



Żyto na polach w Radzikowie
Fot. Gabriela Wodzyńska-Łapińska

BIULETYN
INSTYTUTU HODOWLI
I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
Nr 265/2012



Żyto na polach w Radzikowie. Fot. Gabriela Wodzyńska-Łapińska

RADZIKÓW 2012
INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY — RADZIKÓW
05-870 BŁONIE pod WARSZAWĄ

INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Dyrektor: Prof. dr hab. Edward Arseniuk

KOMITET REDAKCYJNY:

EDITORIAL COMMITTEE:

PROF. DR HAB. HENRYK J. CZEMBOR — Przewodniczący — Editor-in Chief
(genetyka i hodowla roślin, fitopatologia)

PROF. DR HAB. DANUTA BOROS (analiza i wartość użytkowa produktów roślinnych)

PROF. DR HAB. WIESŁAW MĄDRY (doświadczałnictwo i biometria — metody statystyczne
w genetyce, hodowli roślin i ocenie odmian)

DR WOJCIECH NOWACKI (systemy produkcji roślinnej, odmianoznawstwo, agrotechnika,
towaroznawstwo, ekonomika produkcji)

PROF. DR HAB. STANISŁAWA ROZTROPOWICZ-SZKUBEL (agronomia, fizjologia rozwoju,
agrotechnika odmian)

PROF. DR HAB. BARBARA ZAGDAŃSKA (fizjologia, biochemia i biologia molekularna roślin)

MGR GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA (Sekretarz Redakcji — Editorial Secretary)

Redaktor Statystyczny — PROF. DR HAB. WIESŁAW MĄDRY

CZASOPISMO UKAZUJE SIĘ OD 1951 ROKU

Redaktor techniczny i skład komputerowy
GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA

Druk: PWR Sp. z o.o

WACŁAW JARECKI
DOROTA BOBRECKA-JAMRO

Katedra Produkcji Roślinnej
Wydział Biologiczno Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski

Wpływ zróżnicowanych dawek azotu na plonowanie pszenicy jarej

Influence of different nitrogen doses on yielding of spring wheat

W latach 2009–2011 przeprowadzono ściśle doświadczenie polowe, którego celem było określenie reakcji odmian pszenicy jarej: Bombona, Parabola i Trappe na dwa poziomy nawożenia azotem 90 i 150 kg·ha⁻¹. Stwierdzono, że wraz ze wzrostem dawki azotu istotnie zwiększyła się liczba kłosów na 1 m² (średnio o 33 szt.), plon ziarna (średnio o 0,71 t·ha⁻¹) oraz zawartość białka ogólnego w ziarnie (średnio o 0,4%) w odniesieniu do kontroli. Odmiana Parabola wcześniej weszła w fazę krzewienia w porównaniu do odmiany Bombona i Trappe. Zastosowane poziomy nawożenia azotem nie wpłynęły istotnie na przebieg wegetacji roślin. Badane odmiany różniły się elementami struktury plonu i plonem ziarna, co potwierdzono statystycznie. Najwięcej białka ogólnego w suchej masie ziarna zawierała odmiana Bombona.

Słowa kluczowe: białko, elementy struktury plonu, nawożenie azotem, odmiany, plon, pszenica jara

In years 2009–2011, a strict field research was carried out with the goal to specify the reaction of Bombona, Parabola and Trappe varieties of spring wheat to two levels of fertilizing with 90 and 150 kg·ha⁻¹ of nitrogen. It was noticed that with the increased dose of nitrogen, the number of ears of grain on 1sqm (an average of 33 pcs.), the yield of grain (an average of 0.71 Mg·ha⁻¹) and the volume of general protein in grains (an average of 0.4%) increased compared with the control. The Parabola variety began the tillering stage earlier than Bombona and Trappe varieties. The levels of nitrogen fertilization did not influence significantly the vegetation. The examined varieties differed as far as yield structure and grain yield were concerned which was confirmed statistically. Bombona variety contained the biggest amount of general protein in dry mass of grains.

Key words: grain yield, nitrogen fertilization, protein, spring wheat, varieties, yield components

WSTĘP

Nawożenie azotem wywiera korzystny wpływ na plonowanie pszenicy jarej, co zostało potwierdzone w dotychczasowych badaniach. Nie wszystkie odmiany pszenic wymagają jednak wysokich dawek azotu, stąd zalecany jego poziom mieści się w szerokich granicach od 50 do 160 i więcej kg·ha⁻¹ (Sułek i Mazurek, 2001; Gąsiorowska i Makarewicz, 2004; Cacak-Pietrzak i Sułek, 2007; Sułek i Cacak-Pietrzak, 2008; Sułek i Podolska, 2008; Kulig

i in., 2009; Woźniak, 2009). Poziom nawożenia azotowego uzależniony jest również od wielu innych czynników, m.in. warunków glebowych i pogodowych. Dodatkowo dawki większe od $60 \text{ N kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ należy dzielić na dwie lub trzy części, co zwiększa efektywność wykorzystania azotu przez rośliny (Sułek, 2004; Biskupski i in., 2007; Sułek i Cacak-Pietrzak, 2008; Kulig i in., 2009).

Dla przetwórstwa zbożowego najważniejsza jest jakość surowca, która gwarantuje uzyskanie produktu o wysokiej jakości. Dlatego to ważne jest badanie wpływu zmiennych dawek azotu również pod kątem parametrów jakościowych ziarna (Johansson i in., 2001; Borkowska i in., 2003; Jakubczyk i Gondek, 2009). Uzyskanie plonu pszenicy jarej wysokiej jakości i ilości, adekwatnego do potencjalnych możliwości danej odmiany, możliwe jest zatem tylko w warunkach odpowiedniej agrotechniki, w tym precyzyjnie określonych potrzeb nawożenia azotem (Kocoń, 2005). Celowe jest zatem badanie reakcji poszczególnych odmian pszenicy jarej na zróżnicowane dawki azotu.

MATERIAŁ I METODY

Ścisłe doświadczenie polowe z pszenicą jarą, odmiany Bombona (elitarna), Parabola (jakościowa) i Trappe (chlebową) przeprowadzono w latach 2009–2011 w Stacji Doświadczalnej Wydziału Biologiczno-Rolniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego, w Krasnem koło Rzeszowa ($50^{\circ}03' \text{ N}$, $22^{\circ}06' \text{ E}$). Gleba pod doświadczeniem należała do kompleksu pszennego dobrego, klasy bonitacyjnej IIIa o pH w granicach od 5,10 (2009 r.) do 5,94 (2010 r.). Zawartość oznaczonego w glebie fosforu i potasu była średnia, zaś magnezu bardzo niska. (tab. 1). Analizę próbek glebowych wykonano w Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Rzeszowie.

Tabela 1

Wyniki analizy gleby Results of soil analysis

Rok Year	pH w KCl pH in KCl	Przyswajalne makroskładniki — Available macroelements mg/100g gleby		
		P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
2009	5,10	14,1	17,0	2,1
2010	5,94	11,2	13,0	1,9
2011	5,67	14,8	14,5	2,1

Doświadczenie przeprowadzono w czterech powtórzeniach. Badanymi czynnikami były: dwa poziomy nawożenia azotem mineralnym (saletra amonowa 34%) oraz odmiany pszenicy jarej (Bombona, Parabola, Trappe) należące do trzech grup jakościowych. Zastosowane dawki azotu wyniosły:

- a) $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ przedsiewnie + $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w fazie strzelania w źdźbło),
- b) $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ przedsiewnie + $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w fazie strzelania w źdźbło + $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w fazie kłoszenia).

Siew wykonano w następujących terminach: 16.04. 2009 r., 13.04. 2010 r. 05.04. 2011 r. Ilość wysiewu wyniosła $500 \text{ szt} \cdot \text{m}^{-2}$. Przedplonem corocznie był rzepak jary. Powierzchnia poletek wynosiła 15 m^2 (do zbioru 12 m^2). Nawożenie mineralne PK (pod

wysoki plon) zastosowano pod orkę przedzimową w dawce: 43,6 kg P·ha⁻¹ i 116,2 kg K·ha⁻¹. Podczas wegetacji do zwalczania chwastów wykorzystano Chwastox Extra 300 SL, do zwalczania szkodników Alfamor 050 SC, zaś do zwalczania chorób Alert 375 SC. Pestycydy stosowano zgodnie z instrukcją producenta.

W okresie wegetacji pszenicy prowadzono obserwacje wzrostu i rozwoju roślin. Obejmowały one: wschody, krzewienie, strzelanie w źdźbło, kłoszenie, dojrzewanie. Na powierzchni 1 m² policzono obsadę roślin w fazie pełni wschodów oraz liczbę kłosów przed zbiorem. Liczbę roślin przed zbiorem policzono wrywając rośliny z 0,5 m². Na podstawie uzyskanych wyników obliczono współczynnik krzewienia produkcyjnego (liczba kłosów przez liczbę roślin na m²). Ocenę wylegania podano w skali od 1 do 9° w fazie kłoszenia.

W fazie dojrzałości technicznej z każdego poletka pobrano 20 roślin i określono ich elementy struktury plonu: liczbę ziaren w kłosie i masę tysiąca nasion (przy 15% wilgotności).

Zbiór przeprowadzono jednoetapowo w fazie pełnej dojrzałości, w dniach: 20.08.2009 r., 24.08.2010 r. i 19.08.2011 r. Masę nasion z poletek przeliczono na plon z 1 ha przy wilgotności 15%. Nasiona do analizy chemicznej pozyskano w trakcie zbioru z każdej kombinacji i oznaczono w nich N — metodą Kjeldahla, a następnie przeliczono na białko ogólne.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej: analiza wariancji (według modelu split-plot). Istotność różnic pomiędzy wartościami cech testowano na podstawie pół-przedziałów ufności Tukeya, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Do obliczeń wykorzystano program statystyczny ANALWAR 5FR. Cechy o nieistotnych w latach parametrach uśredniono.

Warunki pogodowe podano według Biuletynów Agrometeorologicznych IMiGW w Warszawie. W latach badań zmienna była przede wszystkim suma opadów. W okresie kwiecień-sierpień wyniosła: w 2009 r. 372,5 mm, w 2010 r. 651,8 mm oraz w 2011 r. 450 mm. Średnie temperatury w tym samym okresie były mniej zróżnicowane (tab. 2). Fotyma (2003) podaje, że o wielkości plonów pszenicy jarej decydują przede wszystkim warunki wodno-termiczne miesiąca maja.

Tabela 2

Warunki pogodowe w okresie wegetacji pszenicy jarej w latach 2009–2011
Weather conditions during vegetation period of spring wheat in the years 2009–2011

Miesiące Months	Opady Rainfall (mm)				Średnie temperatury Mean temperatures (°C)			
	2009	2010	2011	wielolecie long-term	2009	2010	2011	wielolecie long-term
IV	3,7	49,9	50,0	50,6	11,1	8,9	10,3	8,7
V	102,6	177,0	49,2	80,8	13,8	14,3	13,9	13,9
VI	146,4	126,1	88,5	82,0	16,6	17,9	18,1	17,0
VII	98,0	200,2	233,7	88,2	20,7	20,8	18,6	19,0
VIII	21,8	98,6	28,6	68,8	19,4	19,5	19,0	18,2

WYNIKI I DYSKUSJA

W okresie badań pełnia wschodów roślin wystąpiła po 14–15 dniach od daty siewu nasion. Fazę krzewienia odnotowano po 33 dniach u odmiany Parabola i po 37 dniach od daty siewu u odmiany Bombona i Trappe. Różnice te były istotne. W kolejne fazy rozwojowe wcześniej wchodziły rośliny odmiany Parabola w porównaniu do pozostałych badanych odmian. Nie zostało to jednak udowodnione statystycznie. Zróżnicowane dawki azotu nie modyfikowały istotnie długości faz rozwojowych roślin i całego okresu wegetacji (tab. 3).

Tabela 3

Przebieg wegetacji roślin pszenicy jarej w dniach od daty siewu (średnia z lat 2009–2011)
The vegetation of spring wheat in the period from sowing (mean in years 2009–2011)

Dawka azotu Amount of nitrogen (kg·ha ⁻¹)	Odmiana Variety	Wschody Emergence	Krzewienie Tillering	Strzelanie w źdźbło Shooting	Kłoszenie Earing	Dojrzałość pełna Full maturity
90	Bombona	15	37	52	71	119
	Parabola	14	33	50	69	114
	Trappe	15	37	52	71	119
150	Bombona	15	37	52	72	122
	Parabola	14	33	50	70	116
	Trappe	15	37	52	72	123
Średnie dla czynników — Average for factor						
90		15	36	51	70	117
150		15	36	51	71	120
NIR — LSD A $\alpha = 0,05$		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Bombona		15	37	52	72	121
Parabola		14	33	50	70	115
Trappe		15	37	52	72	121
NIR — LSD B $\alpha = 0,05$		r.n.	3,482	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. — różnica nieistotna; not significantly different

Dawka azotu 150 kg·ha⁻¹ w odniesieniu do dawki 90 kg·ha⁻¹ istotnie zwiększyła liczbę kłosów na jednostce powierzchni (tab. 4). Sułek (2004) oraz Sułek i Podolska (2008) wykazały również, że wzrastające nawożenie azotem wpływa dodatnio na obsadę kłosów.

Wyleganie roślin i współczynnik krzewienia produkcyjnego były większe na obiekcie z wyższą dawką azotu, nie potwierdzono jednak tego statystycznie. U badanych odmian nie stwierdzono istotnych różnic w wyleganiu i obsadzie roślin. Średnia liczba roślin po wschodach wyniosła 412 szt. zaś przed zbiorem 404 szt. Sułek i Cacak Pietrzak (2008) podkreślają, że duże dawki azotu powodują silniejsze wyleganie roślin oraz porażenie chorobami grzybowymi, co prowadzi do obniżenia plonu ziarna.

Zastosowane poziomy nawożenia azotem nie modyfikowały liczby ziaren w kłosie i MTZ. Borkowska i in. (2003) oraz Gąsiorowska i Makarewicz (2004) również nie stwierdzili zmian MTZ pod wpływem wzrastającej dawki azotu do 150 - 160 kg·ha⁻¹. W badaniach Sułek i Podolskiej (2008) liczba ziaren w kłosie nie wzrosła istotnie na skutek zwiększonej dawki azotu, zaś ziarno było dorodniejsze dopiero po zastosowaniu (w trzech dawkach) 180 N kg·ha⁻¹ w porównaniu do ziaren z poletek kontrolnych (bez azotu).

Zawartość białka ogólnego w suchej masie ziaren wzrosła o 0,4% po zastosowaniu 150 N kg·ha⁻¹ w odniesieniu do dawki 90 N kg·ha⁻¹. Różnica ta została statystycznie udowodniona. Z licznych badań wynika (Wooding i in., 2000; Sułek i Mazurek, 2001; Bly i Woodard, 2003; Cacak-Pietrzak i Sułek, 2007; Sułek i Podolska, 2008; Ralcewicz i in., 2009; Woźniak, 2009), że azot istotnie zwiększa zawartość białka w ziarnie pszenicy jarej. Ma to ważne praktyczne znaczenie dla dalszego zagospodarowania surowca.

Tabela 4

Pomiary polowe lanu (średnia z lat 2009-2011)
Field measurements (mean in years 2009-2011)

Dawka azotu Amount of nitrogen kg·ha ⁻¹	Odmiana Variety	Liczba roślin po wschodach Number of plants after emergence (szt.·m ⁻²)	Liczba roślin przed zbiorem Number of plants before harvest (szt.·m ⁻²)	Wyleganie Lodging 1–9°	Liczba kłosów Number of ears (szt.·m ⁻²)	Współczynnik krzewienia produktywnego Coefficient of productive tillering
90	Bombona	412	402	9,0	525	1,31
	Parabola	408	400	9,0	515	1,29
	Trappe	415	406	9,0	530	1,31
	Bombona	410	402	8,2	556	1,38
150	Parabola	407	400	8,0	545	1,36
	Trappe	418	412	8,5	568	1,38
Średnie dla czynników — Average for factor						
90		412	403	9,00	523	1,30
150		412	405	8,23	556	1,37
NIR — LSD A $\alpha=0,05$		r.n.	r.n.	r.n.	31,427	r.n.
Bombona		411	402	8,60	541	1,35
Parabola		408	400	8,50	530	1,33
Trappe		417	409	8,75	549	1,34
NIR — LSD B $\alpha=0,05$		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Średnia — Mean		412	404	8,62	539,8	1,34

r.n. — Różnica nieistotna; Not significantly different

Odmiana Trappe zawierała w kłosach istotnie więcej ziaren w porównaniu do odmiany Bombona. Natomiast odmiana Parabola odznaczała się istotnie większą MTZ w porównaniu do odmiany Trappe. Zgodnie z oczekiwaniami zawartość białka u badanych odmian była istotnie zróżnicowana. Największą ilość omawianego składnika zgromadziły ziarna odmiany Bombona, należącej do elitarnej grupy jakościowej (tab. 5). Plon ziarna był istotnie większy po zastosowaniu 150 N kg·ha⁻¹ w odniesieniu do dawki 90 N kg·ha⁻¹. Uzyskana różnica wyniosła 0,71 t·ha⁻¹, tj. 12,9%. Wpływ wzrastającego nawożenia azotem na plonowanie pszenicy jarej potwierdzono we wcześniejszych badaniach (Johansson i in., 2001; Sułek i Mazurek, 2001; Gąsiorowska i Makarewicz, 2004; Kocoń, 2005; Sułek i Podolska, 2008). Cacak-Pietrzak i Sułek (2007) oraz Sułek i Cacak-Pietrzak (2008) wykazały odmienną reakcję poszczególnych odmian pszenicy na wzrastające dawki azotu. Ralcewicz i in. (2009) uzyskali istotny wzrost plonu ziarna po zastosowaniu doglebowego nawożenia azotem ale tylko do poziomu 90 kg·ha⁻¹.

Tabela 5

Elementy struktury plonu pszenicy jarej (średnia z lat 2009–2011)
Yield components of spring wheat (mean in years 2009–2011)

Dawka azotu Amount of nitrogen (kg·ha ⁻¹)	Odmiana Variety	Liczba ziaren w kłosie The number of grains per ear	MTZ Weight of 1000 seeds (g)	Białko ogólne Total protein
90	Bombona	33,2	35,2	13,5
	Parabola	34,5	37,9	12,8
	Trappe	36,8	34,3	12,1
150	Bombona	34,3	35,8	13,9
	Parabola	35,5	38,5	13,2
	Trappe	37,7	34,6	12,6
Średnie dla czynników — Average for factor				
90		34,8	35,8	12,8
150		35,8	36,3	13,2
NIR — LSD A $\alpha=0,05$		r.n.	r.n.	0,412
Bombona		33,8	35,5	13,7
Parabola		35,0	38,2	13,0
Trappe		37,3	34,5	12,4
NIR — LSD B $\alpha=0,05$		3,471	3,672	0,637
Średnia — Mean		35,3	36,1	13,0

r.n. — Różnica nieistotna; Not significantly different

Odmiana Bombona plonowała istotnie niżej od pozostałych badanych odmian. Natomiast odmiana Parabola i Trappe plonowały na jednakowym statystycznie poziomie. Zauważono jednak, że w 2009 i 2011 roku odmiana Trappe plonowała wyżej od odmiany Parabola, zaś w 2010 roku (o zwiększonych opadach) odnotowano zależność odwrotną. Nie zostało to jednak udowodnione statystycznie (tab. 6).

Tabela 6

Plon ziarna t·ha⁻¹
Yield seeds t·ha⁻¹

Dawka azotu Amount of nitrogen (kg·ha ⁻¹)	Odmiana Variety	2009	2010	2011	Średnia z lat Mean in years
90	Bombona	5,24	5,13	5,05	5,14
	Parabola	5,75	5,82	5,62	5,73
	Trappe	5,79	5,60	5,68	5,69
150	Bombona	5,95	5,80	5,74	5,83
	Parabola	6,46	6,51	6,38	6,45
	Trappe	6,50	6,35	6,38	6,41
Średnie dla czynników — Average for factor					
90		5,59	5,52	5,45	5,52
150		6,30	6,22	6,17	6,23
NIR — LSD A $\alpha=0,05$		0,683	0,575	0,696	0,578
Bombona		5,60	5,47	5,40	5,49
Parabola		6,11	6,17	6,00	6,09
Trappe		6,15	5,98	6,03	6,05
NIR — LSD B $\alpha=0,05$		0,532	0,697	0,577	0,549
NIR — LSD A×B $\alpha=0,05$				r.n.	
NIR — LSD A $\alpha=0,05$ × lata				r.n.	
NIR — LSD B $\alpha=0,05$ × lata				r.n.	
Średnia — Mean		5,95	5,87	5,81	5,88

r.n. — Różnica nieistotna; Not significantly different

WNIOSKI

1. Stosowane dawki azotu (90 i 150 kg·ha⁻¹) nie wywarły istotnego wpływu na długości faz rozwojowych i okres wegetacji roślin. Faza krzewienia wystąpiła wcześniej u odmiany Parabola w porównaniu do odmian Bombona i Trappe.
2. Wzrost dawki azotu z 90 kg·ha⁻¹ do 150 kg·ha⁻¹ wpłynął na istotne zwiększenie liczby kłosów na 1 m² i plonu ziarna natomiast nie modyfikował liczby ziaren w kłosie i MTZ. Odmiana Trappe w porównaniu do Bombona zawierała w kłosach istotnie więcej ziaren. Odmiana Parabola odznaczała się istotnie większą MTZ w odniesieniu do odmiany Trappe. Odmiany Parabola i Trappe plonowały istotnie wyżej niż odmiana Bombona.
3. Zawartość białka ogólnego w suchej masie nasion była wyższa o 0,4% po zastosowaniu 150 N kg·ha⁻¹ w porównaniu do dawki 90 N kg·ha⁻¹. Największą ilość białka ogólnego w suchej masie ziarna zawierała odmiana Bombona.

LITERATURA

- Biskupski A., Kaus A., Włodek S., Pabin J. 2007. Zróżnicowane nawożenie azotem a plonowanie i wybrane wskaźniki architektury łanu kilku odmian pszenicy jarej. *Inż. Rol.* 3 (91): 29 — 35.
- Bly A. G., Woodard H. J. 2003. Nitrogen management, foliar nitrogen application timing influence on grain yield and protein concentration of hard red winter and spring wheat. *Agron. J.* 95: 335 — 338.
- Borkowska H., Grundas S., Styk B. 2003. Zmiany wybranych cech jakościowych ziarna kilku odmian pszenicy pod wpływem zróżnicowanego nawożenia azotowego. *Acta Agrophys* 2 (4): 717 — 723.
- Cacak-Pietrzak G., Sułek A. 2007. Wpływ poziomu nawożenia azotem na plonowanie i jakość technologiczną ziarna pszenicy jarej. *Biul. IHAR* 245: 47 — 55.
- Fotyma E. 2003. Porównanie produktywności pszenicy ozimej i jarej uprawianej w różnych warunkach agroekologicznych. *Fragm. Agron.* 3 (79): 98 — 114.
- Gąsiorowska B., Makarewicz A. 2004. Wpływ nawożenia azotowego na plonowanie pszenicy jarej. *Ann. UMCS, Sec. E*, 2004, 59, (2): 713 — 719.
- Jakubczyk E., Gondek E. 2009. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na właściwości mechaniczne ziarna odmian pszenicy jarej. *Acta Agrophysica* 14 (2): 335 — 343.
- Johansson E, Prieto-Linde M.L., Jönsson J. 2001. Effects of wheat cultivar and nitrogen application on storage protein composition and bread-making quality. *Cereal Chem.* 78: 19 — 25.
- Kocoń A. 2005. Nawożenie jakościowej pszenicy jarej i ozimej a plon i jakość ziarna. *Pam. Puł.* 139: 55 — 64.
- Kulig B., Oleksy A., Zając T. 2009. Wpływ sposobu uprawy roli i nawożenia azotem na plonowane pszenicy jarej. *Fragm. Agron.* 26 (4): 81 — 94.
- Ralcewicz M., Knapowski T., Kozera W., Barczak B. 2009. Technological value of spring wheat of Zebra cultivar as related to the way of nitrogen and magnesium application. *J. Cent. Eur. Agric.* 10 (3): 223 — 232.
- Sulek A. 2004. Określenie reakcji nowych rodów i odmian pszenicy jarej na wybrane czynniki agrotechniczne. *Biul. IHAR* 231: 139 — 145.
- Sulek A., Cacak-Pietrzak G. 2008. Kształtowanie się cech jakościowych ziarna odmian pszenicy jarej w zależności od nawożenia azotem. *Fragm. Agron.* 25 (1): 400 — 409.
- Sulek A. i Podolska G. 2008. Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy jarej odmiany Nawra w zależności od dawki i terminu stosowania azotu. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 7 (1): 103 — 110.
- Sulek A., Mazurek J. 2001. Wpływ podstawowych czynników agrotechnicznych na plon i cechy plonotwórcze nowych odmian pszenicy jarej. *Biul. IHAR* 220: 59 — 67.

- Wooding A. R., Kavale S., MacRitchie F., Stoddard F. L., Wallace A. 2000. Effects of nitrogen and sulfur fertilizer on protein composition, mixing requirements, and dough strength of four wheat cultivars. *Cereal Chem.* 77, 798 — 807.
- Woźniak A. 2009. Jakość ziarna pszenicy jarej odmiany Koksa w różnych systemach uprawy roli. *Acta Agrophysica* 14 (1): 233 — 241.

TOMASZ GÓRAL¹**PIOTR OCHODZKI**¹**DOROTA WALENTYN-GÓRAL**¹**LINDA K. NIELSEN**²**ANNEMARIE F. JUSTESEN**²**LISA N. JORGENSEN**²¹ Zakład Fitopatologii, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Radzików² Institute of Agroecology, Faculty of Science and Technology, Aarhus University, Research Centre Flakkebjerg, Denmark

Wpływ przedplonu oraz warunków pogodowych na porażenie kłosów pszenicy jarej przez grzyby z rodzaju *Fusarium* oraz zawartość mikotoksyn w ziarnie

Effect of pre-crop and weather conditions on infection of heads of spring wheat with *Fusarium* fungi and content of mycotoxins in grain

Badano wpływ przedplonu na nasilenie fuzariozy kłosów oraz zawartość mikotoksyn fuzaryjnych w ziarnie pszenicy jarej. Przedplon stanowiła kukurydza na ziarno oraz rzepak ozimy. W latach, w których wystąpiły warunki sprzyjające rozwojowi fuzariozy kłosów stwierdzono zwiększone nasilenie choroby na kłosach pszenicy wysianej po kukurydzy. Ziarno z tych stanowisk zawierało więcej DNA *Fusarium* oraz mikotoksyn fuzaryjnych w porównaniu do ziarna ze stanowiska po rzepaku. Dominującym sprawcą fuzariozy kłosów był gatunek *F. graminearum*. Rozwój choroby na kłosach pszenicy oraz stężenie mikotoksyn w ziarnie były bardzo silnie uzależnione od warunków pogodowych. Opady oraz wilgotność względna powietrza w okresie kłoszenia i kwitnienia miała decydujący wpływ na wyniki uzyskane w ciągu 3 lat badań.

Słowa kluczowe: kukurydza, fuzarioza kłosów, mikotoksyny, przedplon, pszenica

Effect of pre-crop on severity of *Fusarium* head blight (FHB) and content of mycotoxins in grain of spring wheat was studied. Pre-crops were grain maize and winter rapeseed. In years, when conditions were favorable for FHB development, an increased severity of wheat head infections was observed on stands sown after grain maize. Wheat grain samples from these stands contained more *Fusarium* DNA and *Fusarium* mycotoxins comparing with grain from stands sown after rapeseed. Dominant species causing FHB was *F. graminearum*. Disease development on wheat heads and mycotoxin concentration in grain strongly depended on weather conditions. Rainfall and relative humidity during heading and anthesis had the strongest effect on results obtained during three years of study.

Key words: *Fusarium* head blight, mycotoxins, maize, pre-crop, wheat

WSTĘP

Fuzarioza kłosów pszenicy jest chorobą powodowaną przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. Choroba ta w ostatnich latach została dostrzeżona w wielu krajach Europy jako narastający problem w uprawie pszenicy. Głównym źródłem zagrożenia ze strony fuzariozy kłosów jest fakt, że grzyby ją powodujące wytwarzają mikotoksyny szkodliwe dla zdrowia ludzi i zwierząt. Kłosy pszenicy porażane są przez liczne gatunki z rodzaju *Fusarium*. Głównymi sprawcami fuzariozy kłosów są: *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. poae* oraz *F. langsethiae* (Bottalico i Perone, 2002; Stępień i in., 2008; Nielsen i in., 2011). Kłos może być porażany przez kilka różnych gatunków jednocześnie. Nasilenie fuzariozy kłosów zależy przede wszystkim od warunków pogodowych podczas kwitnienia, ale także innych czynników agrotechnicznych (odporność odmian, sposób uprawy, przedplon itp.) (Champeil i in., 2004; Del Ponte i in., 2008; Xu i in., 2008). Na zawartość mikotoksyn w ziarnie wpływa mają także warunki pogodowe po kwitnieniu do momentu zbiorów ziarna (Cowger i in., 2009).

Fuzariozę kłosów można zwalczać stosując ochronę chemiczną. Istnieje na rynku grupa fungicydów dedykowanych do zwalczania tej choroby. Warunkiem ich skuteczności jest jednakże właściwy termin stosowania — podczas kwitnienia pszenicy. Substancje aktywne mają różną skuteczność w ograniczaniu porażenia kłosa a także skażenia ziarna mikotoksynami (Jones i in., 2000). W warunkach bardzo sprzyjających rozwojowi fuzariozy kłosów ochrona chemiczna jest mało skuteczna (Simpson i in., 2001).

Rozwój choroby i tym samym późniejsze skażenie ziarna można ograniczać poprzez odpowiednią kombinację czynników agrotechnicznych (Anonim, 2007, 2010; Clark i in., 2008). Uprawa odmian odpornych (lub mało podatnych), stosowanie zmianowania (unikanie monokultury), właściwy przedplon — to czynniki zmniejszające możliwość rozwoju choroby (Champeil i in., 2004 a, b).

Zarówno rzepak jak i kukurydza są w Polsce uprawiane na szeroką skalę, z perspektywą wzrostu areału zasiewów obu tych gatunków. Wzrost zapotrzebowania na biopaliwa powoduje zwiększanie produkcji rzepaku. Kukurydza, oprócz tradycyjnego wykorzystania jako pasza i surowiec przemysłowy, może być również znakomitym źródłem zarówno biopaliw (bioetanol) jak też surowcem dla biogazowni. W przypadku dużych strat w zasiewach spowodowanych wymarzeniem zasiewów ozimych jest gatunkiem sianym na wiosnę, czego przykładem może być sytuacja w roku 2012. Dlatego coraz częściej spotykana może być sytuacja w której przedplonem pszenicy jarej jest rzepak lub kukurydza.

Celem pracy było porównanie wpływu uprawy dwóch przedplonów uprawianych w Polsce na dużą skalę: rzepaku i kukurydzy, na nasilenie fuzariozy kłosów, porażenie ziarna i zawartość mikotoksyn fuzaryjnych w ziarnie pszenicy jarej.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w latach 2009–2011 na polach Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie k. Warszawy. Pszenica jara została wysiana

na polach, na których przedplonem był rzepak ozimy lub kukurydza na ziarno. W roku 2009 wysiano odmianę Griwa na poletkach o powierzchni ok. 30 m². W latach 2010 i 2011 wysiano odmiany Griwa, Parabola i Raweta, każdą na poletkach o powierzchni 30 m². Około 2–3 tygodni po kwitnieniu pszenicy wykonano obserwacje występowania fuzariozy kłosów i stopnia porażenia kłosów. W roku 2009 z obu poletek odmiany Griwa zebrano ręcznie po 100 losowo wybranych kłosów, następnie przeprowadzono zbiór ziarna za pomocą kombajnu poletkowego. Kłosa zebrane ręcznie zostały wymłócone za pomocą młocarni laboratoryjnej. W latach 2010 i 2011 zbiór ziarna przeprowadzono jedynie za pomocą kombajnu.

W zebranych próbach określono stopień uszkodzenia ziarna przez *Fusarium*. Proporcja ziarniaków uszkodzonych została określona wizualnie poprzez podział próby na ziarniaki zdrowe (normalne i pomarszczone) oraz ziarniaki w różnym stopniu porażone przez *Fusarium*: białe lub różowo przebarwione, białe pomarszczone (Argyris i in., 2003).

Zawartość DNA *Fusarium* oznaczano w próbach ziarna metodą PCR w czasie rzeczywistym (rtPCR) opisaną przez Nicolaisena i in. (2009). Ziarno (300 g) mielono wstępnie młynkiem laboratoryjnym. Ze zmielonej partii pobierano 5 g i rozdrabniano w ciekłym azocie za pomocą homogenizatora Geno/Grinder 2000. DNA izolowano ze 100 mg sproszkowanego ziarna stosując zmodyfikowaną metodę CTAB (Anonim, 2005).

Do wyznaczenia krzywych standardowych użyto izolatów 6 gatunków *Fusarium*. Izolaty hodowano na pożywce PDA nakrytej krążkiem celofanowym przez tydzień. Grzybnię zeskrobywano z powierzchni celofanu i rozdrabniano w ciekłym azocie za pomocą homogenizatora Geno/Grinder 2000. Do izolacji DNA zastosowaną tę samą metodę jak do izolacji z ziarna. Koncentrację DNA izolatów określano za pomocą spektrometru NanoDrop 1000.

Zastosowano zestawy starterów specyficznych wobec 6 gatunków *Fusarium*: *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. langsethiae*, *F. poae*, *F. sporotrichioides* (Nicolaisen i in., 2009). Do określenia zawartości roślinnego DNA wykorzystano startery specyficzne dla genu *EF1α*. Reakcję rtPCR przeprowadzono na aparacie Applied Biosystems 7500HT. Do detekcji produktów reakcji rtPCR wykorzystano barwnik fluorescencyjny SYBR Green I. Zawartość DNA roślinnego w poszczególnych próbkach posłużyła do wyliczenia względnej zawartości DNA *Fusarium* wyrażonej w pikogramach DNA grzybowego na nanogram DNA pszenicy.

Zawartość trichotecenów z grupy B w ziarnie (deoksyniwalenol [DON], niwalenol [NIV]) była analizowana przy wykorzystaniu techniki chromatografii gazowej. Mikotoksyny ekstrahowano z 5 g zmielonego ziarna za pomocą 25 ml wodnego roztworu acetonitrylu (acetonitryl:woda 84:16) wytrząsając na wytrząsarce przez noc. Probę odwirowano (3000 obrotów×min⁻¹, 5 min.), a ekstrakt oczyszczono na kolumnie Trich 227+ (RomerLabs). Do 4 ml oczyszczonego ekstraktu dodano 1 µg wzorca wewnętrznego (chloraloza) i odparowano do sucha w strumieniu powietrza. Mikotoksyny przeprowadzono w pochodne trimetylosilylowe za pomocą mieszaniny silylującej Sylon BTZ (BSA+TMCS+TMSI, 3:2:3, Supelco). Po rozpuszczeniu upochodnionej próby w izooktanie nadmiar odczynnika silylującego rozłożono i usunięto za pomocą wody.

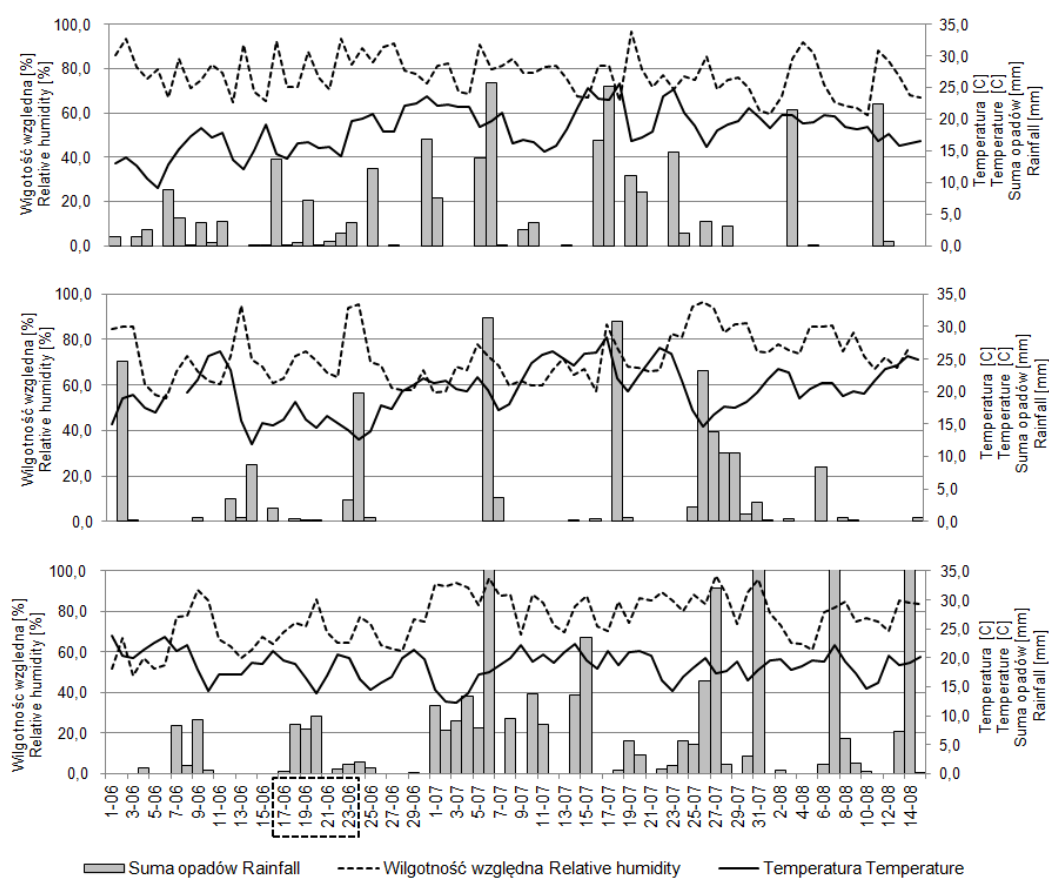
Warstwę organiczną przeniesiono do wialki autosamplera i poddano analizie chromatograficznej na chromatografie SRI 8610C, wyposażonym w kolumnę BGB-5MS, o długości 30 m. i średnicy wewnętrznej 0,25 mm. Gazem nośnym był wodór. Elucję prowadzono w gradiencie temperatury. Detekcję mikotoksyn prowadzono za pomocą detektora wychwyty elektronów (ECD). Identyfikacji poszczególnych związków dokonano przez porównanie czasów retencji czystych wzorców mikotoksyn. Stężenie mikotoksyn określono na podstawie krzywej kalibracji, z zastosowaniem chloralozy jako wzorca wewnętrznego.

Zawartość zearalenonu (ZON) oznaczano za pomocą ilościowego testu immunoenzymatycznego AgraQuant® ZON zgodnie z procedurą podaną przez producenta

WYNIKI

Sezon wegetacyjny w roku 2009 charakteryzował się bardzo dużą częstotliwością i wysoką sumą opadów od początku czerwca do połowy sierpnia (267 mm) (rys. 1). W okresie kwitnienia pszenicy jarej suma opadów deszczu wyniosła 28 mm, natomiast średnia temperatura osiągnęła 16,1°C. W roku 2010 częstotliwość opadów była niższa, natomiast suma opadów była mniejsza (207 mm). W okresie kwitnienia pszenicy jarej suma opadów deszczu wyniosła 6 mm, natomiast średnia temperatura 15,5°C. Na początku czerwca wystąpił tygodniowy okres z bardzo wysokimi dobowymi temperaturami powietrza (powyżej 26°C) i niewielkimi opadami. W roku 2011 temperatura powietrza w okresie 1 czerwca — 8 czerwca była wysoka, (średnia dobowa powyżej 20°C). W drugiej dekadzie czerwca, w okresie kwitnienia pszenicy jarej, wystąpiły znaczne opady (29 mm). Pomimo tego wilgotność względna powietrza była niższa niż w roku 2009. W lipcu oraz do 15 sierpnia opady były bardzo wysokie (405 mm). Dominowały krótkotrwałe, intensywne opady np. 31 lipca — 60 mm w ciągu kilku godzin.

W roku 2009 nasilenie fuzariozy na polu po kukurydzy wynosiło około 50% kłosów porażonych na 1 m². Stopień porażenia kłosów wynosiło od 5 do 40%. Obserwowano duże nasilenie zamierania górnej części kłosów. Na polu po rzepaku również zaobserwowano objawy fuzariozy kłosów. Nasilenie choroby wynosiło około 20% kłosów porażonych na 1 m². Porażenie kłosa wynosiło od 5 do 20%. W roku 2010 nie stwierdzono wystąpienia objawów fuzariozy kłosów na 3 odmianach pszenicy jarej, niezależnie od przedplonu. W roku 2011 objawy wystąpiły, jednakże ich nasilenie było znacznie niższe niż w roku 2009. Objawy porażenia obserwowano na pojedynczych kłosach. Porażenie kłosa wyniosło 5–10%. Nie było różnic w porażeniu kłosów na stanowisku po rzepaku i po kukurydzy.



Rys. 1. Opady, wilgotność względna oraz średnia dobowa temperatura w okresie od 1 czerwca do 15 sierpnia w latach 2009–2011. Okres kwitnienia pszenicy jarej 17–23 czerwca

Fig. 1. Rainfall, relative humidity and daily mean temperature from June 1 to August 15 in years 2009–2011. Spring wheat anthesis period from 17 to 23 of June

W roku 2009 obserwowano uszkodzenie ziarniaków przez *Fusarium* (tab. 1, rys. 2). Średnio było ono wyższe w próbach ze stanowiska po kukurydzy. Zawartość DNA *Fusarium* w ziarnie była około 3-krotnie wyższa w próbach ze stanowiska po kukurydzy niż w próbach ze stanowiska po rzepaku (rys. 2). Wśród gatunków dominował *F. graminearum*, którego DNA stanowiło ponad 98% sumarycznego DNA *Fusarium*.

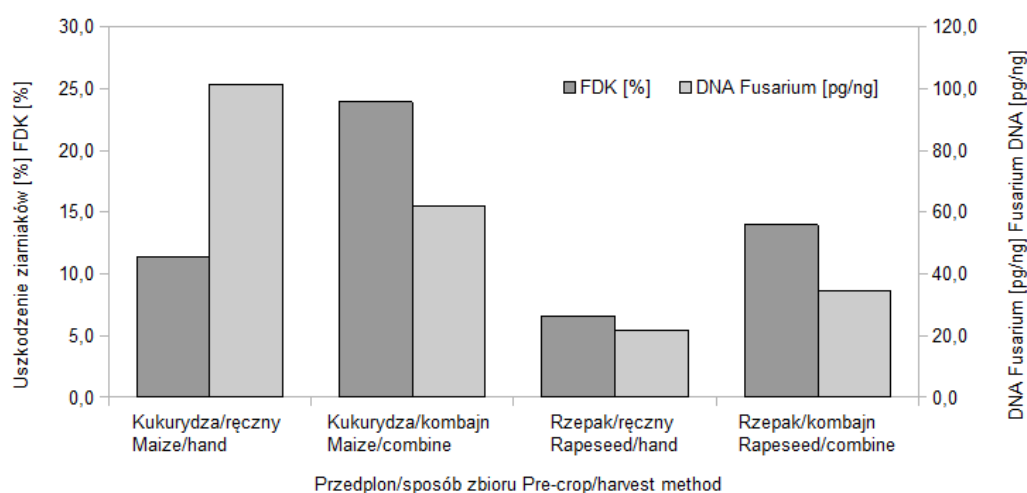
W roku 2010, w związku ze brakiem objawów porażenia kłosów, uszkodzenia ziarniaków nie obserwowano. Zawartość DNA *Fusarium* w ziarnie była około 50 razy niższa niż w roku 2009. Nie obserwowano różnic w zawartości DNA w ziarnie z obu stanowisk.

Tabela 1

Porównanie prób ziarna pszenicy jarej Griwa (2009) oraz Griwa, Parabola i Raweta (2010, 2011) wysianych na stanowiskach po kukurydzy na ziarno i po rzepaku
Comparison of grain samples of spring wheat cv. Griwa (2009) and cultivars Griwa, Parabola, Raweta (2010, 2011) sown after grain maize and rapeseed

Przedplon Pre-crop	Uszkodzenie ziarniaków FDK (%)	DNA <i>Fusarium</i> <i>Fusarium</i> DNA (pg/ng)	DON (ppb)	NIV (ppb)	ZON (ppb)
2009					
Kukurydza — Maize	17,7	81,7	6635	57	92
Rzepak — Rapeseed	10,3	28,3	2502	8	101
2010					
Kukurydza — Maize	0	1,57	56	51	<LD
Rzepak — Rapeseed	0	0,98	64	50	<LD
2011					
Kukurydza — Maize	37,9	—	876	0	98
Rzepak — Rapeseed	11,9	—	593	0	57

DON — deoksynivalenol, NIV — nivalenol, ZEA — zearalenon; LD — limit detekcji
 DON — deoxynivalenol, NIV — nivalenol, ZON — zearalenon, LD — detection limit



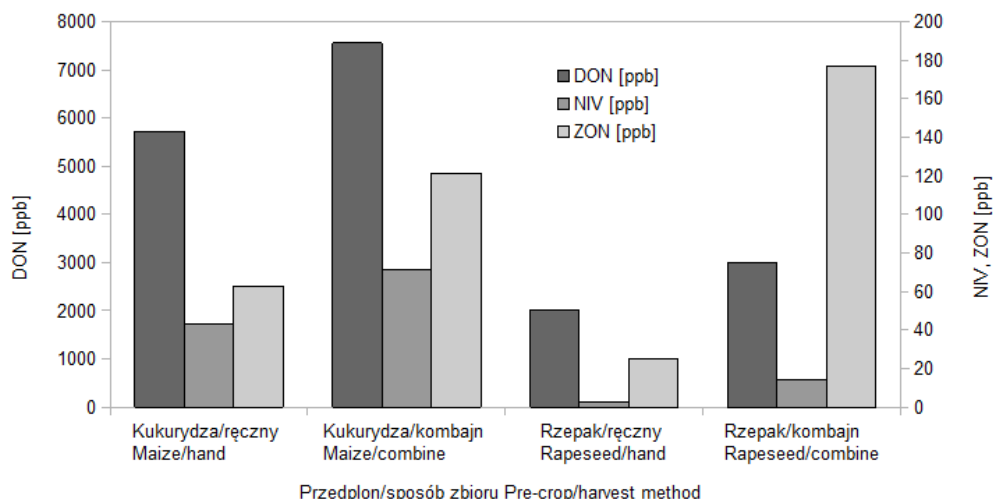
Rys. 2. Uszkodzenie ziarniaków oraz zawartość DNA *Fusarium* w ziarnie pszenicy jarej Griwa w roku 2009

Fig. 2. *Fusarium* damaged kernels and concentration of *Fusarium* DNA in grain of spring wheat cv. Griwa in 2009

Wystąpiły natomiast różnice pomiędzy odmianami (rys. 4). Podobnie jak w 2009, wśród gatunków dominował *F. graminearum* (46,7%). Znaczny był również udział *F. avenaceum* (38,3%).

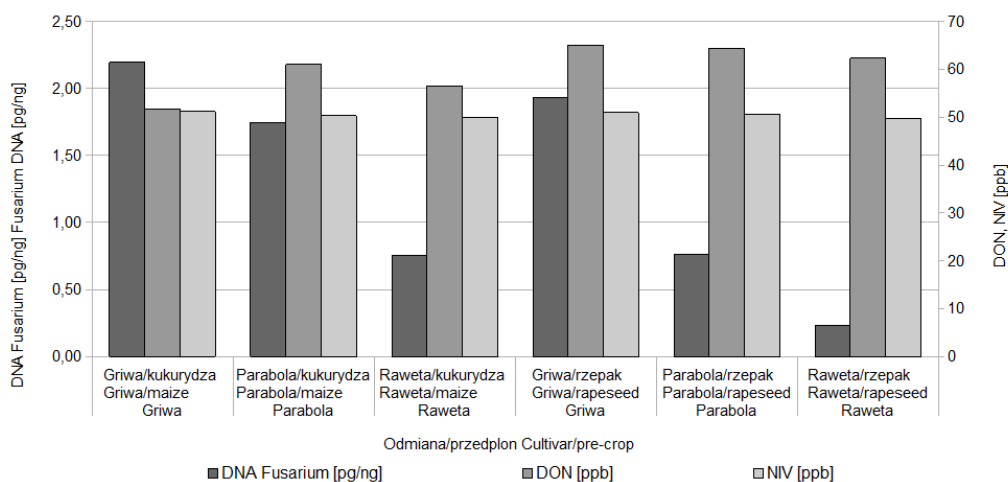
W roku 2011 uszkodzenie ziarniaków było wysokie (tab. 1). Na stanowisku po kukurydzy było około trzykrotnie wyższe niż na stanowisku po rzepaku. Najmniej uszkodzone były ziarniki odmiany Parabola (rys. 5).

Zawartość DON w ziarnie w roku 2009 była bardzo wysoka (tab. 1, rys. 3). Ziarno ze stanowiska po kukurydzy zawierało około 2,5 razy więcej DON niż ziarno ze stanowiska po rzepaku. Stwierdzono niewielką zawartość NIV w ziarnie (rys. 2). W próbach ze stanowisk po rzepaku, były to ilości śladowe. Zawartość ZON wyniosła średnio 100 ppb. Nie stwierdzono różnic w średniej zawartości tej mikotoksyny w próbach z obu stanowisk.



Rys. 3. Zawartość deoksyniwalenolu (DON), niwalenolu (NIV) i zearalnonu (ZEA) w ziarnie pszenicy jarej Griwa w roku 2009

Fig. 3. Concentration of deoxynivalenol (DON), nivalenol (NIV) and zearalenon (ZON) in grain of spring wheat cv. Griwa in 2009

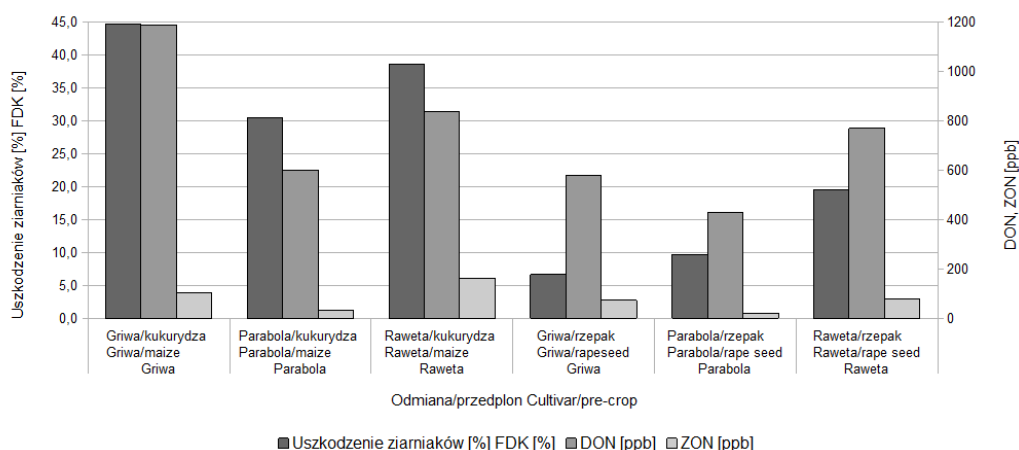


Rys. 4. Zawartość DNA *Fusarium*, deoksyniwalenolu (DON), niwalenolu (NIV) oraz zearalnonu (ZEA) w ziarnie odmian pszenicy jarej Griwa, Parabola i Raweta w roku 2010

Fig. 4. Concentration of *Fusarium* DNA, deoxynivalenol (DON), nivalenol (NIV) and zearalenon (ZON) in grain of spring wheat cvs Griwa, Parabola, Raweta in 2010

W roku 2010 zawartości badanych mikotoksyn w ziarnie były bardzo niskie. Próby ziarna z obu stanowisk nie różniły się pod względem koncentracji mikotoksyn. Nie stwierdzono również różnic pomiędzy odmianami (rys. 4).

W roku 2011, pomimo znacznego uszkodzenia ziarniaków, zawartość DON w ziarnie była kilkakrotnie niższa niż w 2009 (tab. 1). W ziarnie ze stanowiska po kukurydzy stwierdzono około 1,5-razy wyższą koncentrację DON niż w ziarnie ze stanowiska po rzepaku. Najwięcej DON zawierało ziarno odmiany Griwa, mniej odmiany Raweta (rys. 5).



Rys. 5. Uszkodzenie ziarniaków oraz zawartość deoksyniwalenolu (DON), niwalenolu (NIV) i zearalnoneu (ZON) w ziarnie odmian pszenicy jarej Griwa, Parabola i Raweta w roku 2011
Fig. 5. *Fusarium* damaged kernels and concentration of deoxynivalenol (DON), nivalenol (NIV) and zearalenon (ZON) in grain of spring wheat cvs Griwa, Parabola, Raweta in 2011

Zawartość ZON w ziarnie była podobna jak w roku 2009. W ziarnie ze stanowiska po kukurydzy było tej mikotoksyny średnio dwukrotnie więcej niż ze stanowiska po rzepaku.

DYSKUSJA

Uzyskane wyniki wskazują, że uprawa pszenicy na stanowisku, na którym przedplonem była kukurydza może zwiększać zagrożenie fuzariozą kłosów. W latach, sprzyjających występowaniu fuzariozy kłosów (2009, 2011) stwierdzono większe uszkodzenie ziarniaków, wyższą zawartość DNA *Fusarium* i wyższe stężenie deoksyniwalenolu w ziarnie pszenicy ze stanowiska po kukurydzy w porównaniu ze stanowiskiem po rzepaku. W przypadku innych mikotoksyn występujących w niższych stężeniach nie było wyraźnych różnic pomiędzy obydwoma stanowiskami. Negatywny wpływ udziału kukurydzy w zmianowaniu obserwowano w wielu badaniach prowadzonych w innych krajach (Champeil i in., 2004 b; Maiorano i in., 2008; Clark i in., 2009; Blandino i in., 2010; Vogelgsang i in., 2011). Wynika on z faktu, że resztki późniwe kukurydzy — duże

fragmenty nierozdrobnionych łodyg i kolb są doskonałym miejscem dla rozwoju i przetrzymywania grzybów z rodzaju *Fusarium*.

Warunki pogodowe bardzo silnie wpływały na nasilenie fuzariozy kłosów i stężenie mikotoksyn w ziarnie (Xu i in., 2008). Trzy lata badań (2009–2011) charakteryzowały skrajnie różnymi warunkami pogodowymi. W roku 2009 były one najbardziej sprzyjające dla fuzariozy kłosów. W okresie kłoszenia i kwitnienia pszenicy częstotliwość opadów była duża oraz utrzymywała się stała, wysoka wilgotność powietrza. Po kwitnieniu również występowały liczne opady o umiarkowanym nasileniu oraz wysoka wilgotność powietrza. Warunki te spowodowały bardzo wysoką akumulację mikotoksyn (>6 mg/kg DON) w ziarnie pszenicy. Istotne znaczenie wiosennych opadów deszczu (kłoszenie – kwitnienie), ale także warunków pogodowych po kwitnieniu, obserwowano w badaniach nad epidemiologią fuzariozy kłosów (Cowgear i in., 2009; Del Ponte i in., 2009).

W roku 2010 w okresie kłoszenia opady były bardzo niskie oraz towarzyszyła im wysoka temperatura powietrza. W okresie kwitnienia wystąpiły opady oraz nastąpił spadek temperatury. Nie wpłynęło to jednakże na wzrost wilgotności powietrza, która była do trzeciej dekady lipca znacznie niższa niż w roku 2009. Na skutek takiego układu warunków atmosferycznych fuzarioza kłosów nie wystąpiła. Zawartość DNA *Fusarium* była kilkadziesiąt razy niższa niż w 2009 oraz odnotowano jedynie śladowe ilości mikotoksyn w ziarnie. W roku 2011 warunki pogodowe w okresie kłoszenia i kwitnienia pszenicy były bardziej sprzyjające dla rozwoju fuzariozy kłosów. W porównaniu w rokiem 2009 wilgotność powietrza w czerwcu była niższa mimo dużej częstotliwości opadów. Występujące w lipcu i sierpniu krótkotrwałe bardzo intensywne opady nie wpłynęły znacząco na zawartość mikotoksyn, która była kilkakrotnie niższa niż w roku 2009.

Obserwowana w latach 2009, 2010 dominacja gatunku *F. graminearum* dodatkowo wskazuje na zagrożenie upraw pszenicy ze strony resztek poźniwnych kukurydzy. Są one głównym źródłem inokulum pierwotnego *F. graminearum* (Pereyra i in., 2004; Maiorano i in., 2008; Blandino i in., 2010; Vogelgsang i in., 2011). Gatunek ten jest jednym z dwóch głównych sprawców fuzariozy kolb w naszych warunkach klimatycznych (Bottalico, 1998; Dorn i in., 2009; Czembor i in., 2011; Ochodzki i in., 2011). Wzrost znaczenia *F. graminearum* jako sprawcy fuzariozy kłosów pszenicy kosztem *F. culmorum* jest obserwowany w ostatnich latach (Bottalico, 1998; Bottalico i Perrone, 2002; Stępień i in., 2008; Góral i in., 2011). Może to być efektem zarówno zmian klimatycznych, ale także wzrostu powierzchni uprawy kukurydzy w Polsce.

WNIOSKI

1. Pszenica jara wysiana po kukurydzy była silniej porażana fuzariozą kłosów w porównaniu z pszenicą wysianą po rzepaku.
2. Ziarno pszenicy jarej zebrane ze stanowisk po kukurydzy zawierało więcej mikotoksyn fuzaryjnych niż ziarno zebrane ze stanowisk po rzepaku.
3. Fuzarioza kłosów pszenicy jarej była wywoływana głównie przez gatunek *Fusarium graminearum*, który powoduje również fuzariozę kolb kukurydzy.

4. Nasilenie fuzariozy kłosów oraz zawartość mikotoksyn w ziarnie w kolejnych latach badań w dużym stopniu zależała od warunków pogodowych (opady, wilgotność względna) w okresie kłoszenia i kwitnienia pszenicy jarej.

LITERATURA

- Anonim 2005. Event-specific method for the quantitation of maize line NK603 using real-time PCR. [<http://gmoinfo.jrc.ec.europa.eu/docs/C-ES-00-01%20CRL%20method.pdf>].
- Anonim 2007. The UK Code of Good Agricultural Practice to Reduce Fusarium Mycotoxins in Cereals [<http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/fusariumcop.pdf>].
- Anonim 2010. Guidelines to minimise risk of *Fusarium* mycotoxins in cereals. [http://www.hgca.com/document.aspx?fn=load&media_id=6174&publicationId=3848].
- Argyris J., TeKrony D. M., VanSanford D. 2001. Effect of *Fusarium graminearum* infection during wheat seed development on seed quality. In: Proceedings of the 2001 National Fusarium Head Blight Forum. Erlanger, KY, December 8–10, 2001. Michigan State University, East Lansing, MI, USA: 100 — 103.
- Blandino M., Pilati A., Reyneri A., Scudellari D. 2010. Effect of maize crop residue density on *Fusarium* head blight and on deoxynivalenol contamination of common wheat grains. Cereal Research Communications 38: 550 — 559.
- Bottalico A. 1998. *Fusarium* diseases of cereals: species complex and related mycotoxin profiles, in Europe Journal of Plant Pathology 80: 85 — 103.
- Bottalico A., Perrone G. 2002. Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe. Eur. J. Plant Pathol. 108: 998 — 1003.
- Champeil A., Doré T., Fourbet J. F. 2004 a. *Fusarium* head blight: epidemiological origin of the effects of cultural practices on head blight attacks and the production of mycotoxins by *Fusarium* in wheat grains. Plant Science 166: 1389 — 1415.
- Champeil A., Fourbet J. F., Doré T., Rossignol L. 2004 b. Influence of cropping system on *Fusarium* head blight and mycotoxin levels in winter wheat. Crop Protection 23: 531 — 537.
- Clark B., Jorgensen L. N., Antichi D., Góral T., Gouache D., Hornok L., Jahn M., Lucas P., Rolland B., Schepers H. 2009. Strategies to control *Fusarium* ear blight and mycotoxin production in wheat. From Science to Field. Wheat Case Study — Guide Number 2. ENDURE [<http://www.edndure-network.eu>].
- Cowger C., Patton-Özkurt, J., Brown-Guedira, G., Perugini, L. 2009. Post-anthesis moisture increased *Fusarium* head blight and deoxynivalenol levels in North Carolina winter wheat. Phytopathology 99: 320 — 327.
- Czembor E., Ochodzki P., Warzecha R., Adameczyk J., Wójcik K. 2011. Ear rot severity, mycotoxin content and Fusaria species in maize hybrids grown in Poland. W: Book of Abstract of XXII EUCARPIA Maize and Sorghum Conference – „Resources in Maize and Sorghum Breeding”, 19-22, 06.2011; 97 p.
- Del Ponte E. M., Fernandes J. M. C., Pavan W., Baethgen W. E. 2009. A model-based assessment of the impacts of climate variability on *Fusarium* head blight seasonal risk in southern Brazil. J. Phytopathol. 157: 675 — 681.
- Dorn B., Forrer H.R., Schürch S., Vogelgsang S. 2009. *Fusarium* species complex on maize in Switzerland: occurrence, prevalence, impact and mycotoxins in commercial hybrids under natural infection. Eur. J. Plant Pathol. 125: 51 — 61.
- Góral T., Ochodzki P., Walentyn-Góral D., Justesen A. F. 2011. *Fusarium* species and *Fusarium* mycotoxins in grain of winter wheat in Poland in 2010. Conference Abstracts, 33rd Mycotoxin Workshop, Freising, Germany, 30th May — 1st June, 2011: 96 p.
- Jones R. K. 2000. Assessment of *Fusarium* head blight of wheat and barley in response to fungicide treatment. Plant Dis. 84: 1021 — 1030.
- Maiorano A., Blandino M., Reyneri A., Vanara F. 2008. Effects of maize residues on the *Fusarium* spp. infection and deoxynivalenol (DON) contamination of wheat grain. Crop Prot. 27: 182 — 188.

- Nicolaisen M., Suproniene S., Nielsen, L. K., Lazzaro I., Spliid, N. H., Justesen A. F. 2009. Real-time PCR for quantification of eleven individual *Fusarium* species in cereals. *Journal of Microbiological Methods*, 76, 234 — 240.
- Nielsen L. K., Jensen J. D., Nielsen G. C., Jensen J. E., Spliid N. H., Thomsen, I. K., Justesen A. F., Collinge D. B., Jorgensen L. N. 2011. *Fusarium* head blight of cereals in Denmark: species complex and related mycotoxins. *Phytopathology* 101: 960 — 969.
- Ochodzki P., Warzecha R., Żurek M., Góral T. 2011. *Fusarium* ear rot and mycotoxin content in genetically modified maize grown in Poland. XXII EUCARPIA Maize and Sorghum Conference. Resources in Maize and Sorghum Breeding. Opatija, Croatia, June 19-22.2011. Conference Book: 159.
- Pereyra S. A., Dill-Macky R., Sims A. L. 2004. Survival and inoculum production of *Gibberella zeae* in wheat residue. *Plant Dis.* 88: 724 — 730.
- Simpson D. R., Weston G. E., Turner J. A., Jennings P., Nicholson P. 2001. Differential control of head blight pathogens of wheat by fungicides and consequences for mycotoxin contamination of grain. *European Journal of Plant Pathology* 107: 421 — 431.
- Stępień Ł., Popiel D., Koczyk G., Chełkowski J. 2008. Wheat-infecting *Fusarium* species in Poland — their chemotypes and frequencies revealed by PCR assay *J. Appl. Genet.* 49: 433 — 441.
- Vogelgsang S., Hecker A., Musa T., Dorn B., Forrer H. R. 2011. On-farm experiments over 5 years in a grain maize/winter wheat rotation: effect of maize residue treatments on *Fusarium graminearum* infection and deoxynivalenol contamination in wheat. *Mycotox. Res.* 27: 81 — 96.
- Xu X.-M., Monger W., Ritieni A., Nicholson P. 2008. Effect of temperature and duration of wetness during initial infection periods on disease development, fungal biomass and mycotoxin concentrations on wheat inoculated with single, or combinations of *Fusarium* species. *Plant Pathology* 56: 943 — 956.

HENRYK J. CZEMBOR**JERZY H. CZEMBOR****ALEKSANDRA PIETRUSIŃSKA****OLGA DOMERADZKA**

Pracownia Genetyki Stosowanej

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Radzików

Odporność na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) odmian jęczmienia włączonych do badań rejestrowych w Polsce w roku 2011*

Resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) in barley cultivars included to registration trials in Poland in 2011

Określono uwarunkowania genetyczne odporności na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) w kolekcji 13 odmian jęczmienia ozimego i 26 odmian jęczmienia jarego włączonych do badań rejestrowych w Polsce w roku 2011. Do postulowania specyficznego genu warunkującego odporność badanych odmian wykorzystano zestaw izolatów różnicujących o znanych genach wirulencji. W grupie odmian ozimych, dwie z nich były podatne na wszystkie patotypy *B. graminis* f.sp. *hordei*. Odporność pozostałych odmian jęczmienia ozimego uwarunkowana była genami *Mla3*, *MI(Tu2)*, *Mla6* + *Mla14*, *Mla13* + ?, *Mlg*, *MI(CP)* lub *MIh*. W grupie odmian jarych stwierdzono obecność genów *Mla3*, *Mla13*, *MI(Ab)*, *MI(La)*, *Mlg*, *MIk* i *mlo*. Odporność 3 odmian ozimych oraz 4 odmian jarych uwarunkowana była genami dotychczas niezidentyfikowanymi. Prowadzone badania wykazały, że na populację *B. graminis* f.sp. *hordei* występującą w Polsce odporne są tylko odmiany z genem *mlo*.

Słowa kluczowe: geny odporności, jęczmień, mączniak prawdziwy, odporność odmian

Genetic resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) in collection of 13 winter barley cultivars and 26 spring barley cultivars included in the registration trials in Poland in the year 2011 was investigated. To postulate a presence of specific resistance genes, these cultivars were tested with a set of differentiating powdery mildew isolates of known virulence genes. Winter cultivars had one or more resistance genes (*Mla6*, *Mla14*). In the spring cultivars the presence of the following genes was detected: *Mla1*, *MI 1-B-53* and *mlo*. In 3 winter cultivars and 4 spring cultivars resistance was determined by unidentified genes. Based on the obtained results it was possible to conclude that only

* Praca dofinansowana z programu wieloletniego MRiRW, zadanie 6.7

cultivars with gene *mlo* and 2 cultivars with unidentified genes had high level of resistance to population of *B. graminis* f.sp. *hordei* occurring in Poland.

Key words: barley, resistance genes, powdery mildew, resistance of cultivars

WSTĘP

Mączniak prawdziwy powodowany przez grzyba *Blumeria graminis* D.C. f.sp. *hordei* (Marchal) to jedna z ważniejszych chorób liści jęczmienia w Polsce. W poszczególnych latach występuje ona z różnym nasileniem na terenie całego kraju powodując straty w plonach (Gacek i in., 1996). W warunkach sprzyjających dla rozwoju grzyba straty w plonie ziarna mogą sięgać 25% natomiast przeciętnie wynoszą ok. 10% (Kozdój i in., 2009). Silniejsze porażenie mączniakiem plantacji jęczmienia browarnego prowadzi do pogorszenia wartości technologicznej ziarna, jako surowca dla przemysłu piwowarskiego, głównie z powodu podwyższenia zawartości białka (Pecio i Bichoński, 2003). Straty w plonie ziarna można ograniczyć przez stosowanie w uprawie odpowiednich fungicydów, uprawę odmian odpornych oraz wykorzystanie naturalnych mechanizmów współzależności roślin między sobą i środowiskiem (Czembor i Gacek, 1990; Gacek, 1990; Nieróbca i in., 2003). Odporność uprawianych odmian na patogeny i możliwie duże jej zróżnicowanie pod względem uwarunkowań genetycznych jest jednym z ważniejszych elementów nowoczesnej proekologicznej produkcji roślinnej. Znajomość genów odporności występujących w uprawianych odmianach jest konieczna do interpretacji współdziałania między populacją patogena a jego gospodarzem. Umożliwia to również rolnikom uzyskanie większej stabilności odporności przez właściwy z punktu widzenia zdrowotności dobór odmian oraz przestrzenne zróżnicowanie uprawy odmian o różnym uwarunkowaniu genetycznym odporności. W przypadku jęczmienia pastewnego korzystna jest uprawa mieszanek odpowiednio dobranych odmian (Czembor i Gacek, 1990; Gacek i in., 1990; Finckh i in., 1999).

Uwzględniając hipotezę Flora „gen-na gen” można przez zakażanie roślin izolatami patogena o znanym zakresie wirulencji określić spektrum reakcji danej odmiany i na tej podstawie ustalić jej fenotyp odporności (Flor, 1956; Wolfe i McDermott, 1994; Czembor i Czembor 2001).

Celem podjętych badań było określenie genów odporności na mączniaka prawdziwego występujących w odmianach jęczmienia jarego i ozimego przyjętych do badań rejestrowych w Polsce w roku 2011.

MATERIAŁ I METODY

Badaniach uwarunkowania genetycznego odporności na *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* prowadzono w stosunku do odmian jęczmienia ozimego i jarego włączonych do doświadczeń rejestrowych COBORU w 2011 roku.

Do postulowania specyficznego genu warunkującego odporność badanych odmian na mączniaka prawdziwego wykorzystano zestaw izolatów różnicujących o znanych genach wirulencji.

Zestaw odmian jęczmienia jarego i ozimego

Badaniami objęto 13 odmian jęczmienia ozimego oraz 26 odmian jęczmienia jarego włączonych do doświadczeń rejestrowych COBORU w 2011 roku (tab. 1 i 2). Próby ziarna przekazywane zostały przez firmy hodowlane, będące właścicielami odmian.

Tabela 1

Lista odmian jęczmienia ozimego włączona do badań COBORU w roku 2011 (Siwiak, 2011 a)
List of winter barley cultivars included to COBORU registration trials in 2011 (Siwiak, 2011 a)

Odmiana — Cultivar	Kraj pochodzenia — Origin	Hodowca — Breeder
AC 03/248/15	DE	Ackermann Saatzeit GmbH & Co. KG
BE 2003120027	DE	W. von Borries-Eckendorf
BKH 3059	PL	HR Smolice
BKH 3114	PL	HR Smolice
CHD 178-43 S	PL	HR DANKO
DS. 6615/04	DE	Deutsche Saatverdelung Ag
KW 2-832 (LP)	DE	KWS Lochow GmbH
KW 6-926 (LP)	DE	KWS Lochow GmbH
NORD 05109/19	DE	Nordsaat Saatzeit
NORD 06002/2	DE	Nordsaat Saatzeit
NORD 06067/5	DE	Nordsaat Saatzeit
SZDB 253-C416	AT	Saatzeit Donau GmbH
WTD 1000	PL	Poznańska Hodowla Roślin

Tabela 2

Lista odmian jęczmienia jarego włączonych do badań COBORU w roku 2011 (Siwiak, 2012 b)
List of spring barley cultivars included to COBORU registration trials in 2011 (Siwiak, 2012 b)

Odmiana — Cultivar	Kraj — Country	Hodowca - Breeder
BKH 205	PL	HR Smolice
BKH 304	PL	HR Smolice
DM 9230/06	PL	HR DANKO
KWS 09/320	DE	KWS Lochow
KWS 09/321	DE	KWS Lochow
KWS 09/328	DE	KWS Lochow
KWS 10/214	DE	KWS Lochow
KWS 10/217	DE	KWS Lochow
LSB 0326.5	FR	Serasem
LSDH 07.16462	FR	Serasem
MH 06 NK 12	FR	SARL Adrien Momont & Fils
MH 06 OG 26	FR	SARL Adrien Momont & Fils
MHR-PJ-0310	PL	MHR HBP
NAD 4110	PL	Poznańska Hodowla Roślin
NAD 4210	PL	Poznańska Hodowla Roślin
NORD 07/1111	DE	NORDSAAD
NORD 08/1106	DE	NORDSAAD
NOS 14292-59	DK	Nordic Seeds A/S
RAH 668/07	PL	HR Smolice
SJ071182	DK	Sejet Planteraedling I/S
SJ072344	DK	Sejet Planteraedling I/S
STH 7910	PL	HR Strzelce
STH 8010	PL	HR Strzelce
STH 8110	PL	HR Strzelce
STH 8210	PL	HR Strzelce
STH 8310	PL	HR Strzelce

Zestaw izolatów różnicujących o znanych genach wirulencji

W badaniach wykorzystano zestaw 28 izolatów *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* wirulentnych lub awirulentnych w stosunku do znanych i opisanych w literaturze genów odporności na tego patogena obecnych w zestawie linii izogenicznych Pallas (Kolster i in., 1986). Dodatkowo zestaw linii izogenicznych został uzupełniony o 9 dodatkowych odmian w genomie, których stwierdzono obecność genów innych niż te, które warunkują odporność linii Pallas (tab. 3). Zestaw izolatów został opracowany na podstawie wyników badań nad strukturą populacji *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* występującej na terenie Polski, prowadzonych w Pracowni Genetyki Stosowanej Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowym Instytucie Badawczym w Radzikowie.

Tabela 3

Reakcja odmian różnicujących jęczmienia na zakażenie 31 izolatami *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*
Reaction of differential set of barley cultivars after inoculation with 31 isolates of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*

Odmiana Cultivar	Gen Gene	Izolat Isolate													
		1	3	12	13	18	19	20	24R	25	26	27	30	34	38
Pallas	<i>Mla8</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
P01	<i>Mla1</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P02	<i>Mla3</i>	0	0	0	1	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0
P03	<i>Mla6, Mla14</i>	0	0	0	0	4	4	0	4	0	0	0	0	0	0
P04A	<i>Mla7, Mlk, +?</i>	4	4	0	4	2	2	2	2	4	0	0	1	2	0
P04B	<i>Mla7, +?</i>	4	4	0	4	4	4	2	4	4	0	2	1	4	0
P06	<i>Mla7, MlG2</i>	4	4	0	4	4	4	0	4	4	0	0	0	4	0
P07	<i>Mla9, Mlk</i>	4	4	0	4	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0
P08A	<i>Mla9, Mlk</i>	4	4	0	4	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0
P08B	<i>Mla9</i>	4	4	0	4	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0
P09	<i>Mla10, MlDu2</i>	4	4	0	4	0	0	4	0	4	4	4	4	0	1
P10	<i>Mla12</i>	0	4	0	0	4	2	4	0	0	0	0	4	4	0
P11	<i>Mla13, MlRu3</i>	4	4	0	0	4	4	0	0	0	4	0	0	4	0
P12	<i>Mla22</i>	4	0	4	0	4	4	0	4	0	0	0	0	4	4
P13	<i>Mla23</i>	4	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	2	2
P14	<i>Mlra</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
P15	<i>Ml(Ru2)</i>	2	4	4	2	4	4	4	4	4	2	2	2	4	2
P17	<i>Mlk</i>	4	4	2	4	2	2	2	1	4	4	0	2	1	0
P18	<i>MlInn</i>	4	4	4	4	4	4	4	2	4	2	2	2	4	4
P19	<i>Mlp</i>	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
P20	<i>Mlat</i>	2	2	2	4	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2
P21	<i>Mlg, Ml(CP)</i>	4	4	0	0	0	0	0	4	4	4	4	4	4	4
P22	<i>mlo5</i>	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4
P23	<i>Ml(La)</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
P24	<i>Mlh</i>	4	4	1	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	0
Benedicte	<i>Mla9, Ml(IM9)</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0
Lenka	<i>Mla13, Ml(Ab)</i>	0	4	0	0	2	4	0	0	0	2	0	0	4	0
Gunnar	<i>Mla3, Ml(Tu2)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Steffi	<i>Ml(St1), l(St2)</i>	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Kredit	<i>Ml(Kr)</i>	4	4	0	3	4	4	0	2	2	4	0	0	4	0
Jarek	<i>Ml1192, +?</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	4
Triumph	<i>Mla7, Ml(Ab)</i>	4	0	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Borwina	<i>Ml(Bw)</i>	2	2	0	2	4	4	4	4	4	2	1	2	4	2
Peggy		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Manchurian		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

c. d. Tabela 3

Odmiana Cultivar	Gen Gene	Izolat Isolate													
		48	50	51	68	111	113	122	123	128	129	130	131	132	133
Pallas	<i>Mla8</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
P01	<i>Mla1</i>	0	0	4	4	0	4	0	4	4	0	4	4	4	4
P02	<i>Mla3</i>	0	0	1	4	0	0	0	0	1	0	4	4	4	4
P03	<i>Mla6, Mla14</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
P04A	<i>Mla7, Mlk, +?</i>	0	4	4	4	4	4	2	4	2	4	4	4	4	2
P04B	<i>Mla7, +?</i>	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
P06	<i>Mla7, MILG2</i>	0	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	2	4	4
P07	<i>Mla9, Mlk</i>	0	4	0	4	4	4	0	4	2	4	0	0	4	0
P08A	<i>Mla9, Mlk</i>	0	4	0	4	4	4	0	4	2	4	0	0	4	0
P08B	<i>Mla9</i>	0	4	0	4	4	4	0	4	4	4	0	0	4	0
P09	<i>Mla10, MIDu2</i>	0	4	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	0
P10	<i>Mla12</i>	0	0	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4	4
P11	<i>Mla13, MlRu3</i>	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4	4
P12	<i>Mla22</i>	4	0	4	4	0	0	4	0	4	4	0	4	4	4
P13	<i>Mla23</i>	4	2	4	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1
P14	<i>Mlra</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
P15	<i>Ml(Ru2)</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2
P17	<i>Mlk</i>	0	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	2
P18	<i>Mlnn</i>	4	4	4	4	4	2	4	4	2	2	2	4	2	2
P19	<i>Mlp</i>	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
P20	<i>Mlat</i>	2	2	4	4	2	2	2	2	4	2	4	2	4	4
P21	<i>Mlg, Ml(CP)</i>	0	0	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4
P22	<i>mlo5</i>	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4
P23	<i>Ml(La)</i>	4	4	4	4	4	4	2	4	4	2	2	4	4	2
P24	<i>Mlh</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Benedicte	<i>Mla9,Ml(IM9)</i>	0	0	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4
Lenka	<i>Mla13,Ml(Ab)</i>	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4	4
Gunnar	<i>Mla3, Ml(Tu2)</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Steffi	<i>Ml(St1), l(St2)</i>	0	0	2	0	4	4	0	4	4	4	4	4	0	2
Kredit	<i>Ml(Kr)</i>	0	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
Jarek	<i>Ml1192, +?</i>	4	4	4	4	4	2	2	4	4	2	2	4	2	2
Triumph	<i>Mla7, Ml(Ab)</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Borwina	<i>Ml(Bw)</i>	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1
Peggy		0	0	2	1	0	2	0	0	1	0	4	2	4	0
Manchurian		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Dla każdego genu odporności obecnego w izoliniach Pallas i w odmianach dodatkowych przypisany został swoisty tylko dla tego genu układ wirulencji i awirulencji izolatów wchodzących w skład zestawu różnicującego.

Testy odpornościowe

Doświadczenia infekcyjne prowadzono w szklarni IHAR — PIB w Radzikowie w okresie od października 2011 do kwietnia 2012. Siewki roślin zestawu linii izogenicznych Pallas, 9 dodatkowych odmian w genomie, których stwierdzono obecność genów innych niż te, które warunkują odporność linii Pallas oraz odmian jęczmienia jarego i ozimego włączonych do badań rejestrowych COBORU. Rośliny rosły w doniczkach o średnicy 10 cm, w warunkach sztucznego doświetlania (długość dnia 16 h) i temperaturze w zakresie 16–22°C. Każdy genotyp reprezentowało średnio 10–15 siewek. Izolaty *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*, tworzące zestaw różnicujący namnażano osobno na siewkach podatnej odmiany Manchurian, w genomie której nie opisano dotychczas żadnych genów

odporności. Zakażenia każdym izolatem prowadzono przez strząsanie nad siewkami badanych odmian zarodników konidialnych z roślin odmiany Manchurian. Doświadczenia infekcyjne dla każdego izolatu prowadzono w izolacji chroniącej od przypadkowych zakażeń.

Ocenę stopnia porażenia roślin izolacji Pallas, odmian zestawu różnicującego oraz odmian włączonych do badań rejestrowych COBORU przez poszczególne izolaty mączniaka prawdziwego prowadzono po 8–10 dniach od zakażeniu. Do oceny wykorzystano pięciostopniową skalę Mains i Dietz (1–4, gdzie 0 = brak widocznych objawów porażenia; 1 = niewielkie nekrozy; 2 = nekrozy powiększają się, skąpe zarodnikowanie; 3 = chlorozy, grzybnia rozwinięta lecz słabo zarodnikująca; 4 = dobrze rozwinięta i zarodnikująca grzybnia). Skala ta została uzupełniona o dodatkowy szósty stopień 0/4 charakteryzujący reakcję odmian z genem *mlo* (za Czembor i Czembor, 2001). Odmiany, których stopień porażenia siewek oceniono w zakresie 0–2 klasyfikowano, jako odporne. Odmiany, których porażenie siewek oceniono w zakresie 3–4 klasyfikowano, jako podatne. Ocena 0/4 świadczyła o obecności w genomie roślin określonej odmiany genu *mlo*.

Postulowanie genów warunkujących odporność odmian jęczmienia jarego i ozimego na mączniaka prawdziwego

Oceny stopnia porażenia siewek odmian jęczmienia ozimego i jarego włączonych do badań COBORU na porażenie izolatami różnicującymi był podstawą do wnioskowania, jakimi znanymi dotychczas genami ich odporność jest uwarunkowana zgodnie z hipotezą gen na gen (Flor, 1956; Brown i Jorgensen, 1991; Czembor i Czembor, 2001).

Dla każdego genotypu przypisany został określony układ wirulencji i awirulencji izolatów zestawu różnicującego, który porównywany był z układem wirulencji i awirulencji przypisanych dla każdego znanego dotychczas swoistego genu odporności obecnego w zestawie izolacji Pallas uzupełnionych o odmiany dodatkowe w genomie, których stwierdzono obecność genów innych niż te, które warunkują odporność linii Pallas.

WYNIKI

Na podstawie reakcji siewek na zakażenie wybranymi izolatami *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* stwierdzono występowanie różnych genów odporności w 39 badanych odmianach jęczmienia (tab. 4 i 5).

Dwie odmiany jęczmienia ozimego były podatne na wszystkie patotypy *B. graminis* f.sp. *hordei* wykorzystane w badaniach. Odporności dwóch odmian uwarunkowana była genami *Mla3* oraz *MI(Tu2)*. Obecność genów *Mla6*, *Mla14* stwierdzono w genomie również dwóch odmian, natomiast genów *Mlg*, *MI(CP)* w genomie jednej odmiany. Gen *Mla13* łącznie z genem niezidentyfikowanym warunkowały odporność jednej odmiany. W pozostałych odmianach jęczmienia ozimego stwierdzono występowanie genów *Mlg*, *MI(CP)* (jedna odmiana), *MIh* (jedna odmiana), genów dotychczas nieoznaczone (trzy odmiany). Jedna odmiana charakteryzowała się reakcją heterogeniczną na porażenie *B. graminis* f.sp. *hordei* (tab. 4).

Tabela 4

**Reakcja odmian jęczmienia ozimego przyjętych do badań w roku 2011 na zakażenie 28 izolatami
Blumeria graminis f. sp. *hordei***

**Reaction of winter barley cultivars included in the registration trials in Poland in the year 2011 after
inoculation with 28 isolates of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei***

Odmiana Cultivar	Izolat Isolate														Postulowany gen Postulated gene
	1	3	12	13	18	19	20	24R	25	26	27	30	34	38	
AC 03/248/15	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4	<i>Mla3, Ml(Tu2)</i>
BE 2003120027D	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4	<i>Mla3, Ml(Tu2)</i>
BKH 3059	0	0	0	0	4	4	0	4	0	0	0	0	4	0	<i>Mla6, Mla14</i>
BKH 3114	2	0i4	0	0	2	0	0	0 i 4	0	0	0	0	0i4	0	heterogeny
CHD 178-43 S	4	4	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	4	0	un
DS. 6615/04	0	0	0	0	2	4	0	4	0	0	0	0	4	0	<i>Mla6, Mla14</i>
KW 2-832 (LP)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	brak
KW 6-926 (LP)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	brak
NORD 05109/19	0	0	0	4	2	1	1	0	2	0	2	0	0	0	un
NORD 06002/2	0	0	0	0	2	0	1	0	2	2	0	2	0	4	un
NORD 06067/5	0	0	0	0	0	4	2	2	2	4	2	2	4	1	<i>Mla13 + ?</i>
SZDB 253-C416	4	4	0	0	0	0	1	4	4	4	3	4	4	4	<i>Mlg, Ml(CP)</i>
WTD 1000	4	4	0	4	1	4	4	4	4	4	4	1	4	4	<i>Mlh</i>

Odmiana Cultivar	Izolat Isolate														Postulowany gen Postulated gene
	48	50	51	68	111	113	122	123	128	129	130	131	132	133	
AC 03/248/15	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	<i>Mla3, Ml(Tu2)</i>
BE 2003120027D	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	<i>Mla3, Ml(Tu2)</i>
BKH 3059	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0 i 4	4	<i>Mla6, Mla14</i>
BKH 3114	4	0 i 4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0i4	0	2	heterogeny
CHD 178-43 S	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4	4	un
DS. 6615/04	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	<i>Mla6, Mla14</i>
KW 2-832 (LP)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	brak
KW 6-926 (LP)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	brak
NORD 05109/19	4	1	0	4	0	0	4	1	0	0	2	0	0	0	un
NORD 06002/2	0	0	0	2	0	0	4	1	0	4	2	0	0	0	un
NORD 06067/5	4	2	0	2	0	4	4	2	0	4	2	0	0	0	<i>Mla13 + ?</i>
SZDB 253-C416	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	<i>Mlg, Ml(CP)</i>
WTD 1000	4	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	<i>Mlh</i>

Tabela 5

**Reakcja odmian jęczmienia jarego przyjętych do badań w roku 2011 na zakażenie 28 izolatami
Blumeria graminis f. sp. *hordei***

**Reaction of winter barley cultivars included in the registration trials in Poland in the 2011 year after
inoculation with 28 isolates of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei***

Odmiana Cultivar	Izolat Isolate														Postulowany gen Postulated gene
	1	3	12	13	18	19	20	24R	25	26	27	30	34	38	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17
BKH 205	4	2	4	4	2	2	2	4	2	4	4	4	4	2	<i>Ml(La)</i>
BKH 304	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	un
DM 9230/06	4	4	0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	4	0	<i>Mla9, Mlk+?</i>
KWS 09/320	0/4	0	0	0/4	0	0	0	0	0	0/4	0	0	0/4	0	<i>mlo</i>
KWS 09/321	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/4	0	0	0/4	0	<i>mlo</i>

c. d. Tabela 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17
KWS 09/328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>mlo</i>
KWS 10/214	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>mlo</i>
KWS 10/217	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>un</i>
LSB 0326.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>mlo</i>
LSDH 07.16462	0	0	0	0	0	0	0	0/4	0	0	0/4	0/4	0	0	<i>mlo</i>
MH 06 NK 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/4	0	<i>mlo</i>
MH 06 OG 26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/4	0	<i>mlo</i>
MHR-PJ-0310	4	4	0	4	0	0	0	4	4	0	4	0/4i4	0i4	2	heterogenny
NAD 4110	4	0i4	0	0/4	0	0	0	4	2	4	4	0i4	0/4	0i4	heterogenny
NAD 4210	0	0/4i4	0	0/4i4	0i4	0/4	0i4	0	0/4	0	0/4	0	0i4	0i4	heterogenny
NORD 07/1111	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>mlo</i>
NORD 08/1106	0	0	0	0/4	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0/4	0	<i>mlo</i>
NOS 14292-59	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>mlo</i>
RAH 668/07	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/4	0	0	<i>mlo</i>
SJ071182	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>un</i>
SJ072344	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	<i>Mla3</i>
STH 7910	1	4	0	4	0	4	0	0	0	0	0	4	1	0	<i>Mla13,Ml(Ab)</i>
STH 8010	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	<i>mlo</i>
STH 8110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>mlo</i>
STH 8210	0	4	0	4	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	<i>Mla13,Ml(Ab)</i>
STH 8310	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	<i>un</i>

Odmiana Cultivar	Izolaty Isolate													Postulowany gen Postulated gene
	48	50	51	68	111	113	122	123	128	129	130	131	133	
BKH 205	4	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	<i>Ml(La)</i>
BKH 304	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>un</i>
DM 9230/06	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4	<i>Mla9,Mlk+?</i>
KWS 09/320	0	0	0/4	0	0/4	0/4	0	0	0	0	0	0	0	<i>mlo</i>
KWS 09/321	0	0	0/4	0	0/4	0/4	0	0	0	0i0/4	0/4	0	0/4	<i>mlo</i>
KWS 09/328	0	0	0	0	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	<i>mlo</i>
KWS 10/214	0	0	0	0	0	0/4	0	0/4	0	0	0/4	0	0	<i>mlo</i>
KWS 10/217	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	<i>un</i>
LSB 0326.5	0	0	0	0	0	0/4	0	0/4	0	0	0	0/4	0	<i>mlo</i>
LSDH 07.16462	0	0	0/4	0/4	0	0	0/4	0/4	0	0	0/4	0	0	<i>mlo</i>
MH 06 NK 12	0	1	0	0	0	0/4	0	0	0	0	0/4	0	0	<i>mlo</i>
MH 06 OG 26	0	0	0	0	0/4	0	0	0/4	0	0	0/4	0	0/4	<i>mlo</i>
MHR-PJ-0310	0	0	4	4	0i4	2	0	4	4	0i4	4	4	4	heterogenny
NAD 4110	0	0	4	4	4	2	0	4	0i4	0i4	0i4	0i4	0i4	heterogenny
NAD 4210	0i4	0	4	4	0	0/4	0/4	0i4	0i4	0/4i4	0i4	0/4i4	0/4i4	heterogenny
NORD 07/1111	0	0	0/4	0	0	0/4	0	0/4	0/4	0	0	0	0/4	<i>mlo</i>
NORD 08/1106	0	0	0/4	0	0	0/4	0/4	0/4	0	0/4	0	0	0/4	<i>mlo</i>
NOS 14292-59	0	0	0/4	0/4	0	0/4	0	0/4	0	0	0/4	0	0/4	<i>mlo</i>
RAH 668/07	0	0	0	0	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0/4	<i>mlo</i>
SJ071182	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	<i>un</i>
SJ072344	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	4	0	4	<i>Mla3</i>
STH 7910	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	<i>Mla13,Ml(Ab)</i>
STH 8010	0	0	0	0	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0/4	<i>mlo</i>
STH 8110	0	0	0/4	0	0	0/4	0	0/4	0	0	0	0/4	0/4	<i>mlo</i>
STH 8210	0	0	4	4	4	4	2	4	4	4	4	0	4	<i>Mla13,Ml(Ab)</i>
STH 8310	0	0	4	4	0	0	0	4	0	0	0	1	4	<i>un</i>

W grupie odmian jarych odporność na mączniaka prawdziwego uwarunkowana była głównie genem *mlo* (czternaście odmian). Obecność genów *Mla13+Ml(Ab)* stwierdzono w

genomie dwóch odmian. Trzy odmiany posiadały odpowiednio gen *Mla3*, *Mla9+Mlk* lub *MI(La)*. Odporność czterech odmian uwarunkowana była genami dotychczas nieopisanymi. Trzy odmiany charakteryzowały się reakcją heterogeniczną na porażenie *B. graminis* f.sp. *hordei* (tab. 5).

DYSKUSJA

Intensyfikacja rolnictwa spowodowała ujednolicenie pod względem genetycznym uprawianych na dużych obszarach odmian oraz stosowanie wysokiego nawożenia azotem, co sprzyja szybkiemu rozprzestrzenianiu się chorób (Wolfe, 1984; Nieróbca i in., 2003).

W celu ograniczenia strat w plonach często stosuje się fungicydy i to nie zawsze w odpowiednich dawkach (w zbyt dużych lub zbyt małych). Przyszłe technologie uprawy jęczmienia powinny uwzględniać w większym stopniu wymogi ograniczonego stosowania pestycydów i nawozów mineralnych. Istotnym elementem strategii rozwoju proekologicznego produkcji roślinnej jest hodowla odmian odpornych (Gulliano i Kuijpers, 1994; Czembor i Gacek, 1995; Jacobsen, 1997; McDonald i Linde, 2002).

Spośród 33 genów odporności na *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* wykorzystywanych powszechnie w hodowli jęczmienia w przeszłości, 28 jest ściśle ze sobą sprzężonych lub ma charakter alleliczny. Powoduje to, że są one mało efektywne w stosunku do aktualnego spektrum patogeniczności populacji mączniaka w Polsce (Jorgensen, 1994; Gacek i in., 2004; Czembor, 2008). Prezentowane w tej pracy wyniki wskazują na znaczący przyrost udziału w doświadczeniach rejestrowych odmian jęczmienia jarego o odporności uwarunkowanej genem *mlo* — 54% ocenianych odmian (tab. 5). Jak dotąd, w badaniach rejestrowych i w listach opisowych odmian jęczmienia ozimego nie ma informacji o obecności w nich genu *mlo* (Czembor i in., 2011; Anonymous, 2012).

W celu zwiększenia trwałości odporności hodowcy dążą do większego zróżnicowania materiałów wyjściowych do hodowli, wprowadzania większej liczby genów odporności do tworzonych odmian oraz wykorzystania genów warunkujących częściową odporność.

W populacji mączniaka w Polsce występują z różnym nasileniem patotypy wirulentne w stosunku do większości genów obecnych w zarejestrowanych w Polsce odmianach za wyjątkiem genu *mlo* (Czembor i Czembor, 2004; Gacek i in., 2004). Odporność typu *Mlo* odgrywa bardzo ważną rolę w hodowli nowych odmian jęczmienia jarego w Europie, ponieważ jak dotąd nie stwierdzono w świecie występowania patotypów *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* wirulentnych w stosunku do genu *mlo* (Hovmoller i in., 2000; Czembor i Czembor, 2001).

W zestawie badanych odmian jarych w roku 2010 stwierdzono występowanie wcześniej nienotowanego w Polsce genu *MI* (1-B-53) warunkującego wysoką odporność na porażenie przez *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* (Czembor i in., 2011). Gen *MI(SI-1)* i kilka innych pochodzących z *Hordeum spontaneum*: *MI_f*, *MI_t*, *MI(1-B-53)*, *MI(WI-1)* i *MI(WI-7)*, to nowe geny wprowadzone do hodowli niemieckiej w latach 90-tych, w stosunku, do których nie stwierdzono izolatów wirulentnych w populacji *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* (Anonymous, 2012).

WNIOSEK

Kandydujące do rejestracji odmiany mają różne geny warunkujące odporność w stosunku do *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* i mogą być wykorzystane w tworzeniu strategii ochrony plantacji jęczmienia przed mączniakiem.

LITERATURA

- Anonymous 2012. Bundessortenamt, Beschreibende Sortenliste 2012, Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen, Hackfrüchte. Deutscher Landwirtschaftsbund: 20 — 55.
- Brown J. K. M., Jorgensen J. H. 1991. A catalogue of mildew resistance genes in European barley varieties. In: Jorgensen J. H. ed., Integrated Control of Cereal Mildews: Virulence Patterns and Their Change, Riso National Laboratory, Roskilde, Denmark: 263 — 286.
- Czembor H. J. 2008. Odporność na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) odmian jęczmienia włączonych do badań rejestrowych w Polsce w latach 2004–2006. Biul. IHAR 248: 33 — 42.
- Czembor H. J., Czembor J. H. 2001. Resistance to powdery mildew in barley cultivars and breeding lines included in 1998–2000 Polish registration trials. Plant Breeding and Seed Science 45 (1): 21 — 41.
- Czembor H. J., Czembor J. H. 2004. Chorobotwórczość mączniaka prawdziwego jęczmienia (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) w Polsce w roku 2000. Biul. IHAR 233: 107 — 115.
- Czembor H. J., Czembor J. H., Pietrusińska A., Domeradzka O. 2011. Odporność na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) odmian jęczmienia włączonych do badań rejestrowych w Polsce w roku 2010. Biul. IHAR 260/261: 219 — 228.
- Czembor H. J., Gacek E. 1990. Wybrane problemy hodowli odpornościowej zbóż na choroby. Biul. IHAR 173/174: 53 — 64.
- Czembor H. J., Gacek E. S. 1995. System for increasing durability of diseases resistance in cereals. In: Arseniuk E., Góral T., Czembor P. C. (eds.), Plant resistance to diseases, pests and unfavourable environmental conditions. IHAR Radzików, Poland: 39 — 48.
- Finckh M. R., Gacek E. S., Czembor H. J., Wolfe M. S. 1999. Host frequency and density effects on powdery mildew and yield in mixtures of barley cultivars. Plant Pathol. 48: 807 — 816.
- Flor H. H. 1956. The complementary gene systems in flax and flax rust. Adv. Genet. 8: 29 — 54.
- Gacek E. 1990. Studia nad sposobami wykorzystania odporności genetycznej jęczmienia w zwalczaniu mączniaka prawdziwego (*Erysiphe graminis* DC f.sp. *hordei* Marchal). Hod. Rośl. Aklim. 34, 5/6: 3 — 48.
- Gacek E., Biliński Z. R., Czembor H. J., Czembor J. H. 2004. Chorobotwórczość mączniaka prawdziwego jęczmienia (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) w Polsce w latach 1993–1996. Biul. IHAR 231: 365 — 376.
- Gacek E., Czembor H. J., Nadziak J. 1996. Wpływ zróżnicowania genetycznego w mieszaninach i mieszankach zbożowych na rozwój chorób i plonowanie. Biul. IHAR 200: 203 — 209.
- Gulliano M. L., Kuijpers L. A. M. 1994. Social and political implications of managing plant diseases with restricted fungicides in Europe. Annu. Rev. Phytopathol. 32: 559 — 579.
- Hovmoller M. S., Caffier V., Jalli M., Andersen O., Besenhofer G., Czembor J. H., Dreiseitel A., Flath K., Fleck A., Heinrichs F., Jonsson R., Limpert E., Mercer P., Plesnik S., Rashal I., Skinnies H., Slater S., Vronska O. 2000. The European barley powdery mildew virulence survey and disease nursery 1993–1999. Agronomie 20 (7): 729 — 744.
- Jacobsen B. J. 1997. Role of plant pathology in integrated pest management. Annu. Rev. Phytopathol. 35: 373 — 391.
- Jorgensen J. H. 1994. Genetics of powdery mildew resistance in barley. Plant Science 13: 97 — 119.
- Kolster P., Munk L., Stolen O., Lohde J. 1986. Near-isogenic barley lines with genes for resistance to powdery mildew. Crop Sci. 26: 903 — 907.
- Kozdój J., Mańkowski D. R., Czembor H. J. 2009. Analiza plonu jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.) porażonego mączniakiem prawdziwym (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*). Komunikat. Biul. IHAR 254: 65 — 74.

- McDonald B., Linde C. 2002. Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance. *Annual Review of Phytopathology* 40: 349 — 379.
- Nieróbca A., Horoszkiewicz-Janka J., Czembor J. H. 2003. Ochrona roślin — ważny element technologii uprawy zbóż w UE. *Pamiętnik Puławski* 132: 311 — 320.
- Pecio A., Bichoński A. 2003. Plon i jakość browarna ziarna jęczmienia jarego w zależności od sposobu ochrony roślin przed chorobami. *Biul. IHAR* 230: 317 — 326.
- Siwiak J. 2012 a. Jęczmień ozimy. Synteza wyników doświadczeń rejestrowych. 2011. *COBORU. Z.* 91: 7 — 16.
- Siwiak J. 2012 b. Jęczmień jary. Synteza wyników doświadczeń rejestrowych. *Zboża jare 2011. COBORU. Z.* 87: 7 — 24.
- Wolfe M. S. 1984. Trying to understand and control powdery mildew. *Plant Pathology* 33: 451 — 466.
- Wolfe M. S., McDermott. 1994. Population genetics of plant pathogen interactions: the example of the *Erysiphe graminis* — *Hordeum vulgare* pathosystem. *Ann. Rev. Phytopath.* 32: 89 — 113.

IRENA KOLASIŃSKA¹**WALDEMAR BRUKWIŃSKI²****JACEK JAGODZIŃSKI¹****BARBARA KOZBER²****RENATA KRYSZTOFIK²****MICHAŁ MATERKA³**¹ Zakład Genetyki i Hodowli Roślin Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie² Danko Hodowla Roślin Sp. z o.o.³ Poznańska Hodowla Roślin Sp. z o.o.

Określenie zdolności kombinacyjnej komponentów matecznych do tworzenia mieszańców żyta

Estimation of combining ability of female components for rye hybrids creation

Badano zdolność kombinacyjną 21 wybranych komponentów matecznych, będących męskosterylnymi mieszańcami pojedynczymi (CMS-SC), wytworzonymi w wyniku krzyżowania linii męskosterylnych o cytoplazmie Pampa (linie P) z liniami dopełniającymi sterylność (linie N). W charakterze komponentów ojcowskich (testerów) wykorzystano 5 zróżnicowanych populacji syntetycznych przywracających płodność (Syn-R): SR13, WM18, 18R, 19R, 20R. Komponenty rodzicielskie (mateczne i ojcowskie) tworzonych mieszańców żyta zostały wyhodowane w firmach hodowlanych: Danko Hodowla Roślin Sp. z o.o., Poznańska Hodowla Roślin Sp. z o.o., Hodowla Roślin Smolice Sp. z o.o. Krzyżowanie komponentów matecznych z ojcowskimi wykonano w układzie topcross na polach przestrzennie izolowanych. W roku 2010/2011 oceniono ogółem 105 mieszańców F₁ typu CMS-SC×Syn-R w trzech doświadczeniach. Doświadczenia polowe zostały założone metodą bloków niekompletnych w 3 miejscowościach i w 3 powtórzeniach. Wielkość poletka wynosiła 5m², a gęstość siewu 250 kiełkujących ziaren/m². Analizowano następujące cechy: plon ziarna, masa 1000 ziaren, wysokość roślin, termin kłoszenia, intensywność pylenia, porażenie rdzą brunatną i stopień wylegania. Obliczenia statystyczne wykonano za pomocą programu komputerowego Eksplan. Przeprowadzono analizę wariancji zdolności kombinacyjnej, oszacowano efekty ogólnej zdolności kombinacyjnej rodziców (GCA) i swoistej zdolności kombinacyjnej par rodzicielskich (SCA) oraz ich współdziałanie ze środowiskiem. Analiza wariancji wykazała istotne zróżnicowanie mieszańców pod względem prawie wszystkich cech użytkowych. Stwierdzono istotną zmienność ogólnej zdolności kombinacyjnej komponentów matecznych i ojcowskich dla większości cech. Zmienność swoistej zdolności kombinacyjnej okazała się znacząca głównie dla wczesności kłoszenia. Oszacowano wielkość i istotność średnich efektów GCA komponentów matecznych z trzech miejscowości i dodatkowo w poszczególnych miejscowościach. Ponadto testowano istotność interakcji GCA komponentów matecznych i SCA par rodzicielskich ze środowiskiem. Wyodrębniono komponenty mateczne o dobrej i stabilnej ogólnej zdolności kombinacyjnej oraz pary rodzicielskie wyróżniające się

istotnymi korzystnymi efektami SCA, które mogą być wykorzystane w hodowli odmian mieszańcowych żyta.

Słowa kluczowe: dziedziczenie ilościowe, hodowla odmian mieszańcowych, *Secale cereale* L., zdolność kombinacyjna, żyto

General (GCA) combining ability of several female and male components for rye hybrids and specific combining ability (SCA) of parental pairs were determined in three experiments performed in season 2010/2011. Parental components were created in three plant breeding companies: Danko Plant Breeders Ltd., Poznań Plant Breeders Ltd. and Smolice Plant Breeding Ltd. 105 F₁ hybrids were produced by crossing 21 female components (single male sterile hybrids) to five male components (testers) in spatially isolated fields. Each experiment included 35 F₁ hybrids produced by crossing seven female components (CMS-SC) with five male components (restorers). In the season 2010/2011 rye hybrids were evaluated in three field trials (3 locations, 3 replicates, plot size - 5m², sowing density - 250 viable kernels/m²). The following traits were assessed: grain yield, 1000 grain weight, plant height, heading date, pollen shedding, resistance to brown rust and lodging. Statistical analyses were made with the Eksplan computer package. Significant variation was found among experimental hybrids for almost all traits. General combining ability of both females and males was significant for majority traits in the experiments. Significant specific combining ability was detected mainly for the heading date. The tests allowed to select female components with significant favourable GCA effects and valuable parental pairs for utilization in rye hybrid breeding.

Key words: combining ability, hybrid breeding, quantitative inheritance, rye, *Secale cereale* L.

WSTĘP

Współcześnie uprawiane odmiany mieszańcowe żyta zostały wytworzone poprzez krzyżowanie komponentów matecznych, którymi są męskosterylne mieszańce pojedyncze (CMS-SC) z komponentami ojcowskimi będącymi populacjami syntetycznymi przywracającymi płodność (Syn-R). Zdaniem Geigera (1985) tylko taki złożony mieszaniec (topcross hybrid), o formule CMS-SC×Syn-R (A×B)×C, umożliwia osiągnięcie optymalnego połączenia poziomu i stabilności plonowania z genetycznymi, technicznymi i ekonomicznymi aspektami produkcji nasion. Całkowicie sterylne komponent mateczny (A×B), tworzony poprzez krzyżowanie linii męskosterylnej (A) z linią dopełniającą sterylność (B), zapewnia wysoki plon nasion handlowych o dobrej jakości siewnej. Populacja syntetyczna (C), najczęściej utworzona z dwóch linii wsobnych, powinna charakteryzować się wystarczającą zdolnością przywracania płodności, wysoką produktywnością pyłku oraz długim okresem pylenia. Główną zaletą tego typu mieszańca handlowego jest tańsza i bardziej stabilna produkcja nasion o mniejszym ryzyku dla hodowcy. W programie hodowli mieszańców istnieje konieczność określenia zdolności kombinacyjnej (GCA) dużej liczby komponentów rodzicielskich. Zdolność kombinacyjna męskosterylnych komponentów matecznych jest oceniana poprzez ich krzyżowanie z kilkoma testerami, którymi najczęściej są populacje syntetyczne przywracające płodność (Syn-R). Znajomość zdolności kombinacyjnej form rodzicielskich umożliwia wytworzenie różnego typu mieszańców o pożądanych cechach użytkowych. Ponadto określenie udziału ogólnej zdolności kombinacyjnej (GCA) form rodzicielskich i swoistej zdolności kombinacyjnej (SCA) par rodzicielskich w zmienności genetycznej mieszańców wskazuje na model genetycznego uwarunkowania cech ilościowych.

Celem badań było określenie zdolności kombinacyjnej nowo wytworzonych komponentów macecznych w zróżnicowanych warunkach środowiska.

MATERIAŁ I METODY

Przeprowadzono ocenę zdolności kombinacyjnej 21 komponentów macecznych poprzez krzyżowanie ich z 5 zróżnicowanymi populacjami ojcowskimi. Komponentami macecznymi były męskosterylne mieszańce pojedyncze (CMS-SC), wytworzone w wyniku krzyżowania linii męskosterylnych o cytoplazmie Pampa (linie P) z liniami dopełniającymi sterylność (linie N) w tunelach foliowych. Komponentami ojcowskimi (testerami) były populacje syntetyczne przywracające płodność (Syn-R) oznaczone jako: SR13, WM18, 18R, 19R, 20R. Komponenty rodzicielskie (maceczne i ojcowskie) tworzonych mieszańców żyta zostały wyhodowane w firmach hodowlanych: Danko Hodowla Roślin Sp. z o.o., Poznańska Hodowla Roślin Sp. z o.o., Hodowla Roślin Smolice Sp. z o.o. W 2009/2010 roku wykonano krzyżowanie komponentów macecznych z ojcowskimi w układzie topcross na polach przestrzennie izolowanych w tych trzech firmach hodowlanych. W wyniku krzyżowania wytworzono 105 eksperymentalnych mieszańców pokolenia F₁. W sezonie wegetacyjnym 2010/2011 mieszańce te oceniono w trzech doświadczeniach polowych przeprowadzonych w 3 następujących miejscowościach: D01_11 — Choryń, NAGRADOWICE, Radzików; D02_11 — Laski, Radzików, Wierzenica; D03_11 — Radzików, Sobiejuchy, Wierzenica. Wszystkie doświadczenia polowe zostały założone metodą bloków niekompletnych w 3 powtórzeniach. Wielkość poletka wynosiła 5m², a gęstość siewu 250 kiełkujących ziaren/m²). Oceniono następujące cechy: plon ziarna, masa 1000 ziaren, wysokość roślin, wczesność kłoszenia mierzona liczbą dni od 1.05 do początku kłoszenia roślin, intensywność pylenia, porażenie rdzą brunatną i wyleganie. Trzy ostatnie cechy oznaczono w skali 1–9°, przy czym 9° — najlepszy. Wszystkie cechy z wyjątkiem masy 1000 ziaren oznaczono w każdej miejscowości przeprowadzonych doświadczeń. Natomiast masa 1000 ziaren była analizowana tylko w dwóch miejscowościach doświadczeń D01_11 i D03_11. Obliczenia statystyczne wykonano za pomocą programu komputerowego Eksplan, które obejmowały: analizę wariancji, analizę zdolności kombinacyjnej, oszacowanie efektów ogólnej zdolności kombinacyjnej rodziców (GCA) i swoistej zdolności kombinacyjnej par rodzicielskich (SCA) oraz ich interakcji ze środowiskiem (Krajewski i in., 2006; Mądry i in. 2010).

WYNIKI

Mieszańce F₁ uzyskane poprzez krzyżowanie 14 komponentów macecznych z 5 populacjami ojcowskimi, oceniane w doświadczeniach D01_11 i D02_11, były istotnie zróżnicowane pod względem prawie wszystkich cech użytkowych (tab. 1, tab. 2). Mieszańce te różniły się nieistotnie tylko pod względem pylenia i odporności na wyleganie w jednej z miejscowości.

Tabela 1

**Średnie kwadraty z analizy wariancji mieszańców F₁ żyta ocenianych w 2011 roku: Choryń (CHD),
Nagradowice (NAD), Radzików (RAH)**

**Mean squares from the analysis of variance of rye hybrids evaluated in 2011: Choryń (CHD),
Nagradowice (NAD), Radzików (RAH)**

Źródło zmienności Source of variation	St. sw. Df	Plon Yield			Kłoszenie Heading			Pylenie Pollen shedding		
		CHD	NAD	RAH	CHD	NAD	RAH	CHD	NAD	RAH
Bloki Blocks	17	462,3	1474,2	560,9	0,84	3,14	1,72	0,32	0,23	0,99
Obiekty Entries	35	69,1*	100,5*	67,7**	1,65**	2,89**	1,84**	0,89**	0,30	0,95**
GCA matek GCA of females	6	19,9	67,4	74,1*	1,08**	1,52	1,29**	1,13**	0,48	3,37**
GCA ojców GCA of males	4	191,3**	254,6**	181,7**	8,85**	10,34**	7,94**	4,29**	0,79*	0,42
SCA SCA	24	49,8	93,2	47,2	0,59**	2,17**	1,02**	0,25	0,17	0,45**
Błąd Error	55	40,9	62,7	33,2	0,13	0,75	0,34	0,32	0,27	0,20

Źródło zmienności Source of variation	St. sw. Df	Wysokość Height			Rdza brunatna Brown rust			Wyleganie Lodging			Masa 1000 ziaren 1000 grain weight	
		CHD	NAD	RAH	CHD	NAD	RAH	CHD	NAD	RAH	NAD	RAH
Bloki Blocks	17	79,40	60,50	145,7	0,68	0,26	4,86	1,61	3,04	4,46	15,94	3,72
Obiekty Entries	35	32,1**	95,9**	62,9**	0,44*	0,50**	1,44**	1,34**	0,32	1,28**	7,42**	6,27**
GCA matek GCA of females	6	67,7**	174,2**	142,4**	0,48	0,41	2,56**	2,19**	0,51	2,70**	9,62**	7,35**
GCA ojców GCA of males	4	91,1**	125,2**	218,0**	1,57**	1,02**	5,82**	4,19**	0,37	3,10**	31,96**	18,44**
SCA SCA	24	10,2*	81,2**	16,7**	0,27	0,48**	0,62	0,61**	0,30	0,67*	2,90	0,87
Błąd Error	55	5,10	1,97	7,3	0,24	0,23	0,61	0,26	0,37	0,36	2,16	0,95

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

*, ** Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

Mieszańce F₁ oceniane w doświadczeniu D03_11 istotnie różniły się plonem ziarna, wczesnością kłoszenia i masą 1000 ziaren we wszystkich miejscowościach (tab. 3). Jednak istotne zróżnicowanie tych mieszańców pod względem pozostałych cech użytkowych stwierdzono tylko w pojedynczych miejscowościach doświadczenia.

Badania wykazały istotną zmienność ogólnej zdolności kombinacyjnej komponentów matecznych dla większości cech użytkowych w większości przeprowadzonych doświadczeń (tab. 1, tab. 2, tab. 3). Komponenty mateczne najczęściej różniły się nieistotnie pod względem intensywności pylenia oraz odporności na wyleganie w doświadczeniach przeprowadzonych w Nagradowicach i w Wierzenicy. Jest to wynikiem niewielkiej zmienności mieszańców pod względem tych cech. Oszacowane średnie efekty

GCA komponentów matecznych ocenianych w doświadczeniach D01_11, D02_11 i D03_11 przedstawiono odpowiednio w tabelach 4, 5 i 6.

Tabela 2

Średnie kwadraty z analizy wariancji mieszańców F₁ żyta ocenianych w 2011 roku: Laski (LAD), Radzików (RAH), Wierzenica (WID)

Mean squares from the analysis of variance of rye hybrids evaluated in 2011: Laski (LAD), Radzików (RAH), Wierzenica (WID)

Źródło Zmienności Source of variation	St. sw. Df	Plon Yield			Kłoszenie Heading			Pylenie Pollen shedding			Wysokość Height		
		LAD	RAH	WID	LAD	RAH	WID	LAD	RAH	WID	LAD	RAH	WID
Bloki Blocks	17	163,8	452,6	34,2	3,12	1,31	1,19	0,82	0,61	0,13	20,7	73,4	31,9
Mieszańce Hybrids	35	151,4**	54,4*	133,2**	2,23**	2,44**	1,47**	2,53**	0,96**	0,27	50,4**	13,9**	49,0*
GCA-matka GCA of females	6	152,8**	102,9**	177,5**	6,46**	5,54**	0,63	5,75**	2,45**	0,33	53,3**	8,7	62,0*
GCA-ojciec GCA of males	4	417,0**	49,0	93,3**	7,32**	7,35**	3,0**	11,74**	0,75**	0,10	273,6**	60,2**	67,3*
SCA SCA	24	83,3	49,5	101,5**	0,46	0,88**	1,47**	0,29	0,52**	0,29	13,8	5,9	34,9*
Błąd Error	55	50,1	30,3	6,1	0,69	0,30	0,30	0,20	0,19	0,26	10,9	6,9	14,5

Źródło Zmienności Source of variation	St. sw. Df	Rdza brunatna Brown rust			Wyleganie Lodging			MTZ		
		LAD	RAH	WID	LAD	RAH	WID	LAD	RAH	WID
Bloki Blocks	17	0,87	1,60	0,44	8,53	10,68	3,40	12,23	24,06	6,22
Mieszańce Hybrids	35	0,64*	0,59*	0,42*	8,88**	1,53**	0,63	13,75**	12,3**	2,10*
GCA-matka GCA of females	6	1,45**	0,89*	0,27	14,9**	5,78**	0,29	39,14**	36,37**	1,29
GCA-ojciec GCA of males	4	0,79	1,05*	0,18	24,58**	0,70	0,71	37,99**	26,68**	6,31**
SCA SCA	24	0,36	0,46	0,50**	2,89	0,65	0,64	1,57	2,09	1,22
Błąd Error	55	0,39	0,35	0,23	2,65	0,43	0,97	2,01	1,24	1,24

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

*, ** Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

W grupie komponentów matecznych ocenianych w doświadczeniu D01_11 na uwagę zasługują CSIN 264 i NSIN 0825. Pierwszy przekazał potomstwu wysoką zdolność plonowania (istotny dodatni efekt GCA) z jednoczesnym obniżeniem wysokości roślin (istotny ujemny efekt GCA) i opóźnieniem terminu kłoszenia (tab. 4). Pozostałe cechy jego półrodzeństwa były zbliżone (różnice nieistotne) do średniej ogólnej kombinacji w wykonanym układzie krzyżowania. Komponent mateczny CSIN 264 wyróżnił się także stabilnością, o czym świadczy brak istotnej interakcji jego zdolności kombinacyjnej ze środowiskiem dla wszystkich cech z wyjątkiem wylegania. NSIN 0825 warunkował

wysoki plon ziarna i nieco późniejsze kłoszenie potomstwa przy zachowaniu pozostałych cech na poziomie średniej ogólnej doświadczenia.

Tabela 3

Średnie kwadraty z analizy wariancji mieszańców F₁ żyta ocenianych w 2011 roku: Radzików (RAH), Sobiejuchy (SOH), Wierzenica (WID)
Mean squares from the analysis of variance of rye hybrids evaluated in 2011: Radzików (RAH), Sobiejuchy (SOH), Wierzenica (WID)

Źródło zmienności Source of variation	St. sw. Df	Plon Yield			Kłoszenie Heading			Pylenie Pollen shedding		
		RAH	SOH	WIE	RAH	SOH	WIE	RAH	SOH	WIE
Bloki Blocks	17	1102,1	113,0	113,7	2,08	2,63	1,40	1,36	3,28	0,22
Mieszańce Hybrids	35	49,8**	60,2**	132,7**	3,60**	3,19**	1,50**	1,08**	4,11**	0,25
GCA matek GCA of females	6	93,6**	27,5	153,8**	7,88**	6,44**	1,37**	4,08**	4,41**	0,16
GCA ojców GCA of males	4	64,8*	209,9**	271,3**	14,56**	11,19**	1,91**	0,53	18,67**	0,22
SCA SCA	24	36,5	24,2	115,8**	0,67*	0,88*	1,50**	0,29	1,40**	0,26
Błąd Error	55	25,6	16,8	6,9	0,39	0,52	0,44	0,23	0,51	0,24

Źródło zmienności Source of variation	St. sw. Df	Wysokość Height			Rdza brunatna Brown rust			Wyleganie Lodging			Masa 1000 ziaren 1000 grain weight	
		RAH	SOH	WIE	RAH	SOH	WIE	RAH	SOH	WIE	RAH	WIE
Bloki Blocks	17	376,8	90,2	23,3	5,38	2,19	0,26	5,57	1,04	0,14	28,38	6,93
Mieszańce Hybrids	35	24,2**	17,9	81,8	2,23**	0,79	0,59**	0,99**	0,57	0,28	8,43**	4,48*
GCA matek GCA of females	6	68,2**	18,3	45,0	6,39**	1,27	0,21*	2,14**	1,36*	0,41	14,49**	6,69*
GCA ojców GCA of males	4	55,6**	71,5**	137,4	2,36*	0,76	0,39**	3,83**	0,74	0,21	29,66**	5,52
SCA SCA	24	8,2	7,2	80,3	1,26	0,69	0,66**	0,25	0,38	0,27	1,45	3,60
Błąd Error	55	7,5	15,6	0,0	0,90	0,75	0,08	0,45	0,53	0,26	1,72	2,50

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

*, ** Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

Zdecydowana większość komponentów matecznych ocenianych w doświadczeniu D02_11 wykazała nieistotnie różne od zera efekty GCA cech użytkowych (tab. 5). Ponadto stwierdzono istotną interakcję GCA większości komponentów matecznych tej grupy z miejscowością dla wczesności kłoszenia, intensywności pylenia i masy 1000 ziaren. Komponent mateczny WCSIN 258 wyróżnił się dobrą zdolnością kombinacyjną plonowania (istotny, dodatni efekt GCA). Jego efekty GCA pozostałych cech różniły się nieistotnie od zera, a dla trzech z nich (wysokość, kłoszenie, pylenie) stwierdzono istotną interakcję ze środowiskiem.

Tabela 4

Średnie efekty GCA komponentów matecznych ocenianych w 2011 (D01_11)
Mean GCA effects of female components evaluated in 2011 (D01_11)

Matka Female	Plon Yield	Kłoszenie Heading	Pylenie Pollen shedding	Wysokość Height	Rdza brunatna Brown rust	Wyleganie Lodging	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight
NSIN 0825	2,77*	0,19*	0,09	2,22	0,12	-0,02	0,41
CSIN 264	1,66*	0,47*	-0,03	-2,54*	-0,28	-0,15	0,62
WSIN 30	-0,11	-0,13	-0,17	1,12	0,16	0,31	0,38
NSIN 0832	-0,47	-0,34	-0,04	1,97	0,19	-0,40**	-0,56
NSIN 0831	-0,92	0,16	0,25	3,37*	0,15	0,33*	-1,32
WSIN 27	-1,09	-0,30	-0,01	-0,73	0,03	0,13	0,91
NSIN 0836	-1,83	-0,05	-0,10	-5,40**	-0,36	-0,60**	-0,43

*, ** Istotnie różne od zera odpowiednio na poziomie $\alpha = 0,05$ i $0,01$; Significantly different from zero at the 0.05 and 0.01 levels of significance, respectively

Pogrubiona czcionka — istotna interakcja GCA ze środowiskiem; **In bold** — significant GCA $\times$ environment interaction

Tabela 5

Średnie efekty GCA komponentów matecznych ocenianych w 2011 (D02_11)
Mean GCA effects of female components evaluated in 2011 (D02_11)

Matka Female	Plon Yield	Kłoszenie Heading	Pylenie Pollen shedding	Wysokość Height	Rdza brunatna Brown rust	Wyleganie Lodging	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight
WCSIN 258	4,03**	-0,78	-0,22	-0,88	-0,02	-0,40	0,17
SIN 22	1,14	-0,34*	0,25	-2,08*	-0,01	-0,03	0,45
WNSIN 0803	0,83	-0,21	0,00	0,88	-0,23	0,26	0,87
WNSIN 0801	0,35	0,38	-0,08	-0,74	0,00	-0,34	-1,24
SIN 23	-1,88	0,60	0,24	1,83**	0,09	0,23	0,43
SIN 24	-2,19	0,35	-0,66	0,28	-0,09	1,08	1,47
WCSIN 249	-2,28	0,00	0,47	0,72	0,26	-0,80	-2,16

*, ** Istotnie różne od zera odpowiednio na poziomie $\alpha = 0,05$ i $0,01$; Significantly different from zero at the 0.05 and 0.01 levels of significance, respectively

Pogrubiona czcionka — istotna interakcja GCA ze środowiskiem; **In bold** — significant GCA $\times$ environment interaction

Tabela 6

Średnie efekty GCA komponentów matecznych ocenianych w 2011 (D03_11)
Mean GCA effects of female components evaluated in 2011 (D03_11)

Matka Female	Plon Yield	Kłoszenie Heading	Pylenie Pollen shedding	Wysokość Height	Rdza brunatna Brown rust	Wyleganie Lodging	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight
WCSIN 259	1,75	-0,60	-0,03	0,39	0,02	-0,06	0,13
WNSIN 0806	1,74	0,13	-0,24	0,59	0,05	0,37*	0,85
WCSIN 286	0,16	-0,10	0,16	0,72	-0,60	0,07	0,17
SIN 26	0,12	-0,67*	0,37	-2,28	-0,05	0,21	0,97*
WNSIN 0804	0,03	0,64	-0,40	0,09	-0,08	0,07	-0,85*
SIN 25	-1,54	0,59*	-0,03	-1,50	0,20	-0,29*	0,30
WCSIN 250	-2,26	0,01	0,17	2,00	0,47	-0,37	-1,56

*, ** Istotnie różne od zera odpowiednio na poziomie $\alpha = 0,05$ i $0,01$; Significantly different from zero at the 0.05 and 0.01 levels of significance, respectively

Pogrubiona czcionka — istotna interakcja GCA ze środowiskiem; **In bold** — significant GCA $\times$ environment interaction

Komponent maticzny SIN 22 wpłynął na zmniejszenie wysokości roślin i przyspieszenie terminu kłoszenia potomstwa (istotne, ujemne efekty GCA). Pozostałe cechy jego półrodzeństwa różniły się nieistotnie od średniej wszystkich mieszańców w wykonanym układzie krzyżowania. Wszystkie komponenty maticzne oceniane w doświadczeniu D03_11 miały nieistotnie różne od zera średnie efekty GCA następujących cech: plon ziarna, wysokość roślin, pylenie i porażenie rdzą brunatną. Ponadto wykazano istotną interakcję większości efektów GCA ze środowiskiem. Spośród komponentów tej grupy tylko dwa WNSIN 0806 i SIN 26 korzystnie wpłynęły na potomstwo zwiększając odpowiednio jego odporność na wyleganie i masę 1000 ziaren. Jednak analiza efektów GCA komponentów oszacowanych w doświadczeniu przeprowadzonym w Radzikowie umożliwiła wstępną ocenę ich przydatności do tworzenia mieszańców (tab. 7).

Tabela 7

Średnie efekty GCA komponentów maticznych ocenianych w 2011 (D03_11) w Radzikowie
Mean GCA effects of female components evaluated in 2011 (D03_11) at Radzików

Matka Female	Plon Yield	Kłoszenie Heading	Pylenie Pollen shedding	Wysokość Height	Rdza brunatna Brown rust	Wyleganie Lodging	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight
WCSIN 259	4,50**	-1,08**	-0,69**	0,24	0,17	-0,15	0,15
WCSIN 250	1,29	0,11	0,76**	4,40**	1,04**	-0,66**	-1,87**
SIN 26	1,23	-0,53**	0,08	-3,70**	0,10	0,45**	1,03**
WNSIN 0806	0,03	-0,48**	-0,51**	-0,62	-0,13	0,45*	1,51**
WCSIN 286	-1,74	0,12	0,48**	0,67	-1,15**	0,21	-0,02
SIN 25	-2,49	0,75**	0,42**	-1,39	0,49	-0,39*	0,09
WNSIN 0804	-2,82*	1,12**	-0,55**	0,41	-0,51*	0,09	-0,89**

*, ** Istotnie różne od zera odpowiednio na poziomie $\alpha = 0,05$ i $0,01$

*, ** Significantly different from zero at the 0.05 and 0.01 levels of significance, respectively

Wykorzystanie komponenta maticznego WCSIN 259 może spowodować zwiększenie plenności i wczesności mieszańców z jednoczesnym obniżeniem intensywności pylenia. Na uwagę zasługuje komponent SIN 26, który łączył istotne korzystne efekty czterech cech: kłoszenie, wysokość (istotne ujemne), odporność na wyleganie, masa 1000 ziaren (istotne dodatnie). Ponadto jego półrodzeństwo pod względem pozostałych cech różniło się nieistotnie od średniej mieszańców tego doświadczenia. W przeprowadzonych doświadczeniach wystąpiły liczne istotne interakcje efektów GCA z miejscowością (tab. 4, tab. 5, tab. 6). Najwięcej takich interakcji wykryto dla intensywności pylenia (14,2%), wysokości roślin (9,5%) i wczesności kłoszenia (8,5%). Najbardziej stabilną ogólną zdolnością kombinacyjną charakteryzowały się komponenty maticzne oceniane w doświadczeniu D01_11, a szczególnie SIN 264, WSIN 27, WSIN 30 i NSIN 0832. Spośród pozostałych komponentów maticznych stabilnością GCA wyróżniły się SIN 22, SIN 23, SIN 25, WCSIN 286. Populacje ojcowskie będące testerami GCA komponentów maticznych wykazały istotne zróżnicowanie ogólnej zdolności kombinacyjnej wszystkich cech we wszystkich lub w prawie wszystkich miejscowościach przeprowadzonych doświadczeń (tab. 1, tab. 2, tab. 3). W niektórych miejscowościach stwierdzono jednak

nieistotną zmienność GCA komponentów ojcowskich głównie pod względem intensywności pylenia i wylegania.

Tabela 8

Efekty SCA kombinacji mieszańcowych ocenianych w trzech świadczeniach w 2011 roku
SCA effects for parental pairs in three experiments conducted in 2011

Lp	Mieszańiec Hybrid	Plon Yield	Kłoszenie Heading	Pylenie Pollen shedding	Wysokość Height	Rdza brun. Brown rust	Wyleganie Lodging	MTZ TGW
D01_11								
1	WSIN_27×18R	-1,06*	0,41	-0,06	1,55	-0,15	-0,23	-0,90
2	WSIN_27×20R	-1,56	-0,51	0,03	0,06	-0,09**	0,09	-0,79
3	WSIN_30×18R	5,93**	0,26	-0,01	1,37	0,07	0,03	0,31
4	CSIN_264×WM18	0,66	-0,06	0,18	-2,05	0,28*	-0,15	-0,33
5	CSIN_264×19R	-4,95*	0,43	0,00	2,46	0,09	0,24	-0,18
6	NSIN_0825×18R	1,30	-0,36	-0,17	0,96**	0,30	-0,01	0,41
7	NSIN_0831×WM18	1,94	0,38*	-0,003	-2,64	0,25	0,01	0,68
8	NSIN_0831×18R	-2,45	-0,12	0,05	-2,35	-0,37*	-0,06	0,55
9	NSIN_0831×20R	1,94	0,26	0,18	0,89**	0,18	-0,05	-0,24
10	NSIN_0832×SR13	-2,34	-0,42**	0,11	0,36	0,005	0,01	-0,68
11	NSIN_0836×18R	-2,75	-0,22*	0,00	1,33	0,41	0,004	-0,56
12	NSIN_0836×19R	2,94	0,05	0,02	-2,88	0,24*	0,23*	0,79
13	NSIN_0836×20R	1,89	0,13	-0,23*	-3,83**	-0,17	0,46	0,87
D02_11								
1	WCSIN_258×SR13	0,50	-0,05	-0,01	0,75*	0,02	0,11	-0,60
2	WCSIN_258×18R	-2,77	-0,17	0,32	-0,34	-0,21	0,35	-0,16*
3	WCSIN_258×20R	6,97	-0,20	0,11	0,91	0,39	0,28*	0,29
4	WNSIN_0801×SR13	-1,48	0,29	0,08**	-1,27	0,20	-0,07	-0,20
5	WNSIN_0801×18R	1,26	-0,28	0,13**	1,45	0,11	0,06	-0,32*
6	WNSIN_0803×SR13	2,28**	-0,41	0,07	-2,77	0,31	0,26	-0,05
7	WNSIN_0803×19R	0,98	0,00	-0,07	-0,09	0,03	-0,27	0,44*
8	SIN_22×WM18	0,39	0,46*	-0,21	-1,77	0,30	-0,75	-0,50
9	SIN_22×18R	2,68	-0,28	0,07	2,26**	-0,23*	0,23	-0,03
10	SIN_22×19R	0,24	-0,04	0,11	0,00	-0,22	0,44**	0,24
11	SIN_23×WM18	2,12	-0,41*	0,41**	0,59	0,26*	0,46	0,54
12	SIN_23×18R	-2,44	0,54	-0,43	-1,98*	0,00	-0,39	0,90
13	SIN_23×19R	1,40	-0,24	0,11	-1,32	-0,14	-0,30	-0,98*
14	SIN_24×SR13	-2,48	-0,25	-0,07	1,93	-0,56*	-0,27	0,71
15	SIN_24×18R	-5,63*	-0,03	0,28	-1,27	0,36	-0,08	-0,11
16	SIN_24×20R	5,02**	0,23	-0,13	-2,02	-0,02	-0,29	-0,86
D03_11								
1	WCSIN_259×18R	2,17*	-0,18	-0,24	-1,17*	0,20	0,30	0,93
2	WCSIN_259×20R	-0,89	0,52	0,19	0,36	-0,26	-0,17**	-0,10
3	WCSIN_250×18R	6,07*	0,15*	-0,06	-2,03	-0,42	0,00	0,01
4	WCSIN_28×18R	-1,15	0,09	0,37*	-0,58	-0,15	-0,23	-1,40
5	WNSIN_0804×WM18	1,32*	-0,16	0,64	-1,30	-0,12	-0,16	-0,23
6	WNSIN_0804×19R	1,72	-0,19	-0,26	-1,10	0,62*	-0,34	0,41
7	WNSIN_0804×20R	-3,41*	0,18	0,18	-3,17	-0,36	0,34	-0,44
8	WNSIN_0806×18R	0,08	-0,42**	-0,18	-1,92	0,15	-0,21*	-0,09
9	SIN_25×WM18	1,59	-0,93**	-0,06	2,11	-0,04	0,01	0,16
10	SIN_26×20R	3,84	-0,30	0,10	-1,49	0,59**	0,12	0,13

*, ** Istotnie różne od zera odpowiednio na poziomie $\alpha = 0.05$ i 0.01 ; Significantly different from zero at the 0.05 and 0.01 levels of significance, respectively

Pogrubiona czcionka — istotna interakcja efektów SCA ze środowiskiem; **In bold** — significant SCA×environment interaction

Zmienność swoistej zdolności kombinacyjnej była znacząca głównie dla wczesności kłoszenia. W większości doświadczeń istotna okazała się zmienność SCA dla wysokości roślin. W żadnym doświadczeniu natomiast nie stwierdzono istotnej zmienności SCA par rodzicielskich pod względem masy 1000 ziaren. Ponadto w większości doświadczeń zmienność SCA była nieistotna dla plonu ziarna, rdzy brunatnej, wylegania i pylenia. W tabeli 8 przedstawiono mieszańce z istotnie różnymi od zera efektami SCA przynajmniej jednej cechy. Spośród 105 badanych kombinacji mieszańcowych tylko sześć wykazało istotne dodatnie efekty SCA dla plonu ziarna: WCSIN 259×18R, WSIN 30×18R, WNSIN 0803×SR13, SIN 24×20R, WCSIN 250×18R, WNSIN 0804×WM18. W przeprowadzonych doświadczeniach średnio u 19% par rodzicielskich stwierdzono istotną interakcję efektów SCA z miejscowością. Najczęściej wykazano ją dla takich cech jak: wysokość roślin (36,2%), wczesność kłoszenia (29,5%) i plon ziarna (22,9%). Najbardziej stabilne okazały się kombinacje mieszańcowe oceniane w doświadczeniu D01_11. Interakcja SCA z miejscowością dla plonu, pylenia i masy 1000 ziaren była istotna tylko u 5,7% mieszańców. Natomiast w pozostałych doświadczeniach interakcja ta dla plonu, pylenia i masy 1000 ziaren okazała się istotna odpowiednio u 31,4, 18,6 i 15,7% mieszańców.

DYSKUSJA

Badania przeprowadzone w 2011 roku pozwoliły na oszacowanie zdolności kombinacyjnej 21 komponentów macecznych wytworzonych w trzech firmach hodowlanych. W charakterze testerów użyto 5 zróżnicowanych genetycznie populacji syntetycznych. Uzyskane wyniki umożliwią wykorzystanie wybranych komponentów macecznych do tworzenia różnego typu mieszańców żyta o pożądanym cechach użytkowych. Badania wykazały istotną wariancję ogólnej zdolności kombinacyjnej ocenianych komponentów macecznych i ojcowskich dla większości cech użytkowych. Jest to zgodne z wynikami badań innych autorów prowadzonych z udziałem heterozygotycznych materiałów hodowlanych żyta. Wyniki te wskazują na główną rolę addytywnego działania genów lub przewagę tego typu działania genów w warunkowaniu większości cech ilościowych (Grochowski i in., 1994a; 1994 b; Grochowski i in., 1996; Kolasińska i Węgrzyn, 2001; Bujak, 2003, Kolasińska, 2009; Kolasińska i in., 2011). Znaczącą rolę swoistej zdolności kombinacyjnej stwierdzono tylko dla wczesności kłoszenia. Zmienność SCA par rodzicielskich dla wysokości roślin była istotna w większości doświadczeń. Jednak zmienność SCA mieszańców dla pozostałych cech użytkowych okazała się istotna tylko w pojedynczych doświadczeniach. Zmienność SCA jednak odegrała większą rolę w zmienności genetycznej mieszańców omawianych w tej pracy niż u mieszańców opisanych we wcześniejszej publikacji (Kolasińska i in., 2011). Wyniki badań prowadzonych z wykorzystaniem współczesnych materiałów hodowlanych żyta wskazują, że ogólna zdolność kombinacyjna odgrywa większą rolę w przypadku materiałów zróżnicowanych, a swoista zdolność kombinacyjna u materiałów spokrewnionych (Wilde i in., 2003). Podobnie Melchinger i Gumber (1998) uważają, że zmienność GCA jest ważniejsza niż SCA u mieszańców pochodzących z krzyżowania rodziców należących do różnych puli genowych. Natomiast zmienność SCA odgrywa większą rolę

u mieszańców z krzyżowania rodziców pochodzących z tej samej puli genowej. We wcześniej prowadzonych badaniach z wykorzystaniem linii wsobnych i populacji żyta wskazywano na duże znaczenie nieaddytywnego działania genów w dziedziczeniu cech ilościowych, a szczególnie plonu ziarna i niektórych jego komponentów, (Łapiński, 1976; Kaczmarek i Kadłubiec, 1985; Bujak i in., 1995; Węgrzyn i Śmiałowski, 1995). Zdaniem tych autorów istotną rolę w dziedziczeniu cech żyta spełnia dominacja i epistaza z niewielkim udziałem addytywnych efektów genetycznych. Poznanie sposobu działania genów warunkujących cechy użytkowe u żyta wymaga prowadzenia dalszych badań z udziałem dużej liczby zróżnicowanych i spokrewnionych genotypów. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na duże znaczenie interakcji ogólnej i swoistej zdolności kombinacyjnej ze środowiskiem. We wszystkich trzech doświadczeniach stwierdzono istotne interakcje efektów GCA komponentów matecznych z miejscowością dla większości cech użytkowych. Istotne interakcje najczęściej wykryto dla takich cech jak: intensywność pylenia, wysokość roślin i wczesność kłoszenia. Stwierdzono także znaczny udział par rodzicielskich o istotnej interakcji efektów SCA ze środowiskiem głównie dla wysokości roślin, wczesności kłoszenia i plonu ziarna. Testowanie takich interakcji pozwala lepiej ocenić przydatność tych genotypów do tworzenia nowych wartościowych mieszańców. Stąd celowe jest prowadzenie oceny zdolności kombinacyjnej i testowania interakcji składników głównych ze środowiskiem w większej liczbie zróżnicowanych warunków środowiska.

WNIOSKI

1. Wykazano istotne zróżnicowanie mieszańców eksperymentalnych pokolenia F₁ żyta uzyskanych w wyniku krzyżowania komponentów matecznych z wybranymi populacjami ojcowskimi pod względem większości cech użytkowych.
2. Zmienność ogólnej zdolności kombinacyjnej wśród ocenianych komponentów matecznych i ojcowskich była istotna dla większości cech użytkowych. Swoista zdolność kombinacyjna okazała się znacząca głównie dla wczesności kłoszenia.
3. Spośród komponentów matecznych dobrą i stabilną zdolnością kombinacyjną plonu ziarna wyróżniły się CSIN 264, NSIN 0825 i WCSIN 258.
4. Stwierdzono liczne istotne interakcje efektów GCA komponentów matecznych z miejscowością głównie dla intensywności pylenia, wysokości roślin i wczesności kłoszenia.

LITERATURA

- Bujak H. 2003. Studia nad wartością hodowlaną żółtoziarnistych form żyta ozimego. Rozprawy CC. Zesz. Nauk. AR Wrocław, nr 465.
- Bujak H., Kaczmarek J., Kadłubiec W. 1995. Dialleliczna analiza zdolności kombinacyjnej oraz efekty działania genów cech ilościowych żyta. Hod. Rośl. Aklim. 39, 6: 95 — 102.
- Geiger H. H. 1985. Hybrid breeding in rye (*Secale cereale* L.). Proc. Eucarpia Meeting of the Cereal Section on Rye, Svalöv, Sweden: 237 — 265.

- Grochowski L., Kaczmarek J., Kadłubiec W., Bujak H. 1994 a. Analiza zmienności i zdolności kombinacyjnych linii wsobnych żyta o żółtym ziarnie. Cz. I. Wstępna ocena wartości hodowlanej linii krzyżowanych z formami SMH 108 i Motto. Biul. IHAR 190: 3 — 8.
- Grochowski L., Kaczmarek J., Kadłubiec W., Bujak H. 1994 b. Analiza zmienności i zdolności kombinacyjnych linii wsobnych żyta o żółtym ziarnie. Cz. II. Ocena hodowlana linii krzyżowanych z populacją CHDM 16. Biul. IHAR 190: 9 — 15.
- Grochowski L., Kaczmarek J., Kadłubiec W., Bujak H. 1996. Genetic analysis of variability and combining ability of rye hybrid cultivars. Plant Breed. Seed Sci. 40: 37 — 47.
- Kaczmarek J., Kadłubiec W. 1985. Oszacowanie efektów wartości kombinacyjnej 7 linii wsobnych żyta (*Secale cereale* L.) w diallelicznym krzyżowaniu. Hod. Rośl. Aklim. 29, 5/6: 61 — 68.
- Kolasieńska I., Węgrzyn S. 2001. Combining ability for selected quantitative characters in winter rye (*Secale cereale* L.). Cereal Res. Commun. 29, 1–2: 69 — 76.
- Kolasieńska I. 2009. Genetyczno-hodowlane aspekty wykorzystania systemu CMS-Pampa w hodowli heterozyjnej żyta. Monografie i Rozprawy Naukowe nr 31, IHAR Radzików.
- Kolasieńska I., Waldemar Brukwiński, Jacek Jagodziński, Michał Materka. 2011. Zdolność kombinacyjna wybranych form rodzicielskich żyta. Biul. IHAR 260/261: 229 — 239.
- Krajewski P., Kaczmarek Z., Czajka S. 2006. EKSPLAN (wersja 2) — Planowanie i analiza statystyczna doświadczeń hodowlanych. IGR PAN w Poznaniu.
- Łapiński M. 1976. Estimates of heterosis effects and combining ability of seven inbred lines of rye (*Secale cereale* L.) in diallel crosses. Genet. Pol. 17, 3: 293 — 308.
- Mądry W., Mańkowski D., Kaczmarek Z., Krajewski P., Stadnicki M. 2010. Metody statystyczne oparte na modelach liniowych w zastosowaniach do doświadczalnictwa, genetyki i hodowli roślin. Monografie i Rozprawy Naukowe nr 34, IHAR Radzików.
- Melchinger A. E., Gumber R. K. 1998. Overview of heterosis and heterotic groups in agronomic crops. In: Concepts and breeding of heterosis in crop plants. Lamkey K. R. and Staub J. S. (eds). CSSA Publication, Madison, 25: 29 — 44.
- Węgrzyn S., Śmiałowski T. 1995. Sposoby działania genów epistatycznych, dominujących i addytywnych kontrolujących ważne cechy użytkowe w odmianach populacyjnych żyta. Biul. IHAR 195/196: 273 — 281.
- Wilde P., Menzel J., Schmiedchen B. 2003. Estimation of general and specific combining ability variances and their implications on hybrid rye breeding. Plant Breed. Seed Sci. 47: 89 — 98.

ANDRZEJ LATUSEK**HENRYK BUJAK**Katedra Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Plonowanie odmian żyta ozimego uprawianych na dwóch poziomach intensywności agrotechniki w warunkach Dolnego Śląska*

Genotype-environment interaction for yield of winter rye cultivars cultivated with the two levels of agricultural technology in climate conditions of Lower Silesia

Celem pracy była analiza interakcji genotypowo-środowiskowej oraz ocena stabilności plonowania odmian żyta ozimego w warunkach klimatycznych Dolnego Śląska. W opracowaniu wykorzystano plony odmian żyta ozimego z doświadczeń porejestrowych przeprowadzonych w latach 2008-2010. Doświadczenia polowe zakładano metodą pasów prostopadłych w dwóch powtórzeniach w Krościnie Małej, Tarnowie Śląskim, Naroczycach i Kondratowicach. Badania prowadzono na dwóch poziomach agrotechnicznych poziom intensywny różnił się od przeciętnego wyższym o 40 kg·ha⁻¹ nawożeniem azotowym, dolistnym dokarmianiem oraz pełną chemiczną ochroną roślin. Do analizy wytypowano dwie odmiany mieszańcowe Balistic i Visello oraz cztery populacyjne Agrikolo, Bosmo, Dańkowskie Diament, Herakles. Weryfikację hipotez dotyczących braku zróżnicowania kombinacji lat i miejscowości, efektów genotypowych oraz interakcji genotypowo-środowiskowych przeprowadzono w oparciu o wieloczynnikową analizę wariancji. Wykazano występowanie istotnych interakcji genotypów ze środowiskami w obydwu wariantach uprawy. Uzyskane wyniki wskazują, że odmiana mieszańcowa Balistic plonuje najwyżej na obu poziomach agrotechnicznych. Szczegółowa analiza efektów interakcyjnych wykazała, że plony większości odmian modyfikowane były przez zmienne warunki środowiska glebowo-klimatycznego. Spośród badanych genotypów wyróżniono odmianę mieszańcową Visello, która plonowała stabilnie i wysoko na przeciętnym poziomie agrotechnicznym, natomiast w warunkach intensywniej agrotechniki stabilną, ale niskoplonującą była odmiana populacyjna Dańkowskie Diament.

Słowa kluczowe: interakcja genotypowo-środowiskowa, plon ziarna, stabilność plonowania, żyto ozime

The purpose of the study was an analysis of genotype-environment interaction and yield stability evaluation of winter rye varieties in climatic conditions of Lower Silesia. Experimental data were collected from trials conducted in the years 2008-2010 at the following locations: Krościna Mała,

* Praca wykonana w ramach Krajowego Programu Doświadczalnictwa Odmianowego koordynowanego przez Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych
Zadanie współfinansowane ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Tarnów Śląski, Naroczyce and Kondratowice. Four population cultivars: Agrikolo, Bosmo, Dańkowskie Diament, Herakles and two hybrid cultivars: Balistic and Visello were grown at two levels of cultivation (low input and intensive). The intensive variant, as compared with the standard one, included a higher level of nitrogen fertilization (by 40 kg·ha⁻¹), application of anti-lodging chemicals, foliar feeding of plants with microelements and a complete control of fungal diseases. The verification of hypotheses concerning the lack of differences between combinations of years and the locations, the effects of genotype and genotype-environment interaction was based on multivariate analysis of variance. We found significant interactions of genotypes with environments at both levels of cultivation. Results indicate that the yields of hybrid cultivar Balistic were the highest at both agronomic levels. Detailed analysis of interaction effects showed that the yields of most varieties were modified by changing environmental conditions, soil and climate. The hybrid cultivar Visello, was stable and high-yielding at the low level of cultivation, whereas the population cultivar Dańkowskie Diament was stable but low-yielding in cultivation with intensive agricultural technology.

Key words: genotype-environment interaction, grain yield, winter rye, yield stability

WSTĘP

Wzrastające koszty środków do produkcji zbóż sprawiają, iż poszukuje się rozwiązań pozwalających na poprawę efektywności ekonomicznej pozyskiwanych surowców. Podstawowym sposobem jest dobór do warunków glebowo-klimatycznych odmiany gwarantującej wysoki i stabilny plon. Znacznym udogodnieniem w podjęciu decyzji o wyborze najbardziej wartościowej odmiany są Listy odmian zalecanych do uprawy publikowane przez wojewódzkie zespoły Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego i Rolniczego. Dzięki nim producent rolny otrzymuje rzetelną informację na temat wartości gospodarczej odmian najbardziej przydatnych do uprawy w danym rejonie rolniczym.

W wielu badaniach kryterium adaptacyjne odmian żyta i innych gatunków do różnych warunków glebowo-klimatycznych stanowi interakcja genotypowo-środowiskowa (Dopierała i in., 2003; Kaczmarek i in., 2003; Bujak i in., 2004, 2006; Drzazga i in., 2009; Derejko i in., 2011). W oparciu o wyniki serii wielokrotnych i wieloletnich doświadczeń przeprowadza się charakterystykę stabilności genotypów, poprzez określenie reakcji badanej cechy ilościowej na warunki środowiskowe (Eskridge i in., 1991; Nabugoomu i in., 1999; Mądry, 2002). Wyniki analiz pozwalają na wyodrębnienie genotypów stabilnych o szerokiej adaptacyjności, plonujących dobrze we wszystkich środowiskach oraz genotypów niestabilnych o niskiej adaptacyjności, których plon zależy w dużym stopniu od warunków glebowo-klimatycznych. Jak przedstawiają: Becker i Leon (1988), Annicchiarico (2002), Mohammadi i Amri (2008) występowanie odmiennych reakcji odmian pozwoliło na wyróżnienie stabilności biologicznej (statycznej) i stabilności dynamicznej lub rolniczej. Statyczna stabilność odmian wykazuje minimalną wariancję plonu w różnych środowiskach, może, zatem być użyteczna w ekstensywnych warunkach agrotechniki. Dynamiczna stabilność związana z reakcją wysoko plonujących odmian na zmienne warunki środowiska jest bardziej przydatna w rolnictwie intensywnym (Bujak i in., 2008). Pożądanymi w rolnictwie są odmiany stabilne i średnio lub wysokoplonujące, czyli szeroko zaadaptowane do rozważanego regionu (Annicchiarico, 2002; Mądry, 2002, 2003). Sposobów szacowania interakcji genotypowo-środowiskowej jest wiele, a wśród

nich wyróżnić można nieparametryczne metody oceny stabilności oparte na rangach genotypów w różnych środowiskach. Suma rang liczona według metody Kanga (1988), jest nieparametryczną procedurą badania stabilności, w której wykorzystuje się plony odmian i wariancje stabilności Shukli (1972), jako kryterium wyboru. Badania ukazują, iż metoda Kanga (1988) daje wartości dodatnio skorelowane z plonem, zatem może służyć do oceny dynamicznej stabilności plonowania umożliwiając wybór stabilnych i wysokoplennych odmian (Mądry, 2002; Bujak i in., 2008).

Celem pracy była analiza interakcji genotypowo-środowiskowej oraz ocena stabilności plonowania odmian żyta ozimego w warunkach klimatycznych Dolnego Śląska.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło 6 odmian żyta ozimego objętych programem Porejstrowego Doświadczalnictwa Odmianowego na Dolnym Śląsku w latach 2008-2010. W przeprowadzonych analizach wykorzystano dwie odmiany mieszańcowe Balistic i Visello, oraz cztery populacyjne Agrikolo, Bosmo, Dańkowskie Diament, Herakles. Doświadczenia polowe zakładano metodą pasów prostopadłych w dwóch powtórzeniach na poletkach o powierzchni 15m², w czterech miejscowościach: Kondratowice — klasa bonitacyjna gleby II, Krościna Mała — klasa IIIa, Tarnów Śląski — klasa IIIa i Naroczycze — klasa IVa. Średnia suma opadów została wyrażona w % normy wieloletniej za okres IV — IX. W 2008 roku niedobory wody wystąpiły w Krościnie, Naroczycach i Tarnowie, gdyż opady w rozpatrywanym okresie stanowiły od 65% do 82% średniej wieloletniej sumy opadów. Jedynie w Kondratowicach zanotowano wyższą sumę opadów w stosunku do średniej wieloletniej. W bilansie opadów w 2009 roku deficyt wystąpił w Naroczycach 94% i Tarnowie Śląskim 96% średniej wieloletniej, natomiast w pozostałych miejscowościach opady były zbliżone do średniej z wielolecia. Średnie sumy opadów w 2010 roku dla okresu IV — IX były wyższe od normy wieloletniej kształtując się na poziomie od 114% w Kondratowicach do 146% w Tarnowie Śląskim. Średnie sumy opadów w rozpatrywanym trzyleciu dla miesięcy IV — IX były na zbliżonym poziomie w Tarnowie Śląskim 464 mm i Kondratowicach 471 mm. Znacznie niższe opady w badanym okresie występowały w Krościnie Małej 361 mm i Naroczycach 356 mm. Warunki temperaturowe we wszystkich latach nie odbiegały od średnich z wielolecia. Badania prowadzono na dwóch poziomach agrotechnicznych zróżnicowanych pod względem intensywności uprawy. Poziom przeciętny (a_1) odpowiadał warunkom uprawy dostosowanym do odpowiedniej klasy gleby. Poziom wysoki (a_2) różnił się od przeciętnego wyższym o 40 kg·ha⁻¹ nawożeniem azotowym, dolistnym dokarmianiem oraz pełną chemiczną ochroną roślin. W analizie wyników uwzględniono odmiany, które występowały we wszystkich miejscowościach i w kolejnych latach badań, co pozwoliło na utworzenie ortogonalnego układu doświadczeń. Otrzymane wyniki plonu odmian z poszczególnych miejscowości opracowano statystycznie za pomocą programu SERGEN 4 (Caliński i in., 2003) do analizy serii doświadczeń odmianowych. Syntezę kolejnych lat badań i miejscowości przeprowadzono w programie EKSPLAN 2 (Krajewski i in., 2006). Efekty główne wyliczono, jako różnice pomiędzy średnim plonem analizowanej odmiany,

a średnim plonem wszystkich odmian w czterech miejscowościach. Wszystkie przeprowadzone testy ogólne weryfikowano za pomocą statystyki F. Do analizy stabilności i adaptacji genotypów wykorzystano dane z wieloletnich serii doświadczeń odmianowych. Testowanie hipotez zerowych dotyczących braku zróżnicowania kombinacji lat i miejscowości, efektów genotypowych oraz interakcji genotypowo-środowiskowych przeprowadzono w oparciu o wieloczynnikową analizę wariancji (Caliński i in., 2003). Ze względu na ograniczoną ilość doświadczeń w poszczególnych latach analizę wariancji wykonano dla jednokierunkowej klasyfikacji środowisk. Określenie współczynnika regresji i odchylenia od prostej regresji dokonano na podstawie modelu Eberharta i Russella (1966). Statystykę stabilności obliczono, jako miarę wkładu każdej odmiany w interakcję genotypowo-środowiskową ($G \times E$) na podstawie kombinacji wariancji stabilności Shukli (1972) i rang Kanga (1988). Kryterium przydatności odmian do uprawy stanowiła suma punktów rangowych. Odmiany o najniższej randze określa się, jako stabilne i najbardziej pożądane. W strukturze interakcji środowisk i genotypów w układzie składowych głównych uwzględniono dwa pierwsze kontrasty o najwyższym udziale w statystyce F. Plony badanych odmian oraz interakcję ze środowiskami oceniano odrębnie dla standardowego i intensywnego poziomu uprawy. Poprzez środowisko należy rozumieć doświadczenie założone w danym roku, w określonej miejscowości.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zestawienie średnich plonów populacyjnych i mieszańcowych odmian żyta ozimego z doświadczeń porejestrowych założonych w 4 miejscowościach w trzech latach badań prowadzonych w przeciętnych i intensywnych warunkach uprawy oraz średnie dla poszczególnych odmian i miejscowości przedstawiono w tabeli 1. Porównując uzyskane plony na obu poziomach agrotechnicznych zaobserwowano dodatnią reakcję wszystkich badanych odmian na wyższy poziom nawożenia i ochrony roślin. Podobne wyniki uzyskano w badaniach dla żyta (Dopierała i in., 2003; Bujak i in., 2004, 2006) oraz dla innych gatunków (Weber i Zalewski, 2006; Drzazga i in., 2009; Derejko i in., 2011). Największe różnice plonów pomiędzy porównywanymi poziomami uprawy zaobserwowano w Kondratowicach średnio 23%, natomiast najniższe w Tarnowie Śląskim średnio 12%. W tych miejscowościach pomimo zbliżonej sumy opadów w miesiącach IV — IX uzyskano istotnie najwyższe i najniższe plony odmian żyta ozimego uprawianych na dwóch poziomach agrotechniki. Wśród badanych genotypów żyta, odmiany Agrikolo, Balistic, Bosmo i Dańkowskie Diament zareagowały wyraźną zwyżką plonu średnio przekraczającą $11,2 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$ na podwyższenie poziomu agrotechniki. Zarówno w przeciętnych, jak i intensywnych warunkach uprawy istotnie wysoko plonowały dwie odmiany mieszańcowe Balistic i Visello. Na przeciętnym poziomie agrotechnicznym (a_1) średnio najniżej plonowała odmiana populacyjna Bosmo $61,1 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$, natomiast na poziomie intensywnym (a_2) również odmiana Bosmo i Agrikolo $72,8 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$. Jednak pod względem statystycznym wszystkie odmiany populacyjne plonowały istotnie niżej od odmian mieszańcowych tworząc odrębne grupy jednorodne na obu poziomach uprawy.

Tabela 1

Średnie plony ziarna ($\text{dt}\cdot\text{ha}^{-1}$) odmian żyta ozimego w latach 2008–2010
Mean grain yields ($\text{dt}\cdot\text{ha}^{-1}$) for the analyzed cultivars of winter rye in 2008–2010 years

Odmiana Cultivar	Krościna		Tarnów		Kondratowice		Naroczyce		Średnia — Mean	
	a ₁	a ₂	a ₁	a ₂	a ₁	a ₂	a ₁	a ₂	a ₁	a ₂
Agrikoło	57,5	70,7	48,4	56,3	70,6	84,6	69,9	79,6	61,6 b	72,8 b
Balistic (F ₁)	76,1	84,4	70,5	78,2	88,3	106,3	84,1	94,9	79,7 a	91,0 a
Bosmo	53,0	68,9	53,0	61,9	66,4	81,3	72,0	79,0	61,1 b	72,8 b
Herakles	65,2	74,5	49,1	53,7	70,7	90,6	75,9	84,1	65,3 b	75,7 b
Visello (F ₁)	78,2	80,7	60,8	65,7	86,7	104,9	84,8	89,7	77,6 a	85,2 a
Dańkowskie Diament	65,6	74,9	56,8	64,2	68,8	89,5	74,0	82,4	66,3 b	77,8 b
Średnia — Mean	65,9 b	75,7 c	56,4 c	63,3 d	75,3 a	92,9 a	76,8 a	84,9 b	68,6	79,2
NIR _{0,05} — LSD _{0,05} , dla miejscowości — for locations, (a ₁) — 4,76										
NIR _{0,05} — LSD _{0,05} , dla miejscowości — for locations, (a ₂) — 4,39										
NIR _{0,05} — LSD _{0,05} , dla odmian — for cultivars, (a ₁) — 6,20										
NIR _{0,05} — LSD _{0,05} , dla odmian — for cultivars, (a ₂) — 7,39										

a, b, c — różnice między wartościami oznaczone różnymi literami są istotne statystycznie według testu wielokrotnego rozstępu Duncana ($p \leq 0,05$)

a, b, c — differences between the values marked with different letters are statistically significant according to Duncan's multiple range test ($p \leq 0,05$)

a₁ — standardowy poziom agrotechniki; standard level of agricultural technology

a₂ — intensywny poziom agrotechniki; intensive level of agricultural technology

F₁ — odmiana mieszańcowa; hybrid cultivar

W tabeli 2 przedstawiono średnie kwadraty z łącznej analizy wariancji dla syntezy lat, miejscowości i genotypów. Przeprowadzona analiza statystyczna pozwoliła na weryfikację hipotez dotyczących braku zróżnicowania lat i miejscowości, czyli środowisk (E), efektów genotypowych (G) oraz interakcji genotypowo-środowiskowych ($G \times E$). W rozważanych wariantach uprawy stwierdzono istotne zróżnicowanie plonów badanych odmian, co oznacza, że odmiany charakteryzowały się odmiennym uszeregowaniem w środowiskach. Na obu poziomach agrotechnicznych wystąpiło istotne odchylenie od regresji liniowej, oznacza to, że istotność interakcji ($G \times E$) nie można opisać prostą zależnością regresyjną wpływu lat i miejscowości na plon odmian, a to wskazuje na potrzebę szczegółowej analizy stabilności plonowania poszczególnych odmian.

Szczegółowe wyniki analiz dotyczące plonów badanych odmian oraz ich współdziałania ze środowiskami glebowo-przyrodniczymi przedstawiono w tabeli 3. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono istotnie dodatnie, jak i ujemne efekty główne dla badanych genotypów żyta. Zarówno na przeciętnym, jak i intensywnym poziomie uprawy na uwagę zasługują dwie odmiany mieszańcowe Balistic oraz Visello, ponieważ plonują one istotnie wyżej do odmian populacyjnych, o czym świadczą dodatnie wartości efektów głównych wyliczone dla tych odmian. Uzyskane wyniki statystyki F dla interakcji pozwoliły wyodrębnić genotypy stabilne, dla których stwierdzono brak istotnych interakcji ($G \times E$), co świadczy o rolniczej stabilności plonowania tych odmian, oraz niestabilne podlegające wpływom środowiska. W przeciętnych warunkach uprawy żadną z odmian nie można uznać za stabilnie plonującą, o czym świadczą istotne wartości statystyki F dla interakcji genotypowo-środowiskowych.

Tabela 2

Średnie kwadraty dla źródeł zmienności w łącznej analizie wariancji dla plonów odmian żyta ozimego
Mean squares in the combined analysis of variance

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Średnie kwadraty Mean squares	
		poziom — level a_1	poziom — level a_2
Środowiska Environments (E)	11	612,99**	842,57**
Genotypy Genotypes (G)	5	787,25**	650,87**
Genotypy × Środowiska (G×E) Genotypes × Environments	55	18,48**	28,88**
Regresja względem środowiska Regression on environments	5	31,46**	82,11**
Odchylenie od regresji Regression deviation	50	17,19**	23,55**
Błąd doświadczenia Experimental error	72	7,49	12,57

**Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$; Significant at the level $\alpha = 0.01$

Tabela 3

Ocena efektów głównych odmian żyta ozimego i ich interakcji ze środowiskami w obu wariantach uprawy
Estimation of main effects for winter rye varieties and testing their interaction with environments at both levels of cultivation

Odmiana Cultivar	Poziom agrotechniki a_1 The level of agricultural technology a_1			Poziom agrotechniki a_2 The level of agricultural technology a_2		
	ocena efektu głównego estimate of main effect	statystyka F dla: statistic F for:		ocena efektu głównego estimate of main effect	statystyka F dla: statistic F for:	
		efektu głównego main effect	interakcji interaction (G×E)		efektu głównego main effect	interakcji interaction (G×E)
Agrikolo	-7,01	36,72**	2,57**	-6,41	19,62**	2,40*
Balistic (F ₁)	11,14	94,30**	2,53**	11,75	83,39**	1,90
Bosmo	-7,51	35,57**	3,05**	-6,43	14,37**	3,31**
Herakles	-3,35	8,30*	2,59**	-3,49	4,99*	2,80**
Visello (F ₁)	9,04	75,26**	2,09*	6,02	20,71**	2,00*
Dańkowskie Diament	-2,31	5,19*	1,97*	-1,43	1,70	1,37
Wartość krytyczna dla $\alpha = 0,05$ Critical value at $\alpha = 0.05$		4,84	1,92		4,84	1,92
Wartość krytyczna dla $\alpha = 0,01$ Critical value at $\alpha = 0.01$		9,65	2,50		9,65	2,50

* Istotność na poziomie $\alpha = 0,05$; ** Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$

* Significant at the level $\alpha = 0.05$; ** Significant at the level $\alpha = 0.01$

Wyniki analiz na intensywnym poziomie uprawy (a_2) pozwalają wyróżnić odmianę Balistic, jako odmianę intensywną o istotnym dodatnim efekcie głównym oraz niepodlegającą wpływom środowiska, o czym świadczy brak interakcji ze środowiskami. Odmiana populacyjna Dańkowskie Diament plonowała na przeciętnym dla wszystkich odmian poziomie, jednak jest odmianą stabilną niepodlegającą modyfikującemu wpływowi środowiska glebowo-klimatycznego. Najgorszą ocenę otrzymała odmiana

Bosmo, gdyż plonuje najniżej w stosunku do pozostałych odmian, ponadto jej plon w istotny sposób modyfikowany jest przez zmienne warunki środowiska. Otrzymane wyniki dla interakcji odmian ze środowiskami glebowo-rolniczymi znajdują odzwierciedlenie w badaniach przeprowadzonych w oparciu o doświadczenia porejestrowe dla żyta (Dopierała i in., 2003; Bujak i in., 2006, 2008) oraz innych gatunków (Weber i in., 2007; Drzazga i in., 2009; Derejko i in., 2011).

Dalszą ocenę stabilności plonowania odmian żyta ozimego przeprowadzono za pomocą wariancji stabilności, współczynnika regresji liniowej, współczynnika determinacji oraz miar i rankingu Kanga (tab. 4).

Tabela 4

Miary stabilności i adaptacji obiektów w standardowych i intensywnych warunkach uprawy
Measures of stability and adaptation of winter rye cultivars in standard and intensive agricultural conditions

Odmiana Cultivar	Wariancja stabilności Stability of variance	Odchylenie od wariancji Deviation from variance	Współczynnik Coefficient of		Miara Measure YS	Ranking Kanga Kang rank
			regresji regression	determinacji determination (%)		
Poziom agrotechniki a ₁ The level of agricultural technology a ₁						
Agrikolo	19,49**	17,39*	0,05	1,69	-7	5
Balistic (F ₁)	19,09**	12,63	-0,21	27,38	0*	3
Bosmo	23,95**	20,38**	-0,07	2,75	-8	6
Herakles	19,67**	12,87	0,21	27,73	-6	4
Visello (F ₁)	14,91*	11,47	0,16	19,91	3*	1
Dańkowskie						
Diament	13,80	11,21	-0,14	17,04	1*	2
Wartość graniczna YS = -2,8 Limit value YS = -2.8						
Poziom agrotechniki a ₂ The level of agricultural technology a ₂						
Agrikolo	30,43**	25,99**	-0,10	5,84	-7	5
Balistic (F ₁)	22,60**	21,67**	-0,04	0,91	0*	1
Bosmo	44,85**	22,83**	-0,32	40,22	-8	6
Herakles	36,84**	23,50**	0,24	27,25	-6	4
Visello (F ₁)	24,28**	9,15	0,30	60,37	-2*	3
Dańkowskie						
Diament	14,27*	14,62*	-0,09	7,22	-1*	2
Wartość graniczna YS = -4,0 Limit value YS = -4.0						

* Istotność na poziomie $\alpha = 0,05$; * Significant at the level $\alpha = 0.05$

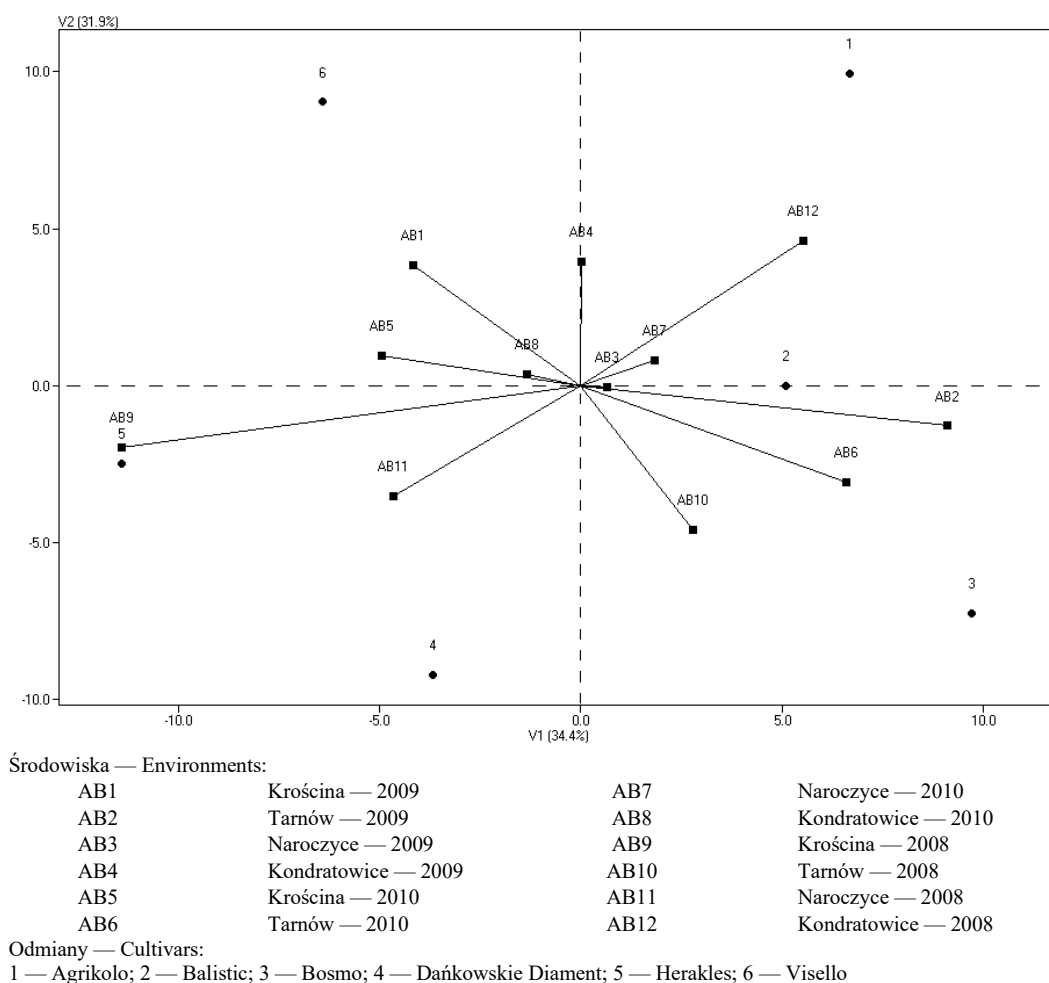
** Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$; ** Significant at the level $\alpha = 0.01$

Odmiany o najniższej sumie punktów rangowych wykazują największy stopień szerokiej adaptacji w rejonie uprawy (Mądry, 2002). W badaniach przeprowadzonych przez Bujaka i in. (2008) uzyskano dodatnio skorelowany wynik rankingu Kanga i plonu, i jak podają Autorzy zastosowana przez nich metoda może służyć do wyboru stabilnych i wysokoplennych odmian. Analiza oszacowanych wartości wariancji stabilności i pozostałych miar pozwoliła na wyodrębnienie genotypów wykazujących istotne różnicowanie wysokości plonów w zmiennych warunkach glebowo-klimatycznych oraz

genotypów stabilnych o szerokiej adaptacyjności do różnych warunków środowiska. W przeprowadzonych badaniach na przeciętnym poziomie uprawy szeroką adaptacyjnością wyróżniała się mieszańcowa odmiana Visello, natomiast w warunkach intensywnej agrotechniki odmiana Balistic, o czym świadczą najniższe wartości rankingu Kanga oszacowane dla tych odmian (tab. 4). Na obu poziomach uprawy wysoką ocenę otrzymała także populacyjna odmiana Dańkowskie Diament, o czym świadczy stabilność plonowania wynikająca z niskich i nieistotnych współczynników oszacowanych dla wariancji stabilności. Najgorszymi zdolnościami adaptacji odmianowo-środowiskowej charakteryzują się odmiany populacyjne Bosmo i Agrikolo. Odmiany, które otrzymały istotnie wysokie oceny w rankingu Kanga plonują średnio na wysokim poziomie i powtarzalnie w latach. Populacyjna odmiana Dańkowskie Diament nie reagowała istotnie na zmianę przydatności środowiska glebowo-rolniczego do uprawy w poszczególnych miejscowościach, jednak plonowała poniżej przeciętnej dla wszystkich odmian. Dlatego przydatność tej odmiany do uprawy w makroregionie Dolnego Śląska jest uzasadniona dla gospodarstw stosujących przeciętną agrotechnikę. Odmiany mieszańcowe Balistic oraz Visello mogą uzyskać wstępne rekomendacje do uprawy na tym terenie niezależnie od poziomu uprawy.

Badanie struktury interakcji genotypów i środowisk uzupełniono za pomocą analizy składowych głównych. Wektorowe rozmieszczenie środowisk i genotypów przedstawiono na płaszczyźnie w układzie dwóch pierwszych składowych głównych dla standardowego (rys. 1) i intensywnego (rys. 2) agrotechnicznego poziomu uprawy. Zarówno w standardowym, jak i intensywnym wariancie uprawy można zauważyć znaczne oddalenie odmian od początku układu współrzędnych. Świadczy to o dużym zróżnicowaniu plonów żyta w miejscowościach i kolejnych latach badań oraz wysokim udziale odmian w interakcji genotypowo-środowiskowej.

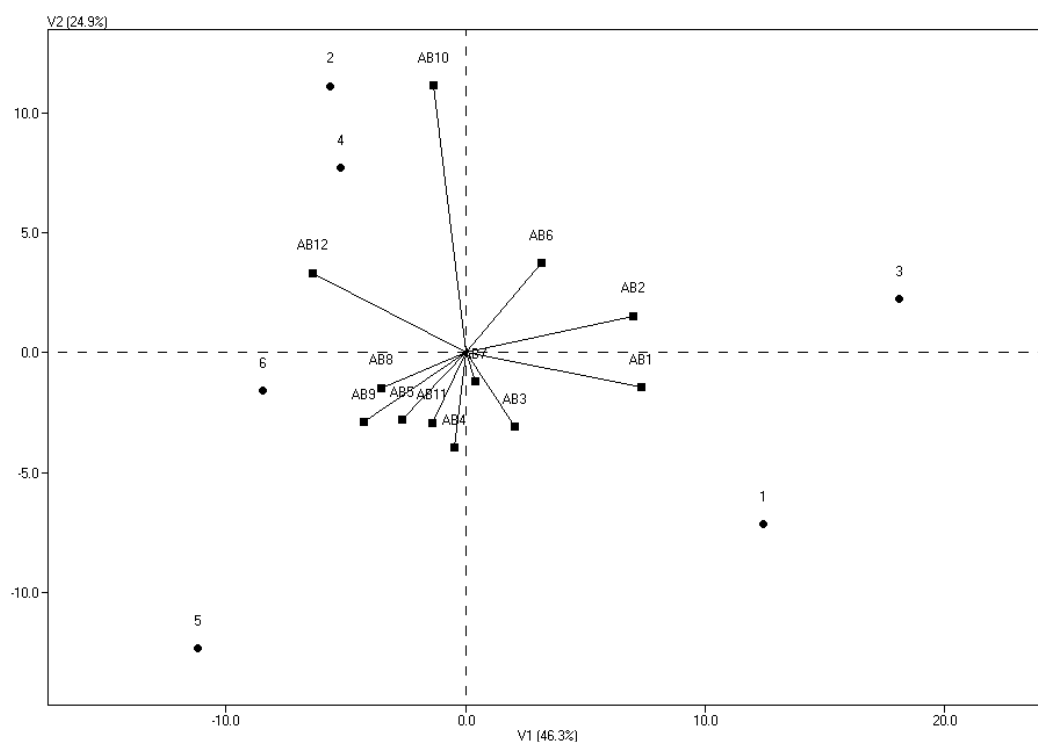
Na obu poziomach agrotechnicznych zaobserwowano znaczne zróżnicowanie plonowania odmian w poszczególnych środowiskach. Zaprezentowany układ w formie biplotu dla warunków przeciętnej agrotechniki obrazuje, iż odmiana Balistic dawała najbardziej wyrównane plony w stosunku do pozostałych odmian, które charakteryzuje znacznie większe oddalenie od początku układu współrzędnych. Klasyfikując środowiska można zauważyć, że najbardziej wyrównane plony uzyskiwano w Naroczycach w 2009 roku oraz w Kondratowicach w 2008 roku. Na przeciętnym poziomie agrotechnicznym populacyjna odmiana Herakles dawała najbardziej wyrównane plony w miejscowości Krościna Mała w 2008 roku.



Rys. 1. Struktura interakcji środowisk i genotypów w układzie składowych głównych dla standardowego wariantu uprawy

Fig. 1. The structure of interaction between environments and genotypes in the system of the main components for standard agricultural level

W warunkach intensywnej agrotechniki uzyskano odmienny rozkład środowisk i genotypów w układzie dwóch pierwszych składowych głównych. Zaobserwowano, że zwiększenie nakładów na uprawę wpłynęło na wyraźne ustabilizowanie plonów odmiany mieszańcowej Visello oraz populacyjnej Dańkowskie Diament, pozostałe odmiany wykazywały duże zróżnicowanie plonowania. Rozkład środowisk w przyjętym układzie składowych głównych jest znacznie bardziej wyrównany. Największą zmienność plonowania poszczególnych odmian stwierdzono w Tarnowie Śląskim w 2008 roku. Rozmieszczenie środowisk i odmian na płaszczyźnie opisanego układu nie pozwala wnioskować na temat przydatności miejscowości do uprawy wybranych odmian żyta.



Środowiska — Environments:

AB1	Krościna — 2009	AB7	Naroczyce — 2010
AB2	Tarnów — 2009	AB8	Kondratowice — 2010
AB3	Naroczyce — 2009	AB9	Krościna — 2008
AB4	Kondratowice — 2009	AB10	Tarnów — 2008
AB5	Krościna — 2010	AB11	Naroczyce — 2008
AB6	Tarnów — 2010	AB12	Kondratowice — 2008

Odmiany — Cultivars:

1 — Agrikolo; 2 — Balistic; 3 — Bosmo; 4 — Dańkowskie Diament; 5 — Herakles; 6 — Visello

Rys. 2. Struktura interakcji środowisk i genotypów w układzie składowych głównych dla intensywnego wariantu uprawy

Fig. 2. The structure of interaction between environments and genotypes in the system of the main components for intensive agricultural level

WNIOSKI

1. Uzyskanie najwyższych plonów w Kondratowicach, a najniższych w Tarnowie Śląskim uzależnione było w większym stopniu od produktywności gleb niż od warunków atmosferycznych panujących w okresie prowadzenia doświadczeń.
2. Szczegółowa analiza parametrów stabilności świadczy o szerokiej adaptacyjności odmiany populacyjnej Dańkowskie Diament do uprawy w warunkach makroregionu Dolnego Śląska.

3. Odmiany mieszańcowe Balistic i Viesello plonują istotnie wysoko na obu poziomach agrotechniki i mogą uzyskać wstępne rekomendacje do uprawy na terenie Dolnego Śląska.
4. Zróżnicowane reakcje odmian na warunki środowiskowe oraz coroczna ich rotacja w doświadczeniach porejestrowych wskazuje na konieczność badania nowych odmian pod kątem ich interakcji ze środowiskami i stabilności plonowania.

LITERATURA

- Annicchiarico P. 2002. Genotype $\times$ Environment Interactions — Challenges and Opportunities for Plant Breeding and Cultivar Recommendations. *FAO Plant Prod. and Protect.* 174: 5 — 29.
- Becker H. C., Leon J. 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding* 101: 1 — 23.
- Bujak H., Dopierała A., Dopierała P., Nowosad K. 2006. Analiza interakcji genotypowo-środowiskowej plonu odmian żyta ozimego. *Biul. IHAR* 240/241: 151 — 160.
- Bujak H., Jedyński S., Kaczmarek J. 2008. Ocena stabilności plonowania odmian żyta ozimego na podstawie parametrycznych i nieparametrycznych metod. *Biul. IHAR* 250: 189 — 202.
- Bujak H., Bojarczuk J., Kaczmarek J. 2004. Interakcja genotypowo-środowiskowa plonowania rodów hodowlanych żyta ozimego. *Biul. IHAR* 231: 255 — 264.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z., Krajewski P., Siatkowski J. 2003. Podręcznik użytkownika programu *Sergen 4*. IGR Poznań 2003.
- Derejko A., Mądry W., Gozdowski D., Rozbicki J., Golba J., Piechociński M., Studnicki M. 2011. Wpływ odmian, miejscowości i intensywności uprawy oraz ich interakcji na plon pszenicy ozimej w doświadczeniach PDO. *Biul. IHAR* 259: 131 — 146.
- Dopierała P., Bujak H., Kaczmarek J., Dopierała A. 2003. Ocena interakcji genotypowo-środowiskowej plonu populacyjnych i mieszańcowych odmian żyta ozimego. *Biul. IHAR* 230: 243 — 253.
- Drzazga T., Paderewski J., Mądry W., Kajewski P. 2009. Ocena rodzajów reakcji plonowania odmian pszenicy ozimej w doświadczeniach PDO na przestrzenne zmienne warunki przyrodnicze w kraju. *Biul. IHAR* 253: 71 — 82.
- Eberhart S. A., Russell W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.*, 6: 36 — 40.
- Eskridge K. M., Byrne P.F., Crossa J. 1991. Selecting stable cultivars by minimizing the probability of disaster. *Field. Crops. Res.*, 27: 169 — 181.
- Kaczmarek J., Kotecki A., Kotowicz L., Weber R. 2003. Interakcja genotypowo-środowiskowa plonowania odmian rzepaku ozimego w doświadczeniach PDO. *Biul. IHAR* 226/227/2: 395 — 403.
- Kang M. S. 1988. A rank sum method for selecting high yielding and stable crop genotypes. *Cereal Res. Commun.* 16: 111 — 115.
- Krajewski P., Kaczmarek Z., Czajka S. 2006. Planowanie i analiza statystyczna doświadczeń hodowlanych. Podręcznik użytkownika programu EKSPLAN wersja 2 (2006).
- Mądry W. 2002. Skuteczność kryterium YS Kanga, opartego na średniej i stabilności plonu w wyborze genotypów zbóż o szerokiej adaptacji w rejonie uprawnym. *Roczn. Nauk Roln., Seria A*, 116: 11 — 24.
- Mądry W. 2003. Analiza statystyczna miar stabilności na podstawie danych w klasyfikacji genotypy $\times$ środowiska. Cz. II, Model mieszany Shukli i model regresji łącznej. *Coll. Biom.* 207 — 220.
- Mohammadi R., Amri A. 2008. Comparison of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in variable environments. *Euphytica* 159: 419 — 432.
- Nabugoomu F., Kempton R. A., Talbot M. 1999. Analysis of Series of Trials Where Varieties Differ in Sensitivity to Locations. *J. Agric. Biol. Env. Stat.*, Vol. 4, No. 3: 310 — 325.
- Shukla G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity* 29: 237 — 245.
- Weber R., Zalewski D. 2006. Wpływ interakcji genotypowo-środowiskowej na plonowanie pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 240/241: 33 — 42.
- Weber R., Zalewski D., Kotecki A., Kaczmarek J. 2007. Ocena przydatności punktów doświadczalnych do prowadzenia PDO na Dolnym Śląsku. *Biul. IHAR* 245: 5 — 16.

ANDRZEJ LATUSEK**HENRYK BUJAK**Katedra Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Ocena stabilności plonowania odmian rzepaku ozimego w zróżnicowanych warunkach glebowo-klimatycznych Dolnego Śląska na podstawie doświadczeń porejestrowych*

Evaluation of yield stability of winter oilseed rape cultivars on the basis of post- registration variety testing system in diversified soils and climatic conditions in Lower Silesia

W pracy przeprowadzono analizę interakcji genotypowo-środowiskowej i ocenę stabilności plonowania odmian rzepaku ozimego. Wykorzystano plony odmian z doświadczeń porejestrowych przeprowadzonych na Dolnym Śląsku w latach 2008–2010 w Krościnie Małej, Naroczycach, Pawłowicach, Tarnowie Śląskim, Tomaszowie Bolesławieckim i Zybiszowie. Materiałem badawczym były cztery odmiany mieszańcowe: Extend, Nelson, Toccata i Vectra oraz sześć odmian populacyjnych: Cabriolet, Cadeli, Californium, Casoar, Castille i PR46W10. W celu uzyskania ortogonalności układu do analizy wybrano odmiany badane we wszystkich doświadczeniach przez cały analizowany okres. Interpretację stabilności plonowania przeprowadzono w oparciu o wieloczynnikową analizę wariancji. Stabilność odmian określana jest, jako miara wkładu każdej odmiany w interakcję genotypowo-środowiskową i obliczona została za pomocą wariancji stabilności Shukli (1972) i rang Kanga (1988). Wykazano istotne zróżnicowanie plonu odmian rzepaku w analizowanych doświadczeniach oraz istotne interakcje odmian z miejscowościami i latami badań. Szczegółowa analiza efektów interakcyjnych pozwoliła wyróżnić odmiany mieszańcowe Extend, Nelson i Toccata, jako wysokoplonujące, o czym świadczą istotnie dodatnie wartości efektów głównych wyliczonych dla tych odmian. Ponadto odmiana mieszańcowa Nelson dawała wysokie i wyrównane plony we wszystkich latach badań. Jest, zatem odmianą wysokoplonującą i stabilną, czyli o szerokiej adaptacyjności.

Słowa kluczowe: odmiany, plon ziarna, rzepak ozimy, stabilność plonowania

The paper presents an analysis of genotype-environment interaction and yield stability evaluation of winter oilseed rape. Experimental data were obtained from trials conducted in the years 2008-2010

* Praca wykonana w ramach Krajowego Programu Doświadczalnictwa Odmianowego koordynowanego przez Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych.
Zadanie współfinansowane ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

at the following locations: Krościna Mała, Naroczyce Pawłowice, Tarnów Śląski, Tomaszów Bolesławiecki and Zybiszów. Six population cultivars: Cabriolet, Cadeli, Californium, Casoar, Castille, PR46W10 and four hybrid cultivars: Extend, Nelson, Toccata and Vectra were grown at intensive level of cultivation. Chosen sources of variability: years, locations and genotypes were analyzed in the orthogonal system. The interpretation of the stability of yield was based on multivariate analysis of variance. Statistics stability is a measure of the contribution of each variety in the genotype-environment interaction and it was calculated based on a combination of Shukla's variance stability (1972) and Kang's ranks (1988). We found a significant diversity of yield of oilseed rape in the analyzed experiments, and significant interaction between variety and locations and years of research. Detailed analysis has identified interaction effects for hybrid varieties: Extend, Nelson and Toccata, as high-yielding, as evidenced by significantly positive values calculated for the main effects of these varieties. In addition, hybrid variety Nelson gave stable and high yields in all the years of research, it is thus a stable and high-yielding variety.

Key words: grain yield, variety, winter oilseed rape, yield stability

WSTĘP

Ze względu na znaczną opłacalność produkcja rzepaku cieszy się dużym zainteresowaniem wśród rolników, o czym świadczy zwiększający się areał upraw szacowany na 769,3 tys. ha (GUS, 2010). Dynamicznie rozwija się także hodowla odmian, gdyż w 2010 i 2011 roku w Polsce zarejestrowano łącznie 26 nowych odmian rzepaku ozimego. Część uprawianych odmian pochodzi, z katalogu unijnego, co zwiększa możliwość właściwego doboru do uprawy i warunków glebowo-klimatycznych populacyjnych lub mieszańcowych form tego gatunku. Wprowadzanie na rynek nowych odmian wymaga sprawdzenia ich reakcji na zmienne warunki środowiska w danym rejonie rolniczym. Wzrastająca liczba zarejestrowanych odmian rzepaku wpływa na wzrost ich zróżnicowania genetycznego, a sposób reakcji na czynniki środowiskowe staje się bardziej złożony i często istotny. Dlatego większego znaczenia nabiera ocena adaptacyjności odmian, polegająca na zdolności do wysokiego i stabilnego plonowania w miejscowościach i latach docelowego rejonu uprawy. W kształtowaniu plonu rzepaku ozimego obok czynnika odmianowego dużą rolę odgrywa wpływ warunków glebowo-klimatycznych występujących w danym rejonie rolniczym (Wójtowicz i Czernik-Kołodziej, 2003), co potwierdzają wyniki badań porejestrowych (Weber i in., 2003; Kamińska i in., 2010). Szczególnego znaczenia nabiera, zatem ocena stabilności plonowania odmian rzepaku w warunkach glebowo-klimatycznych Dolnego Śląska, charakteryzujących się zróżnicowaną przydatnością do uprawy tego gatunku (Kaczmarek i in., 2003; Weber i in., 2003).

Najczęstszym kryterium określającym adaptacyjność odmian jest interakcja genotypowo-środowiskowa wykorzystywana w celu analizy stabilności genotypów, która polega na statystycznej analizie reakcji badanej cechy ilościowej na warunki środowiskowe w miejscowościach i latach docelowego rejonu uprawowego (Kang, 1998; Nabugoomu i in., 1999). Problem interakcji genotypowo-środowiskowej był omawiany w odniesieniu do różnic w stabilności plonowania odmian rzepaku ozimego m. in. przez: Ogródowczyk i in. (2000); Kaczmarka i in. (2003); Bujaka i in. (2008 b). W pracach tych wykazano istotną reakcję odmian na zmienne warunki środowiska glebowo-rolniczego. Wśród metod szacowania interakcji genotypowo-środowiskowej można wyróżnić także

nieparametryczne metody oceny oparte na rangach genotypów w odniesieniu do różnych środowisk. Procedurą badania stabilności, w której wykorzystuje się plonowanie odmian i wariancje stabilności jest suma rang liczona według metody Kanga (1988). Badania ukazują, iż metoda Kanga daje wartości dodatnio skorelowane z plonem, może, zatem służyć do oceny dynamicznej stabilności plonowania umożliwiającej wybór stabilnych i wysokoplennych odmian (Kang i Pham, 1991; Bujak i in., 2008 a; Bujak i in., 2008 b)

Celem pracy była analiza interakcji plonowania odmian rzepaku ozimego z warunkami genotypowo-klimatycznymi Dolnego Śląska oraz ocena stabilności plonowania badanych odmian.

MATERIAŁ I METODY

Ocenę stabilności plonowania odmian rzepaku ozimego i analizę interakcji plonu odmian z warunkami glebowo-klimatycznymi miejscowości przeprowadzono na podstawie wyników z doświadczeń porejestrowych przeprowadzonych na Dolnym Śląsku w latach 2008-2010. W badaniach uwzględniono sześć miejscowości o zróżnicowanej przydatności gleb do uprawy rzepaku ozimego: Krościna Mała — klasa bonitacyjna gleby IIIa, Naroczycze — klasa IVa, Pawłowice — klasa IIIb, Tarnów Śląski — klasa IIIa, Tomaszów Bolesławiecki — klasa IVa i Zybyszów — klasa IIIa. Odczyn gleby na poszczególnych doświadczeniach był optymalny lub zbliżony do optymalnego dla uprawy rzepaku, wyrażony w skali pH wynosił od 5,8 w Pawłowicach do 7,0 w Tomaszowie Bolesławieckim. Średnia suma opadów została wyrażona w % normy wieloletniej za okres IV–IX. W 2008 roku wystąpił niedobór wody, ponieważ opady w tym okresie stanowiły od 65% w Naroczycach do 100% w Pawłowicach średniej wieloletniej sumy opadów. W bilansie opadów w 2009 roku deficyt wystąpił w Naroczycach 93,7% i Tarnowie Śląskim 95,6% średniej wieloletniej, a w pozostałych miejscowościach opady były zbliżone do średniej z wielolecia. Średnie sumy opadów w 2010 roku dla okresu IV–IX były wyższe od normy wieloletniej i kształtowały się na poziomie od 132,2% w Krościnie Małej do 176,8% w Tomaszowie Bolesławieckim. Warunki temperaturowe w 2010 roku, zwłaszcza niskie temperatury w okresie kwitnienia wpłynęły ujemnie na plony rzepaku, natomiast w pozostałych latach temperatura nie odbiegała od średnich z wielolecia. Doświadczenia polowe zakładano metodą pasów prostopadłych na poletkach o powierzchni 15 m² w czterech powtórzeniach. We wszystkich latach badania polowe prowadzono stosując intensywny poziom agrotechniczny. Zastosowano pełną ochronę chemiczną przed chorobami grzybowymi, regulator wzrostu oraz dolistne dokarmianie roślin preparatem wieloskładnikowym. Nawożenie azotowe oraz fosforowo-potasowe było uzależnione od zasobności gleb w te składniki. Najwyższe dawki fosforu stosowano w Tarnowie Śląskim 112 kg P₂O₅·ha⁻¹, natomiast najniższe w Krościnie Małej 40 kg P₂O₅·ha⁻¹, ze względu na dużą zasobność gleb w ten pierwiastek. Nawożenie potasowe w najwyższych dawkach zastosowano w Naroczycach i Krościnie Małej 150–160 kg K₂O·ha⁻¹, z kolei najniższe w Tarnowie Śląskim 57,5 kg K₂O·ha⁻¹. Najwyższe dawki azotu zastosowano w Tomaszowie Bolesławieckim 216 kg N·ha⁻¹ w 2010 roku, natomiast najniższe w Krościnie Małej w 2009 roku 123 kg N·ha⁻¹. Siew rzepaku we wszystkich latach badań wykonano w optymalnym,

dla warunków Dolnego Śląska, terminie, jedynie raz w Zybiszowie siew był nieznacznie opóźniony wykonany 01.09.2009. Gęstość siewu w trzech latach badań była utrzymana na optymalnym poziomie tak, aby uzyskać obsadę od 60 do 70 nasion na 1 m² dla odmian populacyjnych oraz od 45 do 55 nasion na 1 m² dla odmian mieszańcowych.

Materiał badawczy stanowiły cztery odmiany mieszańcowe: Extend, Nelson, Toccata i Vectra oraz sześć odmian populacyjnych: Cabriolet, Cadeli, Californium, Casoar, Castille i PR46W10. Ze względu na coroczną rotację odmian w doświadczeniach porejestrowych, do analizy wybrano dziesięć odmian uwzględniając jedynie te, które występowały we wszystkich miejscowościach i latach badań. Pozwoliło to na uzyskanie układu ortogonalnego lat, miejscowości i odmian. Otrzymane wyniki plonu odmian z poszczególnych miejscowości opracowano statystycznie za pomocą programu SERGEN 4 (Caliński i in., 2003) do analizy serii doświadczeń odmianowych. Syntezę kolejnych lat badań i miejscowości przeprowadzono w programie EKSPLAN 2 (Krajewski i in., 2006). Weryfikację hipotez zerowych przeprowadzono w oparciu o wieloczynnikową analizę wariancji. Wszystkie hipotezy ogólne dla poszczególnych parametrów stabilności weryfikowano za pomocą statystyki F. Efekty główne są odchyleniami plonu poszczególnych odmian od średniej ogólnej. Określenie współczynnika regresji i odchylenia od prostej regresji dokonano na podstawie modelu Eberharta i Russella (1966). Statystyczną interpretację stabilności określono, jako miarę wkładu każdej odmiany w interakcję genotypowo-środowiskową (G×E). Na podstawie kombinacji wariancji stabilności według Shukli (1972) i rang odmian stosując metodę Kanga (1988) określono stabilność odmian. Suma rang liczona według metody Kanga przypisuje wagę 1 dla najwyższego plonu i również wagę 1 dla odmiany z najniższą wariancją. Rangi dla plonu i wariancji są sumowane, odmiany o najniższej sumie punktów rangowych są najbardziej pożądane. Strukturę interakcji genotypów i środowisk przedstawiono w układzie składowych głównych uwzględniając dwa pierwsze kontrasty o najwyższym udziale w statystyce F. Poprzez środowisko należy rozumieć doświadczenie założone w danym roku, w określonej miejscowości.

WYNIKI I DYSKUSJA

Średnie plony odmian rzepaku ozimego z doświadczeń porejestrowych założonych w 6 miejscowościach w trzech latach badań na terenie Dolnego Śląska zamieszczono w tabeli 1. Weber i in. (2003) podają, że najbardziej przydatne do uprawy rzepaku są gleby należące do kompleksów pszennych klasy bonitacyjnej II–IIIb oraz utrzymane w wysokiej kulturze gleby kompleksów żytnich dobrych należących do IV klas bonitacyjnych. Doświadczenia były prowadzone w optymalnych dla rzepaku warunkach glebowych, jednak na podstawie przeprowadzonych badań zaobserwowano wyraźnie zróżnicowany poziom plonowania odmian we wszystkich miejscowościach.

Tabela 1

Średnie plony nasion (dt·ha⁻¹) odmian rzepaku ozimego w latach 2008–2010
Mean seed yields (dt·ha⁻¹) of the analyzed cultivars of winter oilseed rape in years 2008–2010

Odmiana Cultivar	Miejscowość — Location						Średnia Mean
	Krościna	Naroczyce	Pawłowice	Tarnów	Tomaszów Bol.	Zybiszów	
	klasa gleb — class of soil						
	IIIa	IVa	IIIb	IIIa	IVa	IIIa	
Cabriolet	54,9	46,9	33,6	40,5	31,0	50,4	42,9 c
Cadeli	52,9	47,0	33,8	40,6	30,2	47,0	41,9 c
Californium	65,1	46,2	33,1	41,8	29,2	51,7	44,5 abc
Casoar	56,5	50,3	35,3	46,4	33,4	47,8	44,9 abc
Castille	54,8	46,6	34,2	42,2	34,4	48,4	43,4 bc
Extend (F ₁)	59,4	50,4	41,7	42,7	38,8	54,2	47,9 a
Nelson (F ₁)	61,5	50,7	41,0	43,2	36,1	55,0	47,9 a
PR46W10	55,9	48,4	34,7	42,2	33,5	53,1	44,6 abc
Toccata (F ₁)	60,1	51,7	37,4	45,1	36,7	52,7	47,3 ab
Vectra (F ₁)	55,8	53,4	34,1	42,8	32,8	53,3	45,4 abc
Średnia Mean	57,7 a	49,2 c	35,9 e	42,7 d	33,6 f	51,3 b	45,1

NIR_{0,05} — LSD_{0,05}, dla miejscowości — for locations — 4,03

NIR_{0,05} — LSD_{0,05}, dla odmian — for cultivars — 2,34

a, b, c — różnice między wartościami oznaczone różnymi literami są istotne statystycznie według testu wielokrotnego rozstępu Duncana (p≤0,05)

a, b, c — differences between the values marked with different letters are statistically significant according to Duncan's multiple range test (p≤0,05)

F₁ — odmiana mieszańcowa; hybrid cultivar

Muśnicki i Jerzak (1992) podają, że rzepak najlepiej plonuje na roli uprawianej w sposób klasyczny i umieszczony po roślinach strączkowych, a wiosną obficie nawożony azotem. Najwyższe plony średnio 57,7 dt·ha⁻¹ uzyskiwano w Krościnie Małej gdzie rzepak był uprawiany na glebie klasy IIIa, a przedplonem był groch siewny. Najniższe plony otrzymano w Tomaszowie Bolesławieckim (klasa bonitacyjna IVa) średnio 33,6 dt·ha⁻¹. Porównując oba przypadki można dostrzec wyraźną reakcję odmian na lepsze warunki glebowe i uprawowe w Krościnie Małej, pomimo niższych niż w Tomaszowie Bolesławieckim opadów atmosferycznych. W badaniach Wójtowicz i Czernik-Kołodziej (2003) bez względu na poziom intensywności uprawy, najwyżej plonowały odmiany mieszańcowe, natomiast różnica pomiędzy średnimi plonami odmian najplenniejszych, a najniżej plonujących wynosiła 20%. Uzyskane wyniki pokazują, że spośród wszystkich ocenianych odmian istotnie najwyżej plonowały dwie odmiany mieszańcowe Nelson i Extend średnio 47,9 dt·ha⁻¹ natomiast istotnie nisko populacyjne odmiany Cabriolet 42,9 dt·ha⁻¹ i Cadeli 41,9 dt·ha⁻¹. Porównując odmiany rzepaku w obrębie poszczególnych miejscowości można dostrzec wyraźnie większe zróżnicowanie plonów, niż w przypadku średnich wyliczonych dla samych odmian. Wykonane zestawienie potwierdza, że plonowanie tego gatunku jest modyfikowane w większym stopniu przez zmienne warunki glebowe i czynniki klimatyczne niż genotyp samej odmiany. W badaniach Koteckiego i in. (2004) warunki pogodowe korzystne dla rozwoju generatywnego rzepaku ozimego spowodowały, że plony nasion pomiędzy dwoma latami prowadzenia doświadczeń różniły się o ponad 40%. Z doświadczeń Kaczmarka i in. (2003) wynika, że plony odmian rzepaku ozimego w większym stopniu były uzależnione od przebiegu warunków atmosferycznych,

głównie rozkładu opadów w okresie wegetacji niż od potencjalnej produktywności gleb, ponieważ na glebach klasy IIb uzyskano wyższe plony niż na glebach klasy II. Podobną zależność zaobserwowano w badaniach własnych wykazując istotne różnice w plonowaniu rzepaku uprawianego na glebach o takich samych klasach bonitacyjnych w Krościnie Małej, Tarnowie Śląskim i Zybiszowie. Dodatkowym czynnikiem wpływającym na wysokie plony rzepaku w Krościnie Małej w 2009 roku było właściwie dobrane stanowisko, na którym przedplonem był groch siewny.

Przeprowadzona analiza wariancji (tab. 2) dla syntezy poszczególnych źródeł zmienności pozwoliła na weryfikację hipotez dotyczących braku zróżnicowania kombinacji lat i miejscowości (E), efektów genotypowych (G) oraz interakcji genotypowo-środowiskowych ($G \times E$). Testowanie źródeł zmienności przeprowadzono w oparciu o wyniki statystyki F wyliczonej na podstawie średnich kwadratów z analizy wariancji. Stwierdzono istotne zróżnicowanie plonów badanych odmian dla wszystkich wyodrębnionych źródeł zmienności. Wykazano istotne zróżnicowanie lat i miejscowości oraz istotny wpływ warunków glebowo-klimatycznych na plonowanie odmian. W badaniach wystąpiło istotne odchylenie od regresji liniowej, co oznacza, że istotność interakcji ($G \times E$) nie można opisać prostą zależnością regresyjną wpływu lat i miejscowości na plon odmian oraz wskazuje na potrzebę szczegółowej analizy stabilności plonowania.

Tabela 2

Ogólna analiza wariancji dla plonów odmian rzepaku ozimego
General analysis of variance for yield of winter oilseed rape varieties

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Średnie kwadraty Mean squares	Statystyka F Statistics F	Wartość krytyczna Critical value	
				0,05	0,01
Środowiska Environments (E)	17	1155,77**	525,53	1,64	2,00
Genotypy Genotypes (G)	9	77,67**	6,22	3,18	5,35
Genotypy $\times$ Środowiska ($G \times E$) Genotypes $\times$ Environments	153	12,68**	5,77	1,23	1,34
Regresja względem środowiska Regression on environments	9	26,99**	12,27	1,90	2,44
Odchylenie od regresji Regression deviation	144	11,79**	5,36	1,24	1,35
Błąd doświadczenia Experimental error	486	2,20			

** Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$; Significant at the level $\alpha = 0.01$

Dokonano szczegółowej charakterystyki plonów oraz oceny współdziałania odmian ze środowiskami glebowo-rolniczymi, a wyniki tych analiz przedstawiono w tabeli 3. Wartości statystycznie istotnych dodatnich efektów głównych przyjętych za kryterium wyboru najlepszych odmian wskazują na odmiany mieszańcowe: Extend, Nelson i Toccata, które plonowały istotnie wyżej od pozostałych. Najgorsze oceny otrzymały odmiany populacyjne Cadel, Cabriolet oraz Castille, o czym świadczą istotnie ujemne wartości efektów głównych, ponadto ich plon w istotny sposób modyfikowany był przez

zmienne warunki środowiska. Testowanie interakcji genotypów ze środowiskami przeprowadzono za pomocą statystyki F, która wykazała istotny wpływ warunków glebowych i klimatycznych na plon wszystkich odmian rzepaku. Uzyskane wyniki analiz nie pozwoliły wyodrębnić genotypów stabilnych, dla których nie stwierdzono istotnych wartości interakcji ($G \times E$), co świadczy o braku stabilności tych odmian. Przeprowadzone badania potwierdzają, iż plonowanie rzepaku ozimego jest w istotny sposób modyfikowane przez zmienne warunki środowiska glebowo-klimatycznego występujące w danym rejonie rolniczym. Zróżnicowana reakcja odmian rzepaku na warunki środowiskowe wskazuje na konieczność badania ich interakcji z miejscowościami i latami w celu określenia wielkości interakcji genotypowo-środowiskowej i stabilności plonowania (Kaczmarek i in., 2003).

Tabela 3

Ocena efektów głównych odmian rzepaku ozimego i testowanie ich interakcji ze środowiskami
Estimation of main effects for winter oilseed rape varieties and testing their interactions with environments

Odmiana Cultivar	Ocena efektu głównego Estimate of main effect	Statystyka F dla: — Statistic F for:	
		efektu głównego main effect	interakcji interaction ($G \times E$)
Cabriolet	-2,18	14,80**	2,93**
Cadeli	-3,18	20,27**	4,53**
Californium	-0,57	0,23	12,75**
Casoar	-0,12	0,02	6,53**
Castille	-1,63	6,96*	3,46**
Extend (F_1)	2,79	11,47**	6,18**
Nelson (F_1)	2,83	14,62**	5,00**
Pr46w10	-0,45	0,41	4,36**
Toccata (F_1)	2,21	11,20**	3,95**
Vectra (F_1)	0,29	0,10	7,98**
Wartość krytyczna dla $\alpha = 0,05$		4,45	1,64
Critical value $\alpha = 0,05$			
Wartość krytyczna dla $\alpha = 0,01$		8,40	2,00
Critical value $\alpha = 0,01$			

* Istotność na poziomie $\alpha = 0,05$; ** Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$

* Significant at the level $\alpha = 0.05$; ** Significant at the level $\alpha = 0.01$

Dalszą ocenę stabilności plonowania przeprowadzono na podstawie miar stabilności i adaptacji obiektów (tab. 4). Analiza oszacowanych wartości wariancji stabilności i pozostałych miar pozwoliła na wyodrębnienie genotypów wykazujących istotne zróżnicowanie wysokości plonów w zmiennych warunkach glebowo-klimatycznych. W badaniach przeprowadzonych przez Bujaka i in. (2008 b) uzyskano dodatnią współzależność nieparametrycznej metody Kanga z plonem badanych odmian rzepaku. Autorzy podkreślają, iż zastosowana metoda może służyć do wyboru najlepszych odmian do uprawy. W przeprowadzonych badaniach na podstawie metody Kanga istotnie wysoką adaptacyjnością wynikającą z przypisanych rang wyróżniały się odmiany mieszańcowe: Nelson, Extend, Toccata. Plonowały one najwyżej, jednak podlegały modyfikującym wpływom środowiska. Najgorszymi parametrami adaptacji odmianowo-środowiskowej charakteryzowały się odmiany populacyjne Cabriolet i Cadeli, dające niskie i w istotny sposób modyfikowane przez warunki środowiska plony. Częściowe wyjaśnienie interakcji

genotypowo-środowiskowej umożliwia regresyjną zależność tej interakcji od przeciętnego poziomu plonowania wszystkich genotypów w danym środowisku.

Tabela 4

Miary stabilności i adaptacji odmian rzepaku ozimego
Measures of stability and adaptation of winter oilseed rape cultivars

Odmiana Cultivar	Wariancja stabilności Stability of variance	Odchylenie od wariancji Deviation from variance	Współczynnik — Coefficient of		Miara Measure YS	Ranking Kanga Kang rank
			regresji regression	determinacji determination (%)		
Cabriolet	5,67**	6,16**	0,00	0,00	-7	8
Cadeli	9,63**	9,46**	-0,03	0,80	-8	9
Californium	29,96**	16,87**	0,29**	37,09	-5	6
Casoar	14,57**	13,34**	-0,06	2,85	-3	4
Castille	6,97**	5,67**	-0,11*	22,01	-6	7
Extend (F ₁)	13,69**	10,25**	-0,15	21,13	2*	2
Nelson (F ₁)	10,78**	10,48**	0,02	0,25	3*	1
PR46W10	9,20**	8,86**	0,05	3,39	-4	5
Toccata (F ₁)	8,19**	8,26**	-0,02	0,67	1*	3
Vectra (F ₁)	18,15**	16,74**	0,02	0,18	*	*

Wartość graniczna — Limit value YS = -3

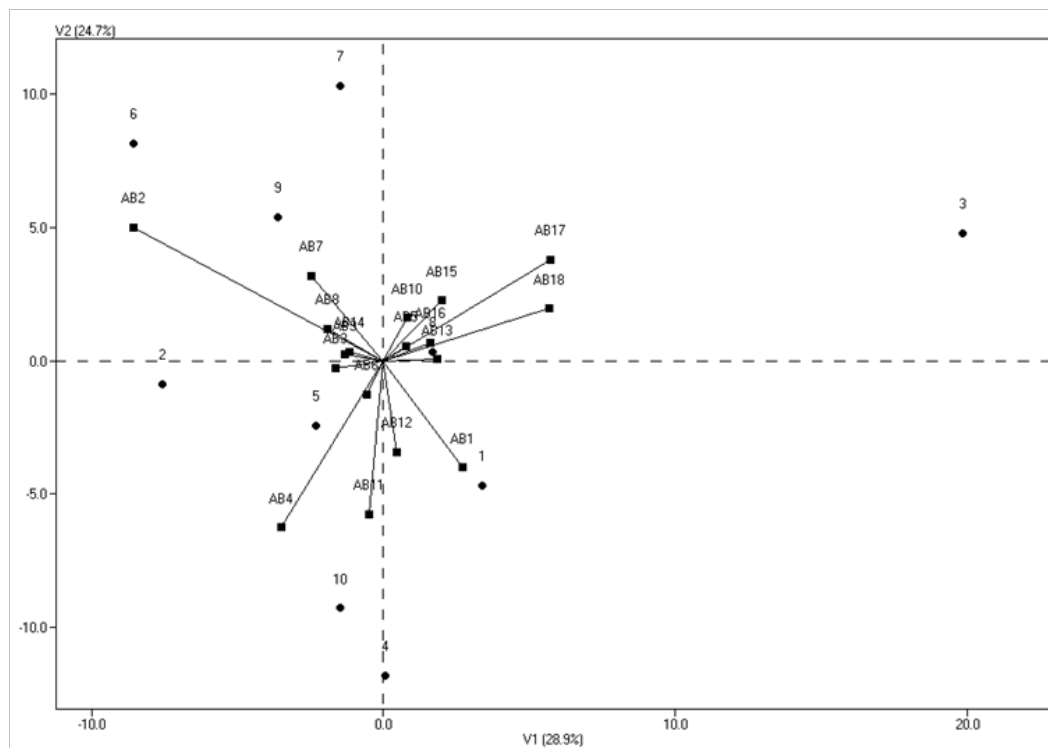
* Istotność na poziomie $\alpha = 0,05$; ** Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$

* Significant at the level $\alpha = 0.05$; ** Significant at the level $\alpha = 0.01$

W przypadku odmian Castille i Californium otrzymano istotną wartość współczynnika regresji, którą można całkowicie wyjaśnić poprzez regresję ze średnim plonowaniem genotypów w środowisku. Najwyższą zależność regresyjną wykazała odmiana Castille o istotnie ujemnym współczynniku regresji i wysokim współczynniku determinacji wynoszącym 37,09%. Genotyp ten można określić, jako ekstensywny, który wykazuje pozytywną interakcję ze środowiskami o przeciętnie niższych plonach, świadczy to o jego przydatności do uprawy na słabszych stanowiskach gdyż poprawa warunków środowiska nie wpłynie na poprawę plonowania. Regresyjna zależność plonów odmiany Californium (rys. 2) w stosunku do średniego plonowania genotypów wykazała istotnie pozytywną reakcję ze środowiskami o przeciętnie wyższych plonach. Dlatego w miarę polepszania się warunków środowiska odmiana Californium będzie reagowała zwykłą plonu, co świadczy o przydatności tej odmiany do uprawy w intensywnym rolnictwie (Caliński i in., 2003).

W celu uzyskania pełnej informacji o zachowaniu się poszczególnych odmian pod względem ich plonowania w środowiskach objętych doświadczeniami przeprowadzono analizę struktury interakcji genotypów i środowisk w układzie składowych głównych. Uwzględniając dwa pierwsze kontrasty o największym udziale w statystyce F przedstawiono rozmieszczenie odmian i środowisk w układzie tworzącym biplot. Znaczne oddalenie punktów dla odmian i środowisk od początku układu współrzędnych świadczy o ich dużym udziale w interakcji genotypowo-środowiskowej oraz zróżnicowaniu plonów w miejscowościach i kolejnych latach badań. Zaobserwowano, że środowiska (miejscowości w poszczególnych latach badań) odznaczały się lepszą stabilnością pod względem otrzymywanych plonów niż odmiany, o czym świadczy większe oddalenie odmian od środka układu niż środowisk. Największe zróżnicowanie plonów wystąpiło w

Tomaszowie Bolesławieckim w 2009 roku, natomiast do najbardziej stabilnych miejscowości pod tym względem zaliczono Naroczyce 2009, Zybiszów 2009 i Pawłowice 2010, oznaczone kolejnymi punktami: AB5, AB9, AB14.



Środowiska — Environments:

AB1	Tomaszów Bol. — 2008	AB10	Tarnów — 2008
AB2	Tomaszów Bol. — 2009	AB11	Tarnów — 2009
AB3	Tomaszów Bol. — 2010	AB12	Tarnów — 2010
AB4	Naroczyce — 2008	AB13	Zybiszów — 2008
AB5	Naroczyce — 2009	AB14	Zybiszów — 2009
AB6	Naroczyce — 2010	AB15	Zybiszów — 2010
AB7	Pawłowice — 2008	AB16	Krościna — 2008
AB8	Pawłowice — 2009	AB17	Krościna — 2009
AB9	Pawłowice — 2010	AB18	Krościna — 2010

Odmiany — Cultivars:

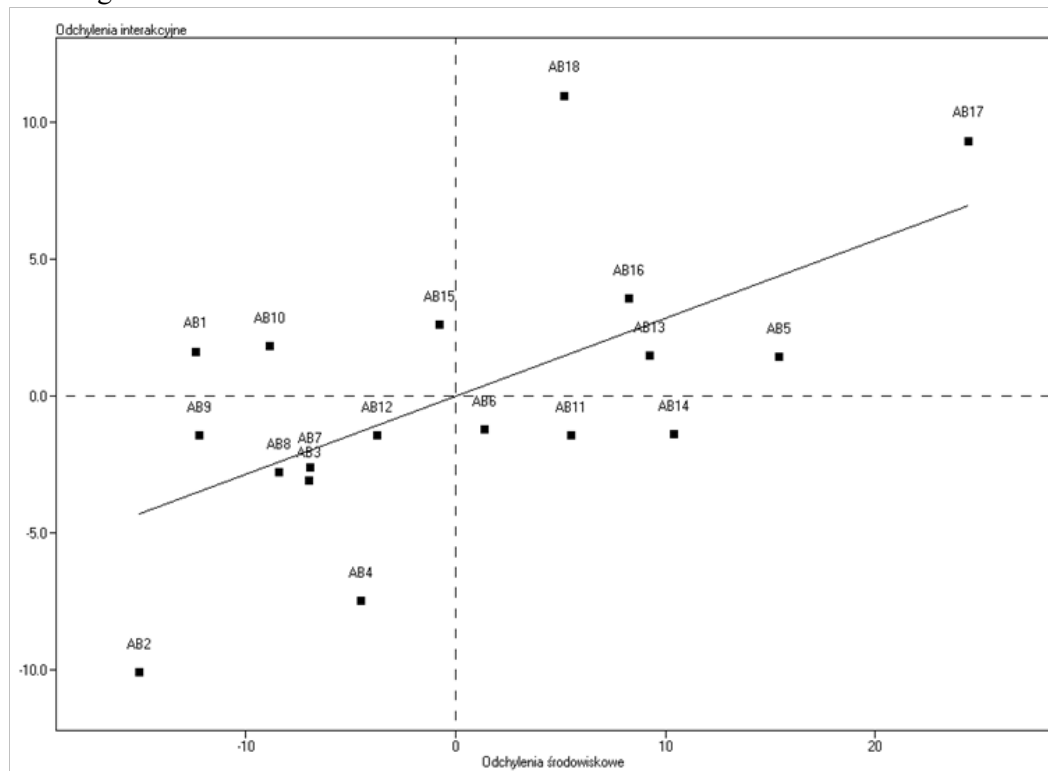
1 — Cabriolet; 2 — Cadeli; 3 — Californium; 4 — Casoar; 5 — Castille; 6 — Extend; 7 — Nelson; 8 — PR46W10; 9 — Toccata; 10 — Vectra

Rys. 1. Struktura interakcji środowisk i genotypów w układzie składowych głównych

Fig. 1. The structure of interaction between environments and genotypes in the system of the main components

W klasyfikacji genotypów na wyróżnienie zasługuje odmiana PR46W10 charakteryzującą się wyjątkowo małym zróżnicowaniem plonów w stosunku do pozostałych odmian. Największe oddalenie od początku układu współrzędnych wystąpiło w przypadku odmiany

Californium. Jednak uwzględniając istotnie dodatnią wartość współczynnika regresji wyliczonego dla tej odmiany (tab. 4) znaczne oddalenie od środka układu świadczy o wysoce dodatniej reakcji tej odmiany na poprawę warunków środowiska glebowo-rolniczego.



Środowiska — Environments:

AB1	Tomaszów Bol. — 2008	AB10	Tarnów — 2008
AB2	Tomaszów Bol. — 2009	AB11	Tarnów — 2009
AB3	Tomaszów Bol. — 2010	AB12	Tarnów — 2010
AB4	Naroczyce — 2008	AB13	Zybiszów — 2008
AB5	Naroczyce — 2009	AB14	Zybiszów — 2009
AB6	Naroczyce — 2010	AB15	Zybiszów — 2010
AB7	Pawłowice — 2008	AB16	Krościna — 2008
AB8	Pawłowice — 2009	AB17	Krościna — 2009
AB9	Pawłowice — 2010	AB18	Krościna — 2010

Odmiany — Cultivars:

1 — Cabriolet; 2 — Cadeli; 3 — Californium; 4 — Casoar; 5 — Castille; 6 — Extend; 7 — Nelson; 8 — PR46W10; 9 — Toccata; 10 — Vectra

Rys. 2. Regresja efektów interakcyjnych dla odmiany Californium względem środowiska

Fig. 2. . Regression of interaction effects of Californium cultivar with the environment

Na wykresie tworzącym układ składowych dla odchyleń interakcyjnych i odchyleń środowiskowych przedstawiono prostą regresji dla plonu odmiany Californium (rys. 2).

Z prezentowanego wykresu wynika, iż najwyższe prawdopodobieństwo uzyskania wyższej plonu w wyniku poprawy rozkładu czynników pogodowych wystąpiło w Pawłowicach w 2008 i 2009 roku, Tomaszowie Bolesławieckim i Tarnowie w 2010 roku, czyli tych, które zlokalizowane zostały najbliżej wykreślonej prostej.

WNIOSKI

1. Uzyskane wyniki badań potwierdzają, że plonowanie odmian rzepaku zależy w dużym stopniu od warunków glebowo-klimatycznych występujących w danym rejonie rolniczym. W analizowanych doświadczeniach wykazano istotne różnice w plonowaniu badanych odmian rzepaku ozimego oraz ich interakcje z miejscowościami i latami badań.
2. Odmiana populacyjna Californium reaguje istotną wyższą plonu na poprawę warunków glebowych i pogodowych, dlatego podwyższenie intensywności uprawy będzie gwarantowało dodatni efekt w postaci wzrostu plonu.
3. Szczegółowe analizy efektów głównych i interakcyjnych pozwalają na wyróżnienie odmian mieszańcowych Extend, Nelson i Toccata, jako wysokoplonujących. Jednak istotna interakcja plonu z warunkami środowiska glebowego i warunkami klimatycznymi nie pozwala na zalecenie ich do uprawy na terenie całego Dolnego Śląska, ale jedynie do mikrorejonów sprzyjających ich wysokiemu plonowaniu.

LITERATURA

- Bujak H., Jedyński S., Kaczmarek J. 2008 a. Ocena stabilności plonowania odmian żyta ozimego na podstawie parametrycznych i nieparametrycznych metod. *Biul. IHAR* 250: 189 — 202.
- Bujak H., Jedyński S., Kaczmarek J., Kotecki A. 2008 b. Ocena stabilności plonowania populacyjnych i mieszańcowych odmian rzepaku ozimego. *Biul. IHAR* 250: 261 — 271.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z., Krajewski P., Siatkowski J. 2003. Podręcznik użytkownika programu *Sergen 4*. IGR Poznań 2003.
- Eberhart S. A., Russell W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36 — 40.
- Główny Urząd Statystyczny (GUS). 2010. Wynikowy szacunek produkcji głównych ziemiopłodów rolnych i ogrodnich w 2010 roku.
- Kaczmarek J., Kotecki A., Kotowicz L., Weber R. 2003. Interakcja genotypowo-środowiskowa plonowania odmian rzepaku ozimego w doświadczeniach PDO. *Biul. IHAR* 226/227/2: 395 — 403.
- Kamińska A., Kaczmarek J., Śmiałek E., Kotowicz L. 2010. Wyniki Porejestrowych Doświadczeń Odmianowych na Dolnym Śląsku. Rzepak ozimy 2010 (2008-2010). SDOO Tomaszów Bolesławiecki, 1 (12).
- Kang M. S. 1988. A rank sum method for selecting high yielding and stable crop genotypes. *Cereal Res. Commun.* 16: 113 — 115.
- Kang M. S. 1998. Using genotype-by-environment interaction for crop cultivar development. *Adv. Agron.* 35: 199 — 240.
- Kang M. S., Pham H. N. 1991. Simultaneous selection for high yielding and stable crop genotypes. *Agron. J.* 83: 161 — 165.
- Kotecki A., Kozak M., Malarz W. 2004. Wpływ zróżnicowanego poziomu agrotechniki na rozwój i plonowanie odmian rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste-Oilseed Crops XXV*: 97 — 108.
- Krajewski P., Kaczmarek Z., Czajka S. 2006. Planowanie i analiza statystyczna doświadczeń hodowlanych. Podręcznik użytkownika programu EKSPLAN wersja 2 (2006).
- Muśnicki Cz., Jerzak M. 1992. Produkcyjne i ekonomiczne skutki uproszczeń w agrotechnice rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste-Oilseed Crops XIV* (2): 318 — 334.

- Nabugoomu F., Kempton R. A., Talbot M. 1999. Analysis of series of trials where varieties differ in sensitivity to locations. *J. Agric. Biol. Env. Stat.*, Vol. 4, No. 3: 310 — 325.
- Ogrodowczyk M., Liersch A., Bartkowiak-Broda I. 2000. Analiza zmienności składników plonu mieszańców złożonych rzepaku ozimego. *Biul. IHAR* 216: 483 — 490.
- Shukla G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity* 29: 237 — 245.
- Weber R., Karczmarek J., Kotecki A. 2003. Wpływ środowiska na zmienność plonowania odmian rzepaku ozimego w warunkach Dolnego Śląska. *Rośliny Oleiste-Oilseed Crops XXIV* (2): 395 — 403.
- Wójtowicz M., Czernik-Kołodziej K. 2003. Reakcja zarejestrowanych odmian rzepaku ozimego na poziom agrotechniki. *Rośliny Oleiste-Oilseed Crops XXIV* (1): 85 — 94.

LESZEK DOMAŃSKI¹**DARIUSZ R. MAŃKOWSKI**²**BOGDAN FLIS**¹**HENRYKA JAKUCZUN**¹**EWA ZIMNOCH-GUZOWSKA**¹¹ Zakład Genetyki i Materiałów Wyjściowych Ziemniaka, Oddział Młochów² Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie

Struktura wielocechowej zmienności fenotypowej rodów ziemniaka uzyskanych z krzyżowań tetraploid × diploid

The structure of multivariable phenotypic variation in potato progenies derived from tetraploid × diploid crosses

W IHAR, Oddział Młochów w latach 2008–2009, dla osiemdziesięciu rodów ziemniaka z czterech krzyżowań tetraploid × diploid przeprowadzono oceny pod kątem 12 cech użytkowych i jakościowych. Celem badań była ocena struktury wielocechowej zmienności. Eksploracyjna analiza czynnikowa (EFA) pozwoliła na wyodrębnienie 5 czynników odpowiedzialnych za 68% obserwowanej łącznej zmienności rodów. Wartości własne analizowanej macierzy korelacji dla tych czynników były większe od 1. Pierwszy czynnik (21,7% zmienności) był utworzony przez cechy odpowiedzialne za ogólny wygląd bulw (regularność kształtu, głębokość oczek, frekwencja bulw z wtórnym wzrostem). Drugi czynnik (15,5% zmienności), zwany czynnikiem plonotwórczym był skorelowany z plonem bulw, średnim ciężarem bulwy i stopniem spłaszczenia bulw. Trzeci czynnik (12,2% zmienności) określał przydatność do przetwórstwa i był skorelowany z dwoma wiodącymi cechami technologicznymi — zawartością skrobi i barwą chipsów. Czwarty czynnik (9,9% zmienności) został zinterpretowany jako wydłużenie bulw (korelacja z typem kształtu, frekwencją bulw spiczastych). Piąty czynnik (8,5% zmienności) był utworzony przez cechę wyglądu bulw. Wielowymiarowa struktura tej zmienności daje szansę na wyselekcjonowanie wartościowych tetraploidalnych rodów ziemniaka do użytkowania jadalnego, przetwórstwa spożywczego (chipsy, susze) oraz przetwórstwa na skrobię.

Słowa kluczowe: eksploracyjna analiza czynnikowa EFA, krzyżowanie interploidalne, zmienność wielocechowa, ziemniak

In IHAR, Research Center Młochów during 2008–2009, eighty potato clones derived from the four tetraploid × diploid crosses were evaluated for 12 agronomic and tuber quality traits. The research objective was to examine the structure of multivariable variation. The first five axes of exploratory factor analysis (EFA) extracted 68% of the total variance among clones. Eigenvalues of the analyzed correlation matrix for these factors were above 1. The first factor (21.7% of total variance) was created by traits responsible for general appearance of tubers (shape regularity, depth of eyes, the frequency of

tubers with the symptoms of secondary growth). The second factor (15.6% of total variance) was called a performance factor and was correlated with tuber yield, mean tuber weight and tuber flatness. The third factor (12.2% of total variance) called a suitability for processing was correlated with the two key processing traits: starch content and chip colour. The fourth factor (9.9% of total variance) was interpreted as tuber elongation since it was correlated with type of shape and the frequency of tubers with pointed ends. The fifth factor (8.5% of total variance) was correlated with the skin appearance. Multivariate structure of this variance gives a chance for selecting of valuable potato clones for: table use, processing into chips or dry-products and starch processing.

Key words: exploratory factor analysis EFA, interploidy mating, multivariable variation, potato

WSTĘP

Złożone mieszańce międzygatunkowe ziemniaka diploidalnego stanowią ważne źródło zmienności genetycznej wykorzystywanej w pracach hodowlanych zmierzających do uzyskania nowych materiałów wyjściowych i odmian ziemniaka. Ta diploidalna pula *Solanum* powstawała w efekcie kilkunastoletniej kumulacji alleli genów cech odpornościowych i jakościowych (Hayes i Thill, 2002; Zimnoch-Guzowska, 2003; Haynes i Lu, 2005; Watanabe i in., 2005; Jakuczun i Wasilewicz-Flis, 2006). W ostatnim dwudziestolecu nastąpiło znaczące wzbogacenie zmienności genetycznej ziemniaka uprawnego o allele genów z ziemniaka diploidalnego warunkujących wysoki ciężar właściwy bulw (Haynes, 1990; Sterret i in., 2003), jasną barwę chipsów po przechowaniu bulw w temperaturze 4°C (Thill i Peloquin, 1995; Hayes i Thill, 2002, Domański i in., 2006, 2009) oraz tworzenie bardziej intensywnej żółtej barwy miększu bulw (Haynes i Lu, 2005).

Programy hodowlano-badawcze ukierunkowane na wytworzenie materiałów wyjściowych dla hodowli ziemniaka jadalnego, jak również na cele przetwórstwa spożywczego, zakładają równoległe doskonalenie szeregu cech (Zimnoch-Guzowska i Flis, 2006), uwzględniających zarówno aspekty produktywności, jakości jak i odporności na agrofagi. Materiały hodowlano-badawcze są więc oceniane pod względem wielu cech, już od drugiego rozmnożenia wegetatywnego. Zgromadzone obserwacje dla tych cech umożliwiają zastosowanie statystycznych metod wielowymiarowych do wykonania wielocechowej analizy zmienności. Analizy tego rodzaju znalazły szerokie zastosowanie przy charakterystyce kolekcji zasobów genowych roślin uprawnych (Nassir i Ariyo, 2007; Ukalski i in., 2007; Mądry, 2007; Mańkowski i in., 2009; Studnicki i in., 2009; Makinde i Ariyo, 2010).

Celem badań była ocena struktury wielocechowej zmienności wśród 80 rodów tetraploidalnych, uzyskanych z próbnych krzyżowań typu tetraploid × diploid.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy obejmował 80 rodów uzyskanych z krzyżowań dwóch tetraploidalnych rodów M-62819 i M-62840 z trzema diploidalnymi formami ojcowskimi, z których dwie (DG.03-131 i DG.03-170) charakteryzowały się wysoką jakością kulinarną, a jedna (DG.03-277) była formą typu „cold chipping”. Dwadzieścia klonów, pobranych losowo z każdej z 4 rodzin, pochodzących z krzyżowań: M-62819 × DG.03-131 (A), M-

62819 × DG.03-170 (B), M-62840 × DG.03-170 (C), M-62840 × DG. 03-277 (D) zostało wysadzonych na 3-krzakowych poletkach, w dwóch powtórzeniach na polu IHAR Młochów w 2008 i 2009 roku. Zastosowano typowy dla plantacji ziemniaka jadalnego program nawożenia i ochrony, nie stosowano deszczowania. Dla każdego poletka po zbiorze oceniono 12 cech: plon bulw (PB), zawartość skrobi (SKR), średni ciężar bulwy (SCB), typ kształtu bulw (TKB), regularność kształtu bulw (RKB), głębokość oczek (GO), spłaszczenie bulw (SPB), wygląd skórki (WSK), frekwencję bulw spiczastych (FBSP), frekwencję bulw z objawami wtórnego wzrostu (FBWW), ciemnienie enzymatyczne miąższu bulw (CE), barwę chipsów (BCH). Dalsze metodyczne szczegóły, dotyczące opisów morfologicznych bulw i testów smażenia zawarte są w pracy Domańskiego i in. (2010).

Wielocechowe dane doświadczalne opracowano za pomocą eksploracyjnej analizy czynnikowej (EFA) posługując się procedurą FACTOR pakietu statystycznego SAS 9.2 (SAS Institute Inc., 2009). Obserwacje cech FBSP i FBWW, zawierające dane procentowe, przed rozpoczęciem analizy (EFA) przybliżano do rozkładu normalnego przy zastosowaniu transformacji Blissa. Eksploracyjną analizę czynnikową przeprowadzono metodą składowych głównych Hotellinga z normalizacją Kaizera i rotacją varimax (Kaiser, 1958; Szczotka, 1977; Timm, 2002; Krzyśko, 2009). Z racji, że zmienne źródłowe wyrażone były w różnych skalach, analizę oparto na macierzy korelacji.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Średnie i zakresy wartości wszystkich analizowanych cech w obrębie poszczególnych rodzin zestawiono w tabeli 1. Przeprowadzone wcześniej analizy wariancji dla każdej z cech wykazały istotne zróżnicowanie między rodzinami (Domański i in., 2010). Przeprowadzona analiza czynnikowa pozwoliła na wskazanie pięciu czynników wspólnych, które tłumaczyły 68% wielocechowej zmienności rodów (tab. 2). Wartości własne macierzy korelacji dla tych czynników były większe od 1. Uwzględniając więc kryterium wartości własnej (Mańkowski i in., 2009) i test osypiska (Timm, 2002) wybrano je do dalszej analizy.

Pierwszy czynnik o wartości własnej 2,608 wyjaśniał 21,7% łącznej zmienności, czynnik drugi o wartości własnej 1,877 wyjaśniał 15,6% łącznej zmienności, czynnik trzeci o wartości własnej 1,466 tłumaczył 12,2% łącznej zmienności rodów, czynnik czwarty o wartości własnej 1,193 wyjaśniał 9,9% łącznej zmienności, natomiast piąty czynnik o wartości własnej 1,016 tłumaczył 8,5% łącznej zmienności badanych rodów.

Szczegółowa analiza macierzy ładunków czynnikowych po rotacji umożliwiła określenie struktury budowy wyznaczonych czynników i zidentyfikowanie pięciu współzależności między rozpatrywanymi cechami ziemniaka (tab. 3).

Czynnik pierwszy został zinterpretowany jako wygląd zewnętrzny bulw i był wyrażony przez regularność kształtu, głębokość oczek i frekwencję bulw z objawami wtórnego wzrostu. Regularny kształt bulw, płytkie ułożenie oczek, a także możliwie niska frekwencja bulw z wtórnym wzrostem są właściwościami wymaganymi zarówno od

ziemniaka jadalnego, jak i ziemniaka przeznaczanego na przetwory spożywcze (Zgórska, 2002; Nowacki, 2003; Bradshaw i in., 2009; Lisińska i in., 2009).

Tabela 1

Średnie i wartości skrajne dla analizowanych cech w obrębie potomstwa każdej z czterech rodzin
Means and ranges of analyzed traits within each progeny of the four families

Cecha Trait		Średnie i zakresy dla Mean and range values for									
		rodzina A family A		rodzina B family B		rodzina C family C		rodzina D family D		odmiany wzorcowe standard cultivars	
PB	Plon bulw (kg/poletko) Tuber yield (kg/plot)	4,10	2,30–5,41	3,50	2,29–4,53	3,98	2,68–5,00	2,59	0,57–4,51	3,63	1,87–4,54
SCB	Średni ciężar bulwy (g) Mean tuber weight (g)	64,8	39,1–93,3	68,0	44,1–94,8	82,6	67,2–104,6	79,7	38,8–112,1	98,9	76,4–126,5
SKR	Zawartość skrobi (%) Starch content (%)	17,9	15,6–19,7	16,9	14,8–19,0	16,4	13,6–19,7	18,5	15,1–21,4	15,4	14,8–15,9
BCH	Barwa chipsów (1-9) Chip colour (1-9)	5,0	2,7–6,9	5,0	3,4–6,3	4,1	2,9–5,9	7,3	5,9–8,1	7,0	6,6–7,4
CE	Ciemnienie enzymatyczne (1-9) Enzymatic discoloration (1-9)	7,8	7,3–8,3	7,8	6,5–8,2	7,6	7,0–8,1	6,9	6,0–7,4	7,4	6,8–7,5
TKB	Typ kształtu bulw (1-9) Tuber shape (1-9)	3,9	2,6–4,8	3,7	1,9–6,2	4,3	1,8–6,7	3,8	2,3–6,8	4,7	2,0–7,3
RKB	Regularność kształtu bulw (1-9) Regularity of tuber shape (1-9)	6,7	6,1–7,2	6,7	6,2–7,2	6,6	6,3–7,1	5,9	5,2–6,9	6,4	6,2–6,6
GO	Głębokość oczek (1-9) Depth of eye (1-9)	6,7	6,2–7,2	6,9	6,4–7,3	6,7	6,1–7,3	6,0	5,5–6,8	6,3	6,0–6,6
SPB	Splaszczanie bulw (1-9) Tuber flatness (1-9)	6,8	6,5–7,3	6,7	6,1–7,3	7,1	6,7–7,5	7,0	6,6–7,6	6,9	6,4–7,4
WSK	Wygląd skórki (1-9) Skin appearance (1-9)	6,5	6,2–7,0	6,7	6,3–7,1	6,4	6,1–6,7	6,1	5,8–6,4	6,9	6,4–7,4
FBSP	% bulw spiczastych w plonie % of tubers with pointed ends in total yield	0,8	0,0–5,0	0,6	0,0–3,3	0,9	0,0–5,1	0,1	0,0–1,8	2,4	1,5–3,2
FBWW	% bulw z objawami wtórnego wzrostu % of tubers with symptoms of secondary growth	2,4	0,4–12,1	25,8	0,2–10,4	2,4	0,7–28,4	3,4	0,0–21,0	10,5	1,7–15,0

Odmiany wzorcowe (standard cultivars): Syrena, Snowden, Tokaj

Skala 1–9, 9 oznacza: jasną barwę chipsów, brak enzymatycznego ciemnienia miąższu, bulwy podłużne, najbardziej regularny zarys, najpłytse oczka, okrągły poprzeczny przekrój bulwy oraz najgładszą i błyszczącą skórkę bulw
 Scale 1–9, 9 means: the light colour of chips, no enzymatic browning, elongated tubers, the most regular shape, the shallowest eyes, tuber round at transversal section and smooth, shiny tuber skin

Czynnik drugi (15,7% zmienności) określony jako zdolność plonotwórcza roślin był skorelowany z plonem bulw, średnim ciężarem bulwy i splaszczaniem bulw, mówiącym o stopniu wypełnienia bulw. Badania Kamińskiego (1977) i Teodorczyk (1981) wykazały korelacje dodatnie fenotypowe i genetyczne między plonem bulw a wielkością bulw.

Tabela 2

Wyznaczone czynniki wspólne, wartości własne, udział wyjaśnionej i skumulowanej zmienności
The determined common factors, eigenvalues and percentages of explained and cumulative variance

Czynnik Factor	Wartość własna Eigenvalue	% udział zmienności wyjaśnionej Proportion of variation accounted for (%)	Skumulowany (%) zmienności Cumulative variance (%)
1	2,608	21,73	21,73
2	1,877	15,64	37,37
3	1,466	12,22	49,59
4	1,193	9,94	59,53
5	1,016	8,47	68,00
6	0,879	7,32	75,32
7	0,773	6,44	81,77
8	0,691	5,76	87,53
9	0,584	4,87	92,40
10	0,411	3,42	95,82
11	0,328	2,74	98,56
12	0,173	1,44	100,00

Tabela 3

Macierz ładunków czynnikowych po rotacji varimax
The factor loadings matrix after varimax rotation

Cecha Trait	Czynnik 1 Factor 1	Czynnik 2 Factor 2	Czynnik 3 Factor 3	Czynnik 4 Factor 4	Czynnik 5 Factor 5
PB	0,220	0,650	0,122	0,317	0,170
SCB	-0,287	0,780	-0,046	0,004	-0,035
TKB	0,088	0,166	0,040	0,642	-0,117
SPB	-0,079	0,770	-0,079	-0,149	-0,131
RKB	0,884	-0,057	-0,153	0,142	0,081
GO	0,744	-0,166	-0,306	0,333	0,064
WSK	0,026	-0,060	0,003	-0,117	0,926
CE	0,291	0,050	-0,322	0,452	0,293
FBWW	-0,607	0,076	-0,368	0,418	0,160
FBSP	0,041	-0,162	0,053	0,734	-0,041
SKR	0,009	0,077	0,853	0,169	0,116
BCH	-0,225	-0,121	0,782	-0,112	-0,122

Czynnik trzeci (12,2% zmienności), określający przydatność do przetwórstwa był powiązany z głównymi cechami technologicznymi w przetwórstwie na chipsy, jakimi są zawartość skrobi i barwa chipsów (Zgórska, 2002; Lisińska i in., 2009). Oszacowane w obrębie tego samego materiału badawczego, współczynniki odziedziczalności w szerokim sensie dla zawartości skrobi ($h = 0,77$) i barwy chipsów ($h = 0,76$) wskazały dość wysoki stopień genetycznego uwarunkowania obu cech (Domański i in. 2010).

Czynnik czwarty (9,9% zmienności), zinterpretowany jako wydłużenie bulw, był skorelowany z typem kształtu i frekwencją bulw ze spiczastymi końcami. Z wcześniej przeprowadzonych badań na tych samych rodach (Domański i in., 2010) wynika, że cecha frekwencji bulw ze spiczastymi końcami jest cechą o niskim uwarunkowaniu genetycznym ($h = 0,42$). Frekwencja bulw spiczastych była nieco wyższa wśród rodów o bardziej wydłużonym kształcie bulw, współczynnik fenotypowej korelacji liniowej między tymi cechami wyniósł 0,45 ($P < 0,01$).

Piąty czynnik, tłumaczący 8,5% łącznej zmienności rodów był powiązany z wyglądem skórki. Bulwy o gładkiej, lśniącej skórcie są preferowane przez większość supermarketów sprzedających myte i paczkowane ziemniaki, gdyż konsumenci dokonując wstępnego wyboru kierują się właśnie wyglądem bulwy (Chotkowski, 2007).

Wyniki analiz czynnikowej (EFA) i składowych głównych (PCA) były podobne w wielowymiarowym opisie zmienności genotypów ryżu (Nassir i Ariyo, 2007), orzeszków ziemnych *Arachis hypogea* L. (Kumar i in., 2010), a także ziemniaka, na co wskazują nasze wyniki prezentowane w tej i poprzedniej pracy (Domański i in., 2012). Laudański i in. (2012) stwierdzili, że podstawą zastosowania analizy czynnikowej jest przypuszczenie, że jeżeli dysponujemy dużą liczbą powiązanych wzajemnie cech, to związki między nimi mogą wynikać z istnienia jednego lub wielu czynników wspólnych, które są powiązane z poszczególnymi cechami analizowanego zespołu.

Celem eksploracyjnej analizy czynnikowej jest wykrycie tych wspólnych czynników (nowego zbioru zmiennych), odpowiedzialnych za łączne (jednocześnie współzależne) zachowanie się poszczególnych cech, czy też poszczególnych grup cech. Zatem analiza czynnikowa służy także do poszukiwania grup cech współistniejących, czyli wzajemnie związanych.

WNIOSKI

1. Analiza czynnikowa pozwoliła na zidentyfikowanie pięciu współzależności w obrębie 12 obserwowanych cech, i tak:
 - pierwszy czynnik, tworzony przez cechy odpowiedzialne za ogólny zewnętrzny wygląd bulw (regularność kształtu, głębokość oczek oraz frekwencja bulw z objawami wtórnego wzrostu);
 - drugi czynnik zwany czynnikiem plonotwórczym (cechy: plon bulw, średni ciężar bulwy oraz spłaszczenie bulw);
 - trzeci czynnik, określający przydatność do przetwórstwa (cechy: zawartość skrobi oraz barwa chipsów);
 - czwarty czynnik zinterpretowany jako wydłużenie bulw (cechy: typ kształtu oraz frekwencja bulw spiczastych);
 - piąty czynnik, utworzony przez cechę wyglądu skórki bulw.
2. Badane potomstwo z próbnych krzyżowań typu tetraploid $\times$ diploid wykazywało znaczącą zmienność fenotypową w odniesieniu do cech morfologii bulw, cech plonotwórczych i technologicznych. Wielowymiarowa struktura tej zmienności daje szansę na wyselekcjonowanie wartościowych tetraploidalnych rodów zarówno przeznaczonych do bezpośredniego spożycia jak i przetwórstwa spożywczego (chipsy, susze) oraz przetwórstwa na skrobię.

LITERATURA

- Bradshaw J. E., Finlay M., Dale B., Mackay G. R. 2009. Improving the yield, processing quality and disease and pest resistance of potatoes by genotypic recurrent selection. *Euphytica* 170: 215 — 227.

- Chotkowski J. 2007. Rynek ziemniaków jadalnych w Polsce na tle Unii Europejskiej. *Wiś Jutra* 2 (103): 25 — 26.
- Domański L., Zimnoch-Guzowska E., Domańska M., Jakuczun H. 2006. Efekt heterozji diploidalnego rodu ziemniaka DG, 97-943 typu „cold chipping” tworzącego gamety $2n$. *Biul. IHAR* 240/241: 307 — 313.
- Domański L., Flis B., Jakuczun H., Zimnoch-Guzowska E. 2009. Ocena postępu hodowlanego pod względem wartości przetwórczej materiałów wyjściowych wytworzonych w latach 1999-2007. *Biul. IHAR* 252: 275 — 283.
- Domański L., Flis B., Jakuczun H., Zimnoch-Guzowska E. 2010. Zmienność cech technologicznych i morfologicznych w potomstwie uzyskanym z krzyżowań interploidalnych $4x-2x$. *Biul. IHAR* 257/258: 57 — 69.
- Domański L., Mańkowski D.R., Flis B., Jakuczun H., Zimnoch-Guzowska E. 2012. Wielocechowa analiza różnorodności fenotypowej mieszańców ziemniaka uzyskanych z krzyżowań tetraploid $\times$ diploid. *Biul. IHAR* 265 (w druku).
- Hayes R. J., Thill Ch. A. 2002. Co-current introgression of economically important traits in a potato – breeding program. *Amer. J. Potato Res.* 79: 173 — 181.
- Haynes K.G. 1990. Covariance's between diploid parents and tetraploid offspring in tetraploid $\times$ diploid crosses of *Solanum* L. *J. Heredity* 81: 208 — 210.
- Haynes K.G., Lu W. 2005. Improvement at the diploid species level. In: Genetic improvement of *Solanaceous* crops. Volume I: Potato. Razdan M. K., Motto A.K. (Eds): 101 — 114. Science Publishers, Inc. Eufield (NH), USA, Plymouth, UK.
- Jakuczun H., Wasilewicz-Flis I. 2006. Przenoszenie zmienności genetycznej wybranych cech z ziemniaka diploidalnego na poziom tetraploidalny w IHAR w latach 1996-2005. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 511: 131 — 140.
- Kaiser, H. F. 1958. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika* 23: 187—200.
- Kamiński R. 1977. Phenotypic and genotypic correlations of morphological and physiological characters of potato. *Genetica Polonica* 18: 125 — 131.
- Krzyśko M. 2009. Podstawy wielowymiarowego wnioskowania statystycznego. Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań.
- Kumar S. I., Gowindaraj M., Kumar V. K. 2010. Estimation of genetic diversity of new advanced breeding lines of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *World J. Agric. Sci.* 6 (5): 547 — 554.
- Laudański Z., Mańkowski D. R., Flaszka M. 2012. Eksploracyjna analiza czynnikowa w badaniach struktury zespołu zmiennych obserwowanych. *Biuletyn IHAR, w druku*.
- Lisińska G., Pęksa A., Kita A., Rytel E., Tajner-Czopek A. 2009. The quality of potato for processing and consumption. In: Yee N., Bussel W.T. (Eds). *Potato IV, Food 3 (Special Issue 2)*: 99 — 104.
- Makinde S. C. D., Ariyo O. J. 2010. Multivariate analysis of genetic divergence in twenty two genotypes of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Journal of Plant Breeding and Crop Science* 2 (7): 192 — 204.
- Mańkowski D. R., Laudański Z., Martyniak D., Flaszka M. 2009. Struktura wielocechowej zmienności odmianowej wiechliny (*Poa pratensis* L.). *Biul. IHAR* 254: 189 — 200.
- Mądry W. 2007. Metody statystyczne do oceny różnorodności fenotypowej dla cech ilościowych w kolekcjach roślinnych zasobów genowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 517: 21 — 41.
- Nassir A. L., Ariyo O. J. 2007. Multivariate analysis of the variation of field-planted upland rice (*Oryza sativa* L.) in a tropical habitat. *Malays. Appl. Biol.* 36 (1): 47 — 57.
- Nowacki W. 2003. Ocena wartości handlowej ziemniaków jadalnych. *Ziemniak Polski* 4: 32 — 36.
- SAS Institute Inc. 2009. SAS OnlineDoc® 9.2. Cary NC.
- Sterrett S. B., Henniger M. K., Yench G. C., Lu W., Winyarck B. T., Haynes K. G. 2003. Stability of internal heat necrosis and specific gravity in tetraploid $\times$ diploid potatoes. *Crop Science* 43: 790 — 796.
- Studnicki W., Mądry W., Śmiałowski T. 2009. Wielocechowa analiza różnorodności fenotypowej w kolekcji roboczej pszenicy jarej. *Biul. IHAR* 252: 91 — 104.
- Szczotka F. A. 1977. Podstawy analizy czynnikowej. *Listy Biometryczne*, Nr 55–59: 1— 69.
- Teodorczyk A. 1981. Współzależność cech ziemniaka jadalnego. *Ziemniak* 1981/82: 25 — 43.
- Thill C. A., Peloquin S.J. 1995. Tetraploid potato clones with 25% wild species germplasm that produces cold (4°C) chipping progenies. *Am. Potato J.* 72: 659.

- Timm N. A. 2002. Applied multivariate analysis. New York, USA: Springer Verlag Inc.
- Ukalski K., Kociuba W., Mądry W., Ukalska J. 2007. Wielowymiarowa ocena zmienności fenotypowej w kolekcji zasobów genowych pszenżyta jarego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 517: 767 — 774.
- Watanabe K.N., Ortiz R., Watanabe J. A. 2005. Breeding potential and transmission of traits in $4x-2x$ crosses. In: Genetic improvement of *Solanaceous* crops. Volume I: Potato. Razdan M. K., Motto A. K. (Eds): Science Publishers, Inc. Enfield (NH), USA, Plymouth, UK: 101 — 114.
- Zgórska K. 2002. Jakość ziemniaków jadalnych i do przetwórstwa spożywczego. Ziemniak Polski 4: 14 — 20.
- Zimnoch-Guzowska E. 2003. Wykorzystanie form diploidalnych ziemniaka w pracach hodowlanych i genetycznych. Post. Nauk Roln. 1: 47 — 66.
- Zimnoch-Guzowska E., Flis B. 2006. Genetyczne podstawy cech jakościowych ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 511: 23 — 36.

STANISŁAW KALEMBASA¹**BARBARA SYMANOWICZ**¹**DAWID JAREMKO**¹**WOJCIECH SKORUPKA**²¹ Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej² Studia doktoranckie, Wydział Przyrodniczy, Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny, Siedlce

Wpływ nawożenia fosforowo-potasowego rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) na zawartość żelaza, molibdenu, miedzi w roślinie i glebie oraz na pobranie azotu

**The influence of phosphorus and potassium fertilization on the content of iron,
molybdenum, copper in goat's rue (*Galega orientalis* Lam.) biomass and in soil as
well as on the nitrogen uptake**

W pracy przedstawiono zmiany zawartości żelaza, molibdenu, miedzi w glebie i w biomase rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) uprawianej w latach 2005–2007 oraz w pobraniu azotu z plonem rośliny testowej. Doświadczenie polowe prowadzono w Rolniczej Stacji Doświadczalnej, należącej do Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. W badaniach uwzględniono sześć obiektów nawozowych PK. W każdym roku badań zbierano trzy pokosy rośliny testowej w fazie pąkowania. Zawartość całkowitą Fe, Mo i Cu w roślinie i glebie oznaczono metodą ICP-AES na spektrofotometrze emisyjnym z plazmą wzbudzaną indukcyjnie. Obliczono także pobranie azotu z plonem biomasy rośliny testowej. Nawożenie fosforowo-potasowe wpłynęło istotnie na zwiększenie zawartości żelaza w biomase rutwicy wschodniej. Najwięcej żelaza oznaczono w roślinie testowej nawożonej dawką K₁₀₀, molibdenu pod wpływem nawożenia dawką P₅₀K₂₀₀. Kolejne dawki nawożenia PK (wyjątek P₅₀) powodowały obniżanie zawartości miedzi w biomase rutwicy wschodniej. Największe pobranie azotu przez rutwicę wschodnią w ciągu okresu wegetacyjnego (345 kg N·ha⁻¹) uzyskano pod wpływem nawożenia P₅₀K₂₀₀. Najwięcej żelaza, molibdenu i miedzi oznaczono w glebie nawożonej dawką P₅₀K₂₅₀.

Słowa kluczowe: azot, miedź, molibden, nawożenie PK, rutwica, żelazo

The paper presents the changes in iron, molybdenum and copper in soil and in biomass of goat's rue cultivated in 2005–2007 and in nitrogen uptake from the yield test plant. The experiment was conducted in the Agricultural Experimental Station, belonging to the Siedlce University of Natural Sciences and Humanities. The study included six objects with variable PK fertilization. The test plants were harvested three times at the stage of budding in each year of the study. The total contents of Fe, Mo and Cu in the plant and soil were determined by emission spectrophotometer with inductively

coupled plasma (ICP-AES). We calculated also nitrogen uptake per yield of plant biomass. Phosphorus-potassium fertilization significantly influenced the increase in iron content in the biomass of the goat's rue. The biggest amount of iron was detected in a test plant fertilized with dose K_{100} and the biggest amount of molybdenum - under the influence of fertilization doses $P_{50}K_{200}$. Other doses of fertilizer PK (except dose P_{50}) caused a reduction in copper content in the goat's rue biomass. The largest nitrogen uptake by goat's rue within the growing season (345 kgNha^{-1}) was obtained under the influence of fertilization $P_{50}K_{200}$. The biggest amounts of iron, molybdenum and copper were determined in soil fertilized with $P_{50}K_{250}$ dose.

Key words: copper, iron, molybdenum, nitrogen, PK fertilization, goat's rue

WSTĘP

Rutwica wschodnia (*Galega orientalis* Lam.) jest wieloletnią rośliną bobowatą pochodzącą z Kaukazu. Od wielu lat jest uprawiana również w Polsce. Można ją wykorzystywać jako paszę dla zwierząt w formie zielonki, siana, suszu, kiszonki i koncentratu białkowego. Jest bogatym źródłem makro- i mikroelementów (Kalembasa i Symanowicz, 2009, 2009 a; Raig i in., 2001; Symanowicz i Kalembasa, 2004). Rutwica wschodnia po wieloletniej uprawie może być dobrym również przedplonem dla pszenicy ozimej (Ignaczak i Szczepanek, 2005). W badaniach przeprowadzonych na Podlasiu z wykorzystaniem izotopu ^{15}N określono duże możliwości biologicznej redukcji N_2 przez rutwicę wschodnią — $379,7 \text{ kgN}\cdot\text{ha}^{-1}$ w ciągu okresu wegetacyjnego (Symanowicz i in., 2005), po wprowadzeniu do gleby bakterii *Rhizobium galegae* (Andrzejewska i Ignaczak, 2001; Borowiecki, 2004; Kalembasa, 1995; Peoples i in., 1995; Reichel i in., 1984; Vanace, 1998). Uprawa roślin bobowatych wieloletnich w warunkach Polski jest bardzo ważna ze względu na wysokie wartości współczynników reprodukcji materii organicznej: od +0,89 dla gleb lekkich i bardzo lekkich do +2,10 dla gleb ciężkich (Zawiślak i Rychcik, 2002); produkcję paszy wysokobiałkowej oraz ze względów ekonomicznych (wysokie ceny nawozów azotowych). Decydujący wpływ na plon i skład chemiczny biomasy tych roślin mają następujące czynniki: gleba, warunki atmosferyczne, nawożenie, faza rozwojowa, rok uprawy i duża odporność na choroby grzybowe i wirusowe (Valkonen, 1993; Virkajärvi i Varis, 1991). Z literatury znany jest fakt, że obecność w glebie i roślinie Fe, Mo i Cu związana jest z procesem biologicznej redukcji N_2 (Ruszkowska i in., 1996). Brakuje jednak danych dotyczących jakościowych i ilościowych zmian zawartości tych pierwiastków w biomacie rutwicy wschodniej i w glebie, w warunkach zróżnicowanego nawożenia mineralnego.

Celem przedstawionych badań było określenie wpływu nawożenia fosforem i potasem na zmiany w zawartości żelaza, molibdenu i miedzi w biomacie rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) i w glebie oraz pobranie azotu z plonem biomasy rośliny testowej.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe trzyletnie przeprowadzono w latach 2005–2007 na plantacji założonej w 1997 roku na polach Stacji Doświadczalnej należącej do Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach ($52^{\circ}17'\text{N}$, $22^{\circ}28'\text{E}$). Gleba, na której uprawiano rutwicę wytworzona była z piasku gliniastego (LS) i charakteryzowała się

odczynnem obojętnym. Zawartość całkowita makroelementów w glebie ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) wynosiła: C — 31,1; N — 2,18; P — 1,03; K — 0,83; Ca — 7,01; Mg — 0,81; Na — 0,23; S — 0,45. Zasobność w przyswajalny fosfor i potas oznaczoną metodą Egnera-Riehma określono jako średnią, a zasobność w przyswajalny magnez oznaczony metodą Schachtschabela jako niską. W badaniach uwzględniono następujące obiekty nawozowe: obiekt kontrolny, P_{50} , K_{100} , $\text{P}_{50}\text{K}_{150}$, $\text{P}_{50}\text{K}_{200}$, $\text{P}_{50}\text{K}_{250}$. Nawozy fosforowe w formie superfosfatu potrójnego stosowano jesienią, a potasowe w formie soli potasowej 60% stosowano w dwóch dawkach (wczesną wiosną i po I pokosie).

Dane dotyczące opadów i temperatur powietrza w sezonach wegetacyjnych 2005–2007 podano w tabeli 1. Średnia miesięczna temperatura w kolejnych okresach wegetacyjnych kształtowała się na zbliżonym poziomie ($15,0^{\circ}\text{C}$ do $15,8^{\circ}\text{C}$) i była znacznie wyższa w stosunku do danych z wielolecia. Średnia suma opadów w okresie wegetacji była niższa w odniesieniu do sumy wieloletniej. Tylko w 2006 roku była nieznacznie wyższa (o 15,5 mm). Wynikało to z dużej ilości opadów w sierpniu, przekraczających 3-krotnie średnią z wielolecia.

Tabela 1

Warunki meteorologiczne w okresie prowadzenia badań 2005–2007. Dane IMGW z punktu pomiarowego w Siedlcach
Meteorological conditions during the studies 2005–2007. IMGW (Institute of Meteorology and Water Management — National Research Institute) data from the measurement centre in Siedlce

Lata Years	Miesiące Months						Średnia Mean
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Temperatura powietrza (°C) — Air temperature (°C)							
2005	8,6	13,0	15,9	20,2	17,5	15,0	15,0
2006	8,4	13,6	17,2	22,3	18,0	15,4	15,8
2007	8,3	14,5	18,2	18,5	18,6	13,1	15,2
Średnia — Mean 1981–1995	7,7	10,0	16,1	19,3	18,0	13,0	11,4
Miesięczne sumy opadów (mm) — Total monthly rainfall (mm)							Suma — Sum
2005	12,3	64,7	44,4	86,5	45,4	15,8	268,8
2006	29,8	39,6	24,0	16,2	227,6	22,0	359,2
2007	21,2	59,1	59,9	70,2	31,1	67,6	309,1
Średnia — Mean 1981–1995	52,3	50,0	68,2	45,7	66,8	60,7	343,7

W każdym roku badań zbierano trzy pokosy rośliny testowej w fazie pąkowania w okresie: I pokos — 29 maja; II pokos — 29 lipca; III pokos 29 września. Obliczono pobranie azotu z plonem rutwicy. Podczas zbioru kolejnych pokosów zielonej masy rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) pobierano próby całych roślin rutwicy, które następnie wysuszono i rozdrobniono. Jesienią, w każdym roku badań pobierano również próby glebowe, które wysuszono i przesiano przez sito o średnicy oczek 1mm. Roztwory analityczne, uzyskano po mineralizacji biomasy rośliny testowej oraz gleby w piecu muflowym nastawionym na postępujące zwiększanie temperatury do 450°C . Po całkowitym utlenieniu organicznych związków w badanych próbach, popiół zawarty w tyglu zalano 5 cm^3 HCl (1:1) w celu rozłożenia węglanów, wydzielenia krzemionki oraz

uzyskania anionów kwasów nieorganicznych i chlorków badanych kationów. Nadmiar kwasu HCl odparowano na łaźni piaskowej do sucha. Zawartość tygla powtórnie zalano HCl (10%) i uzyskany roztwór przeniesiono do kolby miarowej o pojemności 100 cm³ przez twardy sączelek celem oddzielenia krzemionki. Zawartość na sączku trzykrotnie przemyto rozcieńczonym HCl, a zawartość kolby uzupełniono do kreski uzyskując roztwór analityczny. Zawartość całkowitą Fe, Mo i Cu w roślinie testowej i w glebie oznaczono metodą ICP-AES na spektrofotometrze emisyjnym z plazmą wzbudzaną indukcyjnie (Szczepaniak, 2005).

Wyniki oznaczeń opracowano statystycznie wykorzystując analizę wariancji trzyczynnikowej (ANOVA), a istotne różnice obliczono wykorzystując test Tukeya przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. W celu określenia zależności pomiędzy zawartością Fe, Mo i Cu a pobraniem N z plonem rośliny testowej obliczono współczynniki korelacji prostej r Pearsona (pakiet STATISTICA 9.1; StatSoft). Istotność stwierdzonych korelacji określono przez porównanie wartości empirycznych z wartościami krytycznymi r przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Średnia zawartość żelaza w suchej masie rutwicy wschodniej zbieranej w fazie pąkowania wynosiła 171 mg·kg⁻¹ (tab. 2) i była istotnie zróżnicowana pomiędzy I i III oraz II i III pokosem.

Tabela 2

Zawartość żelaza (mg·kg⁻¹s.m.) w biomasie rutwicy wschodniej
The content of iron (mg·kg⁻¹d.m.) in biomass of goat's rue

Nawożenie Fertilization	Pokosy — średnie z 3 lat Harvests — means of 3 years			Lata — średnie z 3 pokosów Years — means of 3 harvests			Średnio Mean 2005–2007
	I	II	III	2005	2006	2007	
0	135	148	173	175	143	137	152
P ₅₀	177	156	186	208	164	148	173
K ₁₀₀	190	176	185	194	201	156	184
P ₅₀ K ₁₅₀	176	172	170	210	155	154	173
P ₅₀ K ₂₀₀	182	156	172	218	142	150	170
P ₅₀ K ₂₅₀	155	169	204	200	160	167	176
Średnia — Mean	169	163	182	201	161	152	171

NIR_{0,05} — LSD_{0,05}; pokosy — harvests (P) — 6; lata — years (L) — 6; nawożenie — fertilization (N) — 11; L × P — 11; P × L — 11; N × P — 13; P × N — 11; N × L — 19; L × N — 15

W kolejnych latach badań oznaczano istotnie mniejsze zawartości żelaza. Nawożenie fosforowo-potasowe istotnie wpłynęło na zawartość żelaza w suchej masie rutwicy wschodniej. Kolejne wzrastające dawki potasu powodowały spadek zawartości żelaza w biomasie rutwicy wschodniej. Największą ilość żelaza oznaczono w roślinie testowej nawożonej dawką 100 kg K·ha⁻¹. Uzyskane wyniki znalazły potwierdzenie w badaniach Kalembasy i Symanowicz (2009), w których badano zmiany zawartości żelaza w biomasie rutwicy wschodniej w zależności od fazy rozwojowej i kolejnych lat uprawy. Również Kabata-Pendias, (2010) podaje, że zawartość żelaza zmienia się znacznie w okresie

wegetacji, w różnym stopniu w poszczególnych organach roślin. Dla roślin bobowatych zawartość ta może wynosić od 75 do 400 mg·kg⁻¹s.m. Oznaczona zawartość żelaza w biomase rutwicy wschodniej zebranej w kolejnych pokosach, latach uprawy i z obiektów nawożonych PK mieściła się w zakresie liczb granicznych dopuszczalnej zawartości pierwiastków śladowych w paszy, a według Gorlacha (1991) i Jamroz i in. (2001) była to zawartość optymalna.

Zawartość molibdenu oznaczona w roślinie testowej wynosiła średnio 3,42 mg·kg⁻¹ s.m. (tab. 3) i była istotnie zróżnicowana pod wpływem badanych czynników oraz ich współdziałania. Istotnie największą zawartość molibdenu oznaczono w biomase rośliny testowej zebranej w III pokosie (4,02 mg·kg⁻¹s.m.), a także w 2005 roku (3,52 mg·kg⁻¹s.m.). Obliczenia statystyczne wykazały istotne różnice w zawartości molibdenu pomiędzy pokosami rutwicy wschodniej. Nawożenie PK istotnie wpłynęło na zmiany zawartości molibdenu w biomase rośliny testowej. Nawożenie solą potasową w dawce K₁₀₀ spowodowało istotne obniżenie zawartości molibdenu w rutwicy wschodniej w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Największą zawartość Mo oznaczono w rutwicy nawożonej dawką P₅₀K₂₀₀. Uzyskane wyniki przekraczają optymalne i dopuszczalne poziomy zawartości molibdenu w paszy (Gorlach, 1991; Kabata-Pendias, 2010; Ruskowska i Wojcieszka-Wyskupajtyś, 1996). Należy przypuszczać, że główną przyczyną podwyższonej zawartości molibdenu w biomase rośliny testowej był odczyn gleby na poziomie obojętnego. Wzrasta wtedy rozpuszczalność i fitoprzyswajalność tego pierwiastka (Kabata-Pendias, 2010). Potwierdzeniem takiego wnioskowania są wyniki uzyskane przez Symanowicz i Kalembasę (2010 a), w doświadczeniu z kukurydzą, w której zawartość molibdenu w biomase rośliny testowej kształtowała się na poziomie 0,89–0,96 mg·kg⁻¹s.m. przy pH gleby 5,3. Również Wysokiński i in. (2008) prowadząc badania na glebie o pH 4,0 oznaczyli zawartość molibdenu w kukurydzy na poziomie 0,57–0,68 mg·kg⁻¹s.m. i w słońcu pastewnym od 0,71 do 1,12 mg·kg⁻¹s.m.

Tabela 3

Zawartość molibdenu (mg·kg⁻¹s.m.) w biomase rutwicy wschodniej
The content of molybdenum (mg·kg⁻¹d.m.) in biomass of goat's rue

Nawożenie Fertilization	Pokosy — średnie z 3 lat Harvests — means of 3 years			Lata — średnie z 3 pokosów Years — means of 3 harvests			Średnio Mean 2005–2007
	I	II	III	2005	2006	2007	
0	2,77	3,43	3,44	2,92	3,53	3,19	3,21
P ₅₀	3,65	3,17	3,91	3,30	3,56	3,87	3,58
K ₁₀₀	3,00	2,25	3,10	2,81	2,68	2,86	2,78
P ₅₀ K ₁₅₀	2,94	3,03	4,92	3,67	3,75	3,47	3,63
P ₅₀ K ₂₀₀	3,86	3,40	5,22	4,29	4,53	3,66	4,16
P ₅₀ K ₂₅₀	3,32	2,65	3,53	4,12	2,78	2,61	3,17
Średnia — Mean	3,26	2,99	4,02	3,52	3,47	3,28	3,42

NIR_{0,05} — LSD_{0,05}; pokosy — harvests (P) — 0,16; lata — years (L) — 0,16; nawożenie — fertilization (N) — 0,28; L × P — 0,28; P × L — 0,28; N × P — 0,35; P × N — 0,28; N × L — 0,49; L × N — 0,40

Badane czynniki istotnie różnicowały zawartość miedzi w biomase rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) (tab. 4). Średnia zawartość miedzi wynosiła 6,75 mg·kg⁻¹s.m. Uzyskane wyniki potwierdziły wcześniejsze badania Symanowicz i in.,

(2004), które były prowadzone w zbliżonych warunkach glebowych. Istotnie największą zawartość tego pierwiastka oznaczono w roślinie testowej zebranej z I pokosom (9,67 mg·kg⁻¹s.m) oraz w 2007 roku (7,47 mg·kg⁻¹s.m) i taka zawartość mieściła się w zakresie optymalnym (Gorlach, 1991). Obliczenia statystyczne wykazały istotne obniżenie zawartości miedzi w roślinie testowej zebranej z obiektu nawozowego K₁₀₀, P₅₀K₁₅₀ i P₅₀K₂₀₀ w stosunku do zawartości Cu oznaczonej w rutwicy zebranej z obiektu P₅₀. Natomiast w odniesieniu do obiektu kontrolnego były to różnice nieistotne. Według Kabaty-Pendias (2010) i Jamroz i in. (2001) zawartość miedzi w roślinach na potrzeby paszowe, zwłaszcza dla przeżuwaczy powinna wynosić od 4,2 do 20,0 mg·kg⁻¹s.m.

Tabela 4

Zawartość miedzi (mg·kg⁻¹s.m.) w biomase rutwicy wschodniej
The content of copper (mg·kg⁻¹d.m.) in biomass of goat's rue

Nawożenie Fertilization	Pokosy — średnie z 3 lat Harvests — means of 3 years			Lata — średnie z 3 pokosów Years — means of 3 harvests			Średnio Mean 2005–2007
	I	II	III	2005	2006	2007	
0	9,93	6,17	4,43	7,31	5,84	7,39	6,85
P ₅₀	10,13	6,20	5,07	7,53	6,26	7,60	7,13
K ₁₀₀	9,26	5,66	4,85	6,37	5,99	7,40	6,59
P ₅₀ K ₁₅₀	9,30	5,19	5,15	6,51	5,99	7,14	6,55
P ₅₀ K ₂₀₀	9,62	5,03	5,15	6,03	6,49	7,28	6,60
P ₅₀ K ₂₅₀	9,75	5,45	5,20	5,59	6,81	7,99	6,80
Średnia — Mean	9,67	5,62	4,98	6,56	6,23	7,47	6,75

NIR_{0,05} — LSD_{0,05}; pokosy — harvests (P) — 0,29; lata — years (L) — 0,29; nawożenie — fertilization (N) — 0,50; L × P — 0,50; P × L — 0,50; N × P — 0,62; P × N — 0,50; N × L — 0,87; L × N — 0,71

Średnie pobranie azotu z plonem rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) w latach 2005–2007 wyniosło 278 kg·ha⁻¹ (tab. 5). Najwięcej azotu roślina testowa pobrała z plonem I pokosu zebrany w fazie pąkowania. Największe sumaryczne ilości azotu w trzech pokosach oznaczono w pierwszym roku badań (344 kg N·ha⁻¹).

Tabela 5

Pobranie azotu z plonem rutwicy wschodniej (kgN·ha⁻¹)
Uptake of nitrogen by the yield of goat's rue (kgN·ha⁻¹)

Nawożenie Fertilization	Pokosy — średnie z 3 lat Harvests — means of 3 years			Lata — średnie z 3 pokosów Years — means of 3 harvests			Średnio Mean 2005–2007
	I	II	III	2005	2006	2007	
0	140	54	40	267	230	179	226
P ₅₀	175	80	54	417	261	222	296
K ₁₀₀	156	58	58	328	235	221	259
P ₅₀ K ₁₅₀	155	82	72	407	254	262	305
P ₅₀ K ₂₀₀	206	77	77	415	326	304	345
P ₅₀ K ₂₅₀	130	56	52	228	212	252	232
Średnia — Mean	161	68	59	344	253	241	278

Rozpatrując nawożenie PK należy stwierdzić, że najwięcej azotu zgromadziła rutwica nawożona dawką P₅₀K₂₀₀. Uzyskane wyniki były zbliżone do wyników badań Symanowicz i in. (2005), w których ilość azotu biologicznie zredukowanego przez rutwicę zebraną w

fazie kwitnienia wynosiła 379,7 kg N·ha⁻¹. Przedstawione obliczenia wykonano na podstawie pracy Symanowicz i Kalembasa (2010).

W celu określenia wpływu zawartości żelaza, molibdenu, miedzi w glebie i roślinie na ilość azotu pobranego z plonem biomasy rutwicy wschodniej obliczono współczynniki korelacji prostej. Obliczone współczynniki korelacji wykazały istotną zależność (0,84*) między zawartością molibdenu w roślinie testowej (średnią z trzech lat prowadzenia badań) a ilością azotu pobranego z plonem oraz w drugim roku badań ($r = 0,88^*$). Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono również istotną zależność między zawartością molibdenu ($r = 0,84^*$) w glebie w trzecim roku badań a ilością wyniesionego z plonem rutwicy wschodniej.

Średnia całkowita zawartość żelaza w glebie poziomu próchnicznego wynosiła 4625 mg·kg⁻¹ (tab. 6). Obliczenia statystyczne wykazały istotne zróżnicowanie zawartości Fe w glebie. W kolejnych latach prowadzenia doświadczenia zawartość żelaza w glebie istotnie się zmniejszała w odniesieniu do pierwszego roku badań (2005). W 2007 roku odnotowano 11% spadek zawartości żelaza w stosunku do roku 2005. Systematyczne zmniejszanie zawartości żelaza w glebie w kolejnych latach badań związane było z wynoszeniem tego składnika z plonem rośliny testowej. Rozpatrując wpływ kolejnych dawek PK na zawartość Fe w glebie należy stwierdzić istotne niesystematyczne zwiększanie zawartości żelaza w glebie w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Największą zawartość (4966 mg·kg⁻¹) oznaczono w glebie pobranej z obiektu nawozowego P₅₀K₂₅₀. Należy przypuszczać, że źródłem żelaza w glebie mogą być nawozy fosforowo-potasowe. Podobne zawartości żelaza w glebie oznaczono we wcześniejszych badaniach Kalembasy i Symanowicz (2009), w których analizowano inne gleby. Obliczone współczynniki korelacji wskazują na istotną dodatnią zależność ($r = 0,91^*$) między zawartością żelaza w glebie a zawartością żelaza w roślinie testowej w trzecim roku badań (2007).

Tabela 6

Zawartość żelaza (mg·kg⁻¹s.m.) w glebie
The content of iron in soil

Nawożenie Fertilization	Lata Years			Średnio Mean 2005–2007
	2005	2006	2007	
0	4149	4100	4016	4088
P ₅₀	5502	4516	4268	4762
K ₁₀₀	4811	4587	4467	4622
P ₅₀ K ₁₅₀	5064	5135	4537	4912
P ₅₀ K ₂₀₀	4688	4464	4054	4402
P ₅₀ K ₂₅₀	5134	4911	4852	4966
Średnia — Mean	4891	4619	4366	4625

NIR_{0,05} — LSD_{0,05}; lata — years (L) — 30; nawożenie — fertilization (N) — 53; N × L — 91; L × N — 73

Średnia zawartość molibdenu, którą oznaczono w glebie wynosiła 0,24 mg·kg⁻¹ i kształtowała się na niskim poziomie (tab. 7). Badane czynniki oraz ich współdziałanie istotnie różnicowało tę zawartość. Analiza statystyczna wykazała, istotnie największe ilości tego pierwiastka w glebie, pobranej po drugim i trzecim roku badań (0,25 mg·kg⁻¹). Pod wpływem kolejnych dawek nawożenia fosforowo-potasowego zawartość molibdenu

w systematycznie wzrastała i osiągnęła największą wartość ($0,29 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) pod wpływem nawożenia $\text{P}_{50}\text{K}_{250}$. Obliczone współczynniki korelacji wskazują na istotną dodatnią zależność ($r = 0,85^*$) między zawartością molibdenu w glebie a zawartością żelaza w roślinie testowej w trzecim roku badań (2007) oraz zawartością molibdenu w glebie i w roślinie w 2005 roku ($r = 0,82^*$).

Tabela 7

Zawartość molibdenu ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) w glebie
The content of molybdenum in soil

Nawożenie Fertilization	Lata Years			Średnio Mean 2005–2007
	2005	2006	2007	
0	0,21	0,22	0,20	0,21
P_{50}	0,20	0,26	0,24	0,23
K_{100}	0,18	0,26	0,24	0,23
$\text{P}_{50}\text{K}_{150}$	0,21	0,25	0,27	0,24
$\text{P}_{50}\text{K}_{200}$	0,25	0,26	0,28	0,26
$\text{P}_{50}\text{K}_{250}$	0,30	0,28	0,30	0,29
Średnia — Mean	0,22	0,25	0,25	0,24

$\text{NIR}_{0,05}$ — $\text{LSD}_{0,05}$; lata — years (L) — 0,01; nawożenie — fertilization (N) — 0,02; $\text{N} \times \text{L}$ — 0,04; $\text{L} \times \text{N}$ — 0,03

Oznaczona zawartość miedzi w glebie była istotnie zróżnicowana w kolejnych latach prowadzenia doświadczenia i pod wpływem kolejnych dawek nawozów fosforowo-potasowych oraz współdziałania badanych czynników (tab. 8).

Tabela 8

Zawartość miedzi ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) w glebie
The content of copper in soil

Nawożenie Fertilization	Lata Years			Średnio Mean 2005–2007
	2005	2006	2007	
0	20,47	12,39	8,92	13,92
P_{50}	19,88	15,72	8,22	14,60
K_{100}	15,11	15,58	13,46	14,71
$\text{P}_{50}\text{K}_{150}$	19,65	19,40	12,06	17,03
$\text{P}_{50}\text{K}_{200}$	20,22	19,52	13,12	17,62
$\text{P}_{50}\text{K}_{250}$	20,62	18,60	14,07	17,76
Średnia — Mean	19,32	16,87	11,64	15,94

$\text{NIR}_{0,05}$ — $\text{LSD}_{0,05}$; lata — years (L) — 0,52; nawożenie — fertilization (N) — 0,91; $\text{N} \times \text{L}$ — 1,58; $\text{L} \times \text{N}$ — 1,27

Średnia zawartość miedzi w glebie wynosiła $15,94 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Rozpatrując zmiany zawartości miedzi w kolejnych latach badań należy stwierdzić istotne obniżenie (o około 40%) w 2007 roku w odniesieniu do 2005 roku, co było związane z pobieraniem tego składnika z plonem rośliny testowej w kolejnych latach prowadzenia doświadczenia. Wykonane analizy gleby z poziomu próchnicznego wykazały istotny wzrost zawartości miedzi pod wpływem wzrastających dawek nawożenia fosforowo-potasowego. Największą zawartość Cu w glebie w odniesieniu do obiektu kontrolnego stwierdzono pod wpływem nawożenia $\text{P}_{50}\text{K}_{250}$ (o około 27,6%).

WNIOSKI

1. Wzrastające dawki nawozów fosforowo-potasowych wpłynęły istotnie na zwiększenie zawartości żelaza w biomase rutwicy wschodniej w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Najwięcej żelaza oznaczono w roślinie testowej nawożonej dawką K_{100} .
2. Nawożenie rutwicy potasem K_{100} istotnie obniżyło zawartość molibdenu. Pod wpływem nawożenia $P_{50}K_{200}$ roślina testowa nagromadziła największe ilości Mo.
3. Kolejne dawki nawożenia PK (z wyjątkiem P_{50}) powodowały obniżanie zawartości miedzi w biomase rutwicy wschodniej.
4. Oznaczona zawartość żelaza i miedzi w biomase rutwicy wschodniej mieściła się w optymalnym zakresie liczb granicznych określających dopuszczalne ilości pierwiastków śladowych w paszy, natomiast molibden występował w nadmiarze.
5. Największe pobranie azotu przez rutwicę wschodnią w ciągu okresu wegetacyjnego ($345 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$) uzyskano pod wpływem nawożenia $P_{50}K_{200}$. W kolejnych pokosach i latach badań pobranie azotu ulegało obniżeniu.
6. Najwięcej żelaza, molibdenu i miedzi oznaczono w glebie nawożonej dawką $P_{50}K_{250}$.

LITERATURA

- Andrzejewska J., Ignaczak S. 2001. Effectiveness of symbiosis between fodder Galega (*Galega orientalis* Lam.) and *Rhizobium galegae* on fallow land. EJPAU, S. Agronomy 4 (2).
- Borowiecki J. 2004. Nowe aspekty symbiotycznego wiązania azotu. Post. Nauk Roln. 2: 9 — 18.
- Gorlach E. 1991. Zawartość pierwiastków śladowych w roślinach pastewnych jako miernik ich wartości. Zesz. Nauk. AR w Krakowie 34 (262): 13 — 22.
- Ignaczak S., Szczepanek M. 2005. Wartość przedplonowi rutwicy wschodniej dla pszenicy ozimej. Zesz. Probl. Postępów Nauk Rol. 507: 245 — 251.
- Jamroz D., Buraczewski S., Kamiński J. 2001. Żywnienie zwierząt i paszoznawstwo. Cz. 1 Fizjologiczne i biochemiczne podstawy żywienia zwierząt. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa: 437 s.
- Kabata-Pendias A. 2010. Trace elements in soils and plants. (4th ed.) CRC Press.: 548 p.
- Kalembasa S. 1995. Zastosowanie izotopów ^{15}N i ^{13}N w badaniach gleboznawczych i chemiczno-rolniczych. WNT, Warszawa: 252 s.
- Kalembasa S., Symanowicz B. 2009. Wpływ procesu biologicznej redukcji N_2 na zmiany zawartości żelaza i manganu w biomase rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.) w kolejnych latach uprawy. Zesz. Probl. Postępów Nauk Rol. 541: 181 — 188.
- Kalembasa S., Symanowicz B. 2009 a. The changes of molybdenum and cobalt contents in biomass of Goat's rue (*Galega orientalis* Lam.). Fresenius Environ. Bull. 18 (6): 1150 — 1153.
- Kalembasa S., Symanowicz B. 2010. Quantitative abilities of biological nitrogen reduction for *Rhizobium galegae* cultures by goat's rue. Ecol. Chem. and Engin. A. 17 (7): 757 — 764.
- Peoples M. B., Herridge D. F., Ladha J. K. 1995. Biological nitrogen fixation: An efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production. Plant and Soil. 174: 3 — 28.
- Raig H., Nömmäsalu H., Meripõld H., Metliskaja J. 2001. Fodder Galega. Mon. ERIA Saku: 141 p.
- Reichel G. H., Barnes D. K., Vance C. P., Henjum K. J. 1984. N_2 fixation and N and dry matter partitioning during a 4-year alfalfa stand. Crop Sci. 24: 811 — 815.
- Ruszkowska M., Wojcieszka-Wyskupajtyś U. 1996. Fizjologiczne i biochemiczne funkcje miedzi i molibdenu w roślinach. Zesz. Nauk. Komitetu „Człowiek i środowisko” 14: 104 — 110.
- Ruszkowska M., Sykut S., Kusio M. 1996. Stan zaopatrzenia roślin w mikroelementy w warunkach zróżnicowanego nawożenia w wieloletnim doświadczeniu lizymetrycznym. Zesz. Probl. Postępów Nauk Rol. 434: 85 — 98.

- Symanowicz B., Appel Th., Kalembasa S. 2004. „Goat's rue” (*Galega orientalis* Lam.) a plant with multi-directional possibilities of use for agriculture. Part III. The influence of the infection of *Galega orientalis* seeds on the content of trace elements. Polish J. Soil Sci. 37 (1): 11 — 20.
- Symanowicz B., Pala J., Kalembasa S. 2005. Wpływ procesu biologicznej redukcji N₂ na pobranie azotu przez rutwicę wschodnią (*Galega orientalis* Lam.). Acta Sci. Polon. Agricult. 4 (2): 93 — 99.
- Symanowicz B., Kalembasa S. 2010. Wpływ nawożenia fosforowo-potasowego na plon i zawartość makroelementów w biomasie rutwicy wschodniej (*Galega orientalis* Lam.). Fragn. Agron. 27 (1): 177 — 185.
- Symanowicz B., Kalembasa S. 2010 a. Zawartość Mn, B, Mo i Co w biomasie kukurydzy nawożonej odpadowymi materiałami organicznymi, popiołem i NPKMg. Zesz. Probl. Postępów Nauk Rol. 547: 347 — 357.
- Szczepaniak W. 2005. Metody instrumentalne w analizie chemicznej. PWN Warszawa: 165 — 168.
- Valkonen Jari P.T. 1993. Resistance to six viruses in the legume goat's rue (*Galega orientalis* Lam.). Ann. of Applied Biol. 123 (2): 309 — 314.
- Vanace C. P. 1998. Legume symbiotic nitrogen fixation. Agronomic aspects. In: The *Rhizobiaceae*. Ed. by H. P., Spaink, A., Kondorosi, P. J. J., Hooykaas, Kluwer Acad. Pub. Dordrecht/Boston/ London: 509 — 530.
- Virkajärvi P., Varis E. 1991. The effect of cutting times on goat's rue (*Galega orientalis* Lam.) leys. J. Agricult. Sci. Finland 63: 391 — 402.
- Wysokiński A., Kalembasa S. 2008. Wpływ alkalizacji oraz kompostowania osadów ściekowych na zawartość boru i molibdenu w roślinach. Zesz. Probl. Postępów Nauk Rol. 526: 487 — 495.
- Zawiślak K., Rychcik B. 2002. Racjonalna gospodarka polowa w krajobrazie północno-wschodniej Polski. Fragn. Agron. 2 (74): 16 — 30.

KRZYSZTOF KLIMONT

Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie

Ocena przydatności topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.) i kostrzewy trzcinowej (*Festuca arundinacea* Schreb.) do rekultywacji bezglebowego podłoża wapna poflotacyjnego użyźnionego osadem ścieków komunalnych

Suitability evaluation of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) and Tall fescue plants (*Festuca arundinacea* Schreb.) for the reclamation of soilless post-flotation lime ground fertilized by municipal sewage sludge

W latach 2009–2011, na terenach poeksploatacyjnych Kopalni Siarki „Jeziórko”, badano wpływ stosowania wzrastających dawek azotu na wzrost i rozwój kostrzewy trzcinowej i topinamburu rosnących, na podłożu wapna poflotacyjnego wzbogaconego trzema dawkami osadów ścieków komunalnych tj. 250, 500 i 750 m³·ha⁻¹. Na wszystkich poziomach wzbogacenia osadami ściekowymi wzrastał plon zielonej masy kostrzewy trzcinowej nawożonej wzrastającymi dawkami azotu. Pod wpływem średniej i najwyższej dawki azotu wzrastała istotnie obsada roślin kostrzewy trzcinowej w stosunku do wariantów kontrolnych, a liczba wykształconych pędów generatywnych i wysokość roślin pod wpływem każdej z nich i na wszystkich poziomach wzbogacenia podłoża osadem ściekowym. Wysokość roślin topinamburu wzrastała istotnie w zasadzie pod wpływem wszystkich trzech dawek azotu, na każdym z poziomów wzbogacenia osadem ściekowym w odniesieniu do wariantu kontrolnego. Zróżnicowane dawki azotu wpływały bardziej efektywnie na wartość cech badanych gatunków roślin, niż osady ściekowe. Warunki pogodowe w latach badań istotnie wpływały na wartość ocenianych cech, a głównym czynnikiem wpływającym na wzrost i rozwój testowanych gatunków jest ilość wody w wapiennym podłożu.

Słowa kluczowe: bezglebowe podłoże, kostrzewa trzcinowa, nawożenie azotowe, osady ściekowe, proces glebotwórczy, rekultywacja, topinambur

In the years 2009–2011, we examined the effect of application of increasing nitrogen doses on the growth and the development of Tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) plants growing on post-flotation lime ground enriched by three doses of municipal sewage sludge, i.e. 250, 500 and 750 m³·ha⁻¹ at the post-exploitation area of Jeziórko Sulphur Mine. The yield of green mass of Tall fescue fertilized by increasing doses of nitrogen grew at all levels of enrichment by municipal sewage sludge. Under the influence of medium and maximum nitrogen dose the stock of Tall fescue grew considerably in relation to control versions and the number of

developed generative shoots and also the height of plants increased under influence of each of them for all levels of ground enrichment by sewage sludge. The height of Jerusalem artichoke plants grew significantly in principle under the influence of all three nitrogen doses for every level of sewage sludge enrichment with reference to control version. Diverse nitrogen doses influenced more efficiently the values of investigated plant features than the applied sewage sludge. Weather conditions in the years of investigation affected considerably the value of estimated features and water quantity in post-flotation lime ground is the main factor exerting influence on the growth and the development of the tested species.

Key words: Jerusalem artichoke, nitrogen fertilization, reclamation, sewage sludge, soilless ground, soil forming process, Tall fescue

WSTĘP

W Polsce występują znaczne powierzchnie gruntów zniekształconych przez przemysłową eksploatację kopalni, składowanie odpadów i erozję wodną, zdegradowanych chemicznie i zanieczyszczonych przez działalność przemysłową, rolniczą i komunalną (Żukowski, 2005). Kalinowska (1994) podaje, że strefy zdegradowane przekraczają 10% powierzchni Polski, a tylko same hałdy górnicze zajmują 0,3% kraju. Tereny te wymagają koniecznie rekultywacji, która właściwie przeprowadzona może być praktycznie jedynym sposobem odzyskania utraconych gruntów rolnych czy leśnych (Dulewski, Wtorek, 2000). Zabiegi rekultywacyjne stymulują procesy glebotwórcze w podłożu, zmierzają do odbudowy szaty roślinnej poprzez dobór odpowiednich gatunków roślin, właściwe zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne oraz nawożenie organiczne i mineralne (Góral, 2001). Eksploatacja siarki metodą podziemnego wytopu (otworowa) w kopalniach okolic Tarnobrzega przyczyniła się do dewastacji gruntów poprzez niszczenie budowy geologicznej, deformację terenu i bardzo intensywne zanieczyszczenie gruntu (Siuta, 2001). Do odkwaszania powierzchni, blokady większych skupisk siarki, wypełnienia niecek osiadania i przełomów, celem wyrównania terenu wykorzystano półpłynny odpad ze wzbogacania rudy siarkowej zwany wapnem lub szlamem poflotacyjnym. Jako że jest ono całkowicie pozbawione życia biologicznego, rozpoczęto jego rekultywację poprzez wprowadzenie do podłoża osadów ścieków komunalnych w celu zainicjowania procesów glebotwórczych (Siuta, Jońca 1997; Jońca, 2000; Martyn i in., 2001). Osady ściekowe mają bowiem bardzo dużą wartość glebotwórczą i nawozową, zawierają duże ilości wszystkich (oprócz potasu) składników pokarmowych niezbędnych roślinom, a ich właściwości fizyczne i chemiczne są bliskie próchnicy glebowej, która na glebach mineralnych decyduje o ich żyzności i urodzajności (Siuta, 2004). Badania Górala (1996, 1999) wykazały, że topinambur może być przydatny do rekultywacji biologicznej terenów pokopalnianych oraz osadników ścieków przemysłowych i komunalnych, natomiast badania Kołodziej i in. (2010) wskazują na korzystne oddziaływanie osadów ściekowych na wzrost i rozwój tego gatunku uprawianego na słabej glebie mineralnej. Prace Klimonta i Górala (2001), Klimonta (2007) oraz Klimonta i Bulińskiej-Radomskiej (2008, 2009) wyraźnie pokazują, że topinambur (słonecznik bulwiasty) i kostrzewa trzcinowa należą do gatunków najbardziej przydatnych do rekultywacji bezglebowego podłoża wapna poflotacyjnego użyźnionego osadem ściekowym.

Prezentowane badania miały na celu określenie wpływu stosowania trzech wzrastających dawek azotu na wzrost i rozwój kostrzewy trzcinowej i topinamburu uprawianych na bezglebowym podłożu wapna poflotacyjnego wzbogaconego zróżnicowanymi dawkami osadów ścieków komunalnych.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie prowadzono w latach 2009–2011 na terenie poeksploatacyjnym Kopalni Siarki „Jeziórko” obok Tarnobrzega, gdzie stosowano metodę podziemnego wytopu. Celem likwidacji zakwaszenia i wyrównania niecek osiadania terenu, obszary te pokryto wapnem poflotacyjnym o miąższości ok. 6 m. Przemieszczano je na pole poeksploatacyjne za pomocą hydrotransportu z pobliskiej Kopalni Siarki „Machów”, gdzie było ono odpadem poflotacyjnym w procesie uzdatniania rudy siarkowej wydobywanej metodą odkrywkową. Gołda (2007) kwalifikuje wapno poflotacyjne jako gliny średnie pylaste na granicy z glinami lekkimi pylastymi, o pH 7,3 i zawierającymi następujące frakcje: piasek (39%), pył (27%), części spławiane (34%) w tym ił koloidalny (7%). Wiosną 1995 roku wapno poflotacyjne użyżniono jednorazowo osadami ścieków komunalnych w dawkach: 250, 500 i 750 m³·ha⁻¹ i wymieszano dokładnie z podłożem broną talerzową na głębokość 25 cm (Jońca 2000). Na tak przygotowanym podłożu założono eksperyment jako dwa niezależne doświadczenia z topinamburem i kostrzewą trzcinową. Na pierwszym z nich o powierzchni 0,3 ha wysadzono bulwy topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.), na drugim o powierzchni 1,2 ha wysiano nasiona kostrzewy trzcinowej (*Festuca arundinacea* Schreb.). Powierzchnia każdej z trzech kombinacji nawożenia osadami ściekowymi w przypadku topinamburu wynosiła 0,1 ha, a kostrzewy trzcinowej 0,4 ha. Następnie każdą z trzech powierzchni wzbogacania dawkami osadów ściekowych, zarówno w przypadku topinamburu, jak i kostrzewy trzcinowej, podzielono na cztery równe poletka (topinambur po 0,025 ha i kostrzewa po 0,10 ha) i wnoszono na nie corocznie cztery wzrastające dawki azotu w postaci saletry amonowej: 0 (wariant kontrolny), 50, 100 i 150 kg·ha⁻¹. Azot wnoszono corocznie w dwóch równych dawkach, tj. wiosną w czasie ruszenia roślin i po pierwszym pokosie. Wiosną każdego roku wnoszono również na każde poletko nawożenie P i K odpowiednio 30 i 83 kg·ha⁻¹. Na powierzchni każdego wariantu nawożenia azotem kostrzewy trzcinowej corocznie wyznaczano losowo 10 poletek o powierzchni 1 m².

W doświadczeniu z kostrzewą trzcinową oceniano: plon zielonej masy, obsadę roślin, liczbę pędów generatywnych (wykształconych i niewykształconych) oraz wysokość roślin. Wartość tych cech określano dwukrotnie przed pierwszym i drugim pokosem. W przypadku topinamburu, jesienią pod koniec wegetacji wykonywano losowo pomiary wysokości 10 roślin, z każdej kombinacji nawożenia azotem na tle każdego poziomu wzbogacania osadami ściekowymi.

Obliczeń statystycznych dokonano w oparciu o analizy wariancji dla dwóch niezależnych doświadczeń założonych w układzie split-plot, a szczegółowe porównanie średnich wykonano za pomocą testu Tukeya przy $NIR\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Przebieg warunków pogodowych w latach badań był zróżnicowany i istotnie wpływał na wartość ocenianych cech kostrzewy trzcinowej i topinamburu. Pierwszy rok badań (2009) był chłodny późną wiosną, upalny latem (szczególnie w połowie lipca, co nie sprzyjało wegetacji badanych gatunków roślin), bardzo obfity w opady jesienią, co umożliwiło dostateczne uwilgotnienie podłoża i stworzyło korzystne warunki do wzrostu i rozwoju roślin w roku następnym. Z kolei drugi 2010 rok charakteryzował się ciepłą, obfitą w opady wiosną oraz deszczowym i ciepłym latem, co sprzyjało wegetacji i bujności roślin. Najkorzystniejsze warunki do wegetacji roślin wystąpiły w ciepłym i obfitym w opady (szczególnie w okresie letnim) trzecim, tj. 2011 roku badań (tab. 1).

Tabela 1

Suma opadów miesięcznych oraz średnia miesięczna temperatura powietrza w latach 2009–2011
Monthly rainfall and mean temperature in years 2009–2011

Miesiąc Month	Lata Years	2009		2010		2011	
		suma opadów rainfall (mm)	temperatura temperature (°C)	suma opadów rainfall (mm)	temperatura temperature (°C)	suma opadów rainfall (mm)	temperatura temperature (°C)
Styczeń January		18,9	-2,8	23,8	-7,6	25,6	-1,0
Luty February		18,4	-0,8	29,2	-1,8	14,2	-3,6
Marzec March		66,4	2,2	16,6	3,6	10,1	3,4
Kwiecień April		7,6	11,6	34,1	9,4	49,9	10,8
Maj May		72,6	13,7	168,4	14,0	30,7	14,3
Czerwiec June		89,2	16,4	44,8	17,8	55,5	18,5
Lipiec July		71,7	20,0	125,7	21,2	382,9	18,1
Sierpień August		57,8	18,7	106,1	19,5	17,8	19,0
Wrzesień September		44,7	15,5	88,9	12,3	5,9	15,5
Październik October		101,2	7,3	9,2	5,6	23,8	8,0
Listopad November		48,7	5,4	48,2	6,5	0,0	2,4
Grudzień December		49,7	-1,1	34,3	-4,7	21,3	1,8
Roczna suma opadów i średnia roczna temperatura powietrza Annual amount of rainfall and average temperature		646,9	8,8	729,3	8,0	637,7	8,9

Wyniki trzyletnich obserwacji, wskazują, że każda z trzech dawek azotu istotnie wpływa na wzrost plonu zielonej masy kostrzewy trzcinowej na wszystkich trzech wariantach wzbogacenia wapna poflotacyjnego osadem ścieków komunalnych w porównaniu do wariantów kontrolnych (tab. 2).

Tabela 2

Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem oraz osadami ściekowymi na plon zielonej masy, obsadę, liczbę pędów generatywnych wykształconych i niewykształconych i wysokość roślin kostrzewy trzcinowej oraz wysokość roślin topinamburu — średnio (2009–2011)

The effect of differential fertilization with nitrogen and sewage sludge on the yield of green mass, plant density, number of generative shoots (developed and underdeveloped) and height of Tall fescue plants and plant height of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) — mean (2009–2011)

Dawka osadów ściekowych Dose of sewage sludge (m ³ ·ha ⁻¹)	Dawka azotu Dose of nitrogen (kg·ha ⁻¹)	Kostrzewa trzcinowa (<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.) Tall fescue				Topinambur Jerusalem artichoke (<i>Helianthus tuberosus</i> L.)	
		plon yield (dt·ha ⁻¹)	liczba roślin number of plants (szt./m ²)	liczba pędów generatywnych number of generative shoots		wysokość roślin height of plants (cm)	wysokość roślin height of plants (cm)
				wykształconych developed	niewykształconych underdeveloped		
250	0	76,5	73,4	114,1	5,6	67,8	140,5
	50	95,1	76,3	139,7	7,1	74,3	156,1
	100	98,0	82,1	137,0	7,8	80,6	180,1
	150	113,7	100,2	149,5	8,8	82,4	202,1
$\bar{x}$		95,8	83,0	135,1	7,3	76,3	169,7
500	0	77,8	73,4	115,2	5,8	67,5	141,6
	50	96,7	81,7	141,8	6,9	78,9	166,0
	100	101,9	84,0	144,8	6,9	86,3	204,5
	150	120,5	98,9	151,1	8,1	91,1	226,8
$\bar{x}$		99,2	84,5	138,7	6,9	81,0	184,7
750	0	77,2	75,0	116,3	5,8	71,3	142,2
	50	99,9	78,0	140,6	6,7	79,4	184,4
	100	119,8	89,2	151,9	7,2	87,3	249,4
	150	138,9	118,2	158,6	7,1	94,0	318,7
$\bar{x}$		109,0	90,1	141,8	6,7	83,0	223,7
NIR($\alpha=0,05$); efekt N LSD($\alpha=0,05$); N effect		10,8	8,6	17,3	r.n.; n.s.	6,1	30,2
NIR($\alpha=0,05$); efekt osadu ściekowego LSD($\alpha=0,05$); sewage sludge effect		10,2	6,8	r.n.; n.s.	r.n.; n.s.	5,5	24,8

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

Rozpatrując wariant wzbogacenia dawką 250 m³ osadów ściekowych na 1 ha odnotowano wzrost plonu zielonej masy, pod wpływem nawożenia trzema kolejnymi dawkami azotu wzrastał odpowiednio o: 24,3, 28,1 i 48,6% w stosunku do wariantu kontrolnego — 76,5 dt·ha⁻¹. Również w przypadku poziomu 500 m³ osadów ściekowych na 1 ha odnotowano wzrost plonu zielonki po wniesieniu kolejnych trzech azotu o: 24,3, 31,0 i 54,9% (kontrola 77,8 dt·ha⁻¹). Z poletek założonych na podłożu wapna poflotacyjnego wzbogaczonych dawką 750 m³ osadu ściekowego na 1 ha zebrano

najobfitszy plon zielonej masy kostrzewy. Wzrost jej plonu pod wpływem kolejnych dawek azotu wynosił: 29,4, 55,2 i 79,9% w porównaniu do kontroli 77,2 dt·ha⁻¹. Niezależnie od wysokości nawożenia azotowego plon zielonej masy, który otrzymano z wariantu wzbogaconego najwyższą dawką osadu ściekowego był istotnie wyższy w porównaniu do uzyskanych z wariantu nawiezonego dawką najniższą (tab. 2). Uzyskane wyniki potwierdzają wcześniejsze rezultaty prac autora (Klimont i in., 2002; Klimont i Bulińska-Radomska, 2008, 2009), które wyraźnie wskazują na pozytywną reakcję kostrzewy trzcinowej na wzrost dawek nawożenia azotem. Jest to gatunek wyróżniający się dużą plastycznością w stosunku do warunków środowiska, rozwijający się zarówno na mokrych łąkach, jak również na stanowiskach suchych o miernej żyzności gleb (Góral, 2001).

Obsada roślin kostrzewy trzcinowej istotnie wzrosła pod wpływem średniej i najwyższej dawki a wysokość roślin pod wpływem każdej dawki nawożenia azotem na wszystkich trzech poziomach użyznienia wapiennego podłoża osadem ściekowym w porównaniu do wariantu kontrolnego (tab. 2). Kostrzewa trzcinowa jest gatunkiem o bardzo silnym systemie korzeniowym, który pozwala jej wykorzystywać wodę i składniki pokarmowe z głębokich poziomów gleby.

W warunkach naturalnych zastosowany jako roślina rekultywacyjna wykorzystuje bardzo dobrze wniesione składniki pokarmowe w postaci w postaci nawozów naturalnych i osadów ściekowych (Góral, Sybilska, 2000; Góral, 2001). Liczba pędów generatywnych wykształconych przez rośliny kostrzewy trzcinowej zależała tylko od dawek azotu zastosowanych do jej nawożenia, a nie od ilości osadów ściekowych wnoszonych do podłoża. Natomiast liczba pędów generatywnych niewykształconych nie zmieniała się istotnie pod wpływem tych czynników (tab. 2). Wszystkie dawki azotu istotnie wpływały na wzrost liczby pędów generatywnych roślin kostrzewy na każdym z trzech poziomów wzbogacenia podłoża osadem ściekowym (tab. 2). Należy zaznaczyć, że kostrzewa trzcinowa jest gatunkiem o wyraźnej dominacji pędów generatywnych nad wegetatywnymi (Sawicki, Jagiełło, 1997). Niezależnie od lat badań najwyższe i średnie dawki azotu na każdym poziomie wzbogacania podłoża osadami ścieków komunalnych istotnie wpływały na wzrost obsady roślin, a wysokie warianty nawożenia azotowego na liczbę wykształconych pędów i wysokość roślin, co skutkowało istotnym przyrostem zielonej masy. Osady ściekowe wnoszone do wapna poflotacyjnego w trzech zróżnicowanych dawkach oddziaływały mniej wyraźnie niż nawożenie azotowe na wartość badanych cech w porównaniu do wyników wcześniejszych obserwacji (Klimont i Bulińska-Radomska, 2008, 2009). Efekty oddziaływania zastosowanych przed kilkunastoma laty osadów ściekowych na wzrost i rozwój porastającej je roślinności stają się z roku na rok coraz mniej widoczne, chociaż aplikując osady do podłoża, wniesiono ogromne ilości materii organicznej i składników pokarmowych.

Wprowadzając do podłoża dawkę 250 m³·ha⁻¹ osadu ściekowego wniesiono około 25 dt N, 5,3 dt P, 3,4 dt Ca i 0,75 dt Mg oraz prawie 53 dt substancji organicznej (Klimont i in., 2002). Dwukrotna i trzykrotna dawka osadu ściekowego zwielokrotniła przedstawione ilości materii organicznej i składników pokarmowych wnoszonych do podłoża. Inne wyniki autora (Klimont i in., 2002; Klimont, 2007; Klimont, Bulińska-Radomska 2008,

2009) i Martyna i in. (2001) oraz Siuta (2004) wskazują, że wapno poflotacyjne zastosowane do rekultywacji technicznej terenów poeksploatacyjnych siarki, a następnie użyźnione osadem ściekowym tworzy wraz z porastającą roślinnością (rekultywacja biologiczna) sprzyjające warunki do inicjacji procesów glebotwórczych, zmierzających do tworzenia substancji organicznej, wzrasta także zawartość przyswajalnych form P, K i Mg w podłożu. Kostrzewa trzcinowa jest gatunkiem przydatnym do rekultywacji gruntów bezglebowych ze względu na duże zdolności przystosowawcze do środowiska, bardzo silny system korzeniowy, małe wymagania pokarmowe oraz odporność na suszę i twarde, nieprzyjazne podłoże. Cechy te sprawiają, że zdolna jest do tworzenia trwałej runi bez wyraźnych objawów degradacji, na skłonny do zasychania i tworzenia twardej popękanej skorupy (szczególnie podczas letnich upałów) terenie poeksploatacyjnym Kopalni Siarki „Jeziorko” pokrytym wapnem poflotacyjnym (Klimont, Bulińska-Radomska, 2008, 2009). Zastosowana w doświadczeniu kostrzewa trzcinowa odmiana Rahela wyróżniała się najlepszą zdolnością do zadarniania powierzchni spośród innych form tego gatunku, co jest bardzo ważną cechą przy doborze roślin przydatnych do rekultywacji (Kochanowska-Bukowska, Łyszczarz, 1997).

Wszystkie dawki azotu wpływały istotnie na przyrost wysokości roślin topinamburu na podłożu wzbogaconym najwyższą dawką osadów, natomiast dawki średnia i najwyższa oddziaływały podobnie na wartość tej cechy roślin rosnących na podłożu użyźnionym dawką najniższą i średnią (tab. 2). Wysokość roślin była zróżnicowana i wahała się od 140,5 do 318,7 cm i wzrastała wraz ze zwiększaniem ilości osadu wzbogacającego podłoże i wysokością dawek azotu. Uzyskane rezultaty korespondują z doniesieniami Górala (1996, 1999) stwierdzającymi, że topinambur jest gatunkiem wykazującym duże zapotrzebowanie na azot. Z kolei Kołodziej i in. (2010) informuje, że na glebie mineralnej największą biomasę części nadziemnych i bulw uzyskano z obiektów nawożonych dawkami $150 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ osadu, zaś ze wzrostem nawożenia notowano stały spadek plonów topinamburu. Niezależnie od dawek azotu, rośliny topinamburu rosnące na podłożu wzbogaconym najwyższą dawką ($750 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) osadu ściekowego były istotnie wyższe od tych porastających podłoże użyźnione dawką najniższą ($250 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$; tab. 2). Wcześniejsze badania (Klimont i in., 2002; Klimont, Bulińska-Radomska 2008, 2009) wskazują, że topinambur ze względu na zapas wody i cukrów w bulwach bardzo dobrze rośnie na podłożu wapna poflotacyjnego i pozytywnie reaguje przyrostem wysokości na wzrastające dawki osadów ściekowych.

Najwyższe plony zielonej masy, najwyższą obsadę roślin i liczbę wykształconych pędów generatywnych kostrzewy trzcinowej oraz wysokość roślin topinamburu odnotowano w ciepłym i obfitym w opady (szczególnie w okresie letnim) 2011 roku. Nieco mniej korzystne warunki do wegetacji roślin odnotowano w 2010 roku, a zdecydowanie najgorsze w 2009 roku ze względu na chłodną wiosnę, upalne lato i niedostatek oraz niekorzystny rozkład opadów w całym okresie wegetacji (tab. 3). Może to świadczyć o tym, że ilość wody w podłożu wapna poflotacyjnego stanowi główny czynnik wpływający na wzrost i rozwój oraz plon uprawianych na nim gatunków roślin.

Tabela 3

Zróźnicowanie plonu zielonej masy, obsady, liczby pędów generatywnych wykształconych i niewykształconych oraz wysokości roślin kostrzewy trzcinowej i wysokości roślin topinamburu w zależności od roku zbioru (2009–2011)

Differences in yield of green mass, plant density, number of generative shoots (developed and undeveloped) and height of plants of Tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and plant height of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) depending on year of harvest (2009–2011)

Lata Years	Kostrzewa trzcinowa (<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.) Tall fescue					Topinambur Jerusalem artichoke (<i>Helianthus tuberosus</i> L.)
	plon yield (dt·ha ⁻¹)	liczba roślin number of plants (no./m ²)	liczba pędów generatywnych number of shoots		wysokość roślin height of plants (cm)	wysokość roślin height of plants (cm)
			wykształconych developed	niewykształconych undeveloped		
2009	95,3	81,6	135,8	7,5	79,1	168,1
2010	103,8	87,6	139,2	6,5	79,6	194,0
2011	104,9	88,4	140,6	6,9	81,6	216,0
NIR($\alpha = 0,05$)	8,2	5,8	3,2	r.n; n.s.	r.n; n.s.	21,1
LSD($\alpha = 0,05$)						

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

WNIOSKI

1. Na wszystkich poziomach wzbogacenia podłoża osadami ściekowymi wzrastał plon zielonej masy kostrzewy trzcinowej nawożonej wzrastającymi dawkami azotu.
2. Pod wpływem średniej i najwyższej dawki azotu wzrosła istotnie obsada roślin kostrzewy trzcinowej, a liczba wykształconych pędów generatywnych i wysokość roślin pod wpływem każdej dawki nawożenia azotem na wszystkich trzech poziomach wzbogacenia wapna osadem ściekowym w stosunku do wariantu kontrolnego.
3. Średnie i najwyższe dawki azotu istotnie wpływały na przyrost wysokości roślin topinamburu na najniższym i średnim poziomie wzbogacenia gruntu wapiennego osadem ściekowym, natomiast wszystkie dawki tego składnika stymulowały wysokość tego gatunku na wszystkich wariantach użyźniania osadem.
4. Niezależnie od poziomu nawożenia azotem, wzbogacenie podłoża najwyższą dawką osadów ściekowych istotnie wpłynęło na plon zielonki, obsadę i wysokość roślin kostrzewy trzcinowej oraz wysokość roślin topinamburu w odniesieniu do najniższej dawki osadu.
5. Warunki pogodowe wpływały istotnie na wartość ocenianych cech obydwu gatunków roślin, a głównym czynnikiem wpływającym na ich wzrost i rozwój była ilość wody w wapiennym podłożu.

LITERATURA

- Dulewski I., Wtorek L. 2000. Problemy przywracania wartości użytkowych gruntem zdewastowanym działalnością górniczą. Inżynieria Ekologiczna 1, PTIE Baranów Sandomierski: 14 — 22.
- Gołda T. 2007. Wykorzystanie szlamów poflotacyjnych rudy siarkowej do rekultywacji terenów poeksploatacyjnych w górnictwie otworowym siarki. Inżynieria Ekologiczna 19, PTIE, Warszawa: 79 — 88.
- Góral S. 1996. Topinambur — słonecznik bulwiasty (*Helianthus tuberosus* L.). W: Nowe rośliny uprawne na cele spożywcze i przemysłowe jako odnawialne źródło energii. SGGW Warszawa: 76 — 86.
- Góral S. 1999. Słonecznik bulwiasty — topinambur, uprawa i użytkowanie. IHAR Radzików: 22 ss.
- Góral S. 2001. Roślinność zielna w ochronie i rekultywacji gruntów. Inżynieria Ekologiczna 3, PTIE Bydgoszcz, 161 — 178.
- Góral S., Sybilska A. 2000. Przydatność polskich odmian hodowlanych (*Festuca arundinacea* Schreb.) do rekultywacji gruntów zdewastowanych. Łąkarstwo w Polsce 3, Poznań: 199 — 204.
- Jońca M. 2000. Zastosowanie osadów ściekowych w rekultywacji Kopalni Siarki „Jeziórko”. Inżynieria Ekologiczna 1, PTIE Baranów Sandomierski: 27 — 30.
- Kalinowska A. 1994. Ekologia — wybór przyszłości. Editions „Spotkania”, Warszawa: 375 ss.
- Klimont K. 2007. Ocena przydatności wybranych gatunków roślin użytkowych do rekultywacji terenów zdewastowanych przez przemysł i gospodarkę komunalną. Problemy inżynierii Rolniczej 2 : 27 — 36.
- Klimont K., Bulińska-Radowska Z. 2008. Przydatność wybranych gatunków roślin do rekultywacji podłoża wapna poflotacyjnego w różnych warunkach agrotechnicznych. Problemy Inżynierii Rolniczej 1: 99 — 108.
- Klimont K., Bulińska-Radowska Z. 2009. Przydatność wybranych gatunków roślin do rekultywacji glebotwórczego gruntu z wapna poflotacyjnego. Biul. IHAR 252: 293 — 300.
- Klimont K., Góral S. 2001. Glebotwórcze działanie traw i topinamburu na gruncie wapna poflotacyjnego. Inżynieria Ekologiczna 3, PTIE Bydgoszcz: 198 — 201.
- Klimont K., Góral S., Jońca M. 2002. Rekultywacyjna efektywność osadów ściekowych na podłożu wapna poflotacyjnego. Biul. IHAR 223/224: 415 — 425.
- Kochanowska-Bukowska Z., Łyszczarz R. 1997. Ocena gospodarcza odmian i rodów *Festuca arundinacea* Schreb., *Festuca rubra* L. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 451: 197 — 204.
- Kołodziej B., Wiśniewski J., Bielińska E. 2010. Wpływ stosowania osadu ściekowego w uprawie topinamburu na cele energetyczne. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 556: 407 — 413.
- Martyn W., Buczek Z., Jońca M., Sowińska J. 2001. Zastosowanie osadów ściekowych w rekultywacji terenów pogórnich w Kopalni Siarki „Jeziórko”. Inżynieria Ekologiczna 3, PTIE: 99 — 105.
- Sawicki B., Jagiełło J. 1997. Charakterystyka plonowania ekotypów *Dactylis glomerata* L., *Festuca arundinacea* Schreb., *Poa pratensis* L. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 451: 241 — 246.
- Siuta J. 2001. Rekultywacja gruntów w górnictwie siarkowym. Inżynieria Ekologiczna 3, PTIE Bydgoszcz: 192 — 198.
- Siuta J. 2004. Uwarunkowania i sposoby przyrodniczego użytkowania osadów ściekowych. Inżynieria Ekologiczna 9, PTIE Warszawa: 7 — 42.
- Siuta J., Jońca M. 1997. Rekultywacyjne działanie osadu ściekowego na wapnie poflotacyjnym w Kopalni Siarki „Jeziórko”. Mat. Konf. „Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych”. IOŚ Puławy-Lublin-Jeziórko, 26–28 V 1997: 39 — 48.
- Żukowski B. 2005. Stan rozpoznania potrzeb rekultywacji gruntów w Polsce. Inżynieria Ekologiczna 10, PTIE Warszawa: 7 — 16.

WIESŁAW DZWONKOWSKI

Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej — Państwowy Instytut Badawczy w Warszawie

Perspektywy rynku skrobi i produkcji ziemniaków skrobiowych w kontekście zmian Wspólnej Polityki Rolnej

Outlook for the starch market and the production of starch potatoes in Poland in the view of changes in Common Agricultural Policy

Skrobia ma wszechstronne zastosowanie zarówno dla celów spożywczych, jak i przemysłowych. Popyt na produkty skrobiowe charakteryzuje się systematycznym wzrostem, ale w jego zaspokajaniu coraz mniejszą rolę odgrywa skrobia ziemniaczana, gdyż przegrywa ona konkurencję ze skrobią produkowaną ze zbóż. Dotychczas produkcja skrobi ziemniaczanej, w ramach Wspólnej Polityki Rolnej, była ściśle regulowana i finansowo wspierana. Od sezonu 2012/13 przestają obowiązywać kwoty produkcyjne oraz zostaje wprowadzony pełny decoupling dotychczasowych płatności. Wprowadzenie tych zmian będzie mieć niekorzystne skutki dla sektora. Nastąpi wzrost cen surowca, a w konsekwencji wyższe będą koszty produkcji skrobi ziemniaczanej. Spowoduje to dalszy spadek jej konkurencyjności, zmniejszenie popytu i w konsekwencji ograniczenie produkcji skrobi ziemniaczanej i ziemniaków skrobiowych w Polsce. Prawdopodobnie dojdzie do koncentracji i przyspieszonej restrukturyzacji sektora. Zmniejszy się liczba firm produkujących skrobię i plantatorów uprawiających ziemniaki skrobiowe. Skutki nowych zasad funkcjonowania tego rynku w najbliższych latach są jednak dużą niewiadomą i stanowią duże wyzwanie dla tego sektora.

Słowa kluczowe: płatności niezwiązane, skrobia, WPR, ziemniaki

Starches can be used for food as well as for industrial purposes. The demand for starch products show a systematic increase but the share of potato starch in the market is declining because it is less competitive than cereal starches. So far the production of potato starch within the CAP legal framework was strictly regulated and supported. From the 2012/13 season onwards production quotas are abolished and full decoupling is implemented. That means total liberalisation of the market but the expected outcomes are rather adverse. The prices of raw material would increase and, in consequence, so would the production cost of potato starch. It will be mirrored in further decline of competitiveness and thus reduction of demand and a fall in production of potato starch and starch potatoes in Poland. The reform will speed up the processes of restructuring concentration within the sector. The number of starch producers and the producers of starch potatoes is likely to decline. However, the outcomes of new regulations in coming years are uncertain and create a serious challenge for the sector.

Key words: CAP, decoupled payment, potato, starch

WSTĘP

Skrobia jest naturalnym odnawialnym biopolimerem, występującym w przyrodzie w wielu roślinach, ale przede wszystkim w bulwach ziemniaków i w zbożach. Z technologicznego punktu widzenia najlepszym surowcem wyjściowym do produkcji produktów skrobiowych jest skrobia ziemniaczana (Nowotny, 1972; Leszczyński, 2004). Budowa fizyczna i chemiczna czyni ją podatną na modyfikację różnymi czynnikami, fizycznymi i chemicznymi. Podatność na różne modyfikacje czyni skrobię bardzo interesującym surowcem, dodatkiem lub komponentem w wielu zastosowaniach przemysłowych. Skrobia zbożowa jest jednak konkurencyjnym cenowo i praktycznie w pełni zastępowalnym produktem w stosunku do skrobi ziemniaczanej (Dzwonkowski, 2005). Główne zastosowania skrobi ziemniaczanej i jej modyfikatów można podzielić na dwie zasadnicze grupy:

- przemysłowe (techniczne),
- w przemyśle spożywczym.

Do grupy przemysłowe (techniczne) zalicza się głównie zastosowanie skrobi w produkcji papieru, w celu uzyskania właściwej gładkości powierzchni, zadrukowalności, bieli, wytrzymałości mechanicznej papieru, a także zmniejszenia uciążliwości ścieków poprodukcyjnych. Zużycie skrobi w produkcji papieru wynosi ok. 10% masy papieru, w produkcji tektury falistej stanowi to ok. 3%. Powoduje to, że przemysł papierniczy jest jednym z największych odbiorców skrobi i produktów skrobiowych (Bourne, 2002).

W przemyśle włókienniczym skrobia stosowana jest jako klejonka do przędzy w celu umożliwienia jej podania na krosna. W procesie oklejania skrobia nadaje przędzy odporność na strzępienie i odpowiednią wytrzymałość mechaniczną. Do tego stosuje się modyfikaty takie jak: skrobie utlenione, skrobie hydrolizowane, estry i eter skrobiowe, dekstryny, a także kompozycje wyżej wymienionych modyfikatów. W przemyśle hutniczym w odlewnictwie niezbędnym środkiem wiążącym masy formierskie są priodekstryny o różnym stopniu degradacji. Stosując jako surowiec takie modyfikaty skrobiowe jak: dekstryny, skrobie utlenione, skrobie estryfikowane i eteryfikowane, skrobie hydrolizowane, a także hydrolizaty skrobiowe można otrzymać szeroką gamę biodegradowalnych klejów stosowanych do sklejanie papierów i tektur, naklejania etykiet, powlekania taśm klejących, produkcji worków papierowych i innych.

Jeszcze szersze zastosowanie ma skrobia i jej pochodne w przemyśle spożywczym i w farmacji. Wykorzystuje się jej naturalne właściwości tworzenia żeli i zagęszczania i używa się jej w postaci natywnej (nieprzetworzonej). W większości przypadków skrobia stosowana jest jednak w postaci przetworzonej. W przemyśle spożywczym i w farmacji skrobia jest stosowana do nadawania produktom odpowiedniej tekstury, wyglądu, wilgotności, konsystencji i trwałości w trakcie przechowywania. Dodatek skrobi lub preparatu skrobiowego pozwala na osiągnięcie przeciwnych celów takich jak np. wiązanie i dezintegracja, pulchność i zagęszczanie, klarowność i mętność: utworzona tekstura może być krótka lub długa, gładka lub papkowata, miękka lub krucha.

Osobną grupą produktów spożywczych otrzymywanych ze skrobi są jej hydrolizaty. W tej grupie podstawowymi produktami są syropy skrobiowe (glukozowe, maltozowe) oraz

glukoza. Stosowane są one jako komponenty mas cukierkowych, dodatki do pieczywa oraz środki słodzące i pomocnicze w produkcji żywności (Thys, Dorys, 1998). W chwili obecnej mają one największe znaczenie, również wzrost zapotrzebowania w tej grupie produktów jest największy.

REGULACJE I ROZWÓJ RYNKU SKROBI ZIEMNIA CZANEJ W UE I W POLSCE

Unia Europejska jest największym producentem skrobi ziemniaczanej na świecie. W innych rejonach świata produkuje się jej niewiele (Japonia, Chiny). Ziemniaki przegrywają konkurencję jako surowiec do produkcji skrobi z takimi surowcami jak kukurydza czy pszenica. Przyczyny mniejszej konkurencyjności ziemniaków jako surowca do produkcji skrobi to m.in.: krótki okres kampanii produkcyjnej, stosunkowo wysokie koszty surowca, kłopoty z utylizacją odpadów i wysokie zużycie wody. Z kolei podstawową zaletą jest to, że w porównaniu z innymi surowcami otrzymuje się skrobię wyższej jakości. Silny rozwój branży ziemniaczanej w UE oraz duże znaczenie ziemniaków jako surowca do produkcji skrobi, przy istotnym udziale przetwórstwa skrobiowego w rozdysponowaniu zbiorów ziemniaków jest konsekwencją szczególnych regulacji unijnych.

Wyróżnia to sektor skrobiowy w UE w stosunku do większości innych producentów, gdyż udział skrobi z ziemniaków w bilansie „skrobiowym” ogółem jest zdecydowanie większy niż w innych krajach czy rejonach świata. W ujęciu globalnym na skrobię ziemniaczaną przypada ok. 3–4% łącznej produkcji skrobi, natomiast w krajach UE udział ten wynosi 15–20%.

Rynek skrobi ziemniaczanej należy do rynków ściśle regulowanych i jednocześnie finansowo wspieranych, zarówno na etapie produkcji surowca, jak i jego przetwórstwa na skrobię (Dzwonkowski, 2007). W ramach obowiązującej Wspólnej Polityki Rolnej stosowano następujące instrumenty regulacji i wspierania tego rynku:

- kwoty produkcyjne skrobi ziemniaczanej,
- ceny minimalne ziemniaków skrobiowych,
- dopłaty uzupełniające dla producentów ziemniaków skrobiowych (związane i niezwiązane z produkcją).
- dopłaty produkcyjne dla producentów skrobi ziemniaczanej,
- regulacje handlowe, w tym system licencji importowych i eksportowych oraz refundacje eksportowe,
- subwencje do skrobi zużywanej do dalszego przerobu na obszarze UE.

Ocena dotychczasowego systemu funkcjonowania i regulacji rynku skrobi ziemniaczanej w ramach przeprowadzonej analizy całego WPR (tzw. Health Check) skłoniła Komisję Europejską do daleko idących zmian w tym sektorze (Czyżewski, Poczta-Wajda, 2011). Od sezonu 2012/13 przestają obowiązywać kwoty produkcyjne na skrobię ziemniaczaną i cena minimalna na ziemniaki skrobiowe. Zostaje wprowadzony pełny decoupling, czyli całkowite oddzielenie od produkcji dopłat uzupełniających dla plantatorów ziemniaków skrobiowych, również zlikwidowano dopłaty produkcyjne dla producentów skrobi. Refundacje eksportowe i subwencje do skrobi zużywanej do dalszego przerobu na cele niespożywcze przestały obowiązywać już 2007 roku. Wprowadzenie

proponowanych przez Komisję Europejską zmian w funkcjonowaniu rynku skrobi ziemniaczanej, de facto oznacza jego pełne urynkowienie (Duval, 2010)

Produkcja skrobi ziemniaczanej w UE-27 w ostatnich latach wynosiła ok. 1,71 mln ton rocznie, z tego 92% przypada na UE-15, a niespełna 8% na nowe kraje członkowskie. Kwota produkcyjna na skrobię ziemniaczaną, która dla całej UE-27 wynosi niespełna 1,95 mln ton, jest wykorzystywana średnio w ok. 88%, w tym w ponad 90% w UE-15 i w niespełna 75% w UE-12. Spośród krajów UE-12 obecnie tylko w Polsce, Czechach i na Łotwie produkuje się skrobię ziemniaczaną. Po wstąpieniu Polski do UE średni poziom wykorzystania kwoty produkcyjnej przez nasz kraj kształtuje się poniżej 75%, a w Czechach wynosi ok. 88%.

Produkcja skrobi w Polsce, wynosząca średnio w ostatnich latach ok. 105 tys. ton, stanowi ok. 6% jej produkcji ogółem w UE (tab. 1).

Tabela 1

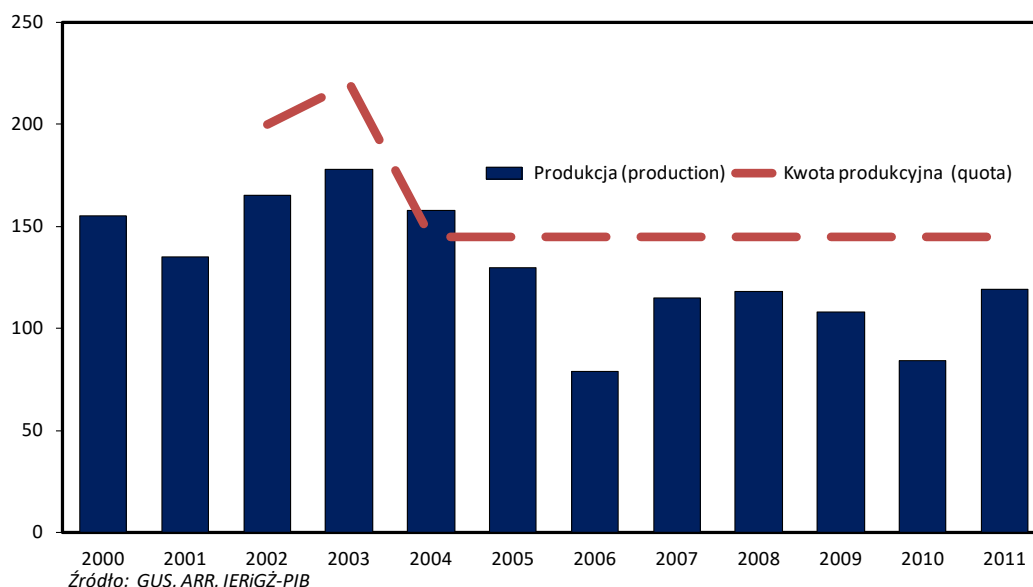
Produkcja skrobi i wykorzystanie kwot produkcyjnych w UE-27 (tys. ton)
Production of starch and using of quota in EU-27 (thousands of tons)

Wyszczególnienie Item	Kwota Quota	Produkcja Production 2007–2010	Wykorzystanie kwoty Using of quota %
Niemcy — Germany	656,3	592,8	90,3
Holandia — Netherlands	507,4	444,5	87,6
Francja — France	265,4	241,0	90,8
Dania — Denmark	168,2	157,7	93,7
Austria — Austria	47,7	40,7	85,2
Szwecja — Sweden	62,1	54,8	88,3
Finlandia — Finland	53,2	41,9	78,8
Razem Total UE-15	1762,1	1573,3	89,3
Czechy — Czech Republic	33,7	29,8	88,5
Łotwa — Latvia	5,8	2,3	40,3
Polska — Poland	145,0	105,3	72,6
Razem Total UE-12	186,6	1374	73,6
Razem Total UE-27	1948,8	1710,7	87,8

Źródło: Komisja Europejska, obliczenia własne

Source: European Commission, own calculations

Obowiązujący system regulacji rynku skrobi ziemniaczanej spowodował ustabilizowanie jej produkcji w Polsce na poziomie o 40–45% niższym niż przed akcesją Polski do UE oraz o 20–30% poniżej kwoty produkcyjnej. Począwszy od 2006 r. zakłady produkujące skrobię ziemniaczaną mają coraz większe kłopoty z pozyskaniem wystarczającej ilości ziemniaków do przerobu i na ogół nie było to bezpośrednio związane z systemem regulacji tego sektora. W 2006 r., z powodu dramatycznego spadku plonów (susza) i obniżenia zawartości skrobi w ziemniakach przynajmniej o 3 pkt. proc., zakłady wykorzystały przysługujące im limity produkcyjne średnio w ok. 55%, a produkcja skrobi ziemniaczanej wyniosła zaledwie 79 tys. ton. Rolnicy nie wywiązali się z umów kontraktacyjnych, gdyż część zakontraktowanych ziemniaków skrobiowych sprzedawali jako ziemniaki jadalne po dużo wyższych cenach (rys. 1).



Rys. 1. Produkcja skrobi ziemniaczanej w Polsce (tys. ton)
Fig. 1. Production of potato starch in Poland (thousands of tons)

W następnych latach z powodu znacznego wzrostu cen zbóż i rzepaku uprawa ziemniaków skrobiowych była coraz mniej opłacalna, a ponieważ silnie umacniał się PLN obniżała się cena minimalna (w przeliczeniu na PLN) i mały dopłaty uzupełniające, chociaż ich poziom wyrażony w EUR wzrastał. Zakłady ziemniaczane, by pozyskać surowiec musiały płacić ceny wyższe od minimalnej i stosować dodatkowe zachęty dla plantatorów na przykład w formie kredytowania środków produkcji (sadzeniaki, nawozy, środki ochrony). Wpłynęło to na zwiększenia kosztów pozyskania surowca, co przełożyło się na pogorszenie sytuacji finansowej zakładów.

Sz szczególnie trudna, wręcz dramatyczna sytuacja miała miejsce w 2009 roku. Z powodu dużego spadku cen zbytu skrobi ziemniaczanej spadły przychody zakładów skrobiowych, część z nich straciła zdolność realizacji zobowiązań, w tym między innymi wobec dostawców ziemniaków skrobiowych. Nie mogły one również uzyskać kredytu, ponieważ branża skrobiowa jest określona przez banki jako grupa podwyższonego ryzyka kredytowego, właśnie z powodu malejących przychodów i coraz gorszych perspektyw przed tym sektorem. Sytuacja większości polskich zakładów produkujących skrobię ziemniaczaną jest też szczególnie trudna z tego względu, że produkują one wyłącznie skrobię ziemniaczaną, a tylko kilka ma bardziej zdywersyfikowaną produkcję. W tej sytuacji nawet stosunkowo niewielkie zaburzenie na rynku i wahania cen skrobi szybko przekładają się na problemy finansowe zakładów (Dzwonkowski, 2011).

W 2010 r., a zwłaszcza w drugiej jego połowie oraz w 2011 r., dzięki poprawie koniunktury na światowym rynku surowców rolnych sytuacja finansowo-ekonomiczna przemysłu skrobiowego była bardzo dobra. Zmiany cen skrobi ziemniaczanej są uzależnione nie tylko od sytuacji podaży-popytu na tym rynku, ale znajdują się również pod silnym wpływem zmian cen na rynku skrobi i produktów skrobiowych wytwarzanych ze zbóż. Szczególnie silnie było to zauważalne w sezonie 2010/11.

MALEJĄCE ZNACZENIE SKROBI ZIEMNIACZANEJ

Dynamiczny rozwój wielu gałęzi przemysłu będących największymi odbiorcami produktów skrobiowych (przemysł spożywczy, a w tym przede wszystkim cukierniczy, koncentratów spożywczych, soków i napojów, piekarniczy, farmaceutyczny i korzystający głównie z dostaw z importu przemysł papierniczy) powodował bardzo duży wzrost zapotrzebowania na skrobię i produkty skrobiowe. Zużycie tych produktów w Polsce w połowie lat 90. było oceniane na ok. 200 tys. ton, w 2000 r. było już prawie 2-krotnie wyższe, a 2007 r. osiągnęło poziom ok. 780 tys. ton. Oznacza to, że w tym okresie średnioroczne tempo wzrostu zapotrzebowania na produkty skrobiowe wynosiło ok. 12%. W 2008 r. z powodu kryzysu wystąpił przejściowy spadek zapotrzebowania na skrobię i produkty skrobiowe. Wraz ze wzrostem gospodarczym będzie następować dalszy rozwój gałęzi przemysłu wykorzystujących skrobię i produkty skrobiowe. Dynamika tego wzrostu została wyraźnie spowolniona z powodu kryzysu finansowo-ekonomicznego w latach 2008–2009, jednak w dalszej perspektywie nie powinien być on mniejszy niż ok. 3% w skali roku.

Mimo rosnącego zapotrzebowania rynku krajowego na skrobię i produkty skrobiowe oraz praktycznie nieograniczonych zasobów surowcowych, dużych tradycji produkcyjnych i eksportowych, sektor ten nie rozwija się lub rozwija się w niewystarczającym stopniu. Polska jest coraz większym importerem netto produktów skrobiowych, przy niewykorzystanym potencjale przemysłu skrobiowego.

Produkty skrobiowe wytwarzane ze zbóż są w zasadzie w pełni substytucyjne z pozyskiwanymi z ziemniaków, a koszty ich produkcji są niższe. Przy systematycznym wzroście produkcji skrobi i syropów skrobiowych z pszenicy, rosnącym imporcie i ograniczeniu kwotowym produkcji skrobi z ziemniaków, coraz mniejsze znaczenie w zaspokajaniu popytu krajowego na produkty skrobiowe ma skrobia ziemniaczana. Jej udział w produkcji wyrobów skrobiowych ogółem zmalał do ok. 20%, a w zużyciu spadł do 10% (tab. 2).

Objęcie rynku skrobi ziemniaczanej Wspólną Polityką Rolną po akcesji Polski do UE wpłynęło na poprawę sytuacji ekonomiczno-finansowej firm zajmujących się przetwórstwem ziemniaków na skrobię. Poprawa ta miała miejsce zwłaszcza w pierwszym roku po akcesji oraz w latach: 2007 i 2010–2011 gdy z powodu rekordowych cen skrobi ziemniaczanej i praktycznie niezmiennych cen surowca, znacząco zwiększyły się zyski i poprawiła rentowność jej produkcji. W dramatycznej sytuacji znalazł się sektor skrobiowy w 2009 r., gdy z powodów koniunkturalnych (głęboki spadek cen zbytu) przychody tylko

w ok. 90% pozwoliły pokryć koszty produkcji, a sektor zanotował znaczące straty (Dzwonkowski, 2011).

Tabela 2

Produkcja i udział skrobi ziemniaczanej w produkcji wyrobów skrobiowych (tys. ton)
Production and the participation of potato starch in the total production of starch products
(thousands of tons)

Wyszczególnienie Item	Rok Year						
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011*
Produkcja wyrobów skrobiowych Production of starch products	564	576	578	542	565	570	610
Produkcja skrobi ziemniaczanej Production of starch potato	130	79	115	118	108	81	120
Eksport netto skrobi ziemniaczanej Net export of potato starch	52	8	15	22	37	45	23
Udział skrobi ziemniaczanej w produkcji ogółem % participation of potato starch in the total production %	23,0	13,7	19,9	21,8	19,1	14,2	19,7
Zużycie produktów skrobiowych Using of starch products	667	751	783	682	798	859	950
Udział skrobi ziemniaczanej w zużyciu ogółem % Participation of potato starch in the total using %	11,7	9,5	12,8	14,1	8,9	4,2	10,2

*Szacunek ; Estimation

Źródło: obliczenia i szacunki własne na podstawie danych GUS, IERiGŻ-PIB

Source: calculations and own estimates on the basis of data CSO, AMA, IAFE-NRI

ZNACZENIE UPRAWY ZIEMNIAKÓW W POLSCE I PRZERÓB NA SKROBIĘ

W produkcji ziemniaków od początku lat 90. obserwuje się tendencję spadkową. Pod koniec lat 90. ich udział w strukturze zasiewów przekraczał 10%, w 2002 r. obniżył się do 7,1%, a w 2010 r. spadł do zaledwie 3,3%. Spadek produkcji ziemniaków w Polsce wynika przede wszystkim z coraz mniejszego zainteresowania ziemniakami jako paszą. Maleje konsumpcja ziemniaków, a ze strony przemysłu spirytusowego brak jest także zainteresowania ziemniakami. Wprawdzie jednocześnie zwiększa się popyt na wysokiej jakości ziemniaki ze strony producentów przetworów spożywczych, ale wzrost popytu z tego tytułu tylko w minimalnym stopniu rekompensuje głęboki spadek zapotrzebowania na ziemniaki ze strony tradycyjnych odbiorców. Stąd systematyczny spadek produkcji ziemniaków.

Obecnie pod uprawę ziemniaków Polsce przeznaczają się nieco ponad 400 tys. ha, przy czym areał ziemniaków skrobiowych wynosi ok. 25 tys. ha., tj. zaledwie ok. 6% powierzchni uprawy ziemniaków ogółem. Udział ziemniaków przerabianych na skrobię w całkowitej produkcji jest jednak większy niż udział powierzchni ich uprawy. Wynika to faktu, że uprawa ziemniaków skrobiowych ma charakter intensywny, a osiągnięte plony są dużo wyższe od średniej i wynoszą przynajmniej 250–300 dt/ha, wobec 170–230 dt/ha w uprawie ziemniaków w skali całego kraju.

Bezpośrednio po akcesji Polski do UE nastąpił znaczący wzrost dochodów plantatorów ziemniaków skrobiowych, dzięki wyższym cenom skupu płaconym za ziemniaki skrobiowe oraz blisko 2,5-krotnie wyższym niż przed akcesją płatnościom uzupełniającym. W następnych latach, z powodu aprecjacji złotego i wahań plonów ziemniaków, dochody rolników zmalały, a opłacalność uprawy ziemniaków skrobiowych znacząco się obniżyła i rolnicy rezygnują z uprawy ziemniaków skrobiowych na rzecz innych roślin. Znaczący udział w przychodach rolników uprawiających ziemniaki skrobiowe stanowią płatności uzupełniające związane z produkcją. W ostatnich pięciu latach plantatorzy za dostarczone do zakładu skrobiowego ziemniaki otrzymywali cenę minimalną, która w zależności zawartości skrobi i kursu euro wynosiła średnio 150–165 zł/tonę. Ponadto otrzymywali w formie płatności uzupełniających związanych z produkcją 55–67 zł/tonę ziemniaków. Wynika z tego, że płatności uzupełniające związane z produkcją w poszczególnych latach stanowiły do 30% przychodów z uprawy ziemniaków skrobiowych (tab. 3).

Tabela 3

Płatności dla plantatorów ziemniaków skrobiowych w Polsce Payments for planters of starch potato in Poland						
Wyszczególnienie Item		Lata Years				
		2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12
związane z produkcją w przeliczeniu: coupled payment in the conversion:						
Na skrobię For starch	PLN/t	239,0	225,2	280,5	265,0	292,0
Na ziemniaki For potato	PLN/t	54,9	57,4	60,9	54,5	66,9
Na hektar uprawy To the hectare	PLN/ha	1592	1536	1626	1366	1873
Wyplacona kwota Paid amount	mln PLN	26,2	25,5	28,8	21,1	29,0
Niezwiazane z produkcją Decoupled payment						
Wyplacona kwota Paid amount	mln PLN	-	2,2	7,4	10,9	9,8

Źródło: Agencja Rynku Rolnego, obliczenia własne
Source: Agricultural Market Agency, own calculations

Od sezonu 2012/13 dotychczasowe płatności uzupełniające dla producentów ziemniaków skrobiowych będą wypłacane jako płatności niezwiązane, czyli będą je otrzymywać ci, którzy produkowali ziemniaki skrobiowe w okresie referencyjnym (obecnie jest to sezon 2007/2008), niezależnie czy obecnie prowadzą ich uprawę czy też nie. Bardziej sensownym i sprawiedliwym byłoby rozszerzenie okresu referencyjnego również i na inne lata, gdyż pozwoliłoby to objąć tymi płatnościami większą liczbę dotychczasowych plantatorów. Powyższe regulacje spowodują, że opłacalność produkcji ziemniaków skrobiowych jeszcze bardziej się obniży, a ich areal zmaleje, chyba, że krochmalnie zaoferują cenę przynajmniej o 20–25% wyższą od dotychczasowej, by rolnikom przynajmniej częściowo zrekompensować brak płatności związanych.

PODSUMOWANIE

Ocena dotychczas funkcjonującego systemu regulacji rynku skrobi ziemniaczanej i jego wpływ na sytuację sektora skrobiowego w Polsce jest niejednoznaczna, zwłaszcza na tle innych krajów UE. Polska w znacznie mniejszym stopniu niż inne kraje wykorzystywała przyznane kwoty produkcyjne. Również udział ziemniaków przerabianych na skrobię w ich produkcji ogółem jest kilkakrotnie mniejszy niż w innych krajach UE (w Polsce przerób ziemniaków na skrobię stanowi 6–7% zagospodarowania zbiorów, w krajach UE — ok. 30%, a w Danii nawet 60%). Natomiast jednoznacznie negatywnie należy ocenić zmiany polegające na pełnym u rynkowieniu sektora, a które będą obowiązywać już od sezonu 2012/13. Brak bezpośredniego wsparcia finansowego sektora, a zwłaszcza produkcji ziemniaków skrobiowych, wywoła szereg niekorzystnych zjawisk. Nastąpi wzrost cen surowca, gdyż krochmalnie aby przynajmniej częściowo zrekompensować rolnikom brak płatności uzupełniającej związanej z produkcją, będą musiały zaoferować wyższą przynajmniej o 20–25% cenę za ziemniaki skrobiowe. Spowoduje to wzrost kosztów produkcji skrobi ziemniaczanej, dalszy spadek jej konkurencyjności względem skrobi ze zbóż, zmniejszenie popytu i w konsekwencji ograniczenie jej produkcji. Będzie to mieć określone konsekwencje i dla ziemniaków skrobiowych, których produkcja również się obniży.

Ze względu na duże rozdrobnienie produkcji i brak jej dywersyfikacji polski przemysł skrobiowy jest mało konkurencyjny. W związku z wprowadzeniem reformy tego rynku prawdopodobnie dojdzie do koncentracji i przyspieszonej restrukturyzacji tego sektora. Na rynku pozostanie kilka większych firm oraz parę najmniejszych, które ze względu na swoją specyfikę i dużą zdolność dostosowywania się do zmiennej koniunktury będą umiały znaleźć się w nowej rzeczywistości gospodarowania. Spowoduje to również zmniejszenie liczby plantatorów ziemniaków skrobiowych, których liczba i tak już spadła o połowę na przestrzeni ostatnich 5–7 lat, do niespełna 5 tysięcy. Dalszy spadek areалу uprawy okopowych, na rzecz zwiększania zbóż i rzepaku, prowadzi do niekorzystnych zmian w płodozmianie i zagraża jednemu z istotnych celów przyszłej WPR, jakim jest m.in. zrównoważony wzrost z zachowaniem bioróżnorodności oraz osiągnięcie różnorodności strukturalnej systemów uprawy rolnej.

Wpływ nowych zasad funkcjonowania sektora negatywnie, chociaż w mniejszym stopniu niż w Polsce, odczuwają przedsiębiorstwa ziemniaczane również i w innych krajach UE. W Europie Zachodniej w wielu zakładach produkujących skrobię ziemniaczaną udziałowcami są plantatorzy, dla których przychodem jest nie tylko sprzedaż ziemniaków skrobiowych, ale i partycypacja w osiągniętych zyskach przez firmę. To pozwala zakładom tanio pozyskiwać surowiec. Ponadto znacznie większa skala i asortyment produkcji niż zakładów w Polsce powoduje, że przedsiębiorstwom w innych krajach UE może być łatwiej dostosować się do nowych uwarunkowań.

LITERATURA

- Bourne M.: Food Texture and Viscosity. Concept and Measurement. Academic Press 2002: 1 — 32.
- Czyżewski A., Poczta-Wajda A. 2011. Polityka rolna w warunkach globalizacji. Doświadczenie GATT/WTO, PWE, Warszawa 2011: 252 — 256.
- Duval L. i in. 2010. Evaluation of Common Agricultural Policy Measures applied to the Starch Sector. Final Report – AGROSYNERGIE: 331 — 343.
- Dzwonkowski W. 2005. Rynek skrobi ziemniaczanej w Polsce i w Unii Europejskiej (argumenty za zwiększeniem kwoty produkcyjnej na skrobię ziemniaczaną dla Polski). Ekspertyza dla MRiRW. IERiŻ — PIB, Warszawa: 46 ss.
- Dzwonkowski W. 2007. działania instrumentów WPR na rynku skrobi [W:] Wpływ Wspólnej Polityki Rolnej na rynki rolno-spożywcze. IERiŻ — PIB Warszawa: 34 — 44.
- Dzwonkowski W. 2011. „Rynek skrobi ziemniaczanej w Polsce i w Unii Europejskiej (argumenty za utrzymaniem dotychczasowego systemu regulacji i bezpośredniego wsparcia sektora)”. Ekspertyza dla MRiRW. IERiŻ — PIB, Warszawa: 32 ss.
- Łeszczyński W. 2004. Skrobia — surowiec przemysłowy, budowa i właściwości. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 500: 69 — 98.
- Nowotny F. 1972. Technologia przetwórstwa ziemniaczanego, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa: 77.
- Prośba-Białczyk U. 2006. Produkcja ziemniaka skrobiowego, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 530: 43 — 52.
- Rozporządzenie RADY (WE) Nr 72/2009 z dnia 19 stycznia 2009 r. w sprawie zmian we Wspólnej Polityce Rolnej.
- Thys M., Dorys M. 1998. Modified starches for fruit preparations. Fruit Processing nr 5: 206 — 209.

JANUSZ URBANOWICZInstytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie
Zakład Nasiennictwa i Ochrony Ziemiaka w Boninie

Wpływ biostymulatora Asahi SL na fitotoksyczność metrybuzyny w uprawie ziemniaka Komunikat

Influence of biostimulant Asahi SL on phytotoxicity effect of metribuzin used in potato cultivation Short communication

W doświadczeniach szklarniowych (3 serie) badano możliwość zastosowania biostymulatora Asahi SL na zminimalizowanie efektu fitotoksyczności po zastosowaniu metrybuzyny w pięciu odmianach ziemniaka (Satina, Lord, Denar, Molli i Sonda). Metrybuzynę zastosowano po wschodach roślin ziemniaka (wysokość 10–15 cm). Biostymulator Asahi SL aplikowano dwukrotnie, 7 i 14 dni po aplikacji metrybuzyny. Spośród testowanych odmian ziemniaka – Sonda i Molli były najbardziej wrażliwe na metrybuzynę. U tych odmian stwierdzono pozytywny wpływ Asahi SL na zminimalizowanie efektu fitotoksyczności.

Słowa kluczowe: biostymulator Asahi SL, fitotoksyczność, metrybuzyna, odmiana, ziemniak

In the glasshouses experiments (3 series) the influence of biostimulant Asahi SL on minimalizing of phytotoxicity effect of metribuzin used in 5 potato cultivars (Satina, Lord, Denar, Molli and Sonda) was studied. Metribuzin was applied after emergence of potato plants (10-15 cm high). Biostimulant Asahi SL was applied twice, 7 and 14 days after metribuzin treatment. Among 5 tested cultivars, only Sonda and Molli were sensitive to metribuzin. The same cultivars (Sonda and Molli) exhibited positive influence of Asahi SL on minimalizing phytotoxicity effect.

Key words: biostimulator Asahi SL, cultivar, metribuzin, phytotoxicity, potato

WSTĘP

Do ochrony upraw ziemniaka w Polsce przeciwko zachwaszczeniu najczęściej stosuje się herbicydy zawierające linuron i metrybuzynę (Pisarek i in., 2001; Urbanowicz, 2004). Do zwalczania chwastów z klasy dwuliściennych, powszechnie stosuje się herbicyd Sencor 70 WG, zawierający metrybuzynę, która stosowana po wschodach może powodować fitotoksyczną reakcję niektórych odmian (Gójski i in., 1987; Sawicka, 1993;

Choroszewski, 1994; Gruczek, 2004). Objawy tej reakcji są najbardziej niepożądane na plantacjach nasiennych ziemniaka, gdyż powodują utrudnienia w prawidłowym przeprowadzeniu selekcji negatywnej, poprzez „zamazywanie” objawów chorób wirusowych. Na plantacjach towarowych mogą wpływać na obniżenie plonowania oraz zmniejszenie bulw.

Obecnie nie ma zaleceń, potwierdzonych badaniami naukowymi, dotyczących możliwości skrócenia czasu utrzymywania się objawów fitotoksycznej reakcji na poszczególnych odmianach. Istnieje duże zainteresowanie ze strony praktyki rolniczej nad rozwiązaniem tego problemu. W rolnictwie coraz większego znaczenia nabierają biostymulatory, których zadaniem jest stymulacja naturalnych mechanizmów obronnych roślin. Mogą one być wprowadzone do roślin w formie zapraw lub włączone do formulacji herbicydów, albo też zastosowane po ich aplikacji (Woźnica, 2008).

Celem pracy było podjęcie próby skrócenia czasu utrzymywania się objawów fitotoksycznej reakcji na roślinach ziemniaka przez zastosowanie biostymulatora Asahi SL.

MATERIAŁ I METODY

W roku 2009 przeprowadzono trzy serie badań szklarniowych, których celem było zastosowanie biostymulatora Asahi SL do skrócenia czasu utrzymywania się efektu fitotoksycznej reakcji na roślinach ziemniaka. Doświadczenia założono na 10 roślinach w czterech powtórzeniach. Bulwy ziemniaka odmiany Denar, Lord, Molli, Satina i Sonda wysadzano do doniczek o średnicy 12 cm. Podłoże stanowił substrat torfowy, którego odczyn i zawartość podstawowych składników mineralnych został oznaczony w Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Koszalinie (tab. 1).

Tabela 1

Charakterystyka podłoża w doświadczeniach szklarniowych
Characteristic of soil in the glasshouses experiments

pH w H ₂ O in H ₂ O	Zawartość w mg·dm ³ Content in mg·dm ³							
	N-NO ₃	P	K	Ca	Mg	Cl	Mn	B
5,48	40	51	128	1170	81	15	3,3	< 0,50

W czasie trwania badań analizowano temperaturę i wilgotność względną powietrza za pomocą miniaturowego rejestratora LB-520 firmy LAB-EL. Średnia dobową temperatura powietrza w trakcie badań wynosiła 16,4°C, a wilgotność względną powietrza utrzymywana była na poziomie 69%, z nieznacznymi wahaniami w ciągu doby. Czynniki badawczymi dla każdej odmiany były:

- metrybuzyna w ilości odpowiadającej dawce polowej 0,35 kg·ha⁻¹;
- biostymulator Asahi SL w stężeniu 0,1%;
- rośliny kontrolne — bez herbicydu i bez biostymulatora.

Metrybuzynę (w formie handlowej herbicyd Sencor 70 WG) aplikowano opryskiwaczem ręcznym, gdy rośliny osiągnęły wysokość 10–15 cm, a biostymulator

Asahi SL w dwóch terminach: 7 i 14 dni po zabiegu herbicydem. Obserwacje fitotoksycznej reakcji na roślinach ziemniaka oraz tempo jej zanikania prowadzono co 7 dni (od momentu aplikacji herbicydu, do całkowitego ich ustąpienia), w oparciu o skalę 9-stopniową EWRC (European Weed Research Council), w której 1 — oznacza brak uszkodzeń, a 9 — całkowite zniszczenie roślin.

WYNIKI I DYSKUSJA

We wszystkich cyklach badań szklarniowych testowane odmiany wykazywały podobną reakcję na powschodowe stosowanie metrybuzyny. Najdłużej objawy fitotoksycznej reakcji utrzymywały się na odmianie Sonda i Molli, do 35 dni od momentu aplikacji metrybuzyny. Na pozostałych odmianach, objawy ustąpiły wcześniej i wynosiły odpowiednio: 21 dni — Denar, 14 dni — Lord. Tylko odmiana Satina nie wykazywała wrażliwości na powschodowe stosowanie metrybuzyny (tab. 2). Odmiany o najsilniejszej reakcji do końca wegetacji były mniejsze w porównaniu z roślinami z obiektu kontrolnego. Obecnie, w uprawie ziemniaka nie ma praktycznych rozwiązań, czy też zaleceń, które miałyby na celu minimalizację efektu fitotoksyczności. Jedynym konkretnym zaleceniem jest niestosowanie metrybuzyny w uprawie odmian wrażliwych (Sawicka, 1993; Gruczek, 2004).

Tabela 2

Wpływ metrybuzyny na rośliny ziemniaka (średnia z 3 doświadczeń)
Influence of metribuzin of potato plants (mean of the 3 experiments)

Odmiana Cultivar	Liczba dni po zabiegu / fitotoksyczność Number of days after treatment / phytotoxicity				
	7	14	21	28	35
Satina	1	1	1	1	1
Lord	2	1	1	1	1
Denar	3	2	1	1	1
Molli	5	4	3	2	1
Sonda	7	6	5	3	1

Asahi SL zawiera związki, które naturalnie występują w komórkach roślinnych i uczestniczą w procesach biochemicznych i fizjologicznych roślin (Michalski i in., 2005). Znane są doniesienia dotyczące stosowania w roślinach rolniczych biostymulatorów Asahi SL oraz Atonik SL w celu zmniejszenia negatywnych skutków różnego rodzaju czynników stresowych (Harasimowicz-Herman i Borowska, 2006; Mikos-Bielak, 2005; Maciejewski i in., 2008). Badania te koncentrowały się głównie wokół wpływu zastosowanych biostymulatorów na wielkość i jakość uzyskiwanych plonów. Nieliczne są badania dotyczące wpływu Asahi SL na stres wywołany stosowaniem herbicydów. Prace nad zmniejszeniem efektu fitotoksycznej reakcji w buraku cukrowym prowadziła Kositorna (2004), według której jednokrotna aplikacja Asahi SL w stężeniu 0,1% dawała efekt wysoce zadowalający. Rośliny buraka traktowane herbicydami, a następnie biostymulatorem uzyskiwały parametry (wysokość roślin, plon) zbliżone do roślin z obiektów kontrolnych.

W przeprowadzonych badaniach, po dwukrotnej aplikacji biostymulatora Asahi SL, czas utrzymywania się objawów fitotoksycznej reakcji uległ skróceniu. Reakcja ta najwyraźniej była widoczna u odmian najsilniej reagujących na stosowanie metrybuzyny po wschodach (Sonda i Molli). Czas zanikania fitotoksycznej reakcji u tych odmian uległ skróceniu o 7 dni, w porównaniu z kombinacją, na której zastosowano tylko metrybuzynę. W przypadku odmian: Lord i Denar, u których fitotoksyczna reakcja miała łagodniejszy przebieg i tempo jej zanikania było szybsze, nie odnotowano reakcji na zastosowanie biostymulatora Asahi SL (tab. 3). Wszystkie badane odmiany po zastosowaniu biostymulatora Asahi SL charakteryzowały się bujniejszym przyrostem świeżej masy w porównaniu z obiektem kontrolnym oraz tym, na którym stosowano samą metrybuzynę.

Tabela 3

Wpływ metrybuzyny i biostymulatora Asahi SL na rośliny ziemniaka (średnia z 3 doświadczeń)
Influence of metribuzin and biostimulant Asahi SL of potato plants (mean of the 3 experiments)

Odmiana Cultivar	Liczba dni po zabiegu/fitotoksyczność Number of days after treatment/phytotoxicity				
	7*	14**	21	28	35
Satina	1	1	1	1	1
Lord	2	1	1	1	1
Denar	3	2	1	1	1
Molli	5	4	3	1	1
Sonda	7	5	3	1	1

* Pierwszy termin aplikacji Asahi SL; The first date of Asahi SL application

** Drugi termin aplikacji Asahi SL; The second date of Asahi SL application

Skrócenie czasu utrzymywania się objawów fitotoksycznej reakcji na roślinach ziemniaka ma znaczenie w przypadku odmian o krótkim okresie wegetacji, u których przedłużający się okres ich zanikania wpływa na skrócenie czasu potrzebnego do prawidłowego rozwoju i regeneracji powierzchni asymilacyjnej, co nie pozostaje bez wpływu na gromadzenie plonu. Można przypuszczać, że im szybsze zastosowanie biostymulatora na chronione rośliny, nawet już w momencie aplikacji herbicydu, tym tempo zanikania objawów fitotoksycznej reakcji będzie krótsze, głównie w uprawie odmian o krótkim okresie wegetacji i nieznannej wrażliwości na powschodowe stosowanie metrybuzyny. Badania jednak powinny być kontynuowane w warunkach produkcyjnych (doświadczenia polowe), by można było wyciągać daleko idące wnioski i móc zalecać w praktyce stosowanie biostymulatora do ograniczenia negatywnych skutków szoku herbicydowego.

PODSUMOWANIE

1. Efekt fitotoksycznej reakcji oraz tempo jej zanikania na skutek powschodowego stosowania metrybuzyny ($0,35 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) było zróżnicowane dla poszczególnych odmian ziemniaka. Czas zanikania objawów wynosił od 21 do 35 dni, w zależności od odmiany.
2. Zastosowanie biostymulatora Asahi SL w stężeniu 0,1% po aplikacji metrybuzyny może dawać możliwość praktycznego rozwiązania problemu fitotoksyczności na

roślinach ziemniaka i skrócenia czasu oddziaływania metrybuzyny, nawet o 7–14 dni. Efekt ten był najbardziej widoczny u odmian o silniejszej reakcji na powschodowe stosowanie metrybuzyny — Sonda i Molli.

LITERATURA

- Choroszewski P. 1994. Fitotoksyczne działanie herbicydów na rośliny ziemniaka. Ochr. Rośl. 7: 11 — 12.
- Gójski B., Czyż S., Skalski J. 1987. Reakcja 40 odmian ziemniaka na herbicyd Sencor w 1986 r. W: Agrotechnika ziemniaka i wybrane zagadnienia z przechowywania. Sesja Nauk. Jadwisin, 4 — 5.03.1987. Inst. Ziemn. Bonin: 167 — 168.
- Gruzek T. 2004. Wrażliwość odmian ziemniaka na metrybuzynę. Biul. IHAR 232: 193 — 199.
- Harasimowicz-Herman G., Borowska M. 2006. Effect of bio-stimulant Asahi SL in winter rapeseed depending on pluviothermic conditions. Rośliny Oleiste, XXVII (1): 95 — 106.
- Kositorna J. 2004. Zastosowanie biostymulatora Asahi SL jako środka chroniącego burak cukrowy przed stresem wywołanym przez herbicydy. Gazeta Cukrownicza 2/3: 58 — 62.
- Maciejewski T., Michalski T., Bartos-Spychała M. 2008. Effect of the application of biostimulator Asahi SL on the yield of potato tubers and their quality. In: Biostimulators in modern agriculture. Konf. 7–8.02.2008, Warszawa. Part: *Solanaceous* crops. (Ed.) Dąbrowski Z. T., Wieś Jutra: 52 — 60.
- Michalski T., Horoszkiewicz-Janka J., Bartos M. 2005. Wpływ bioregulatora Asahi SL na zdrowotność i plonowanie jęczmienia jarego i pszenicy jarej. Prog. Plant Prot. 45 (2): 910 — 913.
- Mikos-Bielak M. 2005. Egzogenne regulatory wzrostu w uprawie ziemniaka. UMCS Lublin, Sec. E, LX: 281 — 192.
- Pisarek M., Stompor-Chrzan E., Błażej J. 2001. Dobór środków ochrony roślin stosowanych w ochronie ziemniaka w województwie podkarpackim. Prog. Plant Prot., 41 (1): 209 — 214.
- Sawicka B. 1993. The response of 44 varieties of potato to metrybuzin. Rocz. Nauk Rol., Ser. E, 23, 1 — 2: 103 — 110.
- Urbanowicz J. 2004. Występowanie chwastów w ziemniaku i metody ich zwalczania na terenie Polski. Biul. IHAR 232: 185 — 191.
- Urbanowicz J. 2010. Reakcja odmian ziemniaka na stosowane herbicydy. Ziemn. Pol. 2: 31 — 34.
- Woźnica Z. 2008. Herbologia. PWRiL, Poznań: 430 s.

JANUSZ URBANOWICZInstytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie
Zakład Nasiennictwa i Ochrony Ziemiaka w Boninie

Reakcja odmian ziemniaka o zróżnicowanej budowie liści na metrybuzynę stosowaną po wschodach*

Reaction of potato cultivars with diverse leaf morphology to metribuzin applied post emergence

W latach 2005–2008 w doświadczeniach polowych przeprowadzonych w Boninie, badano reakcję pięciu odmian ziemniaka (Denar, Lord, Molli, Satina i Sonda) na metrybuzynę stosowaną powstchodowo. Obserwacje fitotoksycznej reakcji oraz tempo jej zanikania prowadzono w oparciu o skalę 9-stopniową, co 7 dni od aplikacji, do całkowitego ustąpienia jej objawów. Odmiany charakteryzowały się zróżnicowaną reakcją na powstchodowe stosowanie metrybuzyny: od całkowitej niewrażliwości – w przypadku odmiany Satina do reakcji bardzo silnej – Sonda. Porównano również budowę morfologiczną liści badanych odmian oraz oszacowano liczbę aparatów szparkowych znajdujących się na górnej stronie blaszki liściowej na powierzchni 1 mm². Określono wpływ liczby aparatów szparkowych na uszkodzenia roślin ziemniaka po zastosowaniu metrybuzyny po wschodach ziemniaka. Można sądzić, że różnice w budowie liści badanych odmian ziemniaka miały wpływ na intensywność objawów fitotoksycznej reakcji oraz tempo jej zanikania.

Słowa kluczowe: aparaty szparkowe, budowa liścia, fitotoksyczność, metrybuzyna, odmiana, współzależność, ziemniak

Field experiments were conducted from 2005 to 2008 in Bonin. During this period, response of the five cultivars (Denar, Lord, Molli, Satina and Sonda) to metribuzin applied post emergence was estimated. The phytotoxic reaction and the rate of its disappearance was observed every 7 days and assessed on the 9-degree scale, since the herbicide application until the symptoms completely vanished. The cultivars responded differently to post emergence application of metribuzin with totally insensitive Satina from one side and extremely sensitive Sonda from the other extreme of the scale. Morphology of leaves of tested cultivars was compared and the number of stomata was counted on one square millimeter of upper leaf surface. The influence of stomata number on phytotoxicity effect of post emergence applied metribuzin to potato plants was evaluated. It can be concluded that differences in the leaves morphology between tested cultivars had major impact on the intensity of phytotoxic reaction and the rate of its disappearance

* Badania przeprowadzono w ramach projektu badawczego numer NN 310144735, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Key words: cultivar, interdependence, leaf structure, metribuzin, phytotoxicity, potato, stomata

WSTĘP

Ziemniak jest gatunkiem wrażliwym na zachwaszczenie, co jest związane z jego powolnym początkowym wzrostem i uprawą w szerokiej rozstawie rzędów. Są to czynniki, które ograniczają jego konkurencyjne działanie w stosunku do chwastów (Pomykańska, 1991). Dodatkową przyczyną wzrostu zachwaszczenia ziemniaka jest jego uprawa po zbożach, które pozostawiają stanowisko w znacznym stopniu zachwaszczone (Choroszewski, 1994a) oraz stosowanie uproszczeń w uprawie (Kraska i Pałys, 2002). Chwasty w ziemniaku można eliminować na różne sposoby, jednak nie wszystkie z nich dają zadowalający efekt. Zdaniem Roli (2002) stosowanie herbicydów w uprawie ziemniaka staje się koniecznością, jednak oprócz wymiernych korzyści, niesie to ze sobą również pewne zagrożenia. Do nich należy zaliczyć: możliwość fitotoksycznego oddziaływania herbicydów na niektóre odmiany roślin uprawnych, fitotoksyczne oddziaływanie na rośliny uprawiane następczo oraz uodpornianie się chwastów na ich substancje aktywne (Rola i Rola, 2001). Do zwalczania chwastów, głównie z klasy dwuliściennych, powszechnie stosuje się herbicyd Sencor 70 WG, zawierający metrybuzynę, który stosowany po wschodach może na niektórych odmianach powodować objawy fitotoksyczności (Gójski i in., 1987; Sawicka, 1993; Choroszewski, 1994 b; Zarzecka, 2000; Gruczek, 2001 b; Praczyk, 2002 a; Urbanowicz, 2006). Fitotoksyczna reakcja ma szczególne znaczenie w produkcji nasiennej, gdyż może utrudnić, a nawet uniemożliwić prawidłowe przeprowadzenie selekcji negatywnej poprzez utrudnienia w identyfikacji chorób wirusowych. W produkcji towarowej może natomiast powodować spadek plonu i zdrobnienie bulw, co uwidacznia się najbardziej w przypadku odmian o najkrótszym okresie wegetacji, które mają zbyt mało czasu na odbudowę chlorofilu. Bardzo często uszkodzenia roślin ziemniaka mają charakter przemijający i nie zawsze wpływają na plon bulw (Zarzecka, 2003). W niektórych przypadkach jednak może dochodzić do bardzo silnych uszkodzeń, które mogą całkowicie zniszczyć rośliny lub w istotny sposób zmniejszać ich plonowanie. Tak znaczne efekty fitotoksycznej reakcji eliminują daną odmianę z wykazu tych, w których metrybuzynę można stosować po wschodach (Rola i Gołębiowska, 2003; Gruczek, 2004; Hutchinson i in., 2006).

Do tej pory nie wyjaśniono w pełni, dlaczego odmiany ziemniaka reagują w różny sposób na powstające po wschodach metrybuzyny, i to bez względu na długość okresu wegetacji (grupę wczesności) czy kierunek użytkowania (jadalne i skrobiowe). Prawdopodobnie jest to związane z budową morfologiczną i anatomiczną liści oraz tempem rozkładu metrybuzyny (Urbanowicz, 2004). Zróżnicowania w budowie morfologicznej liści poszczególnych roślin, a nawet ich odmian, mogą wpływać na selektywność herbicydów poprzez zdolność do retencji cieczy użytkowej na ich powierzchni (Caseley, 1989; Domańska, 1991; Dobrzański, 1999; Praczyk, 2002 a). Herbicydy stosowane po wschodach rośliny uprawnej mogą przenikać do wnętrza roślin na dwa sposoby: poprzez powierzchnię blaszki liściowej oraz przez aparaty szparkowe (Praczyk i Skrzypczak, 2004). Może to być związane z obecnością wosku na powierzchni

liści lub różnego rodzaju włosków, na których mogą zatrzymywać się krople herbicydów. Rośliny rosnące w warunkach niedoboru wilgotności wytwarzają grubsza warstwę kutykuli, która stanowi ochronę przed nadmierną utratą wilgotności, a tym samym stanowi dodatkową barierę dla środków ochrony roślin.

Liść ziemniaka jest złożony, nieparzysto pierzasty, a o jego wielkości decydują warunki środowiska i umiejscowienie na roślinie. Ze względu na skupienie można wyróżnić dwa rodzaje liści: luźny i skupiony. Luźny charakteryzuje się tym, że listki mają długie ogonki i osadzone są rzadko na osi, zatem między osią liścia a blaszkami listków pozostaje dużo przestrzeni. Liść skupiony występuje wtedy, gdy listki osadzone są gęsto, mają krótkie ogonki, a duże, szerokie blaszki zachodzą na siebie. Między listkami nie ma wolnych miejsc lub są bardzo nieznaczne. Ze skupieniem liścia związane jest tzw. pokrywanie oraz zrosty liściowe, które są cechami odmianowymi (Prüffer i in., 1978; Anonim, 2012). Pokrywanie występuje w liściach skupionych, gdzie listki górnej pary zachodzą na listek szczytowy i zakrywają go. Zrosty występują między listkiem szczytowym a jednym lub dwoma listkami najwyższej pary (Humán, 1986).

Blaszka liściowa pokryta jest skórą, której budowa może podlegać modyfikacjom pod wpływem zmian natężenia światła, wilgotności gleby i powietrza. Zmieniać się może grubość ścian komórkowych oraz liczba i rozmieszczenie aparatów szparkowych (Szweykowska i Szweykowski, 1982). Aparaty szparkowe w liściu ziemniaka rozmieszczone są nierównomiernie, a górna część blaszki liściowej zawiera ich mniej niż dolna. Średnia liczba szparek waha się w szerokich granicach, średnio wynosi około 200 na 1 mm². Gdy roślina traci wodę, szparki zamykają się, a gdy dopływa świeża woda do liści, otwierają się (Malinowski, 1983). Przeciętna liczba aparatów szparkowych w liściach ziemniaka jest cechą odmianową i wynosi średnio od 22 do 51 na 1 mm² powierzchni górnej strony blaszki liściowej, a od 50 do 153 na 1 mm² — po dolnej jej stronie (Strebeiko, 1985).

Celem badań było określenie stopnia wrażliwości wybranych odmian ziemniaka na metrybuzynę stosowaną po wschodach oraz analiza budowy morfologicznej ich liści.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe przeprowadzono w Boninie (województwo zachodniopomorskie) w latach 2005–2008, w których oceniano fitotoksyczną reakcję odmian ziemniaka i tempo jej zanikania po powschodowym zastosowaniu metrybuzyny. Doświadczenie założono w układzie split-plot, w trzech powtórzeniach.

Czynnikami I rzędu były odmiany z różnych grup wczesności i różnym typie użytkowym:

- Denar, Lord i Molli (bardzo wczesne, jadalne),
- Satina (średnio wczesna, jadalna),
- Sonda (późna, skrobiowa).

Czynnikami II rzędu były:

- metrybuzyna w dawce $0,35 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, zastosowana po wschodach ziemniaka (w formie
- handlowej herbicyd Sencor 70 WG w dawce $0,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$);
- obiekt kontrolny — bez herbicydu.

Bulwy sadzono ręcznie w ostatniej dekadzie kwietnia, w rozstawie 0,75 m i gęstości sadzenia w rzędzie 0,3 m (pięć redlin po 10 roślin). Metrybuzynę stosowano po wschodach ziemniaka, gdy rośliny osiągnęły wysokość 10–15 cm (I dekada VI). Całe doświadczenie było chronione w jednakowy sposób przed stonką ziemniaczaną i zarazą ziemniaka. Na poletkach kontrolnych prowadzono ręczne odchwaszczanie, by wyeliminować wpływ zachwaszczenia na plon, zgodnie z wytycznymi metodyki EPPO — PP 1/135 (2) (Anonim, 2007). Od momentu zastosowania herbicydu Sencor 70 WG, co 7 dni prowadzono obserwacje fitotoksycznej reakcji roślin oraz oceniano tempo jej zanikania do całkowitego ustąpienia objawów. Uszkodzenia odmian ziemniaka określano w skali 9-stopniowej, według EWRC (European Weed Research Council), w której 1 — oznacza brak uszkodzeń, a 9 — całkowite zniszczenie roślin. W trakcie prowadzenia obserwacji pobierano liście w celu oszacowania ilości aparatów szparkowych (obraz spod mikroskopu skaningowego) oraz wykonano dokumentację fotograficzną (budowa liści).

Badania przeprowadzono na glebie mineralnej, pseudobielicowej, o składzie granulometrycznym glina lekka (w roku 2005) i glina piaszczysta (w pozostałych latach badań). W poszczególnych latach badań gleba różniła się zawartością makroelementów i zasobnością w próchnicę (tab. 1). Najwyższą zawartość próchnicy, wynoszącą $23,2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ i makroelementów (P — wysoka, K — średnia i Mg — wysoka), odnotowano w roku 2005. Najniższą zawartość odnotowano w roku 2008, która wynosiła odpowiednio: humus — $14,8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, makroelementy: P — średnia, K — niska i Mg — średnia.

Tabela 1

Charakterystyka gleby w Boninie
Characteristic of soil in Bonin

Wyszczególnienie Specification	Rok Year			
	2005	2006	2007	2008
pH w 1 n KCl pH in KCl	5,3	5,1	5,5	5,5
Zawartość próchnicy ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) Humus content	23,2	16,0	16,6	14,8
Skład mechaniczny* Soil texture	gl	gp	gp	gp
Zawartość makroelementów ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$): Macroelements content in soil ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$):				
P	6,95	7,52	5,89	5,63
K	9,40	8,30	7,47	5,40
Mg	4,20	3,50	4,00	2,60

* gl — glina lekka; light clay

* gp — glina piaszczysta; sandy clay

Na podstawie współczynnika hydrotermicznego Sielianiowa scharakteryzowano sezon wegetacyjny 2005 i 2008 jako wilgotny, a 2006 i 2007 jako mokry (tab. 2).

Tabela 2

Charakterystyka warunków klimatycznych w okresie wegetacji
Climatic conditions during the vegetation period

Miesiące Months	Współczynnik hydrotermiczny Sielianinova Hydrothermic coefficient Sielianinov's			
	2005	2006	2007	2008
IV	0,46	3,05	1,30	2,96
V	2,39	1,82	1,74	0,16
VI	0,70	1,39	2,43	1,78
VII	1,65	0,32	3,86	0,99
VIII	1,47	4,45	1,34	2,51
IX	0,70	1,12	2,57	1,16
Średnia Mean	1,23	2,02	2,20	1,59
Suma opadów okresie wegetacji (mm) Rainfalls in the vegetation period (mm)	330,6	510,4	613,8	391,2
Średnia temperatura (°C) Mean air temperature (°C)	14,0	15,1	14,6	13,9

Wartość współczynnika Sielianinova — Sielianinov's coefficient:

do 0,5 — susza; below 0.5 — drought; 0,51–1,0 — posucha; mild drought; 1.1–2.0 — wilgotno; wet; powyżej 2 — mokro; above 2 — very wet

Badane odmiany podzielono na 5 grup w zależności od skali wrażliwości na metrybuzynę. Uzyskane wyniki (liczba aparatów szparkowych) poddano analizie wariancji testem t-Studenta, a wartości średnie porównywano testem Tukeya. W celu określenia współzależności pomiędzy liczbą aparatów szparkowych a uszkodzeniami roślin wykonano analizę wariancji z regresją za pomocą testu F-Snedecora.

WYNIKI

Powschodowe stosowanie metrybuzyny w dawce 0,35 kg·ha⁻¹, powodowało zróżnicowaną reakcję badanych odmian, przy czym nie odnotowano zróżnicowania w sile tej reakcji w poszczególnych latach badań. Spośród badanych odmian tylko Satina nie wykazała żadnych objawów fitotoksycznej reakcji we wszystkich latach badań (tab. 3). Natomiast na roślinach odmiany Lord, we wszystkich latach badań odnotowano bardzo słabe objawy fitotoksycznej reakcji (2 w skali 9-stopniowej), charakteryzujące się lekkimi przebarwieniami blaszki liściowej, które ustąpiły po 14 dniach od terminu aplikacji metrybuzyny. Odmiana Denar zareagowała silniej na metrybuzynę i uzyskała średnią ocenę 2,9 w skali 9-stopniowej. Objawy fitotoksyczne zanikły po upływie 21 dni. Odmiana Molli zareagowała lekkim uszkodzeniem blaszki liściowej (nekrozy występujące przy brzegach blaszek liściowych oraz chlorotyczne rozjaśnienia liści. Jej reakcję oceniono średnio na 4,9, a długość utrzymywania się tych objawów we wszystkich latach badań wynosiła 28 dni (tab. 3). Jediną odmianą skrobiową była Sonda, która najsilniej zareagowała na metrybuzynę aplikowaną powschodowo. Średnia ocena z lat badań wynosiła 7,2 w skali 9-stopniowej, a objawy w postaci silnych nekroz dochodziły do 50% powierzchni blaszki liściowej i utrzymywały się najdłużej — do 35 dni. W trakcie prowadzenia obserwacji nie odnotowano żadnych innych objawów reakcji roślin ziemniaka na zastosowany herbicyd, tylko rośliny odmiany

Tabela 3

Fitotoksyczna reakcja odmian ziemniaka na powschodowe stosowanie metrybuzyny
Phytotoxicity reaction of potato cultivars to metribuzin applied post emergence

Odmiana Cultivar	Liczba dni po zabiegu/fitotoksyczność Number of days after treatment/phytotoxicity				
	7	14	21	28	35
2005					
Satina	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Lord	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Denar	2,7	2,0	1,0	1,0	1,0
Molli	4,6	3,0	2,0	1,0	1,0
Sonda	7,0	5,2	3,4	2,0	1,0
2006					
Satina	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Lord	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Denar	3,0	2,0	1,0	1,0	1,0
Molli	5,0	3,6	2,0	1,0	1,0
Sonda	7,2	5,0	3,2	2,0	1,0
2007					
Satina	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Lord	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Denar	3,0	2,0	1,0	1,0	1,0
Molli	5,0	3,2	2,0	1,0	1,0
Sonda	7,2	5,3	3,8	2,0	1,0
2008					
Satina	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Lord	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Denar	3,0	2,0	1,0	1,0	1,0
Molli	5,0	4,0	2,0	1,0	1,0
Sonda	7,4	5,6	4,2	2,5	1,0

Sonda zmieniły swój pokrój, były wyraźnie mniejsze i bardziej delikatne, w porównaniu z roślinami z poletek kontrolnych. Na podstawie uzyskanych wyników, testowane odmiany zakwalifikowano do różnych grup wrażliwości na metrybuzynę stosowaną po wschodach ziemniaka (tab. 4).

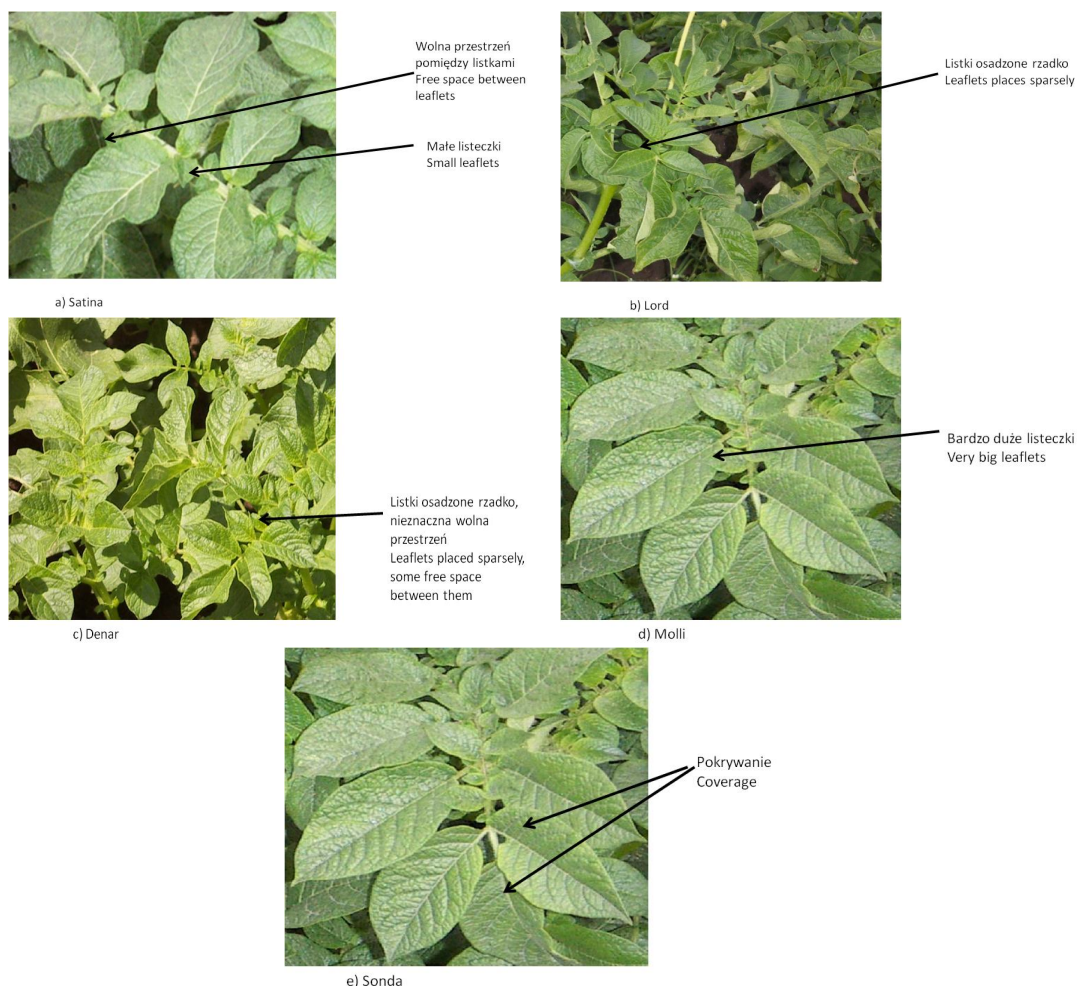
Tabela 4

Wrażliwość badanych odmian na metrybuzynę stosowaną po wschodach
Sensitivity of the tested cultivars to metribuzin applied post emergence

Skala EWRC EWRC scale	Grupa wrażliwości Group of sensitivity	Odmiana Cultivar
1,0	niewrażliwe — insensitive	Satina
1,1-2,0	niska wrażliwość — low sensitive	Lord
2,1-4,0	średnia wrażliwość — medium sensitive	Denar
4,1-6,0	podwyższona wrażliwość — raised sensitive	Molli
<6,1	wysoka wrażliwość — high sensitive	Sonda

Różnice w budowie morfologicznej liści oraz ich układ na roślinie u poszczególnych odmian może wpływać na procesy związane z pobieraniem substancji aktywnej zawartej w środkach ochrony roślin. Może to również wpływać na siłę wywoływania objawów fitotoksycznej reakcji na roślinach. Dużą rolę odgrywają także aparaty szparkowe, których liczba na górnej powierzchni liści może wpływać na ilość pobranej cieczy roboczej.

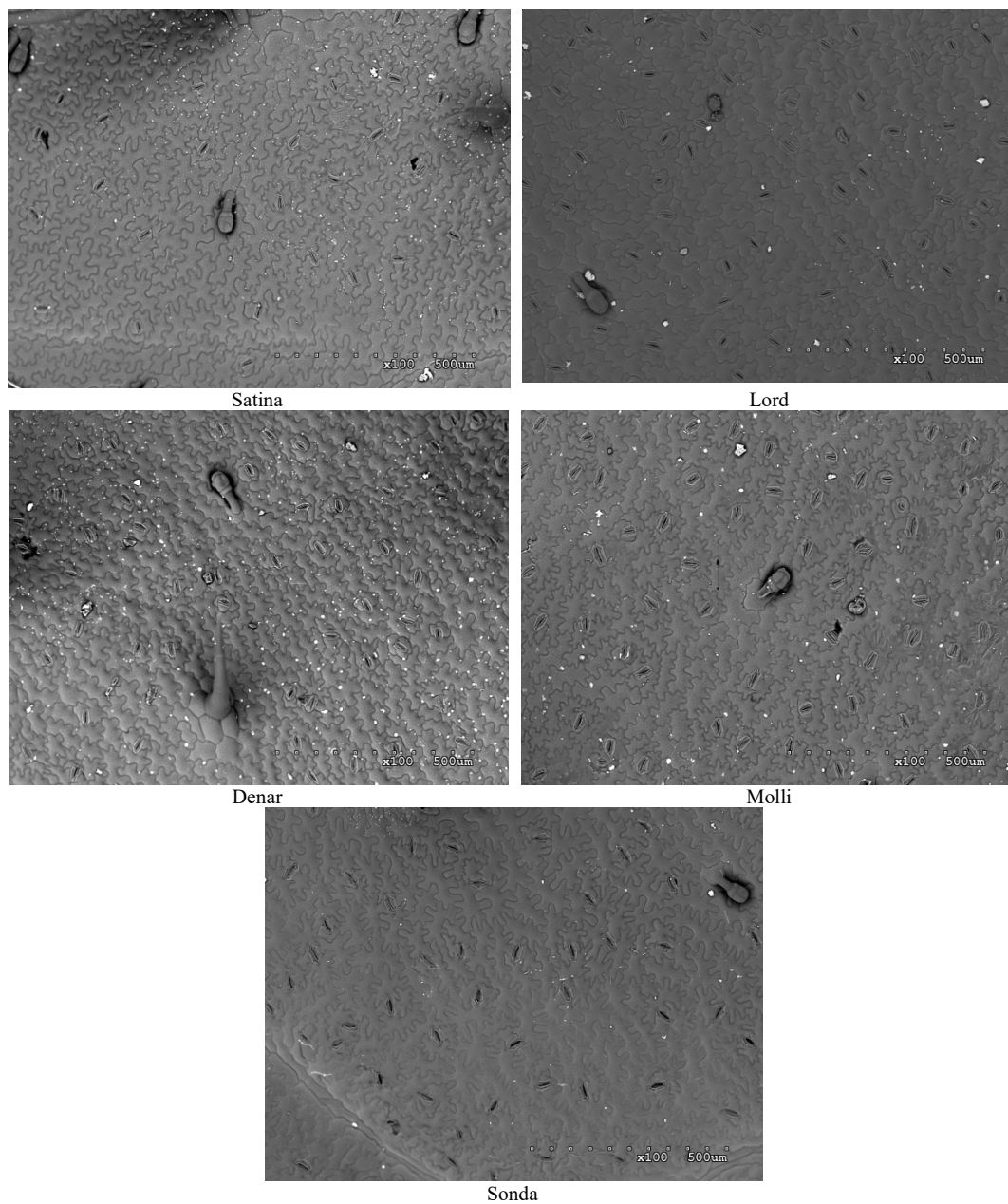
Po przeanalizowaniu budowy morfologicznej liści badanych odmian stwierdzono, że liście odmiany Denar mają listki osadzone rzadko, a między nimi znajdują się niewielkie miejsca wolnej przestrzeni (rys. 1).



Rys. 1. Budowa liści badanych odmian
Fig. 1. Leaf morphology of the tested cultivars

Podobne skupienie liścia (tzw. liść luźny) stwierdzono u odmiany Lord. Natomiast odmiana Molli posiada listki o długich ogonkach, ale jej listeczki były bardzo duże i zachodziły na siebie, nie pozostawiając wolnej przestrzeni. Występowało tu zjawisko pokrywania (liście skupione). Z kolei odmiana Satina miała listki duże, osadzone na krótkich ogonkach, jednak osadzone rzadko, dlatego pomiędzy nimi występowało dużo wolnej przestrzeni, której nie zakrywały bardzo małe listeczki. Odmiana Sonda miała liść

skupiony i posiadała duże listeczki. Występowało tu również zjawisko pokrywania, a tym samym wolna przestrzeń między listkami była bardzo mała.



Rys. 2. Aparaty szparkowe badanych odmian
Fig. 2. Stomata of tested cultivars

W celu pełniejszej charakterystyki różnic występujących pomiędzy liśćmi badanych odmian, policzono aparaty szparkowe występujące na powierzchni 1 mm² górnej strony blaszki liściowej. Najmniejszą ich liczbę, wynoszącą średnio 29,7 szt.mm², stwierdzono u odmiany Satina. U kolejnych badanych odmian liczba ta była większa i wynosiła odpowiednio: Lord — 43,8 szt.mm², Denar — 49,9 szt.mm² i Molli 59,8 szt.mm². Największą liczbę aparatów szparkowych stwierdzono u odmiany Sonda — 71,3 szt.mm². Różnice w liczbie aparatów szparkowych znajdujących się na górnej stronie blaszki liściowej badanych odmian potwierdzono statystycznie (tab. 5, rys. 2).

Tabela 5

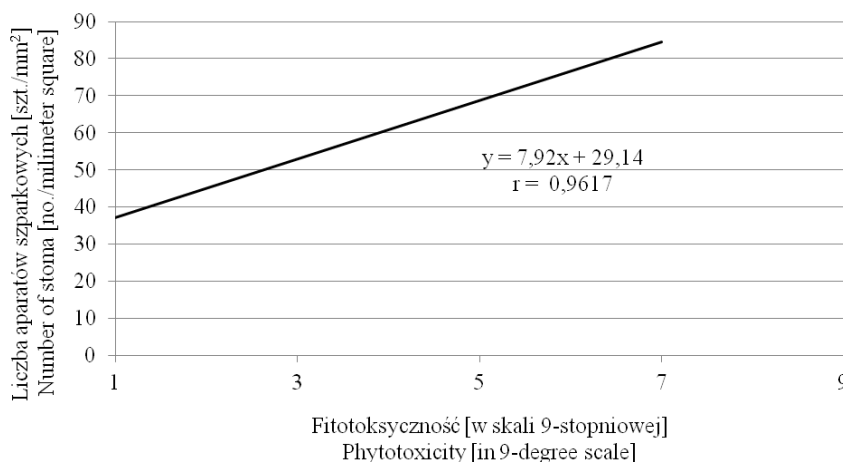
Liczba aparatów szparkowych na górnej stronie liści badanych odmian (średnia z lat 2005–2008)
Number of stomata on upper side of the leaves of tested cultivars (mean of years 2005–2008)

Odmiana Cultivar	Liczba aparatów szparkowych [szt.mm ²] Number of stomata [no. squaremilimeter]
Satina	39,7 a*
Lord	43,8 b
Denar	49,9 b
Molli	59,8 c
Sonda	71,3 d

* Wartości w kolumnie oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie przy p = 0,05

* Means followed by the same letter within a column are not significantly different at p = 0.05

Po wykonaniu analiz statystycznych wyliczono współczynnik regresji, który charakteryzuje zależność między liczbą aparatów szparkowych a skalą wrażliwości odmian. Dodatni współczynnik regresji i jego wartość powyżej 0,9 wskazuje na bardzo silną współzależność pomiędzy badanymi cechami (rys. 3).



Rys. 3. Uszkodzenia roślin ziemniaka powodowane przez metrybuzynę w zależności od liczby aparatów szparkowych

Fig. 3. Potato plant damages caused by metribuzine depending on number of stomata

DYSKUSJA

W praktyce rolniczej bardzo często herbicydy stosowane są po wschodach ziemniaka, co jest podyktowane niekorzystnymi warunkami pogodowymi występującymi na początku wegetacji. Dodatkowym uzasadnieniem ich aplikacji w tym terminie jest również stan zachwaszczenia, który umożliwia dobór herbicydów do konkretnych gatunków chwastów znajdujących się na plantacji (Urbanowicz, 2005). Jednak stosowanie herbicydów powschodowych może wywoływać efekt fitotoksycznej reakcji na chronionych roślinach. Zjawisko to jest szczególnie niepożądane na plantacjach nasiennych ziemniaka, ale również w uprawach towarowych. Wpływ herbicydów na rośliny uprawne jest szeroko opisywany w literaturze (Rola i Radziszewski, 1995; Rola i Franek, 1995; Dobrzański i in., 1999; Solarska i Ciota, 1999; Praczyk, 2002b; Anyszka i Dobrzański, 2003; Rola i Gołębiowska, 2003; Gołębiowska i Rola, 2008). W ziemniaku, natomiast znane są badania Gójskiego i in. (1987), Sawickiej (1993), Choroszewskiego (1994b), Gruczka (2004b), Urbanowicza (2004; 2006; 2009) i wielu innych, jednak nigdy nie w pełni wyjaśniono zróżnicowania w fitotoksycznej reakcji pomiędzy odmianami ziemniaka.

W przeprowadzonych badaniach odmiany wykazywały zróżnicowaną reakcję na metrybuzynę stosowaną po wschodach. Różnice w jej ocenie dla poszczególnych odmian w latach badań były niewielkie i wynosiły, w zależności od odmiany od 0,2 do 0,4 punktu w 9-stopniowej skali. Najbardziej odbiegające wyniki uzyskano w roku 2005, gdzie odnotowano słabszą reakcję u odmian Denar i Molli, co było związane z odmiennymi warunkami pogodowymi w porównaniu z pozostałymi latami badań. W czerwcu 2005 roku (czas aplikacji metrybuzyny) stwierdzono najmniejszą ilość opadów i najniższą temperaturę powietrza, w porównaniu do analogicznego okresu innych lat badań. Do podobnych wniosków doszli Midmose (1984), Adamiak (1985), Ceglarek i in. (1992) oraz Al-Khatib i in. (1997), stwierdzając, że najsilniejsza fitotoksyczna reakcja występuje przy wysokich temperaturach i dużych opadach po aplikacji herbicydu. Obserwowane w badaniach objawy fitotoksycznej reakcji na roślinach ziemniaka miały charakter typowy dla herbicydów z grupy inhibitorów fotosyntezy (Praczyk i Skrzypczak, 2004). W zależności od nasilenia tej reakcji były to lekkie przebarwienia blaszek liściowych (odmiana Lord), chlorozy (odmiany Denar i Molli), aż do silnych uszkodzeń w postaci nekroz – na liściach odmiany Sonda. Negatywny wpływ fitotoksycznej reakcji przejawia się również w długością czasu jej utrzymywania się na roślinach (tempo zanikania objawów). Najdłużej objawy utrzymywały się na odmianie Sonda – do 35 dni po aplikacji herbicydu. Natomiast u odmian o słabszej reakcji okres ten wahał się od 14 do 25 dni. Badane odmiany uszeregowano pod kątem wrażliwości na metrybuzynę aplikowaną po wschodach ziemniaka i tylko jedną z nich – Sondę, zakwalifikowano do grupy o wysokiej wrażliwości. Liczba odmian o najsilniejszej reakcji na powschodowe stosowanie metrybuzyny jest niewielka, co potwierdzają liczne badania (Munzert i Kees, 1990; Sawicka, 1993; Gruczek, 2004; Barbaś i Sawicka, 2009; Urbanowicz, 2009). Zdaniem wielu autorów, w uprawie odmian bardzo silnie reagujących na metrybuzynę aplikowaną powschodowo, nie powinno się stosować w tym terminie herbicydów ją zawierających (Rola i Gołębiowska, 2003; Gruczek, 2004; Urbanowicz, 2004; Htchinson i in., 2006).

O sile występujących objawów u poszczególnych odmian, zdaniem De Jonga (1983), Zawisliak i in. (1985) oraz Pszczółkowskiego (2003), decydują również uwarunkowania odmianowe. W badaniach własnych potwierdzono, że reakcja odmian na metrybuzynę jest niezależna od grupy wczesności, czy też sposobu ich użytkowania.

Wpływ czynnika odmianowego na siłę fitotoksycznej reakcji może być warunkowany dwojako: jako efekt genetycznej odporności, albo zróżnicowanej budowy morfologicznej i anatomicznej liści. Większe znaczenie odgrywa zróżnicowana budowa morfologiczna liści, która z kolei decyduje o retencji cieczy użytkowej na ich powierzchni (Caseley, 1989; Dobrzański, 1999; Praczyk, 2002 a). Zdaniem Praczyka i Skrzypczaka (2004) stosowane po wschodach herbicydy mogą wnikać do wnętrza roślin poprzez blaszkę liściową oraz aparaty szparkowe. Liczba aparatów szparkowych jest cechą odmianową. Przeciętna liczba aparatów szparkowych w liściach ziemniaka wynosi od 22 do 51 na 1 mm² powierzchni górnej strony blaszki liściowej, a od 50 do 153 na 1 mm² — po dolnej jej stronie (Strebeyko, 1985). W przeprowadzonych badaniach wykazano różnice pomiędzy odmianami dotyczące skupienia liści oraz liczby aparatów szparkowych. Odmiana o najsilniejszej reakcji na powschodowe stosowanie metrybuzyny — Sonda charakteryzuje się największą liczbą aparatów szparkowych na górnej powierzchni blaszki liściowej (średnio 71,3 szt. mm²) oraz tzw. liśćmi skupionymi, z tendencją do pokrywania. Liście skupione tworzą większą powierzchnię zetknięcia się z zastosowanym środkiem ochrony roślin, gdyż pomiędzy listkami nie ma wolnej przestrzeni. Kontakt ten jest więc niemal 100%. Podobne zależności stwierdzono u odmiany Molli — o podwyższonej wrażliwości na metrybuzynę. Odmiana ta charakteryzuje się również liśćmi skupionymi, a liczba aparatów szparkowych wynosi średnio 59,8 szt. mm². Pozostałe odmiany charakteryzowały się mniejszą liczbą aparatów szparkowych. Wraz ze zmniejszającą się liczbą aparatów szparkowych, obserwowano mniej intensywne objawy fitotoksycznej reakcji. Odmiana Satina, która okazała się jedyną odmianą o całkowitej niewrażliwości na metrybuzynę stosowaną po wschodach, miała najmniejszą ich liczbę, wynoszącą średnio 29,7 szt. mm² oraz rzadko osadzone listeczki w liściu złożonym. Na podstawie dodatniego współczynnika regresji, można stwierdzić, że wraz ze wzrostem liczby aparatów szparkowych — wzrasta wrażliwość odmian, zatem cecha ta ma wpływ na siłę efektu fitotoksyczności.

Niewielu autorów wiąże zróżnicowaną tolerancję odmian ziemniaka na stosowane herbicydy z różnicami w budowie całych roślin, czy ich liści. Częściej można się spotkać z tym poglądem przy ogólnej ocenie skuteczności działania herbicydów (Sawicka i Skalski, 1996; Zarzecka i Gugala, 2004), gdzie wykazano, że odmiany o obfitym ulistnieniu i tzw. „liściowym” pokroju krzaka lepiej osłaniają glebę i tym samym wpływają na redukcję zachwaszczenia w porównaniu z odmianami o „łodygowym” pokroju.

PODSUMOWANIE

1. Nasilenie fitotoksycznej reakcji na powschodowe stosowanie metrybuzyny w dawce 0,35 kg ha⁻¹ oraz tempo jej zanikania na roślinach ziemniaka było zróżnicowane dla

- poszczególnych odmian. Czas utrzymywania się objawów fitotoksyczności wynosił w zależności od odmiany od 14 do 35 dni od momentu aplikacji metrybuzyny.
2. W latach o wyższych temperaturach i sumach opadów po zabiegu oraz większej zawartości składników pokarmowych w glebie, stwierdzono zmniejszenie stopnia wrażliwości odmian na metrybuzynę aplikowaną po wschodach ziemniaka.
 3. Siła efektu fitotoksyczności determinowana jest genetycznym zróżnicowaniem odmian, a w szczególności budową morfologiczną liści. Fitotoksyczna reakcja odmian ziemniaka była uzależniona od liczby aparatów szparkowych na górnej stronie powierzchni blaszek liściowych. Cecha ta wpływa na ilość pobranej substancji aktywnej herbicydu, a tym samym — na tempo jej rozkładu.

LITERATURA

- Adamiak J. 1985. Reakcja odmian ziemniaka na herbicyd Lexone w rejonie Olsztyna. Zesz. Nauk. ART Olsztyn. Rol., 41: 113 — 123.
- Al-Khatib K., Libbey C., Kadir S., Boydston R. 1997. Differential varietal response of Greek pea (*Pisum sativum*) to metribuzin. Weed Tech., 11: 775 — 781.
- Anonim 2007. Metodyka EPPO PP 1/135 (3). Ocena skuteczności działania środków ochrony roślin. Ocena fitotoksyczności. OEPP/EPPO Biul., 37: 15 s. <http://www.minrol.gov.pl>.
- Anonim 2012. The European Cultivated Potato Database. <http://www.europotato.org>.
- Anyszka Z., Dobrzański A. 2003. Ochrona marchwi przed chwastami w oparciu o metrybuzynę i pendimetalinę. Prog. Plant Prot., 43 (2): 513 — 516.
- Barbaś P., Sawicka B. 2009. Wrażliwość odmian ziemniaka na metrybuzynę W: Nasiennictwo i ochrona ziemniaka. Konf. nauk.-szkol. Darłówko, 21-22.05.2009. IHAR ZNiOZ Bonin: 128 — 129.
- Caseley J.C. 1989. Variations in foliar pesticide performance attributable to humidity, dew and rains effects. Aspect Appl. Biol., 21: 215 — 224.
- Ceglarek F., Zarzecka K., Płaza A. 1992. Reakcja ważniejszych gospodarczo nowych odmian ziemniaka na herbicyd Bładex. Zesz. Nauk. WSR-P Siedlce. Rol., 31: 73 — 82.
- Choroszewski P. 1994 a. Chwasty w ziemniakach. Ziem. Pol., 2: 24 — 26.
- Choroszewski P. 1994 b. Fitotoksyczne działanie herbicydów na rośliny ziemniaka. Ochr. Rośl., 7: 11 — 12.
- De Jong H. 1983. Inheritance of sensitivity to the herbicide metribuzin in cultivated diploid potatoes. Euphytica, 32 (1): 41 — 48.
- Dobrzański A. 1999. Ochrona warzyw przed chwastami. Wyd. II. PWRiL, Warszawa: 198 ss.
- Dobrzański A., Pałczyński J., Anyszka Z. 1999. Mieszanina metrybuzyny z flufenacetem (Plateen 41,5 WG) — herbicyd do zwalczania chwastów w pomidorze. Prog. Plant Prot., 39 (2): 662 — 664.
- Domańska H. 1991. Herbicydy. SGGW Warszawa: 126 ss.
- Gołębiowska H., Rola H. 2008. Reakcja odmian kukurydzy na herbicydy w świetle badań prowadzonych w warunkach Dolnego Śląska w latach 1992–2007. Prog. Plant Prot. 48 (2): 598 — 601.
- Gójski B., Czyż S., Skalski J. 1987. Reakcja 40 odmian ziemniaka na herbicyd Sencor w 1986 r. W: Agrotechnika ziemniaka i wybrane zagadnienia z przechowalnictwa. Sesja Nauk. Jadwisin, 4-5.03.1987. Inst. Ziemn. Bonin: 167 — 168.
- Gruczek T. 2001. Efektywne sposoby walki z chwastami i ich wpływ na jakość bulw ziemniaka. Biul. IHAR 217: 221 — 231.
- Gruczek T. 2004. Wrażliwość odmian ziemniaka na metrybuzynę. Biul. IHAR 232: 193 — 199.
- Humán Z. 1986. Systematic botany and morphology of the potato. Technical Information. Bulletin 6. International Potato Center, Lima, Peru: 22 pp.

- Hutchinson P.J., Brentbeutler R., Hancock M.D. 2006. Weed control in potato (*Solanum tuberosum*) crop response with low rate of sulfentrazone applied postemergence with metribuzin. *Weed Technol.* 20 (4): 1023 — 1029.
- Kraska P., Pałys E. 2002. Wpływ systemu uprawy roli oraz nawożenia i ochrony roślin na zachwaszczenie ziemniaka uprawianego na glebie lekkiej. *Ann. UMCS, LVII, Sec. E*: 27 — 39.
- Malinowski E. 1983. Budowa liścia. [W:] *Anatomia roślin*. PWN, Warszawa, 309 — 347.
- Midmore D.J. 1984. Potato (*Solanum* ssp.) in the tropics. A soil temperature effects on emergence plant development and yield. *Field-Crops-Research*, 8 (4): 255 — 271.
- Munzert M., Kees H. 1990. Further results for herbicide tolerance of potato cultivars. *Kartoffelbaum*, 41 (4): 126 — 129.
- Pomykańska A. 1991. Badania nad określeniem progów szkodliwości chwastów w łanie ziemniaka. *Rocz. Nauk Rol., Ser. A*, 109, (2): 21 — 34.
- Praczyk T. 2002 a. Diagnostyka Uszkodzeń Herbicydowych Roślin Rolniczych. *PWRiL Poznań*: 144 ss.
- Praczyk T. 2002 b. Diagnostyka uszkodzeń roślin buraka cukrowego powodowanych przez herbicydy. *Prog. Plant Prot.*, 42 (1): 234 — 238.
- Praczyk T. 2003. Identyfikacja uszkodzeń herbicydowych na roślinach uprawnych. *Prog. Plant Prot.*, 43 (1): 331 — 336.
- Praczyk T., Skrzypczak G. 2004. *Herbicydy*. PWRiL Poznań: 274 ss.
- Prüffer B., Puchalski P., Roguski K. 1978. *Atlas odmian ziemniaka*. PWRiL, Warszawa, 196 ss.
- Pszczołkowski P. 2003. Próby ograniczenia zachwaszczenia łanu ziemniaka w uprawie pod osłonami. *Cz. I. Reakcja roślin na herbicydy*. *Biul. IHAR*, 228: 249 — 260.
- Rola J., Franek M. 1995. Reakcja odmian rzepaku jarego na herbicydy. *Mat. XXXV Sesji Nauk. IOR, cz. 2*: 281 — 285.
- Rola J., Radziszewski J. 1995. Reakcja odmian łubinu na herbicydy. *Mat. XXXV Sesji Nauk. IOR, cz. 2*: 278 — 280.
- Rola H., Rola J. 2001. Pozytywne i negatywne aspekty stosowania herbicydów w uprawach rolniczych w Polsce w latach 1950–2000. *Prog. Plant Prot.* 41 (1): 47 — 57.
- Rola H. 2002. Ekologiczne i produkcyjne aspekty ochrony roślin przed chwastami. *Pam. Puł.* 130: 635 — 645.
- Rola H., Gołębiowska H. 2003. Objawy uszkodzeń odmian kukurydzy powodowane przez herbicydy. *Prog. Plant Prot.* 43 (1): 337 — 344.
- Sawicka B. 1993. The response of 44 varieties of potato to metribuzin. *Rocz. Nauk Rol., Ser. E*, 23, 1–2: 103 — 110.
- Sawicka B., Skalski J. 1996. Zachwaszczenie ziemniaka w warunkach stosowania herbicydu Sencor 70 WP. *Cz. I. Skuteczność chwastobójcza herbicydu*. *Rocz. Nauk Rol., Ser. A*, 112, 1-2: 169 — 182.
- Solarska E., Ciota G. 1999. Ocena przydatności herbicydu Sencor 70 WG do zwalczania chwastów w chmielnikach. *Prog. Plant Prot.*, 39 (2): 711 — 713.
- Strebeiko P. 1985. *Gospodarka wodna ziemniaka*. [W:] *Biologia ziemniaka*. Red. Gabriel W. PWN, Warszawa: 157 — 177.
- Szweykowska A., Szweykowski J. 1982. *Liście*. W: *Botanika*. PWN Warszawa: 166 — 180.
- Urbanowicz J. 2004. Zastosowanie herbicydu Sencor 70 WG w produkcji ziemniaka wczesnego. *Biul. IHAR*, 233: 269 — 276.
- Urbanowicz J. 2005. Zwalczanie chwastów w uprawie ziemniaka. *IHAR, ZNiOZ Bonin*: 47 s.
- Urbanowicz J. 2006 b. Reakcja odmian ziemniaka na metrybuzynę stosowaną po wschodach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 511: 355 — 361.
- Urbanowicz J. 2009. Reakcja odmian ziemniaka na stosowane herbicydy. *Ziemn. Pol.* 2: 31 — 34.
- Zarzecka K. 2000. Zależność plonowania ziemniaka od zachwaszczenia. *Frag. Agron.* 2: 120 — 134.
- Zarzecka K. 2003. Zastosowanie herbicydu Plateen 41,5 WG do zwalczania chwastów w ziemniaku. *Prog. Plant Prot.*, 43 (2): 1061 — 1063.

- Zarzecka K., Gugala M. 2004. Kształtowanie się zachwaszczenia odmian ziemniaka w zależności od sposobu pielęgnacji. Biul. IHAR 232: 177 — 184.
- Zawiślak K., Janczak-Tabaszewska D., Adamiak J. 1985. Fitotoksyczność herbicydów doglebowych wobec niektórych odmian ziemniaka i chwastów. Zesz. Nauk. ART Olsztyn, 41: 126 — 138.

JANUSZ URBANOWICZInstytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie
Zakład Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka w Boninie

Występowanie chwastów w ziemniaku oraz metody ich zwalczania na terenie Polski w latach 2000–2011

The occurrence of weeds and methods of their control in potatoes in Poland in the years 2000–2011

W opracowaniu przedstawiono wyniki badań ankietowych przeprowadzonych na terenie Polski w latach 2000–2011. Badania dotyczyły analizy składu gatunkowego chwastów występujących w ziemniaku, metod ich zwalczania oraz najczęściej stosowanych herbicydów. Na polach ziemniaczanych dominowały dwuliścienne gatunki chwastów, a wśród nich: komosa biała (*Chenopodium album*), żóltlica drobnokwiatowa (*Galinsoga parviflora*), fiołek polny (*Viola arvensis*) i maruna bezwonna (*Matricaria inodora*). Na obserwowanych plantacjach chwasty zwalczano głównie metodą mechaniczno-chemiczną i mechaniczną. Do zwalczania chwastów stosowano herbicydy w terminie przedwzrostowym, które zawierały substancje aktywne — linuron i metrybuzynę.

Słowa kluczowe: chwasty, herbicydy, ziemniak

The aim of this paper was to identify species of weeds occurring in potatoes in Poland in the years 2000–2011, to evaluate control methods and to describe herbicides that are most frequently applied. Dicotyledonous weeds were found to predominate in potato fields. Among them, fat hen (*Chenopodium album*), gallant soldier (*Galinsoga parviflora*), field pansy (*Viola arvensis*) and scentless chamomile (*Matricaria inodora*) were in prevalence. Weeds are controlled mainly by mechanical-chemical and mechanical methods. Herbicides are essentially applied in the pre-emergence period. Herbicides containing linuron and metribuzin are most frequently used.

Key words: herbicides, potato, weeds

WSTĘP

Zachwaszczenie upraw uzależnione jest od warunków klimatycznych i glebowych oraz od nawożenia i płodozmianu (Adamczewski i in., 1994). Chwasty stanowią groźną konkurencję dla roślin uprawnych o wszystkie czynniki siedliska, ponieważ pobierają więcej składników pokarmowych i potrafią lepiej je wykorzystać (Rola, 1982). W Polsce liczba gatunków chwastów występujących w uprawach rolniczych wynosi od 300 do 400 (Sobótka, 1999), a w ziemniaku liczba ta waha się w granicach od 29 do 55 gatunków

(Krakowiak, 1979; Skrzyczyński i Skrzyczyńska, 1987; Nowacki i Podolska, 2005). Ziemniak jest rośliną, która silnie się zachwaszcza, gdyż uprawiany jest w szerokiej rozstawie rzędów oraz charakteryzuje się powolnym początkowym wzrostem. Ogranicza to jego konkurencyjne działanie w stosunku do chwastów, co z kolei stwarza idealne warunki dla ich rozwoju (Pomykalska, 1991; Gruczek, 2001 a). Zmniejszenie plonowania wywołane obecnością chwastów może dochodzić nawet do 70% (Adamczewski, 2000; Gruczek, 2001 b; Gugala i Zarzecka, 2007; Kucharski, 2008). Metody ograniczania zachwaszczenia są różne, jednak nie wszystkie dają zadowalający efekt. O wyborze konkretnej metody zwalczania chwastów najczęściej decydują względy ekonomiczne (ceny herbicydów) oraz dostęp gospodarstw do maszyn służących do pielęgnacji, co dotyczy głównie małych plantacji (Urbanowicz, 2012). Zabiegi mechaniczne niszczą chwasty w 95–98%, gdy znajdują się one w fazie siewek, natomiast skuteczność tej metody maleje do 45–60%, gdy chwasty są w pełni wschodów. Stosowanie herbicydów, w porównaniu z metodą mechaniczną redukuje zachwaszczenie nawet do 99% (Zarzecka i in., 2004; Gruczek, 2004).

MATERIAŁ I METODY

Obserwacje zachwaszczenia plantacji ziemniaka na terenie Polski, metod ich ochrony i najczęściej stosowanych herbicydów przeprowadzone zostały przez pracowników Wojewódzkich Inspektoratów Inspekcji Ochrony Roślin i Nasiennictwa. W latach 2000–2011 obserwacjami objęto 604 plantacje ziemniaka o łącznej powierzchni 1009,1 ha. Ocenie poddano skład gatunkowy i ilościowy chwastów (stan i stopień zachwaszczenia) występujących na początku (zachwaszczenie pierwotne) i pod koniec okresu wegetacji (zachwaszczenie wtórne). Liczebność dominujących gatunków chwastów zestawiono według skali 5-stopniowej (Walczak i in., 2002), gdzie:

- 1° — liczebność nieznaczna: pokrycie przez chwasty poniżej 5% obserwowanej powierzchni (1 szt./m²),
- 2° — liczebność mała: pokrycie przez chwasty od 6% do 25% obserwowanej powierzchni (2–9 szt./m²),
- 3° — liczebność średnia: pokrycie przez chwasty od 26% do 50% obserwowanej powierzchni (10–30 szt./m²),
- 4° — liczebność duża: pokrycie przez chwasty od 51% do 75% obserwowanej powierzchni (31–50 szt./m²),
- 5° — liczebność bardzo duża: pokrycie przez chwasty powyżej 75% obserwowanej powierzchni (powyżej 50 szt./m²). Liczebność dominujących gatunków chwastów przedstawiono jako średnią z całego sezonu wegetacyjnego (zachwaszczenie pierwotne i wtórne).

Na podstawie uzyskanych danych określono również sposoby zwalczania chwastów (procent powierzchni chronionej poszczególnymi metodami na obserwowanym areale) oraz najczęściej stosowane herbicydy w Polsce.

WYNIKI I DYSKUSJA

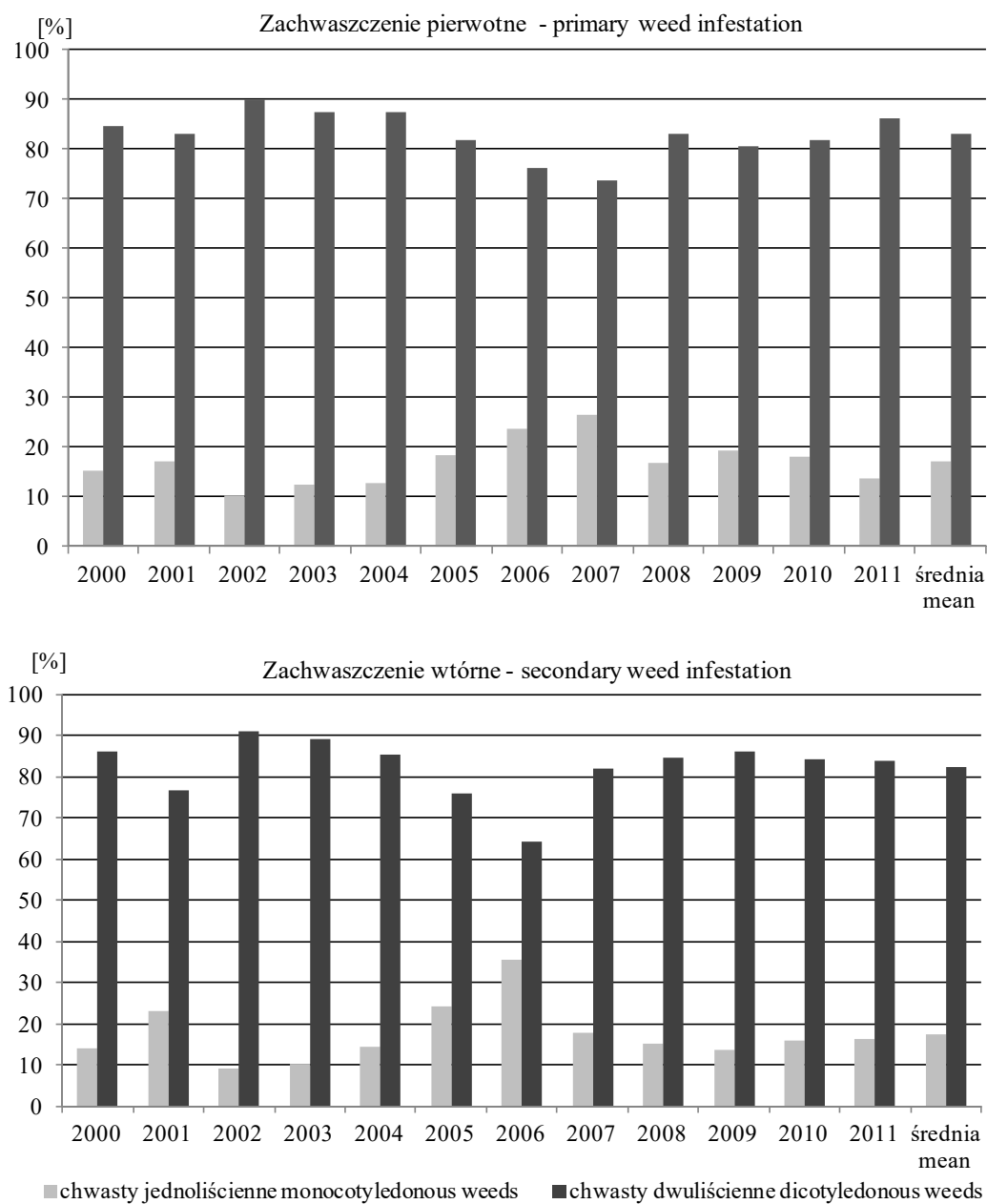
W analizowanym okresie na plantacjach ziemniaka dominowały dwuliścienne gatunki chwastów, zarówno w zachwaszczeniu pierwotnym, jak i wtórnym (średnio 82,7%) (rys. 1). Skład gatunkowy w poszczególnych latach był podobny i uzależniony od przedplonu oraz rodzaju gleb. Uprawa ziemniaka po rzepaku sprzyjała rozwojowi jego samosiewów, a po zbożach — gatunków występujących w łanie zbóż, takich jak: owies głuchy (*Apera spica-venti*), włośnica sina (*Setaria glauca*) i wiechlina roczna (*Poa annua*) (Urbanowicz i Pawińska, 2000). Jednoliścienne gatunki chwastów (stanowiły średnio 17,3% stanu zachwaszczenia) najliczniej reprezentowane były przez chwastnicę jednostronną (*Echinochloa crus-galli*) i perz właściwy (*Elymus repens*), których liczebność w większości analizowanych lat wynosiła powyżej 50 sztuk na 1 m². Wcześniej wspomniane gatunki występowały mniej licznie, a ich liczebność wahała się w granicach od 1 do 50 sztuk na 1 m². Najbardziej stałym gatunkiem pod względem liczebności była chwastnica jednostronna (*Echinochloa crus-galli*), która w poszczególnych latach obserwacji występowała najliczniej, tzn. w ilości powyżej 30 szt./m² (tab. 1).

Tabela 1

Liczebność dominujących gatunków chwastów (średnia z sezonu wegetacyjnego)
Incidence of predominating weeds species (mean of vegetation period)

Gatunki chwastów Weed species	Liczebność w skali 5° Incidence in scale 1–5											
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Dwuliścienne — Dicotyledonous												
CHEAL	5	4	5	4	4	5	4	5	5	5	4	4
GASPA	4	4	4	4	5	4	5	5	4	5	5	5
VIOAR	4	4	4	5	4	5	5	3	5	4	5	4
MATIN	3	4	3	3	4	2	4	4	5	4	4	4
POLCO	4	4	3	4	4	5	4	2	5	4	5	5
SINAR	3	4	2	4	5	4	4	5	5	3	3	3
THLAR	3	3	1	2	2	2	2	3	4	4	4	3
CAPBP	3	3	1	2	2	2	2	3	4	4	4	3
FUMOF	2	5	1	3	3	3	3	1	3	2	2	2
Samosiewy rzepaku	5	2	2	4	2	3	3	5	4	2	3	5
Jednoliścienne — Monocotyledonous												
ECHCG	4	5	5	4	5	5	4	5	4	5	5	5
ELRYE	5	4	4	4	4	5	5	4	5	5	4	5
AVEFA	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	4
SETPU	4	2	3	2	3	2	3	2	2	1	1	1
POAAN	4	3	2	3	2	3	2	2	2	1	1	1

CHEAL — *Chenopodium album* komosa biała — fat hen, GASPA — *Galinsoga parviflora* żółtlica drobnokwiatowa — gallant soldier, VIOAR — *Viola arvensis* fiołek polny — field pansy, MATIN — *Matricaria inodora* maruna bezwonna — scentless chamomile, POLCO — *Polygonum convolvulus* rdest powojowy — black bindweed, SINAR — *Sinapis arvensis* gorczyca polna — charlock, THLAR — *Thlaspi arvense* tobołki polne — field penny-cress, CAPBP — *Capsella bursa-pastoris* tasznik pospolity — shepherd's -purse, FUMOF — *Fumaria officinalis* dymnica pospolita — common fumitory, ECHCG — *Echinochloa crus-galli* chwastnica jednostronna — cockspur, ELRYE — *Elymus repens* perz właściwy — quackgrass, AVEFA — *Avena fatua* owies głuchy — wild-oat, SETPU — *Setaria glauca* włośnica sina — yellow bristle-grass, POAAN — *Poa annua* wiechlina roczna — annual bluegrass.



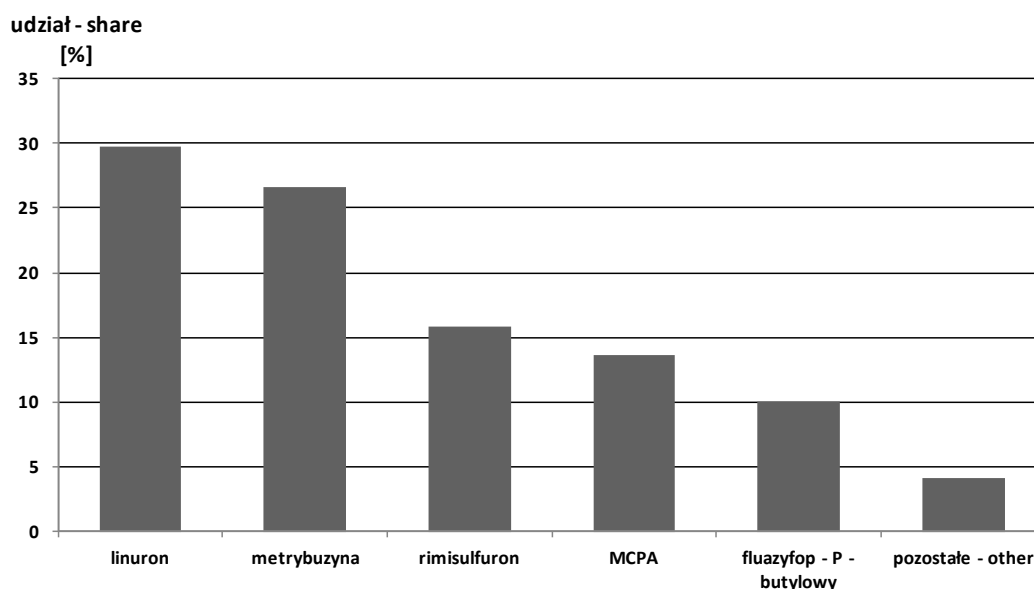
Rys. 1. Chwasty występujące w zachwaszczeniu pierwotnym i wtórnym
Fig. 1. Weeds occurring in primary and secondary infestation

Spośród dwuliściennych gatunków chwastów najliczniej występowała komosa biała (*Chenopodium album*), żóltlica drobnokwiatowa (*Galinsoga parviflora*), fiołek polny (*Viola arvensis*) i maruna bezwonna (*Matricaria inodora*). Gatunki te są typowymi taksonami występującymi na plantacjach ziemniaka (Rymaszewski i in., 1996; Pawińska i in., 2001; 2002; 2003; Urbanowicz, 2004). W latach badań odnotowano także lokalnie liczne występowanie skrzypu polnego (*Equisetum arvense*), co może świadczyć o zakwaszeniu gleb i niestosowaniu przez kilka lat nawozów wapniowych w płodozmianie.

Tabela 2

Sposoby zwalczania chwastów w Polsce (średnia z lat 2000–2011)
Means of weed control in Poland (mean of years 2000–2011)

Sposoby zwalczania chwastów Means of weed control	Ilość plantacji (%) Number of plantations (%)
Mechaniczno-chemiczny Mechanical and chemical	62,9
Mechaniczny Mechanical	37,1



Rys. 2. Najczęściej stosowane herbicydy w Polsce w latach 2000–2011
Fig. 2. Herbicides most frequently applied in the years 2000–2011 in Poland

W Polsce średnio wykonuje się jeden zabieg herbicydowy, głównie w terminie przed wschodami ziemniaka. W przypadku, gdy warunki meteorologiczne nie sprzyjają uzyskaniu wysokiej skuteczności tych zabiegów, aplikuje się tzw. herbicydy powschodowe. Metoda chemiczna zwalczania chwastów ma szersze zastosowanie na dużych plantacjach, których celem jest uzyskanie wysokiej jakości bulw spełniających normy

surowca przeznaczonego do przetwórstwa (Urbanowicz, 2010). Chwasty w analizowanym okresie zwalczano głównie w sposób mechaniczno-chemiczny (62,9% obserwowanych plantacji) oraz mechaniczny (37,1%) (tab. 2). Najczęściej stosowano jeden zabieg herbicydowy w terminie przedwiosennym, a tylko na nielicznych plantacjach wykonywano również zabieg powschodowy.

Powszechnie stosowanymi herbicydami były środki, które w swoim składzie zawierają następujące substancje aktywne: linuron, metrybuzynę i rimisulfuron oraz MCPA i flauazyp-P-butylowy (rys. 2). Czynnikiem decydującym o wyborze herbicydów jest ich wysoka skuteczność oraz spektrum zwalczanych gatunków chwastów, nie bez znaczenia jest też ich cena (Pisarek i in., 2001).

WNIOSKI

1. W latach 2000–2011 na plantacjach ziemniaka w Polsce dominowały dwuliścienne gatunki chwastów: komosa biała, żółtlica drobnokwiatowa, fiołek polny i maruna bezwonna.
2. Najliczniej występującymi gatunkami z klasy jednoliściennych były: chwastnica jednostronna i perz właściwy.
3. Chwasty zwalczano za pomocą metody mechaniczno-chemicznej oraz mechanicznej.
4. Najczęściej stosowanymi herbicydami w Polsce w analizowanym okresie były preparaty zawierające linuron, metrybuzynę i rimisulfuron.

LITERATURA

- Adamczewski K., Praczyk T., Stachecki S. 1994. Wpływ opadów atmosferycznych i temperatury powietrza na występowanie niektórych gatunków chwastów oraz ich konkurencyjność w stosunku do roślin uprawnych. XVII Krajowa Konf. Przyczyny i źródła zachwaszczenia pól uprawnych. Olsztyn–Bęsia, 28–29.06. 1994.: 109 — 116.
- Adamczewski K. 2000. Rozwój metod zwalczania i perspektywy ograniczania chwastów. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 40 (1): 101 — 112.
- Gruczek T. 2001a. System pielęgnowania ziemniaka a jakość plonu. *Fragm. Agron.* 2 (70): 37 — 51.
- Gruczek T. 2001b. Efektywne sposoby walki z chwastami i ich wpływ na jakość bulw ziemniaka. *Biul. IHAR* 217: 221 — 231.
- Gruczek T. 2004. Chemiczne i mechaniczne zwalczanie chwastów w ziemniakach oraz wpływ na jakość plonu. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 44 (2): 715 — 717.
- Gugała M., Zarzecka K. 2007. Zachwaszczenie i plonowanie ziemniaka w zależności od sposobów pielęgnacji. *Biul. IHAR* 255: 59 — 64.
- Krakowiak A. 1979. Badania przydatności herbicydów do zwalczania chwastów w ziemniakach w warunkach Bonina. *Biul. Inst. Ziemn.* 23: 107 — 120.
- Kucharski M. 2008. Regulacja zachwaszczenia – stan aktualny i potrzeby. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 48 (1): 20 — 24.
- Nowacki W., Podolska G. 2005. Intensywność technologii a jakość ziemiopłodów. *Mat. IX Konf. Nauk. Efektywne i bezpieczne technologie produkcji roślinnej*, Puławy 1–2 czerwca 2005: 135 — 140.
- Pawińska M., Urbanowicz J., Gawińska-Urbanowicz H. 2001. Występowanie i zakres zwalczania głównych agrofagów ziemniaka w sezonie wegetacyjnym 2000 na tle lat poprzednich. *Mat. Konf. Ochrona ziemniaka*. Kołobrzeg, 19 — 20.04. 2001. *IHAR Oddz. Bonin*: 29 — 36.

- Pawińska M., Urbanowicz J., Osowski J. 2002. Występowanie, szkodliwość i zwalczanie niektórych agrofagów ziemniaka w 2001 roku w porównaniu z latami ubiegłymi. Mat. Konf. Ochrona ziemniaka. Kołobrzeg, 11–12.04.2002. IHAR Oddz. Bonin: 7 — 11.
- Pawińska M., Urbanowicz J. 2003. Występowanie i zwalczanie chwastów oraz stonki ziemniaczanej w sezonie wegetacyjnym 2002. Mat. Konf. Nasiennictwo i ochrona ziemniaka. Kołobrzeg, 24–25.04. 2003. IHAR ZNiOZ Bonin: 29 — 31.
- Pisarek M., Stompor-Chrzan E., Błażej J. 2001. Dobór środków ochrony roślin stosowanych w ochronie ziemniaka w województwie podkarpackim. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 41 (1): 209 — 214.
- Pomykańska A. 1991. Badania nad określeniem progów szkodliwości chwastów w łanie ziemniaka. Rocz. Nauk Rol. Ser. A, 109 (2): 21 — 34.
- Rola H. 1982. Zjawisko konkurencji wśród roślin i jej skutki na przykładzie wybranych gatunków chwastów występujących w pszenicy ozimej. IUNG Puławy, 162: 3 — 64.
- Rymaszewski J., Sobiech S., Więckowski A. 1996. Przydatność niektórych herbicydów i ich mieszanek do przed i powschodowego zwalczania chwastów w ziemniakach. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 36 (2): 314 — 316.
- Skrzyczyński T., Skrzyczyńska J. 1987. Zachwaszczenie upraw ziemniaków na Podlasiu Zachodnim. Biul. Inst. Ziemn. 36: 103 — 115.
- Sobótka W. 1999. Herbicydy – wczoraj i dziś. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 39 (1): 218 — 223.
- Urbanowicz J. 2004. Występowanie chwastów w ziemniaku i metody ich zwalczania na terenie Polski. Biul. IHAR 232: 185 — 191.
- Urbanowicz J. 2010. Chwasty w uprawie ziemniaka i ich zwalczanie. Wyd. IHAR — PIB, ZNiOZ Bonin: 76 ss.
- Urbanowicz J. 2012. Sposoby pielęgnowania plantacji ziemniaków na różne kierunki użytkowania. Ziemn. Pol. 2: 20 — 25.
- Urbanowicz J., Pawińska M. 2000. Zmiany w dynamice występowania chwastów w uprawie ziemniaka oraz w zakresie ich zwalczania. Mat. Konf. Ochrona ziemniaka. Kołobrzeg, 04–05.04. 2000. IHAR Oddz. Bonin: 20 — 26.
- Walczak F., Grendowicz L., Jakubowska M., Skorupska A., Strugała N., Tratwał A., Wójtowicz A. 2002. Szkodliwość ważniejszych agrofagów roślin uprawnych oraz stan zachwaszczenia roślin rolniczych w Polsce w 2001 roku. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 42 (1): 262 — 282.
- Zarzecka K., Gugała M. 2004. Kształtowanie się zachwaszczenia odmian ziemniaka w zależności od sposobu pielęgnacji. Biul. IHAR 232: 177 — 184.

MAGDALENA GRUDZIŃSKA

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie

Zakład Przetwórstwa i Przechowalnictwa Ziemniaka, Oddział w Jadwisinie

Wpływ warunków atmosferycznych i przechowalniczych na cechy technologiczne ziemniaka w produkcji frytek i chipsów

Influence of weather and storage conditions on technological characteristics of potato in French fries and chips production

Celem przeprowadzonych badań było określenie przydatności technologicznej odmian ziemniaka w zróżnicowanych warunkach klimatycznych w czasie wzrostu i przechowywania bulw. Materiałem badawczym były odmiany wczesne oraz średnio wczesne. Po zbiorze oraz po 3 i 7 miesiącach przechowywania w temperaturach 4° i 8°C w bulwach ziemniaka oznaczano zawartość suchej masy, skrobi, cukrów redukujących, sacharozy oraz oceniano barwę frytek i chipsów. Badania wykazały, że zmienność cech technologicznych bulw ziemniaka zależy głównie od genotypu i jest modyfikowana przez czynniki środowiska. Temperatura i czas przechowywania wpływa na zwiększenie zawartości suchej masy i obniżenie zawartości skrobi. Zawartość obu składników utrzymywała się na stałym poziomie w bulwach odmian: Gracja, Andromeda i Karatop. Zawartość cukrów redukujących zależała od odmiany i temperatury przechowywania. Bulwy odmian Gracja i Innovator cechowały się małą akumulacją cukrów po przechowywaniu w temperaturze 4°C (typ — cold storage). Niezależnie od temperatury i czasu przechowywania jasną barwą cechowały się chipsy uzyskane z bulw odmiany Gracja oraz frytki z odmiany Innovator. Ziemniaki odmiany Gracja i Innovator charakteryzowały się małą zmiennością cech technologicznych w czasie długotrwałego przechowywania w temperaturze 4 i 8°C.

Słowa kluczowe: chipsy, czas i temperatura przechowywania, frytki, odmiana, ziemniak

The aim of this study was to determine the usefulness for processing of potato varieties in different climatic conditions during growth and storage of tubers. Early and medium early varieties were tested. After harvest and after 3 and 7 months of storage at 4 and 8°C, we determined in potato tubers contents of dry matter, starch, reducing sugars and sucrose, and evaluated the colour of French fries and chips. Studies have shown, that variation in processing traits depends on the genotype and it is modified by environmental factors. Storage time and temperature influenced the dry matter content and lowered the starch content. The contents of both components remained stable in tubers of varieties: Gracja, Andromeda and Karatop. The content of reducing sugars in potatoes depended on the cultivar and storage temperature. Tubers of varieties Gracja and Innovator were characterized as cold storage type with low accumulation of sugars after storage at 4°C. Chips obtained from the tubers of the variety Gracja and fries made of variety Innovator were bright in colour independently of temperature and

storage time. Potato varieties Gracja and Innovator varied little in technological characteristics during long periods of storage at 4 and 8°C.

Key words: chips, cultivar, French fries, potato, time and temperature storage

WSTĘP

Do lat dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia produkcja ziemniaka w kraju opierała się w głównej mierze na produkowaniu ziemniaków ogólnego przeznaczenia z wydzieleniem ziemniaków wysokoskrobiowych dla przemysłu. Czołowym wyznacznikiem doboru odmian był potencjał plonotwórczy i odporność na patogeny.

Na przestrzeni dwudziestu lat produkcja ziemniaka w Polsce przeszła całkowitą transformację. Podobnie jak w krajach europejskich została całkowicie uzależniona od odbiorcy, a jakość ziemniaków została ściśle dostosowana do kierunku jego użytkowania. Powstało pojęcie „wartość technologiczna ziemniaka”, pod którym rozumie się zestaw cech decydujących o przydatności ziemniaków do danego kierunku przetwarzania przemysłowego. Nazwa obejmuje zarówno cechy zewnętrzne bulw, takie jak wielkość i kształt bulw, głębokość i ilość oczek, grubość i wady skórki, jak i wewnętrzne związane ze składem chemicznym i właściwościami mięszu (Lisińska, 2000).

Obecnie, odmiana pełni decydującą rolę przy określaniu wartości technologicznej ziemniaka, jednakże szereg czynników może mieć wpływ na zmianę jej przydatności do przerobu przemysłowego. Do czynników tych zaliczamy warunki środowiska podczas wegetacji roślin oraz warunki przechowywania (czas i temperatura).

Dla przetwórstwa spożywczego i przechowalnictwa niezmiennie ważne jest określenie wpływu warunków klimatycznych i przechowalniczych na zmiany cech technologicznych wczesnych odmian bulw ziemniaka przeznaczonych do przetwórstwa na produkty smażone w celu łatwiejszego prognozowania jakości otrzymania produktu finalnego z surowca przechowywanego w różnych warunkach klimatycznych.

Celem pracy było określenie wpływu warunków środowiska i warunków przechowalniczych na cechy technologiczne wybranych odmian ziemniaka w produkcji frytek i chipsów.

MATERIAŁ I METODY

Badanym materiałem były odmiany bulw ziemniaka: Delikat, Karatop, Gracja, Innovator (odmiany wczesne), Andromeda, Asterix, Romula (odmiany średnio wczesne).

Badane odmiany uprawiano w trzech kolejnych sezonach wegetacyjnych na polu doświadczalnym IHAR Oddział Jadwisin. Materiał badawczy przechowywano w przechowalni IHAR w Jadwisinie. Analizy wykonywano w trzech terminach po zbiorze oraz po 3 i 7 miesiącach przechowywania w temperaturze 4 i 8°C, przy wilgotności względnej powietrza 90–95%.

Do badań pobierano ok. 5 kg próby ziemniaków z każdej odmiany i kombinacji przechowywania i oznaczano: zawartość suchej masy — metoda suszarkowa ; zawartość

skrobi (Adler, 1971), zawartość cukrów redukujących (Talbert i Smith, 1967), zawartość sacharozy (Van Handella, 1968).

Do sporządzenia frytek i chipsów pobierano po 10 bulw z każdej odmiany i kombinacji przechowywania we wszystkich terminach badań.

Sposób sporządzania frytek: bulwy myto, obierano ręcznie i krojono w słupki 10 mm×10 mm, następnie osuszano i smażyono w głębokim oleju w temp. 180°C przez 3 min. Sposób sporządzania chipsów: bulwy myto, obierano ręcznie, krojono mechanicznie w plastry o grubości 1,7 mm, osuszano na bibule i smażyono w głębokim oleju w temp. 180°C przez 3 min. (do wilgotności około 2%).

W frytkach i chipsach gotowych do spożycia oceniano barwę metodą subiektywną: frytki obliczano Indeks Koloru (I.K.) ze wzoru:

$$I.K. = (A \times 0) (B \times 1) (C \times 2) (D \times 3) (E \times 4) (F \times 5) (G \times 6) / 10$$

gdzie:

A, B, C, D, E, F, G — poszczególne frytki,

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 — barwa frytek (standardy barwy USDA), chipsy — tablice barwne w skali od 1 do 9 (9 — chipsy jasne, 1 — chipsy ciemne, 6,5 — wartość graniczna) opracowane przez Institute for Storage and Processing of Agricultural Produce w Wageningen (Holandia).

Tabela 1

Warunki atmosferyczne oraz współczynnik hydrotermiczny w miesiącach V- IX w Jadwisinie
Weather condition and Sielanianov coefficient in months V-IX in Jadwisin

Miesiące Months	Sezon wegetacji — Vegetation season			Średnia wieloletnia Mean
	I	II	III	
Temperatura powietrza (°C) — Air temperature (°C),				
V	14,9	11,1	12,6	13,7
VI	17,0	14,9	14,7	16,6
VII	19,7	16,8	19,6	18,3
VIII	18,0	18,4	16,2	17,8
IX	13,2	16,2	14,9	13,2
Średnia — Mean	16,6	15,5	15,6	15,9
Opady (mm) — Rainfall (mm)				
V	52,1	62,2	70,6	52,0
VI	44,5	35,1	36,3	77,0
VII	71,2	69,3	67,4	75,0
VIII	36,2	37,0	12,3	59,0
IX	55,3	13,2	25,3	50,0
Suma — Sum	259,3	216,8	211,9	313,0
Współczynnik hydrotermiczny Sielianinova-K — K Sielianinov's hydrothermal coefficient				
V	1,12	1,81	1,86	
VI	0,87	0,78	0,82	
VII	1,16	1,32	1,10	
VIII	0,64	0,64	0,24	
IX	1,39	0,27	0,56	

0,0–0,5 susza; drought

0,6–1,0 posucha; dry spell

> 1,0 wilgotno; wet

Istotność wpływu badanych czynników na analizowane cechy określono przy użyciu analizy wariancji trzyczynnikowej ANOVA. Do testowania różnic między wartościami średnimi przy poziomie istotności $p < 0,05$ wykorzystano test Tukeya oraz do obliczenia najmniejszej istotnej różnicy NIR stosowano test t-Studenta.

W tabeli 1 przedstawiono średnie temperatury, sumy opadów oraz współczynnik hydrotermiczny z poszczególnych sezonów wegetacji w miesiącach maj — wrzesień w zestawieniu ze średnimi wieloletnimi. Dane uzyskano ze Stacji Meteorologicznej w Jadwisinie.

Przebieg pogody w czasie prowadzenia badań był zróżnicowany. Średnia temperatura powietrza od maja do lipca w I sezonie była wyższa od średniej wieloletniej. Średnia temperatura w kolejnych latach w tym samym czasie była niższa od średniej wieloletniej.

Suma opadów w I sezonie wegetacyjnym była najwyższa, ale mniejsza niż średnia wieloletnia. W ostatnim sezonie wegetacji w sierpniu zaobserwowano długotrwałą suszę (współczynnik Selianinova 0,24).

WYNIKI I DYSKUSJA

Podstawą uzyskania produktów wysokiej jakości jest dobry surowiec. O przydatności do przetwórstwa na produkty smażone decyduje zawartość suchej masy i skrobi. Bulwy ziemniaka przeznaczone do przetwórstwa na frytki powinny zawierać 20–22% suchej masy, 14–17% skrobi, natomiast na chipsy 20–25% suchej masy, 16–20% skrobi (Lisińska, 2000).

W tabeli 2 przedstawiono zawartość suchej masy i skrobi w bulwach badanych odmian ziemniaka w zależności od lat uprawy. Badania wykazały, że zawartość obu składników zależała w głównej mierze od czynnika odmianowego. Wysoką zawartością suchej masy i skrobi cechowały się bulwy odmiany wczesnej — Gracja oraz średnio wczesnej Romula, natomiast niską ziemniaki odmian Andromeda i Karatop (tab. 2). Analiza wariancji wykazała istotny wpływ lat uprawy na zawartość badanych składników.

Najwięcej suchej masy zawierały bulwy wszystkich odmian zebrane w pierwszym roku wegetacji, który był posuszny i ciepły, a opady były dość równomiernie rozłożone. Zawartość skrobi w bulwach odmian Delikat, Innovator, Karatop, Andromeda i Romula była również najwyższa w tym roku wegetacji. Takiej prawidłowości nie zaobserwowano u odmian Gracja i Asterix. Różnice w poziomie skrobi w bulwach tych odmian w zależności od lat uprawy były nieistotne.

Badania wielu autorów m.in. Gawrońska i in. (1992), Pęksa (1994), Boligłowa i Trętowski (1998) wskazują, że zawartości obu tych składników modyfikowane są przez warunki klimatyczne w poszczególnych latach badań.

Zależności między warunkami klimatycznymi, a zawartością suchej masy i skrobi w bulwach po zbiorze zostały wykazane przez Zgórką i Frydecką-Mazurczyk (2000). Autorki udowodniły istotną korelację między ilością opadów i temperaturą powietrza, a zawartością suchej masy i skrobi w bulwach ziemniaka. Na podstawie tych zależności podzieliły odmiany na 3 grupy: odmiany o stabilnej zawartości suchej masy i skrobi (różnice w latach do 2%); odmiany średnio stabilne (różnice od 2,1% do 3%); odmiany

mało stabilne (różnice powyżej 3%). Stosując ten podział dla 7 badanych odmian ziemniaka stwierdzono, że najmniejszą zmiennością tych cech charakteryzowały się bulwy odmiany wczesnej Gracja oraz bulwy odmiany średnio wczesnej Andromeda. Do drugiej grupy (odmiany średnio stabilne) można zaliczyć ziemniaki pozostałych badanych odmian (różnice do 3%) (tab. 2).

Tabela 2

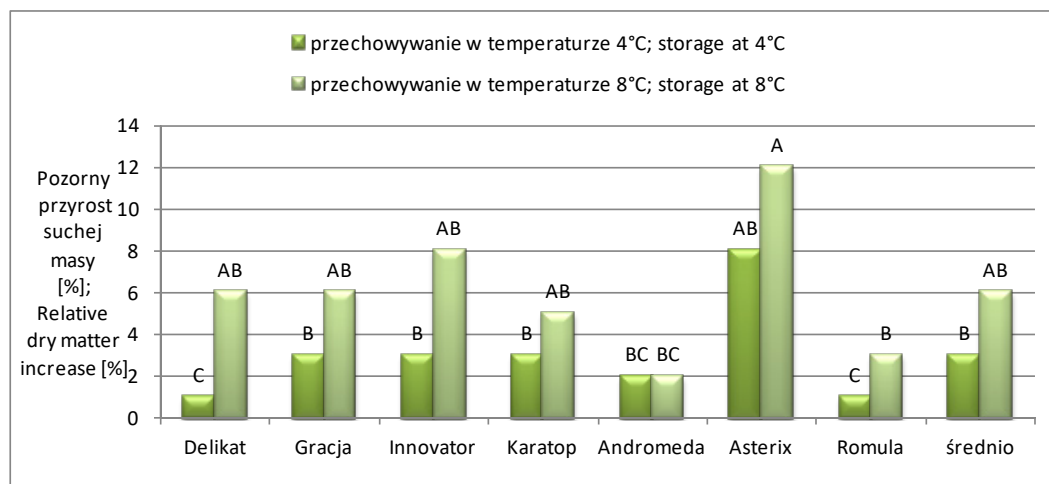
Zawartość suchej masy i skrobi w bulwach badanych odmian ziemniaka po zbiorze
Dry matter and starch contents in potato tubers

Odmiana Cultivars	Sezon wegetacji Vegetation season	Zawartość suchej masy po zbiorze (%) Dry matter content after harvest (%)	Zawartość skrobi po zbiorze (%) Starch content after harvest (%)
Delikat	I	25,62	17,28
	II	22,16	14,58
	III	20,50	14,85
	średnia — mean	22,76±2,61	15,57±1,48
Gracja	I	24,65	15,66
	II	24,03	16,41
	III	23,73	16,74
	średnia — mean	24,13±0,47	16,28±0,55
Innovator	I	25,29	17,55
	II	23,04	14,53
	III	22,67	14,85
	średnia — mean	23,66±1,41	15,64±1,65
Karatop	I	20,20	13,10
	II	17,58	11,18
	III	16,92	10,15
	średnia — mean	18,23±1,73	11,46±1,49
Andromeda	I	20,23	13,80
	II	19,46	12,44
	III	19,29	12,96
	średnia — mean	19,66±0,50	12,79±0,68
Asterix	I	22,87	15,52
	II	22,16	16,00
	III	20,50	16,02
	średnia — mean	22,83±1,21	15,84±0,28
Romula	I	26,80	17,15
	II	23,58	16,00
	III	23,54	15,85
	średnia — mean	24,64±1,87	16,33±0,71
Średnia z lat uprawy Mean of the years	I	23,67	15,72
	II	21,86	14,38
	III	21,29	14,43
SE±		1,24	0,76
NIR — LSD $\alpha = 0,05$			
Lata uprawy — Years		1,25	1,07
Odmiana — Cultivar		1,48	1,36

W czasie przechowywania głównymi czynnikami powodującymi zmiany w zawartości suchej masy i skrobi w bulwach są procesy fizjologiczne takie jak transpiracja i oddychanie oraz przebieg warunków termiczno-wilgotnościowych w przechowalni (Rastovski, 1981; Burton i in., 1992; Sowa-Niedziałkowski, 2002; Czerko i in., 2010). Wyżej wymienieni autorzy wykazali, że wraz ze wzrostem temperatury przechowywania wzrasta

intensywność transpiracji w wyniku czego wzrasta zawartość suchej masy w bulwach. Wzrost ten jest pozorny i związany z ubytkami naturalnymi (ubytek wody).

W badaniach własnych stwierdzono, że po 7 miesiącach składowania surowca zmiany zawartości suchej masy uzależnione były od temperatury przechowywania. Wykazano, że w niskiej temperaturze składowania wzrost suchej masy wynosił około 3%, natomiast w wyższej temperaturze (8°C) był dwukrotnie większy — 6%. W pracy wykazano, że największym przyrostem suchej masy cechowały się ziemniaki średnio wczesna odmiany Asterix, natomiast najmniejszym, niezależnie od temperatury i czasu przechowywania bulwy odmiany Andromeda (rys. 1).



Rys. 1. Pozorny przyrost suchej masy w badanych odmianach bulw ziemniaka po 7 miesiącach przechowywania w temperaturze 4 i 8°C (średnie wyniki z 3 lat badań)
Fig. 1. Relative dry matter increase in potato tubers after 7 months of storage at 4 and 8°C (mean of 3 years)

Zawartość suchej masy w ziemniakach jest ściśle skorelowana z zawartością skrobi. W związku z tym zmianom zawartości suchej masy towarzyszą zmiany skrobi. Badania wykazały, że ubytki skrobi zależały istotnie od odmiany, czasu i temperatury przechowywania.

Zaobserwowano, że 3 miesięczne przechowywanie bulw w temperaturze 4 i 8°C powodowało mniejsze straty składnika (0,6% w temperaturze 4°C i do 0,8% w temperaturze 8°C) niż 7 miesięczne (1,23% w temperaturze 4°C i 1,73% w wyższej temperaturze) (tab. 3). Podobne wyniki otrzymali Gąsiorowska i Makarewicz (2004), którzy wykazali, że przechowywanie bulw w wyższej temperaturze powodowało zwiększenie strat skrobi w bulwach o około 0,5%.

Zgórska i Frydecka-Mazurczyk (2000) obserwowały, że straty skrobi w bulwach ziemniaka są cechą odmianową i z reguły odmiany o wyższej zawartości skrobi i dłuższym okresie wegetacji wykazują większe jej straty w czasie przechowywania.

Tabela 3

Ubytki skrobi w bulwach badanych odmian ziemniaka w czasie przechowywania (średnie z trzech lat)
Losses of starch in potato tubers of tested cultivars during storage time (mean of 3 years)

Odmiana Cultivar	Ubytki skrobi w czasie przechowywania (%) Losses of starch during storage time (%)				Średnie ubytki skrobi (%) Mean losses of starch (%)	
	po 3 miesiącach w temperaturze after 3 months at temperature		po 7 miesiącach w temperaturze after 7 months at temperature			
	4°C	8°C	4°C	8°C	4°C	8°C
Delikat	0,89	0,63	1,20	1,82	1,04	1,22
Gracja	0,77	0,79	0,99	1,18	0,88	0,98
Innovator	0,56	0,65	1,06	2,29	0,81	1,47
Karatop	0,01	0,19	0,32	0,55	0,17	0,37
Andromeda	0,26	0,39	1,34	1,78	0,80	1,08
Asterix	0,21	0,67	1,67	2,03	0,94	1,35
Romula	1,50	2,12	2,01	2,48	1,75	2,30
Średnia termin × temperatura Mean date × temperature	0,60	0,78	1,23	1,73	0,91	1,25
NIR — LSD α = 0,05			0,34		0,27	
Średnia z czasu przechowywania Mean storage time	0,69		1,48			
NIR — LSD α = 0,05			0,21			

Podobne wyniki uzyskano w badaniach własnych — odmiana średnio wczesna Romula cechowała się największą zawartością skrobi po zbiorze i miała największe ubytki skrobi w bulwach po przechowywaniu. Natomiast odmiana wczesna Karatop, która cechowała się najmniejszą zawartością skrobi po zbiorze, wykazała najmniejsze ubytki w czasie przechowywania (tab. 3). Ziemniaki tej odmiany cechowały się najmniejszymi zmianami zawartości skrobi podczas przechowywania.

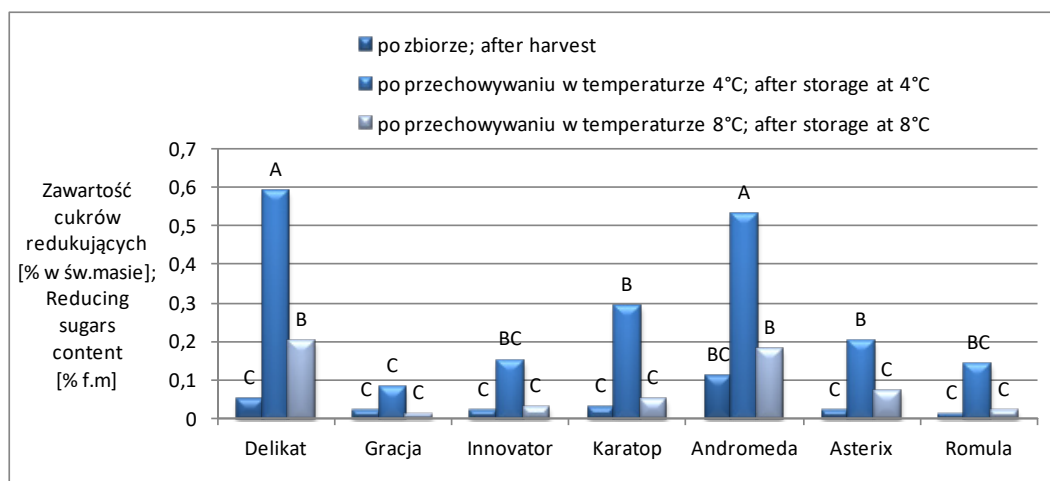
Jedną z ważniejszych cech określających jakość surowca do przerobu jest zawartość cukrów redukujących. Ich poziom w bulwach determinuje barwę produktów smażonych (Mackay i in., 1990; Claassen i in., 1993; Edwards i in., 2002; Grudzińska i Zgórska, 2008).

Wszystkie badane odmiany bezpośrednio po zbiorach cechowały się niskim poziomem cukrów redukujących (glukoza + fruktoza). Lata uprawy nie miały istotnego wpływu na zawartość tego składnika w bulwach większości odmian, ponieważ warunki atmosferyczne przed zbiorem oraz w czasie wegetacji bulw były korzystne.

W czasie przechowywania zawartość cukrów redukujących zmieniała się. Analiza wariancji wykazała istotny wpływ temperatury przechowywania oraz czynnika odmianowego na poziom tych związków w bulwach.

Badania wielu autorów (Linnemann i in., 1985; Richardson i in., 1990 b, Sowokinos, 2001; Nourian i in., 2003; Grudzińska i Zgórska, 2011) wykazały, że w czasie długotrwałego przechowywania ziemniaków w temperaturze 8°C zawartość cukrów redukujących w bulwach utrzymuje się na niskim poziomie.

Również w badaniach własnych zaobserwowano, że podobnie zachowywały się bulwy odmian Karatop, Innovator, Gracja, Asterix i Romula. Bulwy odmian Delikat i Andromeda przechowywane w tych samych warunkach cechowały się wyższą zawartością cukrów redukujących (rys. 2).



Rys. 2. Zawartość cukrów redukujących w bulwach badanych odmian ziemniaka po zbiorze oraz po 7 miesiącach przechowywania w temperaturze 4 i 8°C (średnie wyniki z 3 lat badań)

Fig. 2. Reducing sugar content in potato tubers after harvest and after 7 month storage at 4 and 8°C (mean of 3 years)

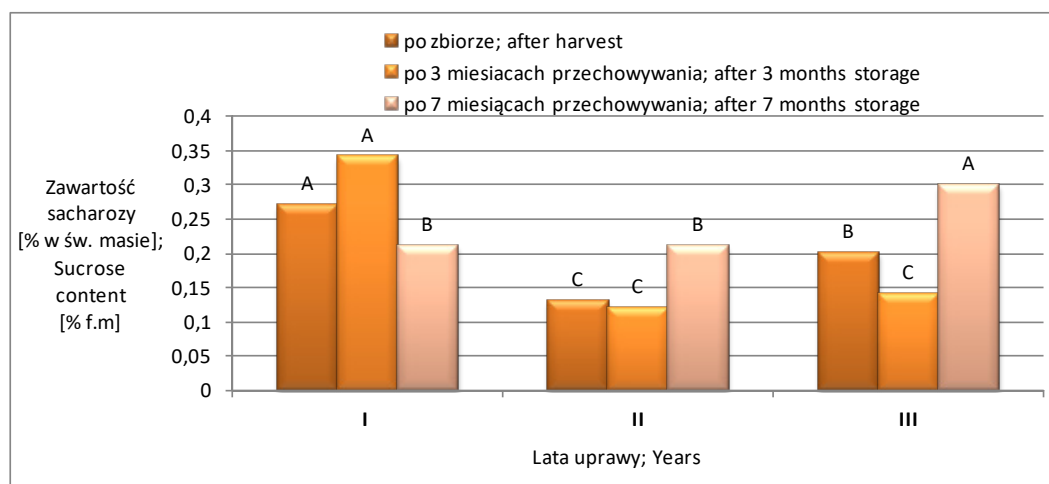
Przechowywanie bulw w temperaturze 4°C powodowało akumulację cukrów szczególnie w bulwach odmian Delikat i Andromeda (rys. 2). Wielu autorów m.in. Sherman i Erwing (1983), Richardson i in. (1990 a), Okeyo i Kushad (1995), Putz (2004) oraz Grudzińska i Zgórska (2011) stwierdziło, że proces tworzenia cukrów redukujących w bulwach przechowywanych w temperaturze 2–4°C przebiega znacznie intensywniej niż przechowywanie ich w temperaturze 8–10°C. Badania Claassen i in. (1993) dowodzą, że jest to nawet kilkukrotny wzrost cukrów prostych w bulwach. Potwierdzają to badania własne (rys. 2), w których obserwowano 3–4-krotny wzrost cukrów redukujących w ziemniakach w stosunku do ich zawartości po zbiorze.

Na szczególną uwagę zasługują bulwy odmiany Gracja, Innovator i Romula, w których po 7 miesiącach przechowywania w temperaturze 4 i 8°C obserwowano niską zawartość cukrów redukujących (odpowiednio Gracja poniżej 0,1%, Innovator i Romula ok. 0,18%) (rys. 2).

Odmiany cechujące się małą zawartością cukrów redukujących w bulwach po przechowywaniu w niskich temperaturach nazywane są w literaturze światowej „cold-storage”.

Zawartość sacharozy po zbiorze kształtowała się na podobnym poziomie w bulwach wszystkich odmian (różnice nieistotne). Warunki pogodowe w latach badań miały istotny wpływ na poziom zawartości tego składnika w bulwach badanych odmian (rys. 3). Największą zawartością sacharozy cechowały się bulwy ziemniaka zbierane w I sezonie wegetacyjnym. Było to związane z niską temperaturą w czasie zbioru oraz dużą ilością opadów. Takie warunki klimatyczne mogły spowodować wtórny wzrost bulw i późniejsze dojrzewanie. Pod koniec II sezonu wegetacyjnego obserwowano wysokie temperatury oraz

bardzo małą sumę opadów (współczynnik Selianinova 0,27), wszystkie badane odmiany cechowały się najmniejszą zawartością sacharozy w bulwach.



Rys. 3. Wpływ lat uprawy i czasu przechowywania na zawartość sacharozy w bulwach ziemniaka (średnie wyniki z 3 lat badań, 7 odmian)

Fig. 3. Influence of years and storage time on sucrose content in potato tubers (mean 3 years; 7 cultivars)

Temperatura składowania surowca nie miała istotnego wpływu na kształtowanie się zawartości sacharozy w bulwach. W sezonach przechowalniczych II i III po 7 miesiącach składowania surowca zaobserwowano zwiększenie zawartości sacharozy w bulwach, natomiast w I sezonie poziom omawianego składnika w bulwach był wyższy już po 3 miesięcznym przechowywaniu (rys. 3).

Badania Pritharda i in. (1992), Frydeckiej-Mazurczyk i Zgórskiej (1993) oraz Mioduszeńskiej (2001) wskazują, że zawartość sacharozy w bulwach uzależniona jest w głównej mierze od stanu fizjologicznego bulw ziemniaka oraz od czynnika odmianowego. Autorzy podają, że w bulwach niedojrzałych zawartość składnika jest wysoka i ulega obniżeniu podczas pierwszych miesięcy po zbiorze bulw. Linnemann i in. (1985) oraz Sowokinos i in. (2001) udowadniają, że dopiero w końcowym etapie przechowywania zawartość sacharozy w bulwach wzrasta. Wzrost ten jest wynikiem starzenia się bulw.

Jednym z ważniejszych parametrów charakteryzujących jakość produktów smażonych jest ich barwa. Wielu autorów (Brown i in., 1990; Gichohi i Pritchard, 1995; Copp i in., 2000; Edwards i in., 2002; Hebeisen i in., 2005; Grudzińska i Zgórska, 2008, 2011) stwierdza, że bezpośredni wpływ na barwę frytek i chipsów ma zawartość cukrów redukujących.

Niskie temperatury przechowywania (4°C) prowadzą do kumulacji glukozy i fruktozy w ziemniakach, co wpływa ujemnie na barwę frytek i chipsów. Takie spostrzeżenia obserwowano w badaniach własnych. Niskie temperatury przechowywania powodowały kumulację cukrów redukujących i w związku z tym uzyskano frytki i chipsy o nieodpo-

wiedniej barwie. Ziemniaki, które gromadziły w tej temperaturze przechowywania największe ilości cukrów redukujących to bulwy odmian Delikat, Karatop i Andromeda (rys. 3). Barwa frytek i chipsów wykonanych z tych odmian ziemniaka była nieodpowiednia.

Obserwowano, że bulwy trzech odmian wczesnych Gracja, Innovator i Romula w czasie długotrwałego przechowywania w temperaturze 4°C nie wykazały tendencji do nagromadzania cukrów redukujących (rys. 3). Barwa frytek i chipsów sporządzonych z tych odmian ziemniaka była jasna (tab. 4).

Tabela 4

Barwa frytek i chipsów sporządzonych z badanych odmian ziemniaka po zbiorze oraz po 7 miesiącach przechowywania w temperaturze 4 i 8°C (średnie wyniki z 3 lat badań)
Colour of French fries and chips made from potato tubers after harvest and after 7 months storage at 4 and 8°C (mean of 3 years)

Odmiany Cultivars	Barwa frytek — indeks koloru French fries colour — colour index			Barwa chipsów skala (1–9) Chips colour scale (1–9)		
	po zbiorze after harvest	po 7 miesiącach przechowywania bulw w temperaturze after 7 months storage at temperature		po zbiorze after harvest	po 7 miesiącach przechowywania bulw w temperaturze after 7 months storage at temperature	
		4°C	8°C		4°C	8°C
Delikat	2,2	3,7	2,3	6,3	5,3	6,1
Gracja	2,0	2,2	1,8	7,1	7,3	7,1
Innovator	2,7	2,2	1,0	7,0	6,8	6,5
Karatop	2,1	3,4	2,5	6,0	5,6	6,5
Andromeda	2,6	3,4	2,5	5,6	5,5	5,8
Asterix	1,9	2,9	1,6	6,3	5,1	6,3
Romula	2,2	2,7	1,9	5,8	5,6	6,8
Średnia Mean	2,2	2,9	1,9	6,3	5,8	6,4
NIR α 0,05		0,31			0,37	
LSD α 0.05						

WNIOSKI

1. Zmienność cech technologicznych odmian ziemniaka uzależniona jest od odmiany oraz warunków pogodowych podczas wegetacji.
2. Temperatura przechowywania 8°C wpływa istotnie na zmiany zawartości suchej masy i skrobi. Wykazano, że straty suchej masy i skrobi w ziemniakach przechowywanych przez 7 miesięcy w tej temperaturze są dwukrotnie większe niż w bulwach składowanych w temperaturze 4°C.
3. Składowanie surowca w temperaturze 4°C prowadziło do kumulacji cukrów redukujących w bulwach z wyjątkiem odmian Gracja, Innovator i Romula, które w niskiej temperaturze nie kumulowały tych związków. Można zaliczyć je do typu „cold storage”.
4. Jasną barwą, bez względu na temperaturę przechowywania bulw, cechowały się frytki sporządzone z odmiany Innovator i Romula oraz chipsy wykonane z bulw odmiany Gracja.

5. Ziemniaki odmiany Gracja cechowały się bardzo małą zmiennością parametrów technologicznych niezależnie od warunków atmosferycznych w czasie wegetacji oraz od warunków i czasu przechowywania.

LITERATURA

- Adler G. 1971. Kartoffeln und Kartoffeln Endzeugnisse. Paul Parey Verlag, Berlin, Hamburg: 13.
- Bolińska E., Trętowski J. 1998. Prognozowanie niektórych cech jakości bulw ziemniaka na podstawie przebiegu ich wzrostu i rozwoju. Zesz. Nauk. AR Szczecin, 69: 23 — 28.
- Brown J., Mackay G. R., Bain H., Griffith D. W., Allison M. J. 1990. The processing potential of tubers of the cultivated potato, *Solanum tuberosum* L., after storage at low temperatures. 2. Sugar concentration, Potato Res. 33: 219 — 227.
- Burton W. G., Van Es A., Hartmans K. J. 1992. The physics and physiology of storage. In: The potato crop. Ed. Harris P., Chapman and Hell. London. Second edition: 608 — 709.
- Claassen P. A. M., Budde M. A. W., Van Calker M. H. 1993. Increase in phosphorylase activity during cold — induced sugar accumulation in potato tubers. Potato Res. 36: 205 — 217.
- Copp L. J., Blenkinsop R. W., Yada R. Y., Marangoni A. G. 2000. The Relationship between respiration and chip color during long-term storage of potato tubers. Am. J. Potato Res. 77: 279 — 287.
- Czerko Z., Zgórska K., Grudzińska M. 2010. Czynniki ograniczające kiełkowanie ziemniaków podczas przechowywania. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 577: 243 — 252.
- Edwards Ch. G., Englar J. W., Brown Ch. R., Peterson J. C., Sorensen E. J. 2002. Changes in color and sugar content of yellow — fleshed potatoes stored at the different temperatures. Am. Potato Res. 79: 49 — 53.
- Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K. 1993. Biochemiczne wskaźniki określające stan fizjologiczny bulw ziemniaka. Biul. Inst. Ziem. 43: 147 — 159.
- Gawrońska H., Thornton M. K., Dwelle R. B. 1992. Influence of heat stress on dry matter production and photoassimilate partitioning by four potato clones. Am. Potato J. 69: 653 — 665.
- Gąsiorowska B., Makarewicz A. 2004. Wpływ terminu sprzętu ziemniaka i warunków przechowywania na skład chemiczny bulw. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 500: 455 — 464.
- Gichohi E. G., Pritchard M. K. 1995. Storage temperature and malefic hydrazine effects on sprouting, sugars, and fry color of shepody potatoes. Am. Potato J. 72: 737 — 747.
- Grudzińska M., Zgórska K. 2008. Wpływ zawartości cukrów w bulwach ziemniaka na barwę chipsów, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 5: 107 — 115.
- Grudzińska M., Zgórska K. 2010. Wpływ efektywności zabiegu rekondycjonowania wybranych odmian bulw ziemniaka na barwę frytek. Nauka, Przyn., Technol. 4: 1 — 17.
- Grudzińska M., Zgórska K. 2011. Wpływ zabiegu rekondycjonowania na zmniejszenie zawartości cukrów redukujących w bulwach badanych odmian ziemniaka. Biul. IHAR 259: 211 — 217.
- Hebeisen T., Ballmer T., Torche J. M., Reust W. 2005 a. Influence of storage temperature on acrylamide formation in hash browns. 16th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, July 17–22, Bilbao, Spain 2005: 909 — 912.
- Linnemann A. R., Van Es A., Hartmans K. J. 1985. Changes in the content of L-ascorbic acid, glucose, fructose, sucrose and total glycoalkaloids in potatoes (cv. Bintje) stored at 7, 16 and 28°C. Potato Res. 28: 271 — 278.
- Lisińska G. 2000. Czynniki surowcowe i technologiczne kształtujące jakość przetworów ziemniaczanych, Mat. Konf., I Konferencja Naukowa, 08–11 maja Polanica Zdrój 2000, „Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie”: 81 — 57.
- Mackay G. R., Brown J., Torrance C. J. W. 1990. The processing potential of tubers of the cultivated potato, *Solanum tuberosum* L., after storage at low temperature. 1. Fry colour. Potato Res. 33: 211 — 218.
- Mioduszevska H. 2001. Wpływ nadmiernego nawożenia azotem na zawartość sacharozy I aktywność inwertazy (β-D-fruktozydazy) w bulwach ziemniaka odmiany Tarpan, Zesz. Nauk. AR — Siedlce, 59: 27 — 33.

- Nourian F., Ramaswamy H. S., Kushalappa A. C. 2003. Kinetics of quality change associated with potatoes stored at different temperatures. *Lebensm. Wiss. u. Technol.* 36: 49 — 65.
- Okeyo J. A., Kushad M. M. 1995. Composition of four potato cultivars in relation to cold storage and reconditioning. *Hort Technology* 5: 250 — 253.
- Pęksa A. 1994. Wpływ warunków uprawowych i warunków przechowywania ziemniaka na skład chemiczny bulw i jakość otrzymanych z nich chipsów. Cz. II Wpływ temperatury i czasu przechowywania ziemniaka na skład chemiczny bulw i jakość otrzymanych z nich chipsów. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu*, 244: 9 — 28.
- Pritchard M.K., Adam L.R. 1992. Preconditioning and storage of chemically immature Russet Burbank and shepody potatoes, *Am. Potato J.* 69: 805 — 815.
- Putz B. 2004. Reduzierende Zucker in Kartoffeln, *Kartoffelbau* 5:188 — 192.
- Rastovski A. 1981. Storage losses. In: *Storage of potatoes*. Ed.: Rastovski A., van Es A., PUDOC, Wageningen, 169 — 172.
- Richardson D. L., Davies H. A., Mackay G. R. 1990 a. Inverts activity and its relation to hexose accumulation in potato tubers, *Journal of Experimental Botany* 41: 95 — 99
- Richardson D. L., Davies H. V., Ross H. A. 1990 b. Potato tuber sugar content during development and storage (10°C): possible predictors of storage potential and the role of sucrose in storage hexose accumulation, *Potato Res.* 33: 241 — 245.
- Sherman M., Erwing E. E. 1983. Small tuber studies of sugar accumulation in potatoes. *Am. Potato J.* 60: 321 — 327.
- Sowa-Niedziałkowska G. 2002. Wpływ naturalnych sposobów ograniczających intensywność przemian ilościowych w bulwach ziemniaka w czasie przechowywania. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 489: 355 — 363
- Sowokinos J. R. 2001. Biochemical and molecular control of cold induced sweetening in potatoes. *Am. J. Potato Res.* 78: 221 — 236.
- Talbur W. F., Smith O. 1967. *Potato processing*. AVI Publishing Company. Westport, Connecticut USA, 22—23: 262 — 339.
- Van Handell E. 1968. Direct microderetmination of sucrose, *Anal. Biochem.* 22: 280 — 283
- 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 — 248.

MAGDALENA GRUDZIŃSKA**KAZIMIERA ZGÓRSKA****ZBIGNIEW CZERKO**

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie

Zakład Przetwórstwa i Przechowywania Ziemniaka, Oddział w Jadwisinie

Wpływ inhibitorów wzrostu kielków na barwę frytek ziemniaczanych*

Effect of sprouting inhibitors on the colour of potato French fries

Celem pracy było określenie wpływu inhibitorów wzrostu kielków na barwę frytek ziemniaczanych. Badania prowadzono na dwóch odmianach ziemniaka Asterix i Jelly. Ziemniaki przechowywano w temperaturze 8°C bez stosowania inhibitorów kiełkowania (kontrola) oraz z zastosowaniem preparatu Talent R i CIPC. Badania prowadzono w pięciu terminach: po zbiorze (wrzesień) oraz w miesiącach styczeń, luty, marzec i kwiecień. W każdym terminie badań z ziemniaków wykonano frytki i oznaczano barwę w trzech punktach: część przystolonowa, rdzeń wewnętrzny i wierzchołek. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zastosowanie preparatu Talent R oraz CIPC nie wpływa na zróżnicowanie barwy frytek. Niezależnie od zastosowanego inhibitora oraz czasu przechowywania produkt otrzymany z bulw odmiany Asterix cechował się zbliżoną barwą.

Słowa kluczowe: barwa, frytki, inhibitory wzrostu kielków, przechowywanie, ziemniak

The aim of this study was estimation of the effect of sprouting inhibitor on the colour of French fries. The study was carried out on two potato cultivars Asterix and Jelly in five periods: after harvest (September) and in the months: January, February, March and April. Potatoes were stored at 8°C without sprouting inhibitors (control) and using Talent R and CIPC. The color of French fries was determined in three parts of product: stem-end, core and bud-end. On the basis of our research it was stated that the using of the Talent R and CIPC did not influence the discoloration of the French fries. Independently of the type of inhibitor and storage time, the product obtained from cultivar Asterix was similar in colour.

Key words: colour, french fries, potato, sprout inhibitors, storage

WSTĘP

Ziemniaki jadalne przeznaczone do przetwórstwa na produkty smażone nie mogą zawierać więcej niż 0,25% cukrów redukujących. Podczas smażenia cukry redukujące

* Praca naukowa wykonana ze środków MN i Sz.W jako projekt badawczy NN 312238935

(glukoza, fruktoza) wchodzi w reakcję z wolnymi aminokwasami (reakcja Maillarda), w wyniku której tworzą się związki o brunatnym zabarwieniu (Mazza, 1983; Cobb i in., 2000; Grudzińska, 2008) i powstają szkodliwe dla zdrowia akrylamidy (Hebeisen i in., 2006). Ciemne produkty są gorzkie, a ich barwa jest niepożądana, co dyskwalifikuje odmianę w przetwórstwie.

Przechowywanie bulw ziemniaka w niskich temperaturach (3–5°C) ogranicza procesy oddychania, transpiracji i kiełkowania, ale prowadzi do akumulacji cukrów redukujących (Rastowski, Van Es, 1981; Zgórska, Czerko, 2006; Sowokinos, 2007; Grudzińska, Zgórska, 2010, 2011).

W praktyce ziemniaki do produkcji frytek przechowywane są w temperaturze 6–8°C. W tym zakresie temperatur akumulacja glukozy i fruktozy jest ograniczona, ale wzmożone są procesy fizjologiczne co w konsekwencji prowadzi do przedwczesnego starzenia się bulw (Sowa-Niedziałkowska, 2005; Czerko i in., 2010). W celu ograniczenia tych zmian stosowane są chemiczne środki hamujące te procesy. Najpopularniejszym chemicznym środkiem, który zapobiega kiełkowaniu jest stosowany od blisko 50 lat chlorprofam. W większości krajów europejskich wykorzystanie tego inhibitora w przechowalniach ziemniaka jadalnego jest niedozwolone, a w przechowalniach ziemniaków przeznaczonych na przetwory spożywcze ograniczone (Kleinkopf i in., 2003). W związku z tym na całym świecie od kilkunastu lat trwają nieustanne badania nad zastąpieniem tego środka innymi, takimi jak np. etylen, dwutlenek węgla, 1–4 dimetylonaftalen, ozon, 1-metylocyklopropylen (Coleman, 1998; Prange i in., 1998; Daniels-Lake i in., 1996; Lewis i in., 1997; Kalt i in., 1999; Caldiz i in., 2001). Wyniki badań są różne. Większość z tych inhibitorów ogranicza kiełkowanie bulw, ale prowadzi do kumulacji cukrów redukujących, co w rezultacie daje produkty smażone o ciemnej, niepożądanej barwie.

Alternatywą mogą być naturalne ekstrakty z roślin w postaci olejków z kopru, kminku, mięty pieprzowej i goździków, które nie prowadzą do kumulacji cukrów prostych, ograniczają kiełkowanie (Hartmans i in., 1995; Kalt i in., 1999; Kleinkopf i in., 2003; Czerko i in., 2010; Teper-Bamnolker i in., 2010) i mogą być stosowane w przetwórstwie i przechowalnictwie ekologicznym.

Hartmans (1995) w jednej ze swoich prac podkreślił, że naturalne inhibitory wzrostu kiełków, takie jak np. Talent R (substancja czynna- S-carvone) nie dają jednoznacznie pozytywnych i negatywnych efektów, które mogłyby wpłynąć na jakość produktów smażonych. Dlatego ważne i niezbędne jest prowadzenie dalszych badań, które mogłyby jednoznacznie wskazać wpływ naturalnych inhibitorów wzrostu kiełków na barwę produktu smażonego.

Celem pracy było określenie wpływu inhibitorów wzrostu kiełków na jednolitość barwy frytek ziemniaczanych.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin —PIB, Oddział w Jadwisinie w latach 2009–2011. Materiałem doświadczalnym były dwie odmiany ziemniaka jadalnego Asterix i Jelly. Uprawiano je na polu doświadczalnym IHAR Oddział

w Jadwisinie. W okresie wegetacji przeprowadzono takie same zabiegi agrotechniczne jakie stosuje się na plantacjach produkcyjnych. Bezpośrednio po zbiorze (III dekada września) bulwy umieszczono w doświadczalnej przechowalni w następujących warunkach:

- w okresie przygotowawczym przez pierwsze dwa tygodnie po zbiorze utrzymywano temperaturę 15°C, przy wilgotności względnej 90–95%;
 - w ciągu następnych dwóch tygodni temperaturę stopniowo obniżano do temperatury 8°C, zachowując taką samą wilgotność.
- Zastosowano następujące kombinacje:
- ziemniaki przechowywano w temperaturze 8°C, nie zaprawiano inhibitorem wzrostu kielków — obiekt kontrolny,
 - ziemniaki przechowywano w temperaturze 8°C i zaprawiano inhibitorem chemicznym CIPC (preparat Luxan Gro Stop 01DP) w dawce 2 kg/t),
 - ziemniaki przechowywano w temperaturze 8°C i zaprawiano inhibitorem roślinnym Talent R w dawce 3,5 ml/100 kg bulw w terminach co 7 dni od momentu rozbudzenia bulw.

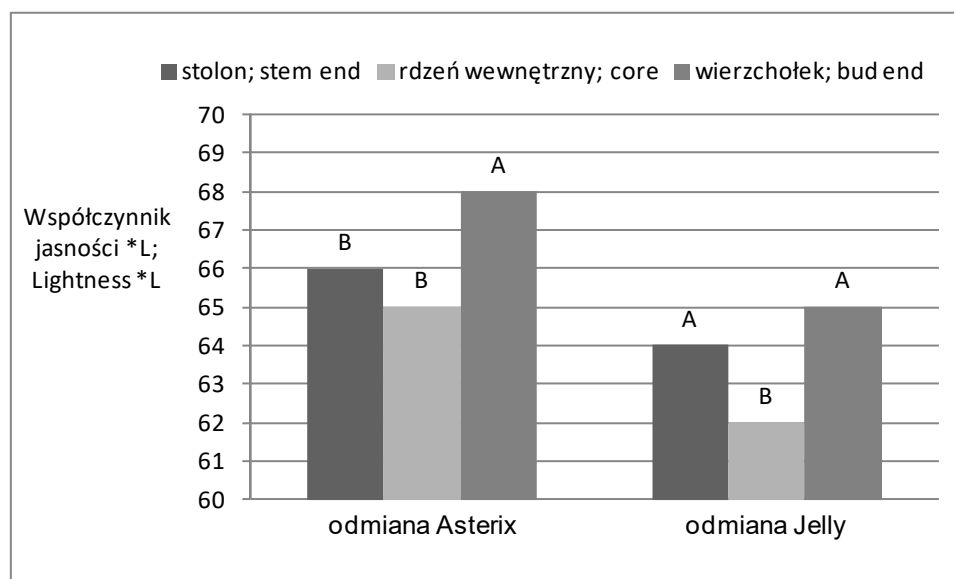
Badania prowadzono po zbiorze oraz w miesiącach: styczniu, lutym, marcu i kwietniu. Ziemniaki obu odmian rozpoczęły kielkowanie w miesiącu styczniu. W związku z tym badania prowadzono od stycznia. Z każdego terminu badań i kombinacji pobierano po 5 kg bulw każdej odmiany ziemniaka i sporządzano frytki.

Sposób przygotowania frytek: bulwy ziemniaka myto, obierano, krojono w słupki o wymiarach 10×10 mm. Krajankę dokładnie myto, odwirowano w wirówce, a następnie smażyono w oleju rzepakowym przez 5 minut w temperaturze 155–160°C w profesjonalnej frytkownicy „Valentine” o pojemności 7 litrów oleju. Po ochłodzeniu frytki zamrażano w temperaturze -20°C. Po około 14 dniach frytki odsmażano w temperaturze 175°C. We frytkach gotowych do spożycia oceniano barwę przy użyciu Chroma Metru Minolta CR-300 w trzech punktach: części przystolonowej, rdzenia wewnętrznego i części wierzchołkowej.

Istotność wpływu badanych czynników na analizowane cechy określono przy użyciu analizy wariancji trzyczynnikowej ANOVA. Do testowania różnic między wartościami średnimi przy poziomie istotności $p < 0,05$ wykorzystano test Tukeya, a do obliczenia najmniejszej istotnej różnicy NIR stosowano test t-Studenta.

WYNIKI I DYSKUSJA

Badania wykazały istotne zróżnicowanie barwy frytek otrzymanych z bulw odmian Asterix i Jelly (rys. 1). Najjaśniejszą częścią produktu była część wierzchołkowa, natomiast najciemniejszą rdzeń wewnętrzny. Pritchard i Scanlon (1997), Kazunori i in. (2003) oraz Grudzińska i Zgórska (2008) przebarwienia produktu smażonego tłumaczą nierównomiernym rozłożeniem cukrów redukujących w bulwach. Autorzy ci stwierdzili, że najwięcej cukrów prostych (glukoza+fruktoza) znajduje się w części przystolonowej i w rdzeniu wewnętrznym, dlatego te części frytek są ciemniejsze niż część wierzchołkowa.

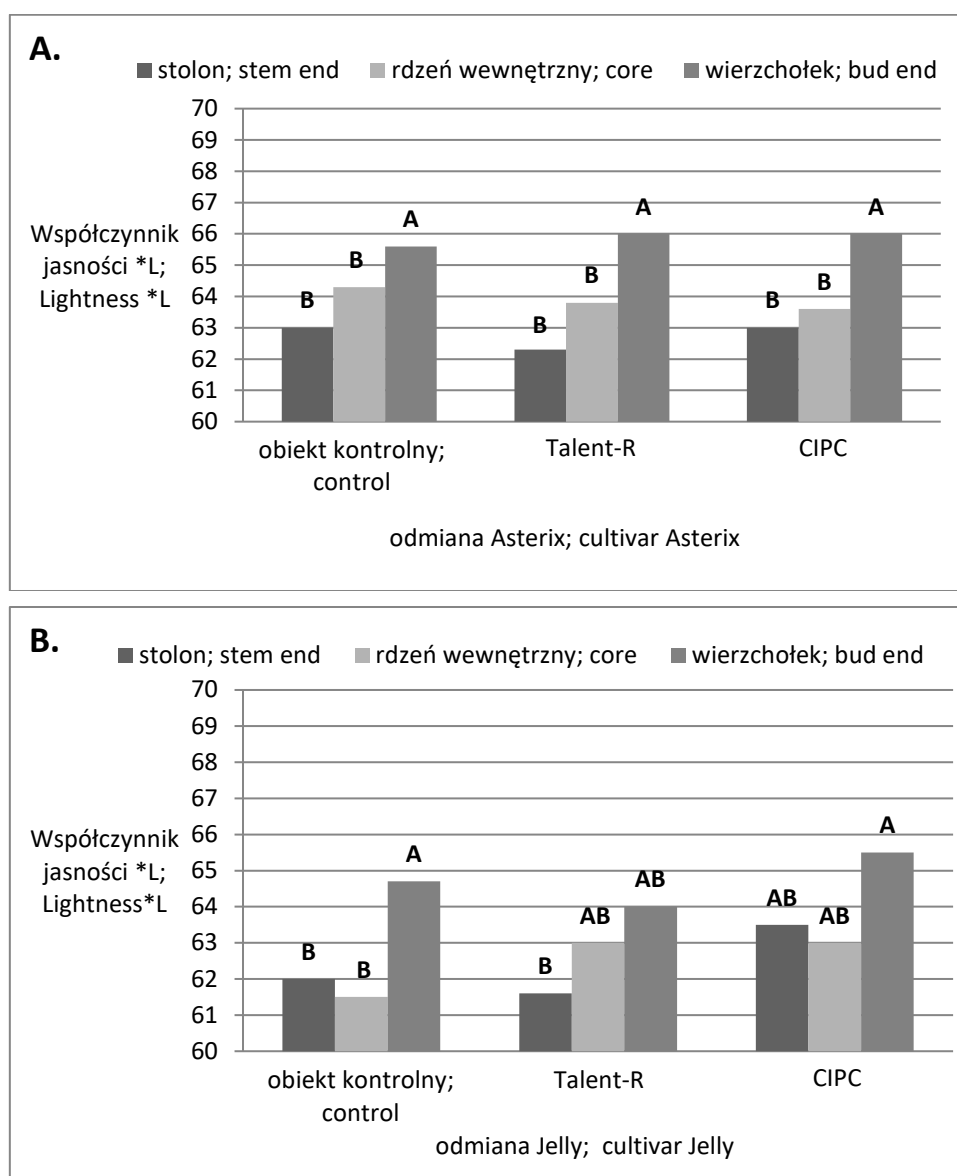


Rys. 1. Jednolitość barwy frytek otrzymanych z bulw odmian Asterix i Jelly bezpośrednio po zbiorze (średnia z dwóch lat badań)

Fig. 1. Evenness of colour of French fries made of tubers of two potato cultivars Asterix and Jelly after harvest (average of results from two years)

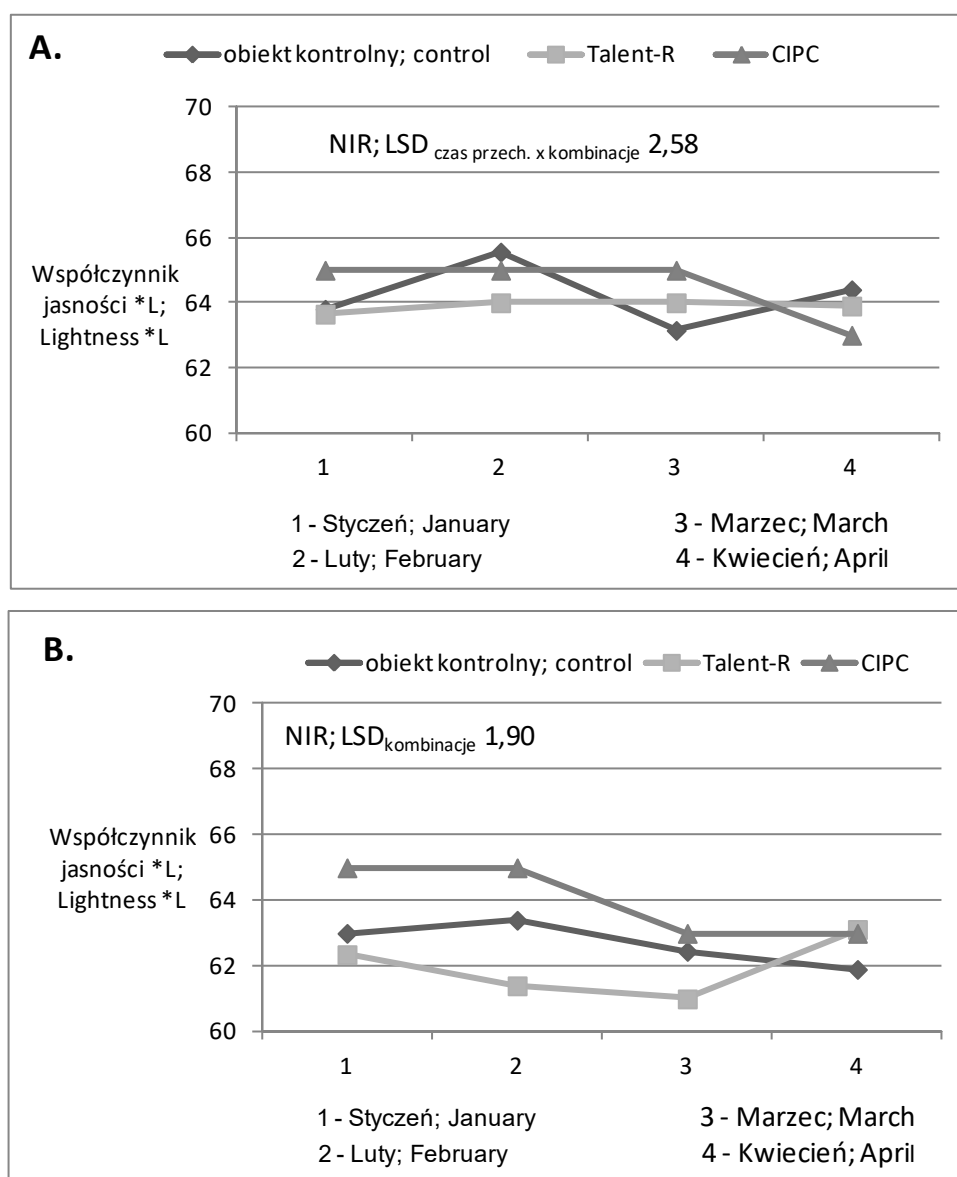
Zastosowanie inhibitorów wzrostu kielków zarówno naturalnego, jak i chemicznego nie wpłynęło w istotny sposób na zróżnicowanie barwy frytek wykonanych z bulw odmian Asterix i Jelly (rys. 2 A i B). Niezależnie od odmiany i zastosowanego inhibitora kielkowania najjaśniejszą częścią frytek była część wierzchołkowa, a ciemniejszą część przystolonowa i rdzenia wewnętrznego.

Barwa frytek otrzymanych z ziemniaków odmiany Asterix i Jelly przechowywanych w temperaturze 8°C bez zastosowania inhibitora wzrostu kielków (obiekt kontrolny) oraz z ich zastosowaniem w czasie przechowywania była odpowiednia (współczynnik jasności *L powyżej 60) — rys. 2. Podobne wyniki otrzymali Hartmans i in. (1995), Kalt i in. (1999) oraz Elbashir i in. (2011). Barwa produktów smażonych pochodzących z ziemniaków przechowywanych kilka miesięcy w temperaturze 8–9°C z zastosowaniem inhibitorów wzrostu kielków (substancja czynna (S) lub (L) carvone oraz chlorprofam) była odpowiednia. Kalt i in. (1999) nie wykazali istotnych różnic między barwą frytek wykonanych z ziemniaków zaprawianych substancją chlorprofam i s-carvone (odmiana Russet Burbank) przechowywanych przez 25 tygodni. Takie prawidłowości w doświadczeniu zauważono we frytkach wykonanych z odmiany Asterix (rys. 2 A). Przez cały okres przechowywania bulw z zastosowaniem inhibitorów wzrostu kielków, współczynnik jasności (*L) barwy frytek z odmiany Asterix kształtował się na tym samym poziomie (od 63 do 65). Odmienne wyniki uzyskano z bulw odmiany Jelly (rys. 2 B). Czas przechowywania oraz zastosowany inhibitor istotnie wpłynął na barwę frytek.



Rys. 2. Zróżnicowanie barwy frytek otrzymanych z bulw odmian Asterix (A) oraz Jelly (B) przechowywanych w temperaturze 8°C bez zaprawiania inhibitorami kiełkowania (kontrola) oraz zaprawianych preparatem Talent R i CIPC (średnia z dwóch lat badań)

Fig. 2. Variation in colour of French fries made of potato cultivars Asterix (A) and Jelly (B) stored at 8°C without sprout inhibitor treatments (control) and with Talent R and CIPC treatments (average of results from two years)



Rys. 3. Barwa frytek wykonanych z bulw odmian Asterix (A) i Jelly (B) przechowywanych w miesiącach styczeń, luty, marzec i kwiecień w temperaturze 8°C bez zaprawiania inhibitorami kiełkowania (obekt kontrolny) oraz zaprawianych preparatem Talent R i CIPC (średnia z dwóch lat badań)

Fig. 3. Colour of French fries made of potato cultivars Asterix (A) and Jelly (B) stored in January, February, March and April at 8°C without sprout inhibitor treatments (control) and with Talent R and CIPC treatments (average of results from two years)

Barwa frytek z ziemniaków zaprawianych CIPC od stycznia do marca była istotnie jaśniejsza, niż frytek zrobionych z bulw zaprawianych preparatem Talent-R (rys. 3A i B). Podobne wyniki otrzymali Elbashir i in. (2011), którzy wykazali, że współczynnik jasności barwy frytek z ziemniaków odmiany Diamant był na tym samym poziomie niezależnie od zastosowanego inhibitora kiełkowania oraz czasu przechowywania, natomiast frytek otrzymanych z bulw odmiany Sinora różnił się istotnie.

Zaobserwowano, że barwa produktu smażonego pochodzącego z ziemniaków przechowywanych w marcu i zaprawianych inhibitorem naturalnym jest istotnie ciemniejsza, niż z tych samych bulw (odmiana i kombinacja) w kwietniu. Takie zmiany barwy frytek z ziemniaków przechowywanych w miesiącach wiosennych (marzec, kwiecień) podyktowane są wzmożonymi procesami fizjologicznymi bulw, w tym przypadku procesem oddychania. Glukoza, która jest substratem reakcji Maillarda jest także substratem procesu oddychania. Copp i in. (2000) wykazali istotną współzależność ($r = 0,94$) między barwą produktu smażonego a współczynnikiem procesu oddychania bulw, przechowywanych w miesiącach marzec, kwiecień i zaprawianych inhibitorami wzrostu kiełków. Autorzy podkreślają, że korelacja pomiędzy tymi cechami zależy od odmiany.

WNIOSKI

1. Zastosowanie naturalnego i chemicznego inhibitora wzrostu kiełków nie wpłynęło istotnie na zróżnicowanie barwy frytek w porównaniu do bulw zebranych z obiektu kontrolnego.
2. Stwierdzono, że wpływ naturalnego inhibitora wzrostu kiełków na barwę frytek jest cechą odmianową.
3. Niezależnie od zastosowanego inhibitora wzrostu kiełków oraz czasu przechowywania bulw ziemniaka, produkt otrzymany z odmiany Asterix cechował się odpowiednią barwą.

LITERATURA

- Caldiz D. O, FernAndez L. V., Inchausti M. H. 2001. Maleic hydrazide effects on tuber yield, sprouting characteristics, and French fry processing quality in various potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars grown under Argentinean conditions. *Amer. J. Potato Res.* 78: 119 — 128.
- Coleman W. K. 1998. Carbon dioxide, oxygen and ethylene effects on potato tuber dormancy release and sprout growth. *Ann. Bot.* 82: 21 — 27.
- Copp L. J, Blenkinsop R. W, Yada R. Y, Marangoni A.G. 2000. The relationship between respiration and chip color during long-term storage of potato tubers. *Am. J. Potato Res.* 77: 279 — 287.
- Czerko Z., Zgórska K., Grudzińska M. 2010. Czynniki ograniczające kiełkowanie ziemniaków podczas przechowywania. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 577: 243 — 252.
- Daniels-Lake B., Prange R., Kalt W., Liew C., Walsh J., Coffin R. 1996. The effect of ozone and 1,8-cineole on sprouting, fry color and sugar of stored Russet Burbank potatoes. *Am. Potato J.* 73: 469 — 481.
- ELbashir H. A., Ahmed A. H., Yousif K. S. 2011. Effect of spearmint oil on sprouting and processing quality of Diamant and Sinora potato varieties. *Cur. Res. J. of Biol. Sci.* 3: 530 — 534.
- Grudzińska M., Zgórska K. 2008. Wpływ zawartości cukrów w bulwach ziemniaka na barwę chipsów. *Żyw. Nauka. Technol. Jakość* 5: 107 — 115.

- Grudzińska M. 2008. Wpływ warunków przechowywania ziemniaka na jednolitość barwy frytek. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 530: 335 — 342.
- Grudzińska M., Zgórska K. 2010. Wpływ efektywności zabiegu rekondycjonowania wybranych odmian bulw ziemniaka na barwę frytek. Nauka, Przyr. Technol. 4: 1 — 17.
- Grudzińska M., Zgórska K. 2011. Wpływ zabiegu rekondycjonowania na zmniejszenie zawartości cukrów redukujących w bulwach badanych odmian ziemniaka. Biul. IHAR 259: 211 — 217.
- Hartmans K. J., Diepenhorst P., Bakker W., Gorris L. G. M. 1995. The use of carvone in agriculture: sprout suppression of potatoes and antifungal activity against potato tuber and other plant diseases. Industrial Crops and Products 4: 3 — 13.
- Hebeisen T., Ballmer T., Guthapfel N., Torche J.M., Reust W. 2005. Suitable potato varieties reduce acrylamide formation in processed products and dishes, 16th Triennial Conference of the European Association for Potato Research. July 17–22, Bilbao, Spain 2005: 496 — 500.
- Kalt W., Prange R. K., Daniels-Lake B. J. 1999. Alternative compounds for the maintenance of processing quality of stored potatoes (*Solanum tuberosum*). J. of Food Proc. Preservation, 23: 71 — 81.
- Kazunori H., Ken-Ichi K., Mochihumi M., Hiroshi K. 2003. Sugar and starch contents of processing potatoes during reconditioning. Food Preservation Sci. 29: 95 — 100.
- Kleinkopf G. E., Oberg N. A., Olsen N. L. 2003. Sprout inhibition in storage: Current status, new chemistries and natural compounds, Amer. J. of Potato Res., 80: 317 — 327.
- Lewis M. D., Kleinkopf G. E., Shetty K. K. 1997. Dimethylnaphthalene and diisopropylnaphthalene for sprout control in storage: 1. application methodology and efficacy. Am. Potato J. 74:183 — 197.
- Mazza G. 1983. Correlations between quality parameters of potatoes during growth and long-term storage. Am. Potato J. 60: 145 — 159.
- Prange R., Kalt W., Daniels-Lake B., Liew C., Walsh J., Dean P., Coffin R., Page R. 1998. Using ethylene as a sprout control-agent in stored “Russet Burbank” potatoes. J. Am. Soc. Hort. Sci. 123: 463 — 469.
- Pritchard M. K., Scanlon M. G. 1997. Mapping dry matter and sugar in potato tubers for prediction of whole tuber process quality. Can. J. Plant Sci.: 461 — 477.
- Rastovski A., Van Es A. 1981. Storage of potatoes. Pudoc. Wageningen: 82 — 98.
- Sowokinos J. R. 2007. The canon of potato science: carbohydrate metabolism. Potato Res. 50: 367 — 370.
- Sowa-Niedziałkowska G., Zgórska K. 2006. Wpływ czynnika termicznego i odmianowego na zmiany ilościowe w czasie długotrwałego przechowywania bulw ziemniaka. Pam. Puł. 139: 233 — 243.
- Teper-Bamnolker P., Dudai N., Fischer R., Belausov E., Zemach H., Shoseyov O., Eshel D. 2010. Mint essential oil can induce or inhibit potato sprouting by differential alteration of apical meristem. Planta 232: 179 — 186.
- Zgórska K., Czerko Z. 2006. Rekondycjonowanie bulw przechowywanych w niskich temperaturach — metodą ograniczającą zawartość cukrów redukujących w bulwach ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 511: 547 — 556.

AGNIESZKA KOSEWSKA¹KATARZYNA NIJAK²¹ Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie² Instytut Ochrony Roślin — Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu

Analiza struktur zgrupowań biegaczowatych (Col., Carabidae) w integrowanej i ekologicznej uprawie ziemniaka Komunikat

Structure analysis of carabid beetles (Col., Carabidae) assemblages in integrated and organic potato management Short communication

Badania dotyczyły ubocznego wpływu chemicznej ochrony w integrowanej produkcji ziemniaka na faunę epigeicznych biegaczowatych (Coleoptera, Carabidae), które są potencjalnymi wrogami szkodników roślin. Badania prowadzono w Winnej Górze koło Środy Wielkopolskiej w okresie od 19 maja do 8 września 2008 roku. Do badań wybrano dwie uprawy ziemniaka: ekologiczną i integrowaną, na każdej z nich założono po 10 pułapek Barbera. Ogółem odłowiono 2889 osobników Carabidae należących do 32 gatunków. Najliczniej na badanych polach ziemniaka występował *Harpalus rufipes* (ok. 50%). W badanych uprawach nie zaobserwowano znaczącego negatywnego wpływu stosowania środków ochrony roślin na zgrupowania pożytecznych biegaczowatych.

Słowa kluczowe: biegaczowate, ochrona chemiczna, uprawy ziemniaka

Epigeic carabid beetles are potential enemies of plant pests. In this study, indirect influence of chemical protection in integrated potato management on carabids was investigated. Obtained result was compared with an organic field. The study was conducted in Winna Góra near Środa Wielkopolska from 19. May to 8. September 2008. Two potato fields were selected: one with organic and one with integrated-management cultivation system. Ten Barber traps were placed on each field. In total, 2.889 specimens representing 32 species (Carabidae family) were captured. *Harpalus rufipes* was the dominating species (approx. 50%). No significant negative impact on beneficial ground beetles assemblages of pesticides was found.

Key words: carabid beetles, chemical protection, potato crops

WSTĘP

Ekologiczne plantacje ziemniaków są narażone na masowe występowanie szkodników powodujących znaczne straty ekonomiczne i pogorszenie jakości plonu (Kowalska, Kühne,

2010). Elementem wpływającym korzystnie na wzrost plonów jest stosowanie różnego typu zabiegów chemicznych (Jaworska, 2006). Jednakże wszyscy zdajemy sobie sprawę z ubocznych skutków stosowania chemicznych środków ochrony roślin, szczególnie na entomofaunę pożyteczną występującą na polach (Kromp, 1990; Pałosz, 1996; Jaworska, 1997; Jaworska, 2001; Clark, 1999; Birkhofer i in., 2008; Kosewska i in., 2009), dlatego zagadnienie to jest stale aktualne i ciągle badane. Postęp w dziedzinie środków ochrony roślin, wyrażający się między innymi w rosnącej ich selektywności, szybszym tempie degradacji, jak również rozszerzanie integrowanych programów ochrony upraw, zmieniają jedynie skalę zjawiska.

Jedną z ważniejszych grup zwierząt w agroekosystemie są chrząszcze z rodziny biegaczowatych, gdyż będąc nie wyspecjalizowanymi drapieżcami spełniają ważną rolę jako naturalni wrogowie szkodników roślinnych (Thiele, 1977). Celem pracy było poznanie i porównanie struktur zgrupowań biegaczowatych (Coleoptera, Carabidae) w uprawie ekologicznej i integrowanej ziemniaka, a w szczególności charakterystyka: składu ilościowo-jakościowego, struktury dominacji oraz dynamiki sezonowej Carabidae. Podjęto próbę sprawdzenia ubocznego oddziaływania chemicznych środków ochrony roślin, stosowanych w uprawach integrowanych ziemniaka na pożyteczną karabidofaunę naziemną.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono na objętych 4-letnim cyklem płodozmianowym doświadczalnych polach produkcyjnych w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym IOR — PIB w Winnej Górze k. Środy Wielkopolskiej. Doświadczenie składało się z pola kontrolnego ziemniaków, dla których przyjęto zasadę niestosowania środków ochrony roślin oraz pola chronionego, na którym przewidziano zgodny z zaleceniami integrowanej produkcji program ochrony roślin. W okresie badań zastosowano czterokrotnie herbicydy i raz insektycyd w okresie od 28.05 do 23.06.2008. Szczegółowy wykaz zabiegów znajduje się w pracy Nijak (2009). Na każdym polu założono po 10 zmodyfikowanych pułapek Barbera, do których odławiano chrząszcze z rodziny biegaczowatych. Pułapki stanowiły plastikowe pojemniki o pojemności 400 ml, wkopane w glebę i wypełnione w 1/3 pojemności środkiem konserwującym, jakim był glikol etylenowy. Opróżniano je co 10–14 dni w okresie wegetacji ziemniaków.

Zebrany materiał przeanalizowano pod względem składu gatunkowego, liczebności, dynamiki sezonowej oraz struktury dominacji. Przyjęto następujące klasy dominacji: eudominanty (>10% osobników zgrupowania), dominanty (5,1–10%), subdominanty (2,1–5%), recedenty (1,1–2%), subrecedenty (<1) (Górny, Grüm, 1981). Przy opracowaniu wyników posłużono się wskaźnikami ogólnej różnorodności gatunkowej Shannona H' (Log Base 2,718), oraz równomierności Pielou (J'). Do stwierdzenia różnic między średnimi zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA). W celu określenia wpływu na skład gatunkowy Carabidae zmiennych środowiskowych, jakimi było stosowanie środków ochrony roślin (herbicydów i insektycydów) zastosowano analizę redundancji RDA (Ter Braak i Milauer, 1998). Metodę RDA wybrano na podstawie analizy

rozkładu danych (DCA), który miał charakter liniowy (długość gradientu 0,85). Obliczenia statystyczne i ich graficzną interpretację wykonano przy użyciu programów Statistica 10 i Canoco 4.5.

WYNIKI

W wyniku przeprowadzonych badań w uprawie ziemniaka odłowiono łącznie 2889 osobników Carabidae należących do 32 gatunków. Zaobserwowano statystycznie istotne różnice w liczbie odłowionych biegaczowatych na polu ekologicznym i integrowanym ($F = 8,18$; $p = 0,01$). W uprawie ekologicznej odłowiono aż 1788 osobników, podczas gdy w uprawie integrowanej było ich 1101 (tab. 1).

Tabela 1

Skład gatunkowy i liczba Carabidae odłowionych w badanych uprawach ziemniaka
Species composition and number of individuals Carabidae caught in the studied potato fields

Gatunek Species	Skrót Abbreviation	Uprawa ziemniaka — Potato crop	
		integrowana — integrated	ekologiczna — organic
<i>Amara bifrons</i> (Gyllenhal, 1810)	A_bif	1	3
<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppidan, 1763)	Anc_dor	1	0
<i>Bembidion femoratum</i> Sturm, 1825	Be_fem	1	3
<i>Bembidion lampros</i> (Herbst, 1784)	Be_lam	25	8
<i>Bembidion properans</i> (Stephens, 1828)	Be_pro	28	32
<i>Bembidion quadrimaculatum</i> (Linnaeus, 1761)	Be_quma	17	7
<i>Bembidion tetracolum</i> Say, 1823	Be_tet	27	16
<i>Brosicus cephalotes</i> (Linnaeus, 1758)	Br_cep	2	0
<i>Calathus ambiguus</i> (Paykull, 1790)	Cal_amb	206	384
<i>Calathus cinctus</i> Motschulsky, 1850	Cal_cin	25	55
<i>Calathus erratus</i> (Sahlberg, 1827)	Cal_err	2	0
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze, 1777)	Cal_fus	25	34
<i>Calathus halensis</i> (Schaller, 1783)	Cal_hal	2	6
<i>Calathus melanocephalus</i> (Linnaeus, 1758)	Cal_mel	18	36
<i>Calosoma auropunctatum</i> (Herbst, 1784)	Calo_aur	0	1
<i>Cicindela hybrida</i> Linnaeus, 1758	Ci_hyb	2	0
<i>Clivina fossor</i> (Linnaeus, 1758)	Cl_fos	1	1
<i>Curtonotus aulicus</i> (Panzer, 1797)	Cur_aul	0	3
<i>Harpalus affinis</i> (Schränk, 1781)	Har_aff	11	39
<i>Harpalus autumnalis</i> (Duftschmid, 1812)	Har_aut	0	2
<i>Harpalus griseus</i> (Duftschmid, 1812)	Har_gri	18	34
<i>Harpalus rubripes</i> (Duftschmid, 1812)	Har_rub	0	3
<i>Harpalus rufipes</i> (De Geer, 1774)	Har_ruf	511	970
<i>Harpalus smaragdinus</i> (Duftschmid, 1812)	Har_smar	2	4
<i>Harpalus tardus</i> (Panzer, 1797)	Har_tar	4	7
<i>Microlestes minutulus</i> (Goeze, 1777)	Mic_min	4	1
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus, 1758)	Poe_cup	31	10
<i>Poecilus lepidus</i> (Leske, 1785)	Poe_lep	4	0
<i>Poecilus versicolor</i> (Sturm, 1824)	Poe_vers	3	0
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger, 1798)	Pt_mel	73	79
<i>Trechus quadristriatus</i> (Schränk, 1781)	Tr_quad	42	45
<i>Zabrus tenebrioides</i> (Goeze, 1777)	Zab_ten	15	5
Liczba osobników — Total Individuals		1101	1788
Liczba gatunków — Total Species		28	26
Błąd standardowy — Standard Error		16,755	31,854
Różnorodność H' — Diversity Shannon H' Log Base 2,718		1,981	1,636
Równomierność Pielou — Evenness J'		0,594	0,502

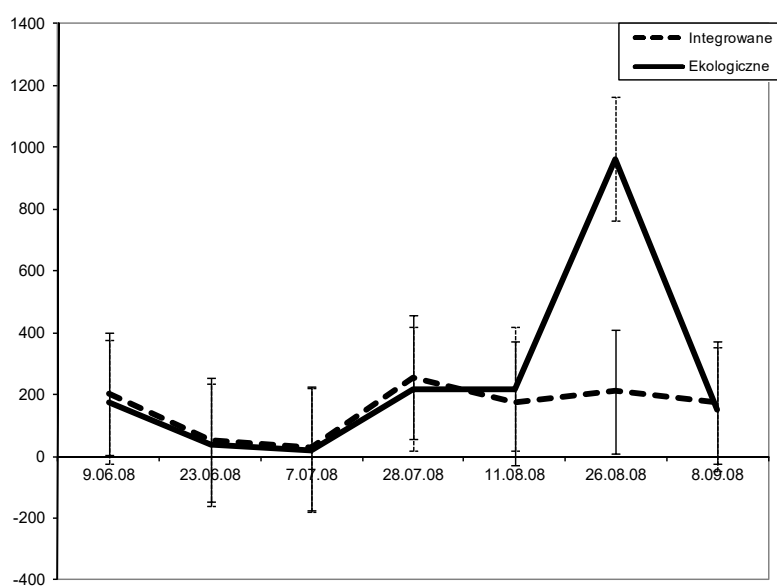
Liczba odnotowanych gatunków Carabidae była podobna na obydwu polach (28 gatunków na polu z uprawą integrowaną, 26 na polu ekologicznym), różnice te nie były statystycznie istotne. Indeks różnorodności gatunkowej Shannona (H') kształtował się na poziomie 1,98 w uprawie integrowanej i 1,64 w uprawie ekologicznej. Stwierdzono statystycznie istotne różnice w średnich wartościach H' ($F = 8,30$; $p = 0,01$), podobnie jak w przypadku wskaźnika równomierności Pielou ($F = 6,95$; $p = 0,017$). Powyższe wskaźniki wykazują tendencję wzrostową w zgrupowaniach mało liczebnych, ale o stosunkowo wysokiej liczbie gatunków, co miało miejsce w przypadku uprawy integrowanej. W przeprowadzonych badaniach gatunkiem, który uzyskał miano superdominanta, zarówno w uprawie ekologicznej jak i w integrowanej był *Harpalus rufipes*, stanowiąc około 50% badanych zgrupowań (tab. 2). Drugim gatunkiem, którego udział w zgrupowaniach wynosił ok. 20% był *Calathus ambiguus*. Pozostałe grupy dominacyjne osiągnęły niewielkie udziały w całości zbioru.

Tabela 2

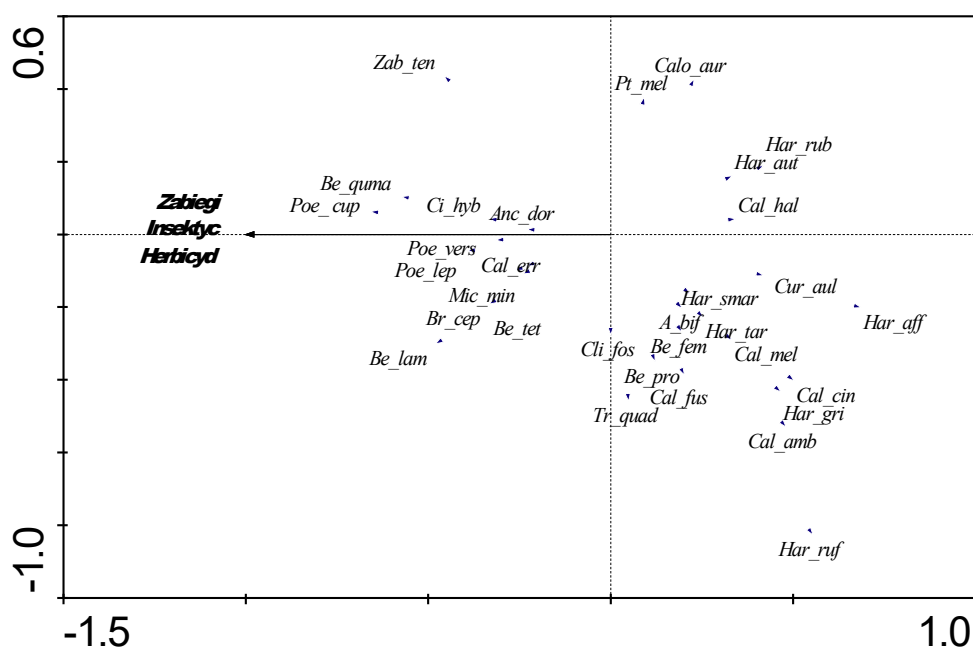
Podział biegaczowatych badanych upraw ziemniaka wg klas dominacji
Division of carabid beetles in studied potato crops according to the dominance classes

Klasa dominacji Dominance class	Uprawa integrowana — Integrated crop		Uprawa ekologiczna — Organic crop	
	gatunek — species	D (%)	gatunek — species	D (%)
Superdominanci (<30%) Superdominants	<i>Harpalus rufipes</i>	46,41	<i>Harpalus rufipes</i>	54,25
Eudominanci (30-10%) Eudominants	<i>Calathus ambiguus</i>	18,71	<i>Calathus ambiguus</i>	21,48
Dominanci (10-5%) Dominants	<i>Pterostichus melanarius</i>	6,63		
	<i>Trechus quadristriatus</i>	3,81	<i>Pterostichus melanarius</i>	4,42
	<i>Poecilus cupreus</i>	2,82	<i>Calathus cinctus</i>	3,08
	<i>Bembidion properans</i>	2,54	<i>Trechus quadristriatus</i>	2,52
Subdominanci (2-5%) Subdominants	<i>Bembidion tetracolum</i>	2,45	<i>Harpalus affinis</i>	2,18
	<i>Bembidion lampros</i>	2,27	<i>Calathus melanocephalus</i>	2,01
	<i>Calathus cinctus</i>	2,27		
	<i>Calathus fuscipes</i>	2,27		
		18,44		14,21
	<i>Calathus melanocephalus</i>	1,63	<i>Calathus fuscipes</i>	1,90
	<i>Harpalus griseus</i>	1,63	<i>Harpalus griseus</i>	1,90
Recedenci (1-2%) Recedents	<i>Bembidion quadrimaculatum</i>	1,54	<i>Bembidion properans</i>	1,79
	<i>Zabrus tenebrioides</i>	1,36		
	<i>Harpalus affinis</i>	1,00		
		7,18		5,59
Subrecedenci (>1%) Subrecedents	17 gatunków	2,63	22 gatunki	4,47

Analizując dynamikę sezonową biegaczowatych w badanych uprawach ziemniaka nie stwierdzono bezpośrednio widocznego wpływu stosowania środków ochrony roślin na liczebność odławianych biegaczowatych (rys. 1). Wprawdzie w trzeciej dekadzie czerwca, kiedy stosowane były herbicydy i insektycydy, zaobserwowano spadek aktywności biegaczowatych, jednakże spadek ten widoczny był zarówno w uprawie integrowanej jak i ekologicznej. Można zatem przypuszczać, że to nie zastosowane środki ochrony roślin były jego przyczyną, a raczej niesprzyjające warunki atmosferyczne.



Rys. 1. Dynamika liczebności Carabidae w integrowanej i ekologicznej uprawie ziemniaka
Fig. 1. The dynamics of the number of Carabidae in integrated and organic potato production



Rys. 2. Diagram analizy redundancji RDA ukazujący zależności między analizowanymi zmiennymi środowiskowymi i gatunkami Carabidae
Fig. 2. Diagram of the RDA redundancy analysis demonstrating the relationships between the analyzed environmental variables and Carabidae species

Próbowano również zastosować analizę redundancji (RDA) w celu określenia zależności pomiędzy gatunkami Carabidae, a czynnikami środowiskowymi, jakimi w tym przypadku było stosowanie zabiegów ochrony roślin, herbicydów i insektycydów (rys. 2). Z pierwszą osią ordynacyjną, opisującą 100% zmienności, negatywnie skorelowane było zastosowanie środków ochrony roślin. Podobnie występowanie większości gatunków biegaczowatych było negatywnie skorelowane ze stosowaniem herbicydów i insektycydów. Tylko gatunki bardzo pospolite na polach i plastyczne ekologicznie takie jak *Bembidion quadrimaculatum* i *Poecilus cupreus* były pozytywnie skorelowane ze stosowaniem zabiegów chemicznej ochrony roślin.

DYSKUSJA

Liczba odłowionych biegaczowatych w badanych uprawach ziemniaków była zbliżona do wykazywanych przez innych autorów badających Carabidae w uprawach ziemniaka w Polsce (Kosewska i in., 2008), wyższa niż na Litwie (Bukejs, 2009) oraz znacznie niższa niż w uprawach ziemniaka w Austrii (Kromp 1990, Traugott, 1998). Wymienieni autorzy, oprócz Kosewskiej i in. (2008), wykazali znacznie wyższą liczbę odnotowanych w ziemniakach gatunków Carabidae. Ważnym wskaźnikiem opisującym zgrupowania biegaczowatych jest różnorodność gatunkowa. Wartości wskaźnika różnorodności gatunkowej H' w badanych uprawach ziemniaka były zdecydowanie niższe niż obserwowane w innych uprawach np. roślin zbożowych, czy rzepaku (Huruk, 2006; Aleksandrowicz i in., 2008; Kosewska i in., 2009), jednakże kształtowały się na podobnym poziomie jak w innych badaniach nad biegaczowatymi ziemniaka (Kosewska i in., 2008). W badaniach przeprowadzonych przez Clarka (1999) nad biegaczowatymi występującymi na polach organicznych i konwencjonalnych stwierdzono, że w uprawie organicznej liczebność i bogactwo gatunkowe były wyższe, ale różnorodność gatunkowa przyjmowała wyższe wartości w uprawie konwencjonalnej, co jest również zgodne z przeprowadzonymi badaniami.

Presja czynników związanych z uprawą roślin może objawiać się zaburzeniami w strukturze dominacji (Huruk, 2006). W środowiskach, podlegających silnemu naciskowi określonego czynnika w obrębie występujących tam zgrupowań badanych stawonogów zaznacza się najczęściej wyraźna dysproporcja pomiędzy udziałami poszczególnych gatunków (Czechowski, 1981). Na badanych polach struktura dominacji Carabidae przedstawiała się podobnie jak w przypadku innych pól uprawnych (Aleksandrowicz i in. 2008; Kosewska i in., 2009), gdzie udziały kilku gatunków znacznie przewyższały liczbowo całość zgrupowania. Większość zgrupowania stanowiły tu gatunki plastyczne ekologicznie, z łatwością przystosowujące się do niekorzystnych warunków siedliskowych. Najliczniejszym, zarówno w uprawie ekologicznej jak i w integrowanej był *Harpalus rufipes*, którego udział wynosił około 50% badanych zgrupowań. Jest to gatunek bardzo często obserwowany w uprawach. Preferuje gleby lekkie, suche i przewiewne (Huruk, 2007), na jakich często uprawiane są ziemniaki. *H. rufipes* jest hemizoofagiem, który chętnie odżywia się pokarmem pochodzenia zwierzęcego, może zatem przyczyniać się do znacznej redukcji szkodników w badanej uprawie. Jednakże jak podaje Luff (1980),

nie tylko drapieżnictwo jest ważne, również roślinożerność *H. rufipes* może mieć znaczenie pozytywne, jeżeli zjadanymi roślinami są chwasty i ich nasiona, szczególnie w uprawach ekologicznych, gdzie nie stosuje się herbicydów. Analiza dynamiki sezonowej Carabidae w badanych uprawach ziemniaka ukazuje szczyt aktywności w sierpniu, co może być konsekwencją dominacji Carabidae o jesiennym typie rozwoju, a konkretnie *H. rufipes*. Podobne spostrzeżenia dużego zagęszczenia na polach ziemniaków *H. rufipes* związanej z reprodukcją w drugiej połowie sierpnia odnotował Traugott (1998).

Zastosowanie analizy redundancji (RDA) w celu określenia zależności pomiędzy gatunkami Carabidae, a stosowaniem zabiegów ochrony roślin, herbicydów i insektycydów wskazało na występowanie gatunków preferujących lub unikających pól integrowanych. Jak podają Werling i Gratton (2008) intensywnie uprawiane plantacje ziemniaków są miejscem niesprzyjającym występowaniu większości gatunków biegaczowatych. Autorzy ci wykazują *Bembidion quadrimaculatum* jako gatunek chętnie występujący w uprawach ziemniaków, w których stosuje się ochronę chemiczną. W przeprowadzonych badaniach również *B. quadrimaculatum* i *Poecilus cupreus* okazały się gatunkami niestroniącymi od pól, na których stosowana jest ochrona chemiczna. Kromp (1999) wskazuje na *Bembidion lampros*, jako gatunek preferujący konwencjonalną uprawę ziemniaków, co również jest zgodne z przeprowadzonymi badaniami, należał on bowiem do licznie występujących na polu integrowanym. Kromp (1999) zwraca również uwagę na gatunki, na które prawdopodobnie nie ma wpływu stosowanie, bądź nie stosowanie środków ochrony roślin. Należy do nich *Pterostichus melanarius*, który wystąpił dość licznie zarówno na polu ekologicznym oraz chronionym chemicznie.

WNIOSKI

1. Stosowanie chemicznych środków ochrony roślin może wpływać na obniżenie liczebności i aktywności Carabidae.
2. Nie wykazano negatywnego wpływu ochrony chemicznej na utrzymanie różnorodności gatunkowej badanej grupy owadów.

LITERATURA

- Aleksandrowicz O., Pakuła B., Mazur J. 2008. Biegaczowate (Coleoptera: Carabidae) w uprawie pszenicy w okolicy Łęborka. Słupskie Prace Biologiczne 5: 15 — 25.
- Birkhofer K., Fließbach A., Wise D. H., Scheu S. 2008. Generalist predators in organically and conventionally managed grass-clover fields: implications for conservation biological control. Ann. Appl. Biol. 153: 271 — 280.
- Bukejs A. 2009. Complex of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) of potato fields agrocenosis in Eastern Latvia. Acta Zool. Lituan. 19 (3): 216 — 222.
- Clark M. S. 1999. Ground beetle abundance and community composition in conventional and organic tomato systems of California's Central Valley. Appl. Soil Ecol. 11: 199 — 206.
- Czechowski W. 1981. Biegaczowate (Carabidae, Coleoptera). Fragm. Faun. 26 (12): 193 — 216.
- Górny M., Grüm 1981: Metody stosowane w zoologii gleby. PWN. Warszawa: 482 ss.
- Huruk S. 2006. Porównanie struktur zgrupowań biegaczowatych (Coleoptera: Carabidae) łąk kośnych oraz przylegających do nich pól uprawnych. Wiad. Entomol. 25, Supl. 1: 9 — 32.

- Huruk S. 2007. Dynamika łowności *Harpalus rufipes* DE GEER (Coleoptera: Carabidae) w jednorocznych uprawach rolnych w zależności od typu gleby. Wiad. Entomol. 26 (3): 135 — 152.
- Jaworska T. 1997. Wpływ odchwaszczania na dynamikę populacji biegaczowatych (Carabidae, Coleoptera). Progr. Plant Protect. 37 (2): 235 — 237.
- Jaworska T. 2001. Skład gatunkowy biegaczowatych (Carabidae, Coleoptera) w uprawie pszenicy ozimej odchwaszczanej Aminopielikiem D. Zesz. Nauk. Akad. Rolniczej w Krakowie 38: 42 — 47.
- Jaworska T. 2006. Wpływ zabiegów chemicznych w agrocenozach na chronione gatunki biegaczowatych (Coleoptera: Carabidae). Wiad. Entomol. 25, Supl. 2: 89 — 94.
- Kosewska A., Nietupski M., Laszczak-Dawid A., Ciepielewska D. 2008. Zgrupowania epigeicznych biegaczowatych (Col. Carabidae) wybranych agrocenoz. Prog. Plant Protect. 48 (4): 1304 — 1308.
- Kosewska A., Nietupski M., Ciepielewska D., Słomka W. 2009. Czynniki wpływające na struktury zgrupowań naziemnych biegaczowatych (Col., Carabidae) w wybranych uprawach zbóż. Prog. Plant Protect. 49 (3): 1035 — 1046.
- Kowalska J., Kühne S. 2010. Effect of biological plant protection products on beneficial insects in organic potatoes crops. Journal of Research Appl. in Agr. Engin. 55 (3): 191 — 194.
- Kromp B. 1990. Carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) as bioindicators in biological and conventional farming in Austrian potato fields. Biol. Fertil. Soils. 9: 182 — 187.
- Luff M. L. 1980. The biology of the ground beetle *Harpalus rufipes* of a strawberry field in Northumberland. Ann. Appl. Biol. 94: 153 — 164.
- Nijak K. 2009. Wpływ technologii uprawy roślin okopowych na dynamikę liczebności chrząszczy biegaczowatych (Carabidae). Prog. Plant Protect. 49 (3): 1485 — 1489.
- Pałosz T. 1996. Skład gatunkowy biegaczowatych (Col., Carabidae) na plantacjach rzepaku ozimego w sezonie 1994/1995. Prog. Plant Protect. 36 (2): 79 — 81.
- Ter Braak C.J.F., P.S. Milauer. 1998. CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows. Microcomputer Power, Ithaca, USA: 352 pp.
- Thiele H. U. 1977. Carabid beetles in their environments. Springer – Verlag, pp. 329.
- Traugott M. 1998. Larval and adult species composition, phenology and life cycles of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) in an organic potato field. Eur. J. Soil Biol. 34 (4): 198 — 197.
- Werling B. P., Gratton C. 2008. Influence of field margins and landscape context on ground beetle diversity in Wisconsin (USA) potato fields. Agric. Ecosys. Environ. 128: 104 — 108.

SPIS TREŚCI — CONTENTS

Wacław Jarecki Dorota Bobrecka-Jamro Tomasz Góral Piotr Ochodźki Dorota Walentyn-Góral Linda K. Nielsen Annemarie F. Justesen Lisa N. Jorgensen	Wpływ zróżnicowanych dawek azotu na plonowanie pszenicy jarej Influence of different nitrogen doses on yielding of spring wheat Wpływ przedplonu oraz warunków pogodowych na porażenie kłosów pszenicy jarej przez grzyby z rodzaju <i>Fusarium</i> Effect of pre-crop and weather conditions on infection of heads of spring wheat with <i>Fusarium</i> fungi	3 11
Henryk J. Czembor Jerzy H. Czembor Aleksandra Pietrusińska Olga Domeradzka	Odporność na mączniaka prawdziwego (<i>Blumeria graminis</i> f.sp. <i>hordei</i>) odmian jęczmienia włączonych do badań rejestrowych w Polsce w roku 2011 Resistance to powdery mildew (<i>Blumeria graminis</i> f.sp. <i>hordei</i>) in barley cultivars included to registration trials in Poland in 2011	23
Irena Kolasińska Waldemar Brukwiński Jacek Jagodziński Barbara Kozber Renata Krysztofik Michał Materka	Określenie zdolności kombinacyjnej komponentów męskich do tworzenia mieszańców żyta Estimation of combining ability of female components for rye hybrids creation	35
Andrzej Latusek Henryk Bujak	Plonowanie odmian żyta ozimego uprawianych na dwóch poziomach intensywności agrotechniki w warunkach Dolnego Śląska Genotype-environment interaction for yield of winter rye cultivars cultivated with the two levels of agricultural technology in climate conditions of Lower Silesia	47
Andrzej Latusek Henryk Bujak	Ocena stabilności plonowania odmian rzepaku ozimego w zróżnicowanych warunkach glebowo-klimatycznych Dolnego Śląska na podstawie doświadczeń porejestrowych Evaluation of yield stability of winter oilseed rape cultivars on the basis of post-registration variety testing system in diversified soils and climatic conditions in Lower Silesia	59
Leszek Domański Dariusz R. Mańkowski Bogdan Flis Henryka Jakuczun Ewa Zimnoch-Guzowska	Struktura wielocechowej zmienności fenotypowej rodów ziemniaka uzyskanych z krzyżowań tetraploid × diploid The structure of multivariable phenotypic variation in potato progenies derived from tetraploid × diploid crosses	71
Stanisław Kalembsa Barbara Symanowicz Dawid Jareńko Wojciech Skorupka	Wpływ nawożenia fosforowo-potasowego rutwicy wschodniej (<i>Galega orientalis</i> Lam.) na zawartość żelaza, molibdenu, miedzi w roślinie i glebie oraz na pobranie azotu The influence of phosphorus and potassium fertilization on the content of iron, molybdenum, copper in goat's rue (<i>Galega orientalis</i> Lam.) biomass and in soil as well as on the nitrogen uptake	79

Krzysztof Klimont	Ocena przydatności topinamburu (<i>Helianthus tuberosus</i> L.) i kostrzewy trzcinowej (<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.) do rekultywacji bezglebowego podłoża wapna poflotacyjnego użyźnionego osadem ścieków komunalnych Suitability evaluation of Jerusalem artichoke (<i>Helianthus tuberosus</i> L.) and Tall fescue plants (<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.) for the reclamation of soilless post-flotation lime ground fertilized by municipal sewage sludge	89
Wiesław Dzwonkowski	Perspektywy rynku skrobi i produkcji ziemniaków skrobiowych w kontekście zmian Wspólnej Polityki Rolnej Outlook for the starch market and the production of starch potatoes in Poland in the view of changes in Common Agricultural Policy	99
Janusz Urbanowicz	Wpływ biostymulatora Asahi SL na fitotoksyczność metrybuzyny w uprawie ziemniaka. Komunikat Influence of biostimulant Asahi SL on phytotoxicity effect of metribuzin used in potato cultivation. Short communication	109
Janusz Urbanowicz	Reakcja odmian ziemniaka o różnicowanej budowie liści na metrybuzynę stosowaną po wschodach Reaction of potato cultivars with diverse leaf morphology to metribuzin applied post emergence	115
Janusz Urbanowicz	Występowanie chwastów w ziemniaku oraz metody ich zwalczania na terenie Polski w latach 2000–2011 The occurrence of weeds and methods of their control in potatoes in Poland in the years 2000–2011	129
Magdalena Grudzińska	Wpływ warunków atmosferycznych i przechowalniczych na cechy technologiczne ziemniaka w produkcji frytek i chipsów Influence of weather and storage conditions on technological characteristics of potato in French fries and chips production	137
Magdalena Grudzińska Kazimiera Zgórska Zbigniew Czerko	Wpływ inhibitorów wzrostu kielków na barwę frytek ziemniaczanych Effect of sprouting inhibitors on the colour of potato French fries	149
Agnieszka Kosewska Katarzyna Nijak	Analiza struktur zgrupowań biegaczowatych (Col., Carabidae) w integrowanej i ekologicznej uprawie ziemniaka. Komunikat Structure analysis of carabid beetles (Col., Carabidae) assemblages in integrated and organic potato management. Short communication	157