot length	78,2 a	19,1	90,0 b	25,2	87,7 b		18,7
Liczba węzłów na pędzie Nodes no. per shoot	15,8 a	30,7	18,1 b	50,0	18,9 b		19,7
Liczba gron na pędzie Raceme no. per shoot	51,3 a	95,6	50,2 a	73,0	50,7 a		39,6
Liczba strąków w gronie Pods per raceme	9,8 a	29,4	12,4 b	25,9	15,1 c		18,6
Długość osadki grona (cm) Racemes peduncle length	3,4 a	14,8	5,1 b	18,1	7,5 c		19,2
Długość części produkcyjnej grona (cm) Length of raceme productive part	1,5 a	18,6	2,7 b	16,8	5,2 c		21,9
Liczba nasion w gronie Seeds per raceme	19,2 b	64,9	20,8 c	63,4	14,5 a		54,1
Liczba nasion w strąku Seeds per pod	1,8 b	108,5	1,1 a	87,0	1,0 a		53,0
Liczba nasion z pędu Seeds per shoot	701,8 a	72,9	780,2 a	78,3	611,2 a		54,0
MTN (g) Thousand seeds weight	1,62 a	22,6	1,73 a	28,3	1,70 a		19,5
Plon nasion z pędu (g) Seed yield per shoot	1,1 a	80,1	1,4 b	88,4	1,1 a		66,6

*Współczynnik zmienności (%); Coefficient of variation (%)

a, b, c, — Grupy jednorodne wg testu Tukeya, istotne przy $p = 0,01$; Homogeneous groups according to Tukey's test; significant at $p = 0,01$

Rośliny o typowych osadkach kwiatostanu wiązały średnio 12,4 strąki w gronie. Na jedno grono przypadało około 21 nasion, a średnie wypełnienie strąka wyniosło tylko jedno nasiono. Średnia liczba nasion wiązanych na pędzie wyniosła w tej grupie roślin ok. 780 szt. i była wyższa w porównaniu do średnich w pozostałych grupach, jednak istotności różnic nie udało się udowodnić statystycznie. Podobna zależność wystąpiła w przypadku masy tysiąca nasion. Większa liczba nasion w strąku i wyższe MTN znalazły jednak odzwierciedlenie w istotnie wyższym plonie nasion. Warto zauważyć, iż drobnienie nasion (niższe MTN) związane było z większą ich liczbą w pojedynczym strąku

Zwraca również uwagę stosunkowo niewielką ilość osadzonych strąków w gronie u roślin o długich kwiatostanach (zbitość gron) w porównaniu do ich ilości u roślin o krótkich osadkach. Może to świadczyć o słabszym wiązaniu strąków, o ich osypywaniu lub o większych stratach w czasie zbioru.

W badanych grupach fenotypowych najbardziej stabilnymi cechami okazały się: długość pędów (współczynniki zmienności (V%) odpowiednio wraz ze wzrastaniem długości osadki — 19,1%, 25,2% i 18,7%), średnia liczba strąków w gronie (V%, odpowiednio — 29,4%, 25,9% i 18,6%) oraz MTN (V%, odpowiednio — 22,6%, 28,3%

i 19,5%). Zmienność tych cech w analizowanym materiale wyjściowym lucerny można ocenić jako małą, jednak w toku dalszej pracy hodowlanej, której celem jest otrzymanie nowej odmiany, powinna zostać jeszcze zmniejszona (Bolanos-Aguilar, 2000). Zmienność długości osadki grona i jego części produktywnej jest mała, a spowodowane jest to selekcją na te cechy, zawężającą zakres ich zmienności (tab. 1).

Ustalenie wpływu cech morfologicznych i jakościowych na plon nasion lucerny nie jest łatwe. Cechy stanowiące strukturę plonu nasion, są uwarunkowane genetycznie i modyfikowane przez czynniki środowiska, wykazując szeroki zakres zmienności (Staszewski, 1975). Wpływ cech morfologicznych na plonowanie roślin, można badać różnymi metodami. Współczynniki korelacji prostej wykorzystywało do oceny zależności między cechami lucerny wielu autorów (Staszewski, 1975; Jabłoński, 1986; Pomogajbo, 1981 i 1982; Zajac, 1987; Rene, 1991; Puzio-Idzkowska, 1993; Wyrzykowska, 2004).

We wszystkich grupach stwierdzono, że plon nasion z pędu determinowany jest zmiennością liczby nasion z rośliny, masy tysiąca nasion, średniej liczby nasion w gronie oraz liczby węzłów i gron na pędzie (tab. 2, 3).

Tabela 2

Współczynniki korelacji między wybranymi cechami roślin lucerny o średniej długości produktywnej części kwiatostanu do 2 cm (powyżej diagonalnej) i od 2 cm do 4 cm (poniżej diagonalnej)
Simple correlation coefficients between analyzed characters of lucerne. Data above the diagonal are for I group – raceme productive part length ≤ 2.0 cm, below for group II – 2.0-4.0cm

Cecha — Character	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
I Długość pędów (cm) Shoot length (cm)		0,04	0,23*	0,02	0,43*	0,20*	0,09	-0,33*	0,10	-0,19	0,03
II Liczba węzłów na pędzie Nodes per shoot	0,17*		0,22*	0,05	-0,12	0,11	0,0	0,05	0,18*	0,25*	0,23*
III Liczba gron na pędzie Racemes per shoot	0,23*	0,50*		0,04	0,0	0,04	0,03	-0,23*	0,64*	0,17*	0,63*
IV Liczba strąków w gronie Pods per raceme	-0,03	-0,27*	-0,19*		0,33*	0,32*	0,38*	0,08	0,34*	-0,06	0,26
V Długość osadki grona (cm) Raceme peduncle length	0,13	-0,30*	-0,22*	0,19*		0,74*	0,02	-0,20*	0,01	-0,18*	-0,06
VI Długość części produktywnej grona (cm) Length of raceme productive part	0,04	-0,09	0,03	0,09	0,48*		0,05	-0,14	0,09	0,04	0,06
VII Liczba nasion w gronie Seeds per raceme	-0,20*	-0,07	-0,30*	0,39*	0,01	-0,03		0,35*	0,58*	-0,01	0,50*
VIII Liczba nasion w strąku Seeds per pod	-0,15*	0,14	-0,20*	-0,12	-0,04	0,07	0,23*		0,08	0,12	0,17*
IX Liczba nasion z pędu Seeds per shoot	0,10	0,35*	0,43*	0,20*	-0,15*	0,0	0,55*	0,14		0,17*	0,96*
X MTN (g) Thousand seeds weight	-0,11	0,37*	0,21*	0,08	-0,24*	-0,14	0,04	0,05	0,22*		0,40*
XI Plon nasion z pędu (g) Seed yield per shoot	0,09	0,45*	0,46*	0,17*	-0,20*	-0,03	0,47*	0,14	0,96*	0,44*	

* Istotne dla poziomu $p = 0,01$, * Significant at $p = 0.01$

Tabela 3

Współczynniki korelacji między wybranymi cechami roślin lucerny o średniej długości produktywnej części kwiatostanu powyżej 4 cm (poniżej diagonalnej)
Simple correlation coefficients between analyzed characters of lucerne. Data above the diagonal are for III group – raceme productive part length ≥ 4.1

	Cecha — Character	I **	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
II	Liczba węzłów na pędzie Nodes per shoot	0,0									
III	Liczba gron na pędzie Racemes per shoot	0,0	0,36*								
IV	Liczba strąków w gronie Pods per raceme	-0,11	0,42*	0,39*							
V	Długość osadki grona (cm) Raceme peduncle length	0,11	-0,27*	-0,47*	-0,10						
VI	Długość części produktywnej grona (cm) Length of raceme productive part	-0,05	0,02	-0,39*	0,06	0,89*					
VII	Liczba nasion w gronie Seeds per raceme	0,29*	0,05	0,0	0,05	-0,12	0,06				
VIII	Liczba nasion w strąku Seeds per pod	0,32*	0,02	-0,38*	-0,39*	0,01	-0,11	-0,04			
IX	Liczba nasion z pędu Seeds per shoot	0,14	0,27*	0,33*	0,04	-0,33*	-0,24*	0,68*	0,10		
X	MTN (g) Thousand seeds weight (g)	-0,43*	0,21*	0,10	0,13	-0,24*	0,04	0,19*	-0,13	0,23*	
XI	Plon nasion z pędu (g) Seed yield per stem (g)	-0,03	0,33*	0,31*	0,06	-0,37	-0,19*	0,64*	0,06	0,89*	0,63*

* Istotne dla poziomu $p = 0,01$, * Significant at $p = 0,01$

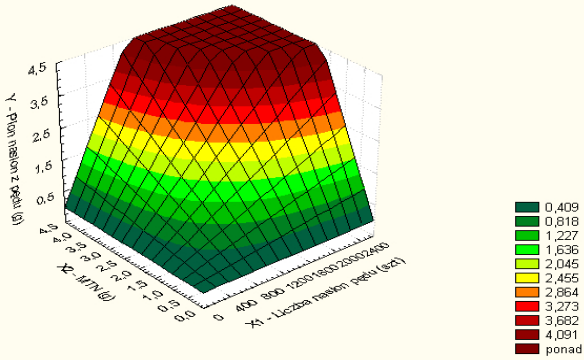
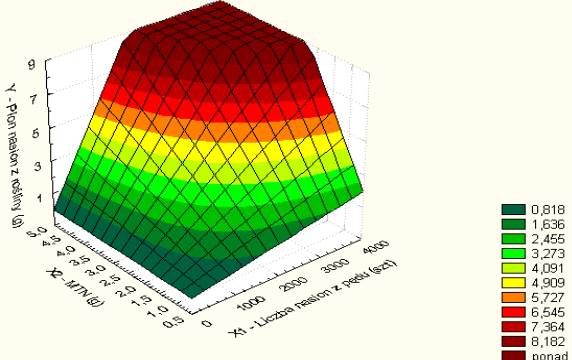
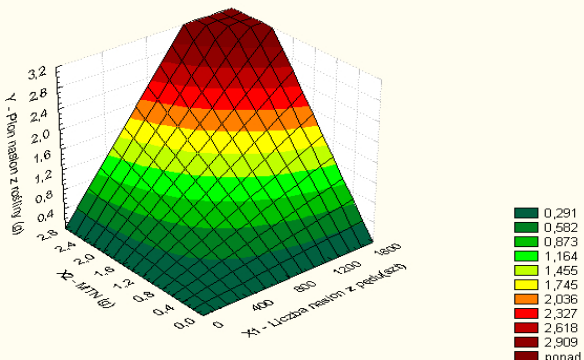
** Długość pędów (cm), Shoot length (cm)

Podobne zależności wyznaczyli w swoich badaniach Staszewski (1975), Pomogajbo (1981, 1982) i Wyrzykowska (2004). Powszechnie uważa się, iż brak jest zależności między plonem nasion a ich wielkością (Staszewski, 1975). W niniejszym opracowaniu współczynniki korelacji wyniosły odpowiednio: $r = 0,40$ dla form o krótkich kwiatostanach, $r = 0,44$ dla form o typowych osadkach i $r = 0,63$ dla form o długich kwiatostanach. Zależność między plonem nasion lucerny a ich MTN potwierdził również Bodzon (2004). O silnym wpływie liczby nasion w strąku na plon nasion lucerny donosi Puzio-Idźkowska (1993) oraz Bodzon (2004). Dane uzyskane w analizowanym doświadczeniu nie potwierdzają tej zależności i wskazują na liczbę nasion zawiązanych w jednym gronie jako decydującą o wysokości plonu nasion (tab. 2, 3). O podobnej zależności donosi Bolanos-Aguilar (2002) oraz Bodzon (2004). Pierwszy z autorów stwierdza również, iż zależność między liczbą strąków w gronie a plonem nasion można ocenić na $r = 0,2^*$, drugi otrzymał współczynniki korelacji na poziomie 0,68 i 0,74. W niniejszej pracy zależność ta znalazła potwierdzenie tylko w przypadku roślin o krótkich osadkach ($r_{0,05} = 0,26$). W populacji roślin o długich częściach produktywnych grona (pow. 4,1 cm) stwierdzono ujemną korelację między długością osadki grona a plonem nasion pędu ($r = -0,37$).

Tabela 4

Zależność między cechami plonotwórczymi a plonem nasion z pędu przy różnej długości kwiatostanu lucerny

Relationship between yielding traits and yield of seed per shoot in lucerne at different length of the inflorescence

Grupy fenotypowe Phenotypic group	Równanie regresji wielokrotnej Regression equations	R ²	Wykres zależności Diagram of dependence
I ≤ 2,0 cm	$Y = -0,71 + 0,0018x_1 + 0,45x_2$	98%	
II 2,1-4,0 cm	$Y = -1,15 + 0,0020x_1 + 0,58x_2$	98%	
III ≥ 4,1	$Y = -1,28 + 0,0017x_1 + 0,76x_2$	98%	

Y — Plon nasion z pędu (g); Seed yield per shoot
x₂ — MTN (g); Thousand seeds weight (g)

x₁ — Liczba nasion z pędu; Number of seeds per shoot

Silną zależność między tymi cechami, ale o dodatnim charakterze podaje Bodzon (2004), Wyrzykowska (2004) i Užík (1997). Długość produktywnej części grona nie wpływa na plon nasion z rośliny w populacji roślin o typowych i krótkich osadkach.

Analiza metodą regresji wielokrotnej postępującej pozwoliła na wyodrębnienie dwóch cech, które w 98% determinują zmienność plonu nasion z pędu lucerny (tab. 4). Są to masa tysiąca nasion i liczba nasion z pędu. Choć średni plon nasion z pędu badanych grup roślin jest podobny to jak wydać z wykresów zamieszczonych w tabeli 4, ich zakres zmienności jest różny. W populacji roślin o typowych kwiatostanach są osobniki plonujące na poziomie ok. 8 g nasion z pędu. Brak jest takich pędów w populacjach o krótkich i długich osadkach kwiatostanu.

Liczba nasion z pędu roślin o krótkich i typowych kwiatostanach skorelowana jest ze średnią liczbą nasion w gronie (odpowiednio $r = 0,58$, $r = 0,55$), liczbą gron na pędzie (odpowiednio $r = 0,64$, $r = 0,43$). W przypadku roślin o długich kwiatostanach stwierdzono, że największy wpływ na liczbę nasion z pędu, wywiera liczba nasion w gronie ($r = 0,68$). Masa tysiąca nasion w badanych grupach w niewielkim stopniu determinowana jest przez inne cechy.

WNIOSKI

1. We wszystkich grupach stwierdzono, że plon nasion z rośliny zależy od zmienności liczby nasion z pędu, masy tysiąca nasion, średniej liczby nasion w gronie oraz liczby węzłów i gron na pędzie.
2. Plon nasion z rośliny w badanych grupach, w ok. 98% determinowany jest zmiennością liczby nasion z rośliny i zmiennością masy tysiąca nasion.
3. Zmienność liczby nasion z pędu roślin o krótkich i typowych kwiatostanach związana jest ze zmiennością średniej liczby nasion w gronie i liczby gron na pędzie. W przypadku roślin o długich kwiatostanach największy wpływ na liczbę nasion z pędu, wywiera liczba nasion w gronie. Masa tysiąca nasion w badanych grupach w niewielkim stopniu determinowana jest przez inne cechy.

LITERATURA

- Bodzon Z. 2004. Correlations and heritability of the characters determining the seed yield of the long-raceme alfalfa (*Medicago sativa*). J. Appl. Genet. 45 (1): 49 — 59.
- Bolanos-Aguilar E. D., Huyghe Ch., Ecalle Ch., Hacquet J., Julier B. 2002. Effect of cultivar and environment on seed yield in alfalfa. Crop Sci. 42: 45 — 50.
- Bolanos-Aguilar E. D., Huyghe Ch., Julier B., Ecalle Ch. 2000. Genetic variation for seed yield and its components in alfalfa. Agronomie 200: 333 — 345.
- Jablonski B. 1986. Zapylenie i plonowanie 15 odmian lucerny w zależności od obfitości kwitnienia, nektarowania. Pszczel. Zesz. Nauk. XXX: 207 — 219
- Pomogajbo V. M. 1981. Putevoj analiz komponentov produktivnosti sinegibridnoj ljucerny. Genetika 17, 8: 1473 — 1478.
- Pomogajbo V. M. 1982. Svjaz niekotorych morfologičeskich priznakow a produktivnost'ju rastenij u sinegibridnoj ljucerny. Dokl. Vsesm Akad. Sel.-Choz. Nauk 2: 23 — 24.

- Puzio-Idźkowska M. 1993. Odziedziczalność niektórych cech determinujących plon nasion lucerny mieszańcowej (*Medicago media* L.) odmiany Warmińska. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rolnictwo 58, 223: 317 — 323.
- Rene B. 1991. Produktywność nasienna niektórych odmian i nowych rodów lucerny. Biul. IHAR 179: 41 — 48.
- Staszewski Z. 1975. Lucerny. PWRiL, Warszawa.
- Zajac T. 1987. Wpływ różnych terminów zbioru na wysokość i strukturę plonu suchej masy czternastu odmian lucerny mieszańcowej (*Medicago media* Pers.). Zesz. Nauk. AR w Krakowie 219, Rolnictwo 27: 205 — 219.
- Wyrzykowska M. 2004. Analiza zależności między czynnikami plonotwórczymi, plonem nasion i plonem zielonej masy u lucerny (*Medicago* sp. L.). Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 497: 627 — 635.
- Užik M. 1997. Perspective of alfalfa selection for raceme length and seed yield. Eucarpia 12th, Group Medicago, Brno: 71 — 73.

JÓZEF SOWIŃSKI¹**EDWARD MOŹDŻEŃ**²¹ Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu² Górská Stacja Wdrożeniowo-Upowszechnieniowa w Paszkowie, 57-320 Polanica Zdrój

Wpływ terminu zbioru rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) na plon oraz wpływ metody skaryfikacji na jakość nasion

The influence of sampling time of fodder galega (*Galega orientalis* Lam.) on seed yield and the effect of scarification method on seed quality

Badania polowe przeprowadzono w Sudetach, w Górskiej Stacji Wdrożeniowo-Upowszechnieniowej w Paszkowie k/Polanicy Zdroju na wysokości 540 m n.p.m. Z plantacji rutwicy wschodniej (od fazy, gdy ok. 50% strąków było brązowych) przez 9 tygodni (w odstępach 7-dniowych) pobierano owocostany. Opóźnianie terminu zbioru spowodowało spadek plonu nasion, nie stwierdzono natomiast istotnych różnic w elementach struktury plonu. Termin zbioru nie miał istotnego wpływu na udział nasion twardych, który wynosił od 64,7 do 73,4% (bez skaryfikacji). Zastosowanie skaryfikacji mechanicznej i chemicznej korzystnie wpłynęło na energię oraz zdolność kiełkowania, a traktowanie nasion rutwicy stężonym kwasem siarkowym było bardziej skuteczne. Analiza mikroskopowa potwierdziła, że pod wpływem kwasu uszkodzona została okrywa nasienna, zwłaszcza w okolicach okienka, natomiast skaryfikacja mechaniczna powodowała zarysowania powierzchni nasion.

Słowa kluczowe: energia kiełkowania, rutwica wschodnia, skaryfikacja, twardość nasion, zdolność kiełkowania

Field experiments were carried out in the Sudety Mountains conditions at the Mountain Station Paszków belonging to Lower Silesian Centre of the Agricultural Advisory in Wrocław at an altitude of 540 m a.s.l. Pod samples were taken every week from the fodder galega field. The sampling began when 50% of pods were fully ripening (brown). A delay in sampling resulted in the decrease in seed yield but it did not affect a number of seeds per pod, weight of seeds from pods and weight of 1000 seeds. A date of sampling had no effect on the percentage of hard seeds, which ranged from 64.7% to 73.4% (without scarification). Both mechanical and chemical scarification enhanced the germination assessed after 4 and 7 days. Scanning electron microscope analysis showed that chemical scarification caused damages to seed coat, especially in the region of a micropyle, whereas mechanical scarification effected in scratching of seed coat.

Key words: *Galega orientalis*, germination, hard seed, scarification method

WSTĘP

Rutwica wschodnia (*Galega orientalis* Lam.) jest wieloletnią rośliną motylkową pochodzącą z Kaukazu (Ignaczak, Wojciechowska, 1992; Nommsalu i in., 1996). Charakteryzuje się dobrym przystosowaniem do zróżnicowanych warunków siedliska i możliwa jest jej uprawa w Sudetach (Sowiński, Szyszkowska, 2002). Gatunek ten jest tolerancyjny na niesprzyjające warunki pogodowe, ponadto słabo jest porażany przez choroby i szkodniki. Rutwica wschodnia charakteryzuje się również szeregiem niekorzystnych cech: małą odpornością na wyleganie, długim okresem generatywnego rozwoju (Slepetys, 2001) oraz dużym udziałem nasion twardych, wynoszącym od 50 do 98% (Shagarov, 1985; Artemov i in., 1994). Twardość nasion jest cechą dziedziczną i związana jest z budową okrywy nasiennej. Warunki pogodowe podczas dojrzewania, zabiegi agrotechniczne oraz sposób przechowywania nasion decydują o udziale nasion twardych (Clua, Jimenez, 2003).

Uszkodzanie okrywy nasiennej poprzez moczenie w stężonym kwasie siarkowym lub mechaniczne jej nacinanie należy do najprostszych metod poprawiających wartość siewną. W doświadczeniu przeprowadzonym przez Tworowskiego i wsp. (1999) najwyższą laboratoryjną energią i zdolnością kiełkowania oraz lepszymi wschodami w polu charakteryzowały się nasiona przetrzymywane przez 15 minut w stężonym kwasie siarkowym. Przedłużenie czasu działania kwasu do 30, 45 i 60 minut wpłynęło na pogorszenie wschodów w warunkach polowych.

Przeprowadzenie skaryfikacji chemicznej wymaga przestrzegania zasad bezpieczeństwa dotyczących stosowania środków żrących, a zakup kwasów nieorganicznych przez odbiorców indywidualnych jest prawnie zabroniony (Dz. U., 2003). Mechaniczne uszkodzenie okrywy nasiennej jest łatwiejsze do przeprowadzenia i może być wykonane w gospodarstwie.

W dostępnej literaturze dotyczącej skaryfikacji nasion rutwicy nie przeprowadzono badań mających na celu określenie wpływu terminu zbioru nasion, oraz sposobów skaryfikacji nasion na wartość siewną nasion rutwicy.

Celem pracy była ocena wartości siewnej nasion rutwicy zbieranej w okresie 9 tygodni dojrzewania oraz określenie wpływu skaryfikacji na energię i zdolność kiełkowania.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie zostało przeprowadzone w latach 1999–2001 w Górskiej Stacji Wdrożeniowo-Upowszechnieniowej w Paszkowie położonej na szerokości geograficznej północnej (50°23') i długości geograficznej wschodniej (16°31') na wysokości 540 m n.p.m. Z plantacji rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) populacji litewskiej, od fazy gdy ponad 50% strąków było brązowych, w odstępach tygodniowych pobierano owocostany z powierzchni 1 m². W każdym roku badań pobrano po 9 próbek w okresie od 26 lipca do 19 września 1999 roku, od 13 lipca do 11 września 2000 roku oraz od 7 sierpnia do 2 października 2001 roku. Następnie wybrano po 50 strąków i oznaczono: masę nasion ze strąka, średnią liczbę nasion w strąku oraz masę 1000 nasion. Pozostałe owocostany

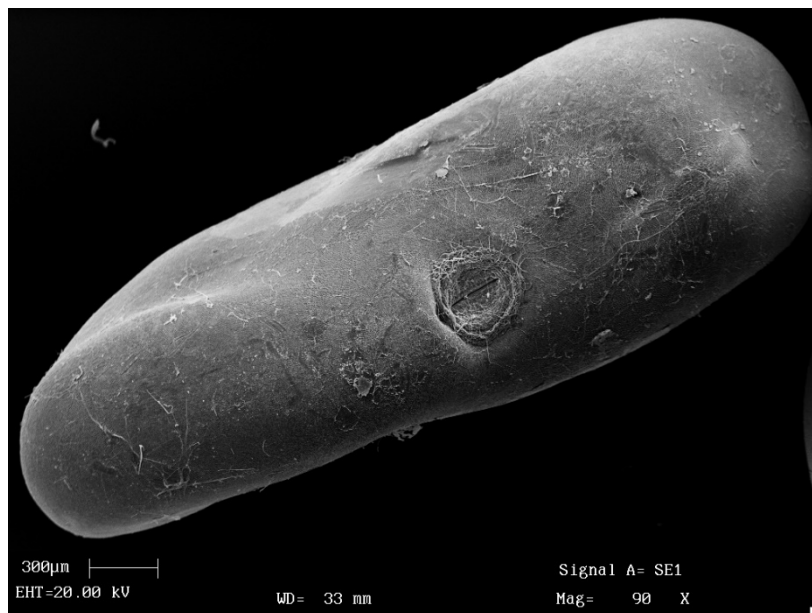
omłócono na młocarni laboratoryjnej, doczyszczono i zważono. Pobrałe próbki nasion w każdym terminie zbioru podzielono na 3 grupy (bez skaryfikacji, skaryfikacja mechaniczna i chemiczna).

Corocznie ocena była prowadzona na 81 próbkach (9 terminów zbioru $\times$ 3 sposoby skaryfikacji $\times$ 3 powtórzenia) w układzie losowanych podbloków, gdzie czynnikiem I rzędu były terminy zbioru nasion, natomiast czynnikiem drugim skaryfikacja nasion:

Czynnik I — termin zbioru nasion (9 terminów):

Czynnik II — skaryfikacja nasion,

- bez skaryfikacji — nasiona omłócone na młocarni laboratoryjnej (nasiona, okienko oraz okrywę nasienną przedstawiono na rys. 1, 4, 7),
- mechaniczne uszkodzanie okrywy poprzez skaryfikację nasion papierem ściernym przez 3 minuty, (nasiona oraz okienko po skaryfikacji mechanicznej zaprezentowano na rys. 2, 5),
- chemiczne — nasiona wymieszano ze stężonym kwasem siarkowym w ilości 2 ml na 10 g nasion i przetrzymywano przez 20 minut. Następnie kwas odsączono na sicie ceramicznym, a nasiona zostały przepłukane wodą destylowaną i wysuszone. Działanie kwasu siarkowego na nasiona, okienko i okrywę nasienną przedstawiono na rys. 3, 6, 8.

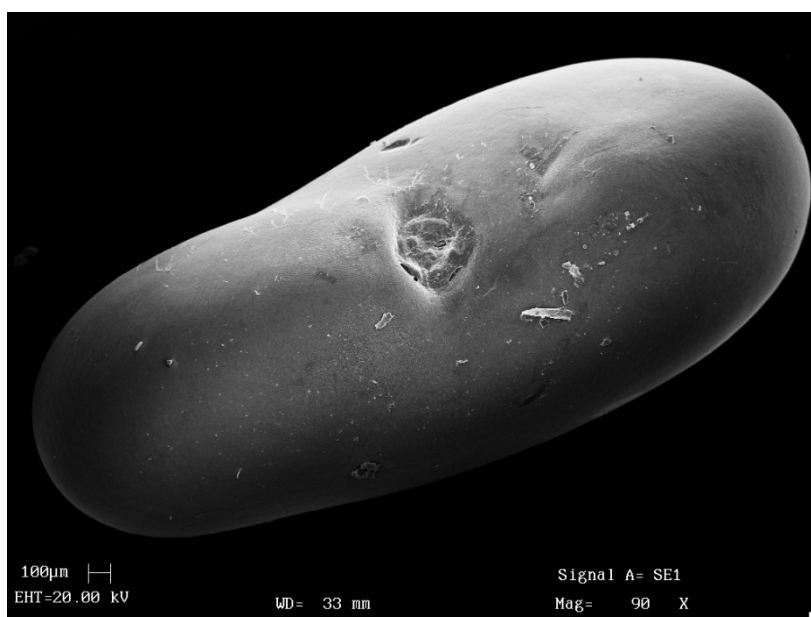


Rys. 1. Nieskaryfikowane nasiono, powiększenie 90 $\times$, długość 3,77 mm, szerokość na wysokości okienka 1,27 mm

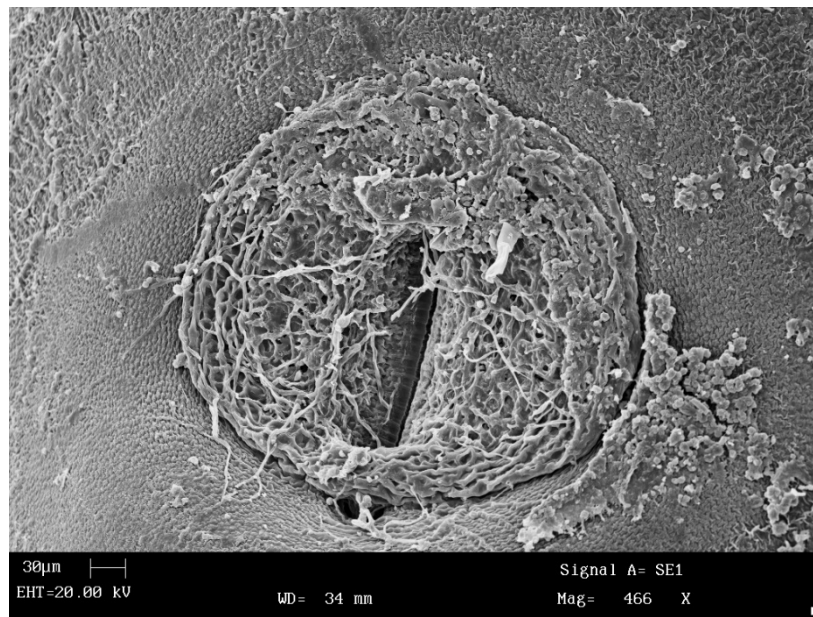
Fig. 1. Non-scarified seed, enlarged 90 $\times$, length 3.77 mm, width 1.27 mm in the micropyle part



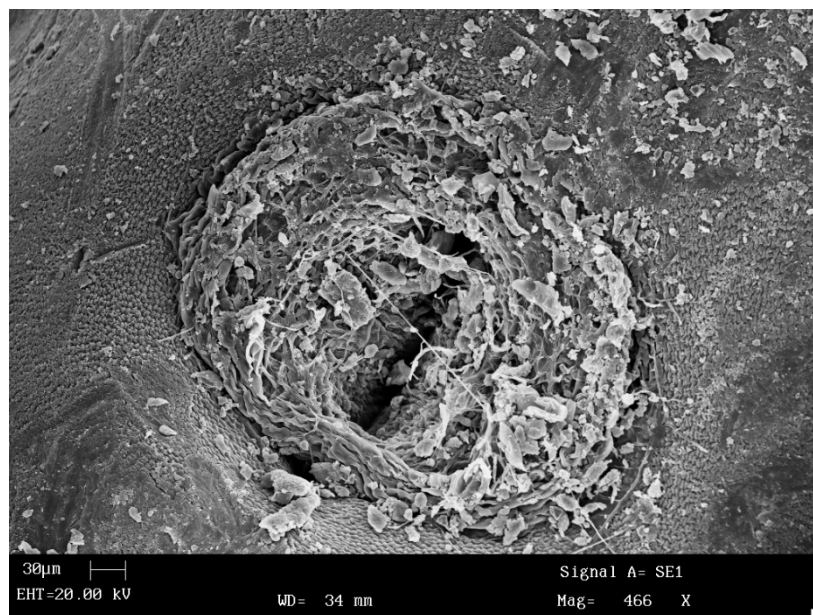
Rys. 2. Nasiono poddane skaryfikacji mechanicznej, powiększenie 90×, długość 3,87 mm, szerokość na wysokości okienka 1,49 mm
Fig 2. Mechanically scarified seed, enlarged 90×, length 3.87 mm, width 1.49 mm in the micropyle part



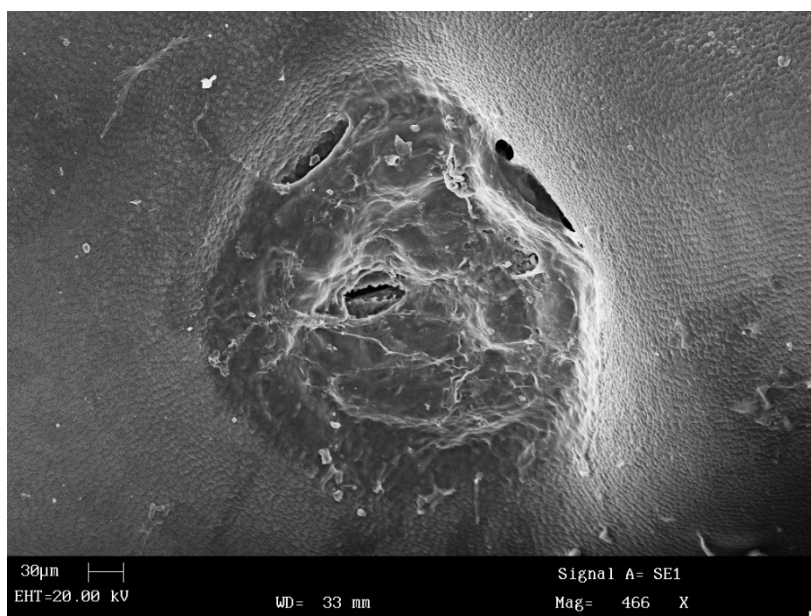
Rys. 3. Nasiono po skaryfikacji chemicznej, powiększenie 90×, długość 4,10 mm, szerokość na wysokości okienka 1,65 mm
Fig 3. Chemically scarified seed, enlarged 90×, length 4.10 mm, width 1.65 mm in the micropyle part



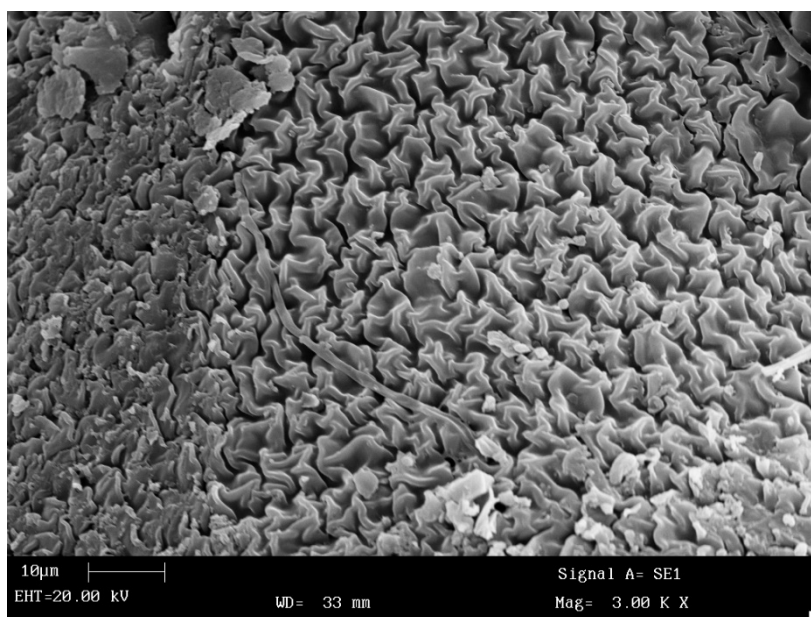
Rys. 4. Okienko nasiona nieskaryfikowanego, powiększenie 466×. Wymiary okienka 0,39×0,36 mm
Fig 4. Micropyle of a non-scarified seed, enlarged 466×. Micropyle size 0.39×0.36 mm



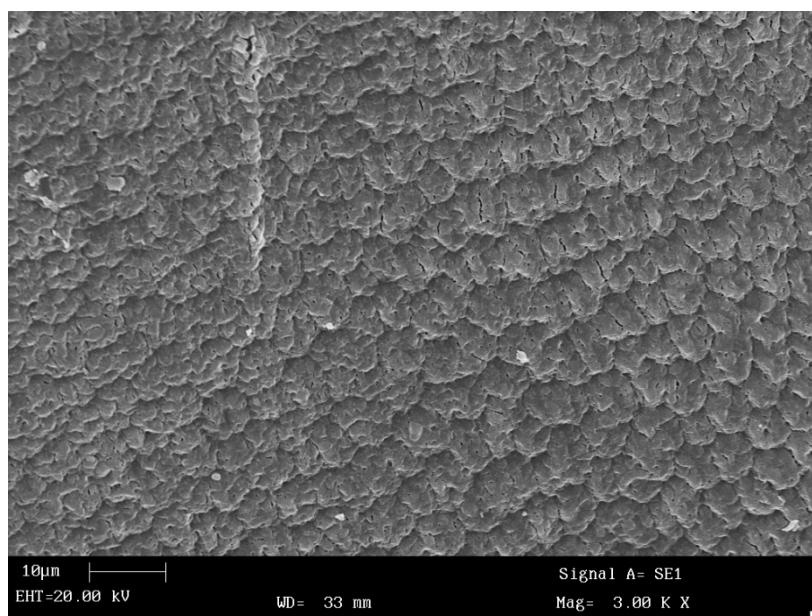
Rys. 5. Okienko nasiona poddanego skaryfikacji mechanicznej, powiększenie 466×. Wymiary okienka 0,40×0,38 mm
Fig 5. Micropyle of a mechanically scarified seed, enlarged 466×. Micropyle size 0.40×0.38 mm



Rys. 6. Okienko nasiona skaryfikowanego chemicznie, powiększenie 466× wymiary okienka 0,33×0,33 mm
Fig 6. Micropyle of a chemically scarified seed, enlarged 466×. Micropyle size 0.33×0.33 mm



Rys. 7. Powierzchnia nieskaryfikowanej okrywy nasiennej, powiększenie 3000×
Fig 7. Coat surface of a non-scarified seed, enlarged 3000×



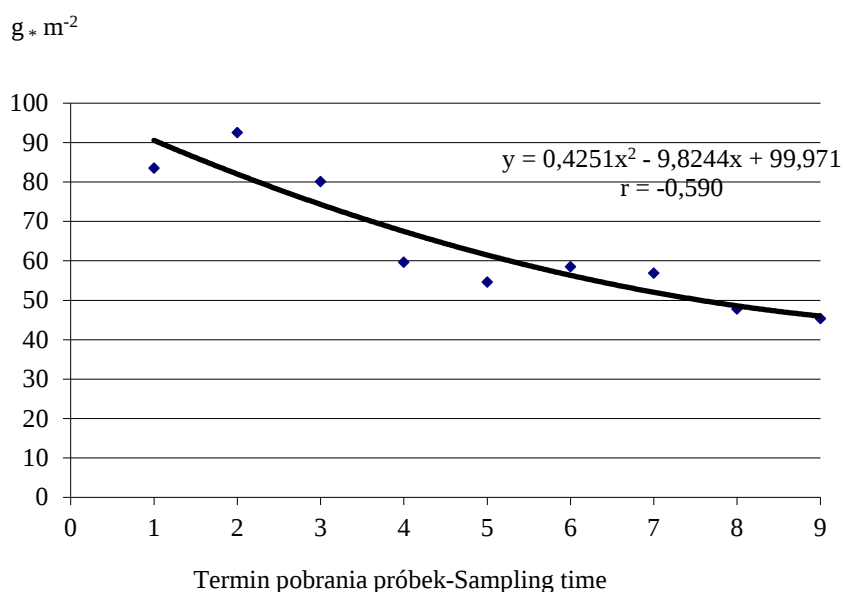
Rys. 8. Powierzchnia okrywy nasiennej po skaryfikacji chemicznej, powiększenie 3000×
Fig. 8. Coat surface of a chemically scarified seed, enlarged 3000×

Energję, zdolność kiełkowania, odsetek nasion twardych (niekiełkujących w warunkach laboratoryjnych i niepęczniejących) oraz porażonych przez grzyby (niekiełkujących, a także porażonych przez patogeny zarodnikujące i niezarodnikujące) oceniono na płytkach Petriego, w laboratorium Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Nasiona zostały wyłożone na sterylną bibułę filtracyjną, zwilżoną wodą destylowaną. W okresie kiełkowania utrzymywano stałą temperaturę wynoszącą 20°C. Badania były prowadzone w trzech powtórzeniach. Energję kiełkowania oznaczono po 4, zdolność kiełkowania po 7 dniach od założenia doświadczenia. Przed wykonaniem analiz statystycznych dla tych zmiennych uzyskane dane zostały transformowane na stopnie Bliss'a (Wójcik i in., 1984). Wyniki zostały poddane obliczeniom statystycznym przy pomocy trzyczynnikowej analizy wariancji przeprowadzonej w modelu ANOVA w programie Statistica, a grupy jednorodne wydzielono testując wartości średnie testem Duncana.

Analizę mikroskopową wykonano po napyleniu nasion złotem (napyłarką SCAN COAT 6) w mikroskopie skaningowym (LEO 435 VP) przy napięciu przyspieszającym 20 kV). Analiza obejmowała wykonanie zdjęć nasion (powiększenie 90×), okienka (powiększenie 466×) oraz okrywy nasiennej (powiększenie 3000×) po zastosowaniu różnych sposobów skaryfikacji.

WYNIKI I DYSKUSJA

Rutwica miała długi okres rozwoju generatywnego. Określenie optymalnego terminu zbioru nasion podobnie jak u innych roślin motylkowych drobnonasiennych następuje z trudnością, a o wysokości plonu decyduje przebieg pogody w okresie kwitnienia i dojrzewania (Slepetys, 2002). Występujące w fazie kwitnienia opady utrudniają zapylenie, zapłodnienie, wpływają na wydłużenie dojrzewania i spadek plonu nasion. W badaniach własnych podczas dojrzewania strąki nie otwierały się, wraz z opóźnieniem terminu pobrania prób wzrastało wyleganie roślin i opadanie strąków. Stwierdzono spadek plonu nasion z około 90 g (w pierwszym terminie) do 45 g z 1 m² (w ostatnim). Wykreślenie linii trendu w oparciu o średnie wartości z trzech lat wykazało, że opóźnienie zbioru nasion u tego gatunku powoduje wystąpienie wyraźnej tendencji spadkowej (rys. 9). W badaniach przeprowadzonych przez Slepetysa (2001, 2002) nasiona rutwicy zbierano przez ponad 80 dni (od 35 do 119 dnia od początku kwitnienia), plon nasion rutwicy zmniejszał się z 40–50 g z m² (na początku tego okresu) do 20 g z m² (po blisko 4 miesiącach od początku kwitnienia).



Rys. 9. Wpływ terminu pobrania próbek na plon nasion rutwicy wschodniej (g·m⁻²). Średnio z lat 1999–2001
Fig. 9. The effect of sampling time on seed yield of fodder galega (g·m⁻²). Average data for the years 1999–2001

Termin zbioru nie miał istotnego wpływu na masę i liczbę nasion w strąku, oraz masę 1000 nasion (tab. 1). Stwierdzono natomiast istotne różnice w oznaczonych elementach struktury plonu pomiędzy latami badań. Podobnie Slepetys (2002) w swoich badaniach nie stwierdził istotnego wpływu terminu zbioru na masę tysiąca nasion jak również ich wartość

siewną. Istotnie wyższą masę nasion z jednego strąka uzyskano w próbkach pobranych w 1999 roku 39 mg. Wiązało się to nie tylko z istotnie wyższą liczbą nasion (4,7 w strąku), ale także wyższą masą 1000 nasion — 8,1 g niż w pozostałych latach badań.

Tabela 1

Wpływ terminu pobrania próbek na masę i liczbę nasion w strąku oraz masę 1000 nasion rutwicy wschodniej. Średnie z lat 1999–2001
The effects of sampling time of fodder galega on weight of seeds from pod, number of seeds per pod and weight of 1000 seeds. Average data for the 1999–2001

Poziom czynników Factors level	Masa nasion ze strąka Seeds weight from pod (mg)	Liczba nasion w strąku Number of seeds per pod	Masa 1000 nasion Weight of 1000 seeds (g)
Średnie dla terminów pobierania prób poprzez lata — Mean for sampling date			
Pierwszy — First	28 a	3,7 a	7,53 a
Drugi — Second	31 a	4,1 a	7,47 a
Trzeci — Third	30 a	3,8 a	7,59 a
Czwarty — Fourth	38 a	4,4 a	8,43 a
Piąty — Fifth	29 a	3,6 a	7,83 a
Szósty — Sixth	36 a	4,5 a	7,64 a
Siódmy — Seventh	35 a	4,5 a	7,79 a
Ósmy — Eighth	26 a	3,4 a	7,71 a
Dziewiąty — Ninth	34 a	4,4 a	7,81 a
Średnie dla lat poprzez terminy pobierania prób — Mean for years			
1999	39 a	4,7 a	8,16 a
2000	29 b	3,8 b	7,47 b
2001	28 b	3,6 b	7,63 b

Wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie według testu Duncana ($P = 0,05$)

Values denoted with the same letters are not significantly different according to Duncan test ($P = 0,05$)

Udział nasion twardych był istotnie wyższy, gdy nie poddano ich skaryfikacji i wynosił od 64,7% pierwszym terminie zbioru do 73,4% w terminie siódmym (tab. 2). Uszkodzenie okrywy nasiennej istotnie zmniejszało odsetek nasion twardych we wszystkich terminach pobrania prób, który wynosił po wykonaniu skaryfikacji mechanicznej od 25,8% w dziewiątym terminie pobrania do 42% w terminie siódmym. Podobnie skaryfikacja chemiczna obniżyła udział nasion niekiełkujących, który wahał się od 22,9% (termin dziewiąty) do 33,4% (termin czwarty). Udział nasion twardych u rutwicy wschodniej jest bardzo wysoki i wielu autorów uzależnia go od przebiegu pogody w czasie dojrzewania, sposobu przechowywania nasion i zabiegów uprawowych (Shagarov, 1985; Artemov i in., 1994; Clua, Gimenez, 2003). Energia kiełkowania nasion nieskaryfikowanych wynosiła od 11,8% (w terminie siódmym) do 19,2% (w terminie czwartym) i była istotnie niższa niż po skaryfikacji. Mechaniczne uszkodzanie okrywy nasiennej zwiększyło odsetek nasion kiełkujących po 4 dniach od 42,9% (termin siódmy) do 62,1% (termin dziewiąty). Po skaryfikacji nasion stężonym kwasem siarkowym energia kiełkowania wynosiła od 52,2% (termin czwarty) do 61,7% (termin dziewiąty).

Tabela 2

Wpływ terminu pobrania próbek i sposobu skaryfikacji na jakość nasion rutwy wschodniej. Średnie z lat 1999–2001

The effect of sampling time and of scarification method on the fodder galega seed quality. Average data for the 1999–2001

Termin pobierania prób Sampling time	Skaryfikacja Scarification method	Nasiona twarde Hard seeds	Energia kiełkowania Germination energy	Zdolność kiełkowania Germination capacity	Nasiona porażone przez patogeny Pathogen infested seeds
Średnie dla danych po transformacji Bliss — Mean for data after Bliss transformation					
Pierwszy — First	Kontrola — Control	64,7 a	17,3 c	23,5 b	5,9 a
	Mechaniczna — Mechanical	33,9 b	51,1ab	54,2 a	6,0 a
	Chemiczna — Chemical	30,6 b	54,9 ab	58,1 a	3,9 a
Drugi — Second	Kontrola — Control	69,4 a	15,2 c	19,1 b	4,4 a
	Mechaniczna — Mechanical	35,3 b	50,2 ab	52,1 a	5,9 a
	Chemiczna — Chemical	29,3 b	57,2 ab	59,9 a	3,3 a
Trzeci — Third	Kontrola — Control	70,1 a	14,3 c	17,7 b	6,2 a
	Mechaniczna — Mechanical	30,1 b	55,5 ab	58,1 a	4,4 a
	Chemiczna — Chemical	33,3 b	52,3 ab	56,3 a	2,6a
Czwarty — Fourth	Kontrola — Control	66,4 a	19,2c	22,3 b	4,2 a
	Mechaniczna — Mechanical	29,6 b	54,5 ab	58,1 a	6,9a
	Chemiczna — Chemical	33,4 b	52,2 ab	55,4 a	6,6 a
Piąty — Fifth	Kontrola — Control	67,5 a	16,5 c	20,1 b	7,6 a
	Mechaniczna — Mechanical	38,0 b	48,5 ab	50,3 a	6,0 a
	Chemiczna — Chemical	31,5 b	55,1 ab	57,5 a	4,5 a
Szósty — Sixth	Kontrola — Control	65,8 a	19,1 c	22,5 b	7,2 a
	Mechaniczna — Mechanical	41,1 b	46,3 ab	48,2 a	3,0 a
	Chemiczna — Chemical	28,6 b	57,5 ab	61,0 a	2,2 a
Siódmy — Seventh	Kontrola — Control	73,4 a	11,8 c	15,4 b	3,5 a
	Mechaniczna — Mechanical	42,0 b	42,9 b	46,1 a	5,6 a
	Chemiczna — Chemical	30,7 b	53,2 ab	58,3 a	6,0 a
Ósmy — Eighth	Kontrola — Control	68,7 a	13,2 c	18,3 b	6,9 a
	Mechaniczna — Mechanical	35,2 b	50,4 ab	52,8 a	5,3 a
	Chemiczna — Chemical	25,4 b	58,7 ab	63,1 a	9,1 a
Dziewiąty — Ninth	Kontrola — Control	70,0 a	13,8c	18,0 b	5,1 a
	Mechaniczna — Mechanical	25,8 b	62,1 a	63,0 a	2,8 a
	Chemiczna — Chemical	22,9 b	61,7 a	64,5 a	4,5 a

Wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie według testu Duncana ($P = 0,05$)

Values denoted with the same letters are not significantly different according to Duncan test ($P = 0.05$)

Po kolejnych 3 dniach, zdolność kiełkowania była wyższa od 0,9% do 6,2% od energii kiełkowania opisane tendencje były utrzymane. Udział nasion porażonych przez grzyby nie był istotnie zróżnicowany przez badane czynniki i wahał się od 2,2% (skaryfikacja chemiczna, termin szósty) do 9,1% (kontrola, termin ósmy). W badaniach Prusińskiego (1991) oraz Tworkowskiego i wsp. (1999), skaryfikacja mechaniczna i chemiczna korzystnie wpływały na jakość nasion. Prusiński (1991) w swoich badaniach wykazał większą skuteczność skaryfikacji mechanicznej. W badaniach własnych, przetrzymywanie nasion w stężonym kwasie siarkowym spowodowało najwyższy spadek liczby nasion twardych. Podobne wyniki uzyskali Tworkowski i wsp. (1999) wykazując, że po skaryfikacji chemicznej, energia i zdolność kiełkowania były wyższe niż po mechanicznym uszkodzeniu okrywy nasiennej oraz po skaryfikacji nasion w ciekłym azocie.

Termin pobrania próbek nie miał istotnego wpływu na wartość siewną, a także udział nasion twardych (tab. 3).

Tabela 3

Udział nasion twardych oraz energia i zdolność kiełkowania nasion rutwicy wschodniej. Średnie dla czynników i lat
Percentage of hard seeds and seed germination of fodder galega after 4 and 7 days. Average data for treatments and years

Wyszczególnienie Specification	Nasiona twarde Hard seeds	Energia kiełkowania Germination energy	Zdolność kiełkowania Germination capacity	Nasiona porażone przez patogeny Pathogen infested seeds
Średnie dla danych po transformacji Bliss — Mean for data after Bliss transformation				
Termin pobrania prób — Sampling				
Pierwszy — First	43,0 a	41,1 a	45,2 a	5,3 a
Drugi — Second	44,7 a	40,9 a	43,7 a	4,5 a
Trzeci — Third	44,5 a	40,7 a	44,0 a	4,4 a
Czwarty — Fourth	43,1 a	42,0 a	45,3 a	5,9 a
Piąty — Fifth	45,7 a	40,0 a	42,6 a	6,1 a
Szósty — Sixth	45,2 a	41,0 a	43,9 a	4,1 a
Siódmy — Seventh	48,7 a	36,0 a	39,9 a	5,1 a
Ósmy — Eighth	43,1 a	40,8 a	44,7 a	7,1 a
Dziewiąty — Ninth	39,6 a	45,9 a	48,5 a	4,1 a
Sposób skaryfikacji — Scarification method				
Kontrola — Control	68,4 b	15,6 b	19,7 c	5,9 a
Mechaniczna — Mechanical	34,6 a	51,3 a	53,7 b	5,3 a
Chemiczna — Chemical	29,5 a	55,9 a	59,3 a	4,3 a
Lata — Years				
1999	32,4 b	50,1 a	54,5 a	8,1 a
2000	38,9 b	45,6 a	50,3 a	4,0 b
2001	61,3 a	27,0 b	27,9 b	3,5 b

Wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie według testu Duncana ($P = 0,05$)

Values denoted with the same letters are not significantly different according to Duncan test ($P = 0.05$)

Mechaniczne uszkodzenie okrywy nasiennej zmniejszyło udział nasion niekiełkujących (w porównaniu do nasion bez skaryfikacji) o 33,8%, a po zastosowaniu kwasu siarkowego o 38,9%. Nasiona, które nie zostały poddane skaryfikacji, charakteryzowały się istotnie niższą energią (15,6%) i zdolnością kiełkowania (19,7%). Mechaniczne uszkodzenie okrywy nasiennej istotnie zwiększyło energię kiełkowania do 51,3% i zdolność kiełkowania do 53,7%. Lepsze efekty uzyskano, gdy okrywę nasienną poddano chemicznemu uszkodzeniu (energia wynosiła 55,9%, a zdolność kiełkowania 59,3%). Odsetek nasion porażonych przez grzyby wynosił poniżej 6%, a niższe porażenie (o ponad 1%) ze względu na odkażające działanie kwasu stwierdzono po skaryfikacji chemicznej. Warunki, w których dojrzewały nasiona miały wpływ na jakość nasion rutwicy wschodniej. Nasiona zebrane w 2001 roku miały najwyższy odsetek nasion twardych (61,3%) istotnie więcej niż w pozostałych latach badań. Odwrotnie natomiast kształtował się udział nasion kiełkujących po 4 i po 7 dniach, który był istotnie wyższy w latach 1999 (energia 50,1%, zdolność 54,5%) i 2000 (energia 45,6%, zdolność 50,3%) niż w 2001 (energia 27,0%, zdolność 27,9%). W próbkach nasion pobranych w 1999 roku udział nasion porażonych przez patogenny był istotnie wyższy i wynosił 8,1%.

Analiza mikroskopowa na badanym materiale siewnym wykazała, że skaryfikacja mechaniczna powodowała powierzchniowe uszkodzenie okrywy nasiennej, natomiast nie stwierdzono uszkodzeń okienka (rys. 2, 5). Przetrzywywanie nasion w stężonym kwasie siarkowym spowodowało uszkodzenie powierzchni nasion, jak również uszkodzenie okrywy nasiennej wokół okienka i przyczyniło się do lepszego ich kiełkowania (rys. 3, 6, 8).

WNIOSKI

1. Rutwica wschodnia uprawiana na nasiona powinna być zbierana, gdy 50% strąków jest w pełni dojrzałych. We wczesnych terminach zbioru uzyskano najwyższy plon nasion, jednocześnie nie stwierdzono pogorszenia wartości siewnej nasion.
2. Bez skaryfikacji nasiona miały niską wartość siewną a udział nasion twardych był wysoki (od 64,7 do 73,4%). Mechaniczne i chemiczne uszkodzanie powierzchni nasion istotnie poprawiło wartość siewną.
3. Skaryfikacja mechaniczna, w małym stopniu uszkadzała zagłębione okienko. Stężony kwas siarkowy rozpuszczał okrywę nasienną zwłaszcza w okolicy znaczka. Zmiany te sprzyjały kiełkowaniu nasion.

LITERATURA

- Artemov I. W., Pervusin V. M., Belonozkina T. G. 1994. Kozljatnik vostochnyj v centralno-czernozemnoj zone. Kormoproizvodstvo. vol. 4: 7 — 12.
- Clua A. A., Gimenez D. O. 2003. Environmental factors during seed development of narrow-leaved bird's-foot-trefoil (*Lotus tenuis*) influences subsequent dormancy and germination. Grass and Forage Science. vol. 58 (4): 333 — 338.
- Dziennik Ustaw. 2003. nr. 125, poz. 1367, 23 stycznia 2003.
- Ignaczak S., Wojciechowska W. 1992. Rutwica wschodnia (*Galega orientalis* Lam.), nowa motylkowa roślina pastwna. Post. Nauk Rol. nr. 4: 30 — 31.
- Nommsalu H., Meripold H., Metliskaja J., Raig H. 1996. Fodder galega (*Galega orientalis* Lam.): a promising new leguminous forage plant. Seed Sci. and Techn. z. 24 (2): 359 — 364.
- Prusiński J. 1991. Wpływ metod skaryfikacji oraz temperatury na kiełkowanie i wschody rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.). Biul. IHAR 180: 173 — 174.
- Sagarov A.M. 1985. Kozljatnik vostochnyj — cennaja bobovaja kultura. Kormoproizvodstvo. vol. 8: 30 — 32.
- Slepetyš J. 2001. Rytinia oziaruciu (*Galega orientalis* Lam.) seklu brendimas. Zemdirbyste Mokslo Darbai. vol. 74: 150 — 162.
- Slepetyš J. 2002. Fodder galega (*Galega orientalis* Lam.) for seed production in organic farming. Proceedings from the conference "Scientific aspects of organic farming". 21–22 March 2002. Jelgava — Łotwa: 109 — 113.
- Sowiński J., Szyszkowska A. 2002. The effect of harvesting method on the quantity and the quality of fodder galega (*Galega orientalis* Lam.) forage. Reu Technical Series nr 66: 110 — 112.
- Tworowski J., Szczukowski S., Jakubiak P. 1999. Skaryfikacja a wartość siewna nasion rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.). Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. z. 468: 233 — 240.
- Wójcik A. R., Ubysz-Borucka L., Zieliński W. 1984. Tablice statystyczne SGGW Warszawa: 255 ss.

SPIS TREŚCI — CONTENTS

Wiesław Pilarczyk Anna Fraś	Próba określenia reprezentatywnego zbioru miejscowości w serii doświadczeń odmianowych z pszenicą ozimą Choosing representative subset of locations in series of winter wheat trials	3
Edward Pałys Mirosław Korzeniowski Piotr Kraska Beata Krusińska Zofia Ryń	Wpływ poziomu nawożenia mineralnego i ochrony chemicznej zasiewów na plonowanie pszenicy ozimej wysiewanej po sobie na rędzinie The influence of fertilization and chemical protection level on yielding of winter wheat sown after winter wheat on rendzina soil	11
Piotr Kraska	Wpływ zróżnicowanych dawek herbicydów na plonowanie i zawartość makroelementów w ziarnie pszenicy ozimej The influence of different doses of herbicides on yielding and macroelements content in winter wheat grain	23
Tomasz Góral	Ocena odporności rodów pszenicy i pszenżyta na fuzariozę kłosów, pleśń śniegową i rdzę brunatną w Radzikowie w 2006 roku Komunikat Evaluation of resistance of breeding lines of wheat and triticale to <i>Fusarium</i> head blight, snow mold, and leaf rust in Radzików in 2006 Short communication	31
Tadeusz Oleksiak Dariusz R. Mańkowski	Stabilność plonowania i zdolność adaptacyjna odmian jęczmienia jarego do warunków Polski Yielding stability and adaptation of spring barley cultivars to the conditions of Poland	45
Renata Tobiasz-Salak Dorota Borecka-Jamro Ewa Szpunar-Krok	Wpływ dolistnego dokarmiania na plon i skład chemiczny ziarna owsa Influence of foliar fertilization on yield and chemical composition of oat grain	55
Jarosław Plich	Odporność roślin ziemniaka na <i>Phytophthora infestans</i> i jej związek z wczesnością odmian — przegląd literatury Resistance of the potato to <i>Phytophthora infestans</i> and its relation to earliness of cultivars — a review	61
Cezary Trawczyński	Reakcja kilku nowych odmian ziemniaka na nawożenie azotem The reaction of some new potato cultivars to nitrogen fertilization	73
Cezary Trawczyński	Wpływ nawożenia azotem na plonowanie ziemniaka, zawartość azotanów w bulwach i azotu mineralnego w glebie The influence of nitrogen fertilization on potato yielding, content of nitrates in tubers and mineral nitrogen in the soil	83
Krystyna Zarzyńska Wojciech Goliszewski	Zachwaszczenie plantacji ziemniaka w zależności od systemu uprawy i kompleksu glebowego The weed infestation of potatoes depending on crop production system and soil type	95

Marek Gugała Krystyna Zarzecka Katarzyna Rymuza	Wpływ sposobów uprawy i odchwaszczania na niektóre cechy jakości ziemniaka The influence of tillage and weeding methods on some quantitative traits in potato	107
Jerzy Osowski	Zróżnicowanie skuteczności działania Dithane M-45 80 WP (mankozeb) i Bravo 500 SC (chlorotalonil) w ograniczaniu rozwoju alternariozy ziemniaka w Boninie i Starym Oleśnie w latach 1997–2006 The effectiveness of Dithane and Bravo in controlling potato early blight in Bonin and Stare Olesno in 1997–2006	115
Marek Gugała Krystyna Zarzecka Katarzyna Rymuza	Wpływ uprawy roli i sposobu odchwaszczania plantacji ziemniaka na porażenie bulw parchem zwykłym (<i>Streptomyces scabies</i> Thaxt.) The influence of soil tillage and weed control methods infestation of potato tubers with common scab (<i>Streptomyces scabies</i> Thaxt.)	127
Bożena Cwalina-Ambroziak Bożena Bogucka Aldona Trojak	Porażenie niektórych odmian ziemniaka przez <i>Colletotrichum coccodes</i> (Wallr.) Hughes w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem Infestation of some of potato cultivars by <i>Colletotrichum coccodes</i> (Wallr.) Hughes during investigation period	135
Leszek Domański Krystyna Michalak Ewa Zimnoch-Guzowska	Zróżnicowanie podatności wybranych odmian ziemniaka na ciemną plamistość pouszkodzeniową bulw Variation of blackspot susceptibility of the selected potato cultivars	145
Marek Gugała Krystyna Zarzecka	Porównanie skuteczności insektycydów w zwalczaniu stonki ziemniaczanej Comparison of the effectiveness of insecticides in controlling of Colorado potato beetle	151
Danuta Buraczyńska	Znaczenie nawozów zielonych z międzyplonów wsiewek i słomy w uprawie buraka cukrowego Część III. Zawartość makroskładników w roślinach The role of green manures, in form of undersown cover crops, and straw in sugar beet cultivation Part III. Content of macroelements in plants	159
Małgorzata Wyrzykowska Jolanta Ziemiańska Marzena Lisowska	Zmienność i współzależność cech lucerny (<i>Medicago sativa</i> ssp. L.) o różnej długości kwiatostanu Variability and correlations of some traits in lucerne (<i>Medicago sativa</i> ssp. L.) forms with different length of inflorescence	169
Józef Sowiński Edward Możdżeń	Wpływ terminu zbioru rutwicy wschodniej (<i>Galega orientalis</i> Lam.) na plon oraz wpływ metody skaryfikacji na jakość nasion The influence of sampling time of fodder galega (<i>Galega orientalis</i> Lam.) on seed yield and the effect of scarification method on seed quality	179