



Pola doświadczalne ZDHiAR Grodkowice

Fot. Gabriela Wodzyńska-Lapińska

BIULETYN
INSTYTUTU HODOWLI
I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
Nr 248/2008



Pola doświadczalne ZDHiAR Grodkowice. Fot. Gabriela Wodzyńska-Łapińska

RADZIKÓW 2008
INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN — RADZIKÓW
05-870 BŁONIE pod WARSZAWĄ

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

Komitet Redakcyjny:

Editorial Committee:

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

CZASOPISMO UKAZUJE SIĘ OD 1951 ROKU

Redaktor techniczny i skład komputerowy
GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA

Druk: PWR Sp. z o.o

KRZYSZTOF KLIMONT

Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin Radzików

Wpływ herbicydów na zachwaszczenie ładu pszenicy ozimej i jarej

The effects of different herbicides on weeds in winter and spring wheat crops

Badano wpływ herbicydów: Aminopielik D — 3 l·ha⁻¹, Chwastox D — 5 l·ha⁻¹, Granstar 75DF — 30 g·ha⁻¹ na zachwaszczenie ładu pszenicy ozimej odm. Elena i pszenicy jarej odm. Torka. W doświadczeniu zastosowano obiekt kontrolny nieopryskiwany i nieodchwaszczany. Eksperyment przeprowadzono metodą bloków losowanych w czterech powtórzeniach na czarnoziemie zdegradowanym wytworzonym z lessu, kompleks pszeniczny bardzo dobry. W badaniach oceniano: skład gatunkowy, liczbę oraz powietrznie suchą masę chwastów na m². Stwierdzono, że zastosowane herbicydy znacznie modyfikowały i ograniczały skład gatunkowy i liczbę chwastów oraz obniżały ich powietrznie suchą masę. Najbardziej aktywny w zwalczaniu chwastów w ładzie pszenic okazał się Granstar 75DF, Chwastox D działał pośrednio, a najmniej skuteczny był Aminopielik D.

Słowa kluczowe: herbicydy, pszenica jara, pszenica ozima, zachwaszczenie

The effects of three herbicides: Aminopielik D 3 l·ha⁻¹, Chwastox D 5 l·ha⁻¹ and Granstar 75DF 30 g·ha⁻¹ on weeds in winter wheat cv. Elena and spring wheat cv. Torka were assessed. The experiments were conducted in four replications on degraded chernozem classified as good wheat soil complex, using the completely randomized block design. Weed species composition, number of weeds and their air dry matter per 1 m² of plot were evaluated. The results of tests showed that the herbicides applied considerably modified weeds composition, reducing the number of weed species, number of weeds and their air dry matter per unit area. Granstar 75DF was the most active and effective herbicide. Chwastox D showed intermediate effects and Aminopielik D was the least effective.

Key words: herbicides, spring wheat, winter wheat, weed control

WSTĘP

Podstawowym warunkiem uzyskania wysokich i dobrych jakościowo plonów jest stworzenie uprawianym roślinom odpowiednich warunków wzrostu i rozwoju. Stosowane obecnie nowoczesne technologie preferują odmiany intensywne, które dla uzyskania wysokiego plonu wymagają intensywnego nawożenia jak również ochrony chemicznej przed chorobami i szkodnikami, a przede wszystkim przed chwastami. Badania wielu autorów wykazują różnice we wrażliwości poszczególnych gatunków i odmian zbóż na

używane do ich ochrony herbicydy (Pawłowska 1989; Rola i Nowicka 1989; Stankowski i in., 2001; Klimont i Osińska, 2004; Klimont, 2007). Wprowadzenie do produkcji rolnej herbicydów wymaga kompleksowego określenia ich wpływu na zachwaszczenie ładu oraz na plon i jego wartość. Poza niszczeniem chwastów herbicydy mogą wywierać również niepożądany wpływ uboczny na rośliny uprawne wpływając na procesy fizjologiczne i biochemiczne, a ich działanie zależy od natury chemicznej dawki substancji biologicznie czynnej, gatunku rośliny i czynników środowiskowych (Grzesiuk 1973; Klimont, 1991 i 1996; Klimont i Dul, 1998; Klimont i Osińska, 2004; Klimont, 2007). Ważnym zagadnieniem jest zbadanie oddziaływania substancji biologicznie czynnych zawartych w herbicydach na skład botaniczny, liczbę i powietrznie suchą masę chwastów zasiedlających łąny odchwaszczanych gatunków roślin.

Celem pracy było określenie wpływu trzech herbicydów na stan zachwaszczenia ładu pszenicy ozimej i jarej ze szczególnym uwzględnieniem ich modyfikującego wpływu na skład florystyczny zbiorowisk chwastów.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie prowadzono w latach 1997–1998 na Polu Doświadczalnym IHAR w Obrazowie koło Sandomierza na czarnoziemie zdegradowanym, wytworzonym z lessu, zaliczanym do kompleksu pszennego bardzo dobrego: pH 6,0; średnia zawartość fosforu i potasu oraz 2,80% próchnicy w warstwie ornej.

Przeprowadzono dwa oddzielne eksperymenty, jeden z pszenicą ozimą (odm. Elena) i drugi z pszenicą jarą (odm. Torka). Doświadczenie założono metodą bloków losowanych w 4 powtórzeniach. Powierzchnia poletka do zbioru wynosiła 5 m². W doświadczeniu zastosowano herbicydy: Aminopielik D w dawce 3 l·ha⁻¹, Chwastox D 5 l·ha⁻¹ i Granstar 75DF 30 g·ha⁻¹, zarówno na pszenicę ozimą jak i jarą. Herbicydy starszej generacji Aminopielik D (s.b.cz. 36% 2,4D + 2,8% dikamba) i Chwastox D (s.b.cz. 14,5MCPA + 1,6% dikamba) obydwa typu regulatorów wzrostu zastosowano w doświadczeniu ze względu na ich wysoką skuteczność w stosunku do chwastów najczęściej występujących w zbożach (Adamczewski i in., 1995), oraz niskie koszty ich stosowania (Rola, 1991), a Granstar 75DF (s.b.cz. 75% sulfmetmeton-metylu) jako środek nowej generacji z grupy sulfonamoczników w formie granulek do zwalczania powszechnego chwastów szerokolistnych w zbożach jarych i ozimych, szybko wchłaniany przez liście i korzenie i przemieszczany po całej roślinie (Tomlin, 1998). Obiekt kontrolny stanowiły poletka nieodchwaszczane.

W badaniach polowych oceniano liczbę, powietrznie suchą masę (psm) oraz skład gatunkowy chwastów po oprysku i porównywano do obiektu kontrolnego. W tym celu liczono i oznaczano gatunki chwastów na m² metodą ilościowo-wagową według Pawłowskiego (Malicki i in., 1987), następnie wyrwano i po dosuszeniu do wilgotności 9% ważono.

Przedplonem dla pszenicy ozimej i jarej w obydwu latach badań był groch. Po zbiorze przedplonu corocznie wykonywano orkę z bronowaniem, wysiewano nawozy fosforowo-potasowe w ilościach 80 kg·ha⁻¹ P₂O₅ i 120 kg·ha⁻¹ K₂O. Bezpośrednio przed siewem

stosowano agregat uprawowy zarówno w przypadku pszenicy ozimej jak i jarej. Pszenicę ozimą i jarą wysiewano ręcznie w rzędy o rozstawie 15cm zapewniając odpowiednio 520 i 500 żywych nasion na m². W celu zapewnienia wymaganej liczby nasion na m² obydwu form pszenicy, corocznie przed siewem w warunkach laboratoryjnych oceniano ich zdolność kiełkowania, która służyła do wyliczeń przyjętych norm wysiewu. Pszenicę ozimą wysiano w terminach 01.10.1996 i 29.09.1997. Wiosną po wykonaniu bronowania broną ciężką, doprawieniu i wyrównaniu pola oraz wniesieniu 30 kg·ha⁻¹ N obsiewano poletka pszenicy jarej w terminach 10.04.1997 i 09.04.1998. Ziarniaki pszenic przed siewem zaprawiano zaprawą Funaben T (200 g/100 kg). Pierwszą dawkę azotu, tj. 50 kg·ha⁻¹ wniesiono na pszenicę ozimą wiosną po ruszeniu wegetacji, a 55 kg·ha⁻¹ zastosowano na pszenicę jarą pogłównie w pełni krzewienia. Oprysku pszenicy ozimej Granstarem 75DF dokonano 13.05.1997 i 11.05.1998, zaś Aminopielikiem D i Chwastoxem D 26.05.1997 i 25.05.1998 w fazie początku strzelania w źdźbło, a w kilka dni po tym zabiegu, stosowano drugą dawkę azotu w ilości 60 kg·ha⁻¹. Natomiast oprysku pszenicy jarej dokonano Granstarem 75DF — 20.05.1997 i 25.05.1998 na początku krzewienia, a Aminopielikiem D i Chwastoxem D 26.05.1997 i 31.05.1998 w pełni krzewienia.

Obliczeń statystycznych dokonano metodą analizy wariancji poprzez syntezę wyników z lat badań, a różnicę między średnimi oceniano testem Tukeya przy $NIR\alpha = 0,05$. Dane dotyczące liczby chwastów poddano transformacji pierwiastkowej wg skali Bliss.

WYNIKI

Przebieg pogody w okresie stosowania herbicydów

W latach badań przebieg pogody był zróżnicowany (tab. 1) i wpływał na przebieg wegetacji badanych gatunków zbóż oraz działanie zastosowanych herbicydów. Jesienią każdego roku podczas siewu pszenicy ozimej ilość opadów okazała się wystarczająca, co sprzyjało dobrym wschodom, pomimo niezbyt wysokich temperatur. Zima 1997/1998 roku z niewielkim spadkiem temperatury poniżej zera oraz istnieniu odpowiedniej grubości pokrywy śnieżnej sprzyjała lepszemu przezimowaniu roślin pszenicy ozimej w porównaniu do zimy 1996/1997, gdzie spadki temperatury poniżej zera trwały dłużej a okrywa śnieżna była cieńsza. Wiosną w okresie stosowania Granstaru 75DF w pszenicy ozimej w pierwszym roku badań temperatura powietrza wynosiła 15–18°C przy prawie zupełnym braku opadów. W drugim roku, tj. 1998 temperatura kształtowała się na poziomie 12–18°C przy opadach rzędu 16 mm w okresie pierwszych 5 dni po zabiegu. W czasie odchwaszczania pszenicy ozimej Chwastoxem D i Aminopielikiem D w pierwszym roku badań temperatura kształtowała się na poziomie 10–12°C, a w ciągu 5 dni po zabiegu spadło aż 33,2 mm deszczu, a w drugim roku badań podczas ich stosowania temperatura była wyższa niż w roku poprzednim i wynosiła 12–15°C, po oprysku wystąpiła tygodniowa susza. W okresie stosowania herbicydu Granstar 75DF w pszenicy jarej wiosną 1997 roku temperatura powietrza była zróżnicowana i wahała się od 15 do 21°C, a opady wynosiły 30 mm w pierwszych dniach po oprysku. W 1998 roku temperatura kształtowała się na poziomie 11–16°C, a przez kilka dni po oprysku panowała

susza. W czasie oprysku pszenicy jarej Aminopielikiem D i Chwastoxem D w 1997 roku temperatura powietrza wynosiła tylko 10–12°C, a opady ponad 33 mm w pierwszych 5 dniach po zabiegu, a w 1998 roku temperatura była zdecydowanie wyższa niż w roku poprzednim przy braku opadów przez 6 dni po oprysku. Zarówno sumy opadów jak też średnie temperatury w okresie stosowania herbicydów, były wyższe w obydwu latach prowadzonych badań w porównaniu ze średnimi wieloletnimi. Obfite opady w maju 1997 roku, przekropany czerwiec i ulewy w lipcu niezbyt korzystnie wpłynęły na vegetację badanych gatunków zbóż a sprzyjały rozwojowi chwastów. Wysokie opady w czerwcu i lipcu w 1998 roku przy wysokich temperaturach zdecydowanie sprzyjały vegetacji obydwu form pszenica zachwaszczenie łąnów było zdecydowanie mniejsze niż w roku poprzednim.

Tabela 1

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

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

Zachwaszczenie łąnu

Skład gatunkowy chwastów ulegał zmianie pod wpływem zastosowanych herbicydów. Herbicydy eliminowały niektóre gatunki w łąnie pszenic, odnotowano również inne, które nie występowały na polatkach kontrolnych. Zdecydowanie największe modyfikacje składu gatunkowego chwastów nastąpiły pod wpływem Chwastoxu D, który usunął z łąnu

pszenicy ozimej 5 taksonów, niszcząc takie gatunki jak: *Fumaria officinalis*, *Capsella bursa-pastoris*, *Viola arvensis*, *Setaria glauca*, *Taraxacum officinale*, a w pszenicy jarej największe ograniczenie liczby gatunków chwastów zauważono po zastosowaniu Aminopieliku D, który zlikwidował 4 taksony, takie jak: *Chenopodium album*, *Anthemis arvensis*, *Polygonum convolvulus* i *Setaria viridis* (tab. 2, 3).

Tabela 2

Wpływ herbicydów na zachwaszczenie lanu pszenicy ozimej odm. Elena w zależności od roku zbioru (1997–1998)

The effects of herbicides on weed infestation in winter wheat canopy of Elena cultivar depending of the year of harvest (1997–1998)

Lp. No.	Gatunek chwastów Weed species	Herbicyd — Herbicide											
		kontrola — control			Aminopielik D			Chwastox D			Granstar 75DF		
		1997	1998	śr. mean	1997	1998	śr. mean	1997	1998	śr. mean	1997	1998	śr. mean
		liczba chwastów w szt./m ² — number of weeds per m ²											
I. Krótkotrwałe — Short lived													
1	<i>Apera spica-venti</i> (L.) P.B.	56,3	40,7	48,5	48,3	35,7	42,0	44,2	37,4	40,8	37,0	31,0	34,0
2	<i>Consolida regalis</i> S.F. Gray	11,2	6,8	9,0	—	—	—	1,4	—	0,7	2,7	2,7	2,7
3	<i>Anthemis arvensis</i> L.	2,3	1,7	2,0	1,1	0,5	0,8	0,2	0,2	0,2	0,4	—	0,2
4	<i>Fumiria officinalis</i> L.	1,0	1,0	1,0	—	—	—	—	—	—	0,4	0,2	0,3
5	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Med.	0,7	0,3	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	<i>Viola arvensis</i> Murr.	0,7	0,3	0,5	0,2	0,2	0,2	—	—	—	0,6	—	0,3
7	<i>Echinochola crus-galli</i> (L.) P.B.	0,6	0,4	0,5	6,0	1,0	3,5	0,8	0,2	0,5	—	—	—
8	<i>Setaria glauca</i> (L.) P.B.	0,7	0,3	0,5	1,2	0,4	0,8	—	—	—	2,5	0,5	1,5
9	<i>Anagallis arvensis</i> L.	—	—	—	0,4	—	0,2	—	—	—	—	—	—
Liczba chwastów Number of weeds		73,5	51,5	62,5	57,2	37,8	47,5	46,6	37,8	42,2	43,6	34,4	39,0
Liczba gatunków Number of species		8	8	8	6	5	6	4	3	4	6	4	6
II. Wieloletnie — Perennial													
1	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	0,8	0,2	0,5	—	—	—	1,2	0,4	0,8	1,3	0,7	1,0
2	<i>Taraxacum officinale</i> Web.	0,7	0,3	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Liczba chwastów Number of weeds		1,5	0,5	1,0	—	—	—	1,2	0,4	0,8	1,3	0,7	1,0
Liczba gatunków Number of species		2	2	2	—	—	—	1	1	1	1	1	1
Liczba chwastów Number of weeds (I + II)		75,0	52,0	63,5	57,2	37,8	47,5	47,8	38,2	43,0	44,9	35,1	40,0
Liczba gatunków Number of species (I + II)		10	10	10	6	5	6	5	4	5	7	5	7

Tabela 3

Wpływ herbicydów na zachwaszczenie łanu pszenicy jarej odm. Torka w zależności od roku zbioru (1997–1998)

The effects of herbicides on weed infestation in spring wheat canopy of Torka cultivar depending of the year of harvest (1997–1998)

Lp. No.	Gatunek chwastów Weed species	Herbicyd — Herbicide											
		kontrola — control			Aminopielik D			Chwastox D			Granstar 75DF		
		1997	1998	śr. mean	1997	1998	śr. mean	1997	1998	śr. mean	1997	1998	śr. mean
		liczba chwastów w szt./m ² — number of weeds per m ²											
I.		Krótkotrwałe — Short lived											
1	<i>Chenopodium album</i> L.	35,0	26,0	30,5	—	—	—	2,5	1,9	2,2	8,7	5,7	7,2
2	<i>Apera spica-venti</i> (L.) P.B.	25,2	17,2	21,2	36,6	23,4	30,0	33,0	24,6	28,8	11,8	8,2	10,0
3	<i>Anthemis arvensis</i> L.	5,0	1,6	3,3	—	—	—	2,1	1,5	1,8	0,6	—	0,3
4	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P.B.	3,6	1,4	2,5	4,8	3,2	4,0	—	—	—	2,3	1,7	2,0
5	<i>Polygonum convolvulus</i> L.	1,5	0,9	1,2	—	—	—	—	—	—	1,0	—	0,5
6	<i>Setaria viridis</i> (L.) P.B.	1,1	0,5	0,8	—	—	—	1,0	0,6	0,8	1,1	0,5	0,8
7	<i>Setaria glauca</i> (L.) P.B.	—	—	—	4,1	2,9	3,5	—	—	—	—	—	—
8	<i>Polygonum aviculare</i> L.	—	—	—	—	—	—	0,4	—	0,2	0,6	0,4	0,5
Liczba chwastów Number of weeds		71,4	47,6	59,5	45,5	29,5	37,5	39,0	28,6	33,8	26,1	16,5	21,3
Liczba gatunków Number of species		6	6	6	3	3	3	5	4	5	7	5	7
II.		Wieloletnie — Perennial											
1	<i>Equisetum arvense</i> L.	3,7	2,3	3,0	1,2	0,8	1,0	3,2	2,2	2,7	1,6	1,4	1,5
Liczba chwastów Number of weeds		3,7	2,3	3,0	1,2	0,8	1,0	3,2	2,2	2,7	1,6	1,4	1,5
Liczba gatunków Number of species		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Liczba chwastów Number of weeds (I + II)		75,1	49,9	62,5	46,7	30,3	38,5	42,2	30,8	36,5	27,7	17,9	22,8
Liczba gatunków Number of species (I + II)		7	7	7	4	4	4	6	5	6	8	6	8

Również duży ubytek gatunków notowano po zastosowaniu Aminopieliku D w pszenicy ozimej, a mniejszy po użyciu Chwastoxu D w pszenicy jarej. Powodowały one zniszczenie odpowiednio 5 i 2 gatunki w porównaniu z poletkami kontrolnymi. Najmniej efektywny w ograniczaniu liczby gatunków zasiedlających łąn pszenicy ozimej był Granstar 75DF, który zlikwidował tylko 3 gatunki (2 krótkotrwałe i jeden wieloletni). W każdych warunkach herbicydowych pszenicy ozimej i jarej zawsze występowała mniej liczna grupa gatunków chwastów niż na obiekcie kontrolnym, za wyjątkiem Granstaru 75DF, po zastosowaniu którego odnotowano obecność jednego gatunku nie występującego na obiekcie kontrolnym pszenicy jarej. Po zastosowaniu każdego z herbicydów w zbiorowisku chwastów zasiedlających łąn pszenicy ozimej jak i jarej dominowała *Apera spica-venti* i żaden z preparatów w zasadzie nie zmniejszał jej nadrzędnej roli. Skład gatunkowy chwastów zasiedlających łąn pszenicy ozimej i jarej różnił się zdecydowanie. W latach badań, pszenicę ozimą zasiedlało ogółem 11, a jarą 9 gatunków chwastów. Większość z nich stanowiły taksony krótkotrwałe, odpowiednio (9) i (8), reszta (2) i (1)

należało do wieloletnich. Najbardziej destrukcyjnie na skład zbiorowiska chwastów w pszenicy ozimej działał Chwastox D i Aminopielik D, a najmniej Granstar 75DF, a w pszenicy jarej na pierwszym miejscu w ograniczaniu liczebności gatunków chwastów był Aminopielik D, na drugim Chwastox D, a na ostatnim Granstar 75DF. Liczbę gatunków chwastów determinowały również zmienne warunki pogodowe w okresie wegetacji pszenicy ozimej i jarej, które były także zmienne dla rozwoju zasiedlających je chwastów (tab. 2 i 3). Wszystkie herbicydy zastosowane do odchwaszczania obydwu form pszenic mniej efektywnie ograniczały liczbę gatunków chwastów w chłodnym i niezbyt obfitującym w opady pierwszym (1997) roku badań w porównaniu do umiarkowanego drugiego (1998) roku. W drugim roku badań Granstar 75DF ograniczał o 2 taksony, a Chwastox D o 1 skład gatunkowy chwastów w łanie pszenicy ozimej i jarej w porównaniu do pierwszego roku, z kolei Aminopielik D również o 1 gatunek, ale tylko w pszenicy ozimej.

Liczba chwastów zmieniała się istotnie pod wpływem zastosowania herbicydów (tab. 4). Każdy z wniesionych preparatów istotnie obniżał ją w odniesieniu do kontroli. Ocena ta odnosi się do obydwu form badanych pszenic, zarówno ozimej jak i jarej. Przeciętny efekt działania Granstaru 75DF był statystycznie bardziej skuteczny niż Aminopieliku D w pszenicy ozimej i pozostałych dwóch herbicydów w pszenicy jarej. Mniej efektywnie czynił to Chwastox D, a najmniej Aminopielik D.

Tabela 4

Liczba chwastów w pszenicy ozimej i jarej w zależności od rodzaju herbicydu i roku zбору: 1-dane transformowane, 2-dane rzeczywiste (1997–1998)

Number of weeds on winter and spring wheat plots depending on herbicide applied and year of harvest: 1-transformed data, 2-real data (1997–1998)

Herbicyd Herbicide	Dawka Dose (l/ha; g/ha)	Cechy — Traits											
		Liczba chwastów (szt./m ²) — Number of weeds (no/m ²)											
		Gatunki (odmiany) — Species (cultivars)											
		Pszenica ozima — Winter wheat (Elena)						Pszenica jara — Spring wheat (Torka)					
		1997		1998		średnio mean		1997		1998		średnio mean	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Kontrola Control	0	9,36	75,0	8,58	52,0	8,97	63,5	8,21	75,1	7,59	49,9	7,90	62,5
Aminopielik D	3 l	7,99	57,2	6,79	37,8	7,39	47,5	6,83	46,7	5,58	30,3	6,20	38,5
Chwastox D	5 l	6,87	47,8	6,25	38,2	6,56	43,0	6,51	42,2	5,57	30,8	6,04	36,5
Granstar 75DF	30 g	6,38	44,9	5,66	35,1	6,02	40,0	5,23	27,7	4,31	17,9	4,77	22,8
NIR α = 0,05 LSD = 0.05		1,1		1,1		0,8		1,1		1,1		0,8	
NIR α = 0,05 dla porównania danych transformowanych w wierszach = 0,7 LSD = 0,05 for transformed data in lines = 0.7													
Średnio Mean		7,65	56,2	6,82	40,8	7,23	48,5	6,69	47,9	5,76	32,2	6,22	40,1
NIR α = 0,05 dla porównania danych transformowanych w wierszach (średnie z lat) = 0,7 LSD = 0.05 for transformed data in lines (mean of years) = 0.7													

Taki efekt działania preparatów stwierdzano w pszenicy ozimej i jarej. Liczbę chwastów również istotnie determinowały lata badań. Wszystkie trzy herbicydy, za wyjątkiem

Chwastoxu D w pszenicy ozimej zastosowane w 1998 roku do odchwaszczania łąnu obydwu form pszenic istotnie ograniczyły liczbę chwastów w porównaniu do roku 1997. Niezależnie od herbicydów najwięcej ich osobników stwierdzono w pszenicy ozimej i jarej w 1997 roku, odpowiednio 56,2 i 47,9 szt./m², istotnie więcej niż w roku 1998, odpowiednio 40,8 i 32,2 szt./m². Przeciętnie w łanie pszenicy ozimej występowało 48,5 szt./m², a w jarej 40,1 szt./m².

Powietrznie sucha masa (psm) – najważniejszy miernik zachwaszczenia łąnu, ulegała istotnym zmianom pod wpływem zastosowanych herbicydów (tab. 5).

Tabela 5

Powietrznie sucha masa chwastów w g/m² w pszenicy ozimej i jarej w zależności od rodzaju herbicydu i roku zbioru (1997–1998)

Weed dry matter in g/m² on winter and spring wheat plots depending on herbicide applied and year of harvest (1997–1998)

Herbicyd Herbicide	Dawka Dose (l/ha; g/ha)	Gatunki (odmiany) — Species (cultivars)					
		Pszenica ozima — Winter wheat (Elena)			Pszenica jara — Spring wheat (Torka)		
		1997	1998	średnio mean	1997	1998	średnio mean
Kontrola Control	0	48,0	39,6	43,8	81,0	74,6	77,8
Aminopielik D	3 l	40,3	35,3	37,8	36,3	31,3	33,8
Chwastox D	5 l	40,3	34,1	37,2	30,5	23,8	27,2
Granstar 75DF	30 g	34,5	29,5	32,0	28,0	23,2	25,6
NIR α = 0,05							
LSD = 0.05		5,7	5,7	4,8	5,7	5,7	4,8
NIR α = 0,05 dla porównania w wierszach dla pszenicy ozimej i jarej = 4,2							
LSD = 0.05 for data in lines for winter and spring wheat = 4.2							
Srednio Mean		40,8	34,6	37,7	44,0	38,2	41,4
NIR α = 0,05 dla porównania w wierszach dla pszenicy ozimej i jarej = 4,2							
LSD = 0.05 for data in lines for winter and spring wheat = 4.2							

Przeciętnie po zastosowaniu każdego z herbicydów była ona istotnie niższa niż z wariantu kontrolnego. Stwierdzenie to dotyczy obydwu form pszenicy. W pszenicy ozimej najefektywniej obniżał psm chwastów Granstar 75DF, mniej efektywnie i jednakowo działały Chwastox D i Aminopielik D. W pszenicy jarej również Granstar 75DF najskuteczniej obniżał wartość tej cechy. Mniej skuteczny był Chwastox D, a najmniej Aminopielik D. Omawiany wskaźnik ulegał istotnemu zróżnicowaniu w latach badań i dotyczyło to obydwu badanych form pszenicy. Każdy z wniesionych herbicydów do odchwaszczania pszenicy ozimej i jarej w drugim roku badań istotnie wpływał na obniżenie psm chwastów w odniesieniu do pierwszego roku prowadzenia eksperymentu. Niezależnie od herbicydów najobfitszą powietrznie suchą masę w pszenicy ozimej i jarej wytworzyły chwasty w chłodniejszym i niezbyt obfitym opady 1997 roku, odpowiednio 40,8 i 44,0 g, a istotnie mniej w umiarkowanym 1998 roku, odpowiednio 34,6 i 38,2 g/m². Przeciętnie za dwulecie chwasty w łanie pszenicy ozimej wytworzyły 37,7 g/m² psm, a w pszenicy jarej 41,1 g/m² powietrznie suchej masy chwastów.

DYSKUSJA

W łanie pszenicy ozimej dominowały: z dwuliściennych *Consolida regalia*, a z jednoliściennych *Apera spica-venti*, a w pszenicy jarej odpowiednio *Chenopodium album* i *Apera spica-venti*. Skład botaniczny chwastów różnił się od podawanego przez Pawłowskiego (Malicki i in., 1986), który wymienił 43 gatunki rosnące w zbożach ozimych i 29 w zbożach jarych. Autor ten wskazał jako dominujące w zbożach ozimych *Centaurea cyanus*, *Consolida regalis*, *Agrostema githago* i *Apera spica-venti*, a w jarych *Sinapis arvensis*, *Raphanus raphanistrum*, *Avena fatua*, *Setaria glauca* i *Chenopodium album*. Podobne chwasty dominujące w łanie zbóż zasiedlające tereny Dolnego Śląska wymienił Nowak (1992), a nieco odmienne na Mazowszu Jaczewska (1992). Rezultaty niniejszych badań świadczą, że na zdegradowanych czarnoziemach sandomierskich w warunkach intensywnej uprawy i wskutek systematycznego stosowania herbicydów nastąpiło drastyczne zmniejszenie liczby gatunków chwastów występujących w zbożach do około 10–12 taksonów w porównaniu do liczb podawanych przez wymienionych powyżej autorów. Świadczy to o ograniczeniu bioróżnorodności dzikiej flory segetalnej. Zastosowane herbicydy modyfikowały skład flory chwastów poprzez eliminację niektórych gatunków, na miejsce których mogły wchodzić takie, których nie odnotowano na obiekcie kontrolnym. Na zmianę składu gatunkowego chwastów w największym stopniu wpływał Chwastox D w pszenicy ozimej i Aminopielik D w jarej, a w najmniejszym stopniu Granstar 75DF. Z herbicydów najbardziej odchwaszczająco na obiektach obydwu form pszenicy działał Granstar 75DF, mniej Chwastox D, a najmniej Aminopielik D. Wyniki zaprezentowane w niniejszej pracy są podobne do rezultatów Jaczewskiej (1992), w których Granstar 75DF skutecznie niszczył szeroką gamę chwastów w zbożach ozimych i jarych. Sheets i Crafts (1958) uzależnili skuteczność działania herbicydów od warunków pogodowych, a zwłaszcza od wilgotności i temperatury gleby, wyższa temperatura bliska 25°C, przy wilgotności 20–80% pojemności wodnej i pH około 7 są optymalne do oddziaływania wymienionych preparatów na chwasty. Podobna zależność wystąpiła w niniejszych badaniach. Różnice w psm chwastów po użyciu poszczególnych herbicydów w badanych formach pszenic okazały się istotne. Należy wskazać, że omawiana cecha uległa istotnym zmianom w latach, które wynikały ze zmiennych warunków pogodowych w okresie wegetacji, co jest oczywiste, a także wpływała na wielkość plonu ziarna pszenicy ozimej i jarej. W obydwu latach badań wystąpiła wyraźna odwrotna zależność między wielkością plonu a wielkością psm chwastów. W roku 1997 plon ziarna pszenic był najniższy, a wielkość psm chwastów najwyższa, a w drugim roku badań, tj. 1998, plon ziarna był najwyższy a wielkość psm chwastów najniższa. Badania pozwoliły wykazać, że wielkość plonu ziarna pszenicy ozimej i jarej może zależeć ściśle od zachwaszczenia ładu.

Rola (1992) jako ekonomiczne uzasadnienie w walce z chwastami w roślinach uprawnych zaleca stosowanie niższych dawek wody i specjalnych końcówek do opryskiwaczy, a także wprowadzenie wspomagaczy (adiuwantów), pozwalających na zmniejszenie ilości wnoszonych herbicydów, jak również stosowanie preparatów, jeżeli jest to tylko możliwe na wilgotną i dobrze ogrzaną glebę. Takie zabiegi mogą zmniejszyć

koszty odchwaszczania nawet do 40% przynosząc korzyści ekonomiczne i ekologiczne oraz zmniejszyć nakłady na walkę z chwastami w roślinach następnych.

WNIOSKI

1. Zastosowane herbicydy różnicowały i ograniczały skład gatunkowy chwastów i ich liczbę, oraz obniżały ich powietrznie suchą masę. Żaden z nich jednak nie umniejszał dominującej roli w pszenicy ozimej i jarej gatunku *Apera spica-venti*.
2. Granstar 75DF najbardziej radykalnie ograniczał liczbę chwastów w łanach pszenicy ozimej i jarej, mniej skuteczny okazał się Chwastox D i Aminopielik D.
3. W zasiewach pszenicy ozimej i jarej najefektywniej obniżał powietrznie suchą masę chwastów Granstar 75DF, mniej Chwastox D a najmniej Aminopielik D.

LITERATURA

- Adamczewski R., Augiewicz U., Urban M. 1995. Reakcja odmian jęczmienia na herbicydy. Mat. XXXV Sesji Nauk. IOR, cz. II Postery, Poznań: 221 — 223.
- Grzesiuk S. 1973. Uboczny wpływ herbicydów na wartość biologiczną nasion, Postępy Nauk Rolniczych Nr 3 (140): 54 — 60.
- Jaczewska A. 1992. Efekt chemicznego odchwaszczania zbóż. Ekonomika zwalczania chwastów, V Symposium Naukowe AR Wrocław, PAN Wrocław, 8 — 9.04.1992: 146 — 154.
- Klimont K. 1991. Następce działanie herbicydów na pszenżyto ozime. Biul. IHAR 180: 107 — 111.
- Klimont K. 1996. Następce działanie herbicydów stosowanych w przedplonie na wzrost i strukturę plonu pszenżyta ozimego. Biul. IHAR 197: 75 — 88.
- Klimont K., Dul S. 1998. Ocena chwastobójczego działania preparatu Lintur 70WG oraz jego wpływ na plon i wartość siewną ziarna jęczmienia jarego. Biul. IHAR 207: 93 — 98.
- Klimont K., Osińska A. 2004. Wpływ herbicydów na plon ziarna i cechy morfologiczne zbóż. Biul. IHAR 233: 59 — 71.
- Klimont K. 2007. Wpływ herbicydów na plon ziarna i strukturę plonu zbóż. Biul. IHAR 243:69 — 81.
- Malicki L., Nawrocki St., Pawłowski F. 1986. Ogólna uprawa roślin, Wyd. AR Lublin.
- Nowak N. 1992. Problemy zwalczania chwastów w województwie wrocławskim w latach 1981–1991. Ekonomika zwalczania chwastów. V Symposium Naukowe AR Wrocław, PAN Wrocław, 8 — 9.04.1992: 18 — 23.
- Pawłowska I. 1989. Reakcja odmian zbóż na preparat chwastobójczy Glean 75DF. Mat. XXIX Sesji Nauk. IOR, cz. II Postery, Poznań: 217 — 221.
- Prószyński S. (red.) 1995. Zalecenia ochrony roślin na rok 1995/1996, IOR Poznań.
- Rola J., Nowicka B. 1989. Reaction of winter wheat varieties to herbicides, British Crop Protection Conf. Weeds: 389 — 392.
- Rola J. 1991. Ekologiczno-ekonomiczne podstawy chemicznej walki z chwastami na polach uprawnych, Mat. XXXI Sesji Nauk. IOR cz. I Referaty, Poznań: 110 — 124.
- Rola J. 1992. Sposoby minimalizacji kosztów chemicznego odchwaszczania roślin uprawnych. Ekonomika zwalczania chwastów, V Symposium Naukowe AR Wrocław, PAN Wrocław, 8-9.04.1992: 35 — 47.
- Sheets T. J., Crafts A. S. 1958. The phytotoxicity of four phenyl urea herbicides in soil. Weeds (6): 413 — 417.
- Stankowski S., Podolska G., Stypuła G. 2001. Wpływ wybranych sposobów ochrony roślin na plon i jakość ziarna pszenicy ozimej, Biul. IHAR 218/219: 155 — 159.
- Tomlin CDS Edecs. 1998. The Pesticide Manual. 11 Edition. A World Compendium.

KRZYSZTOF KOWALCZYK**AGNIESZKA JAKUBCZAK**

Instytut Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin, Akademia Rolnicza w Lublinie

Wpływ chlorku chlormekwatu na plon i komponenty plonu linii izogenicznych pszenicy zwyczajnej cv. Bezostnaja z genami *Rht*

The influence of chlormequat chloride on yield and yield components of common wheat cv. Bezostaya isogenic lines with *Rht* genes

W pracy określono wpływ chlorku chlormekwatu (CCC) na komponenty plonu linii izogenicznych pszenicy zwyczajnej: Bezostnaja *Rht-B1a* (rośliny wysokie — kontrola), Bezostnaja *Rht-B1b*, Bezostnaja *Rht-B1d* i Bezostnaja *Rht-B1e*. Linie te badano w latach 2000/2001–2002/2003 w Gospodarstwie Doświadczalnym w Czesławicach. Uzyskane wyniki badań poddano analizie wariancji. Na podstawie trzyletnich badań stwierdzono, że zastosowanie chlorku chlormekwatu powodowało redukcję wysokości roślin w badanych liniach izogenicznych. Największą redukcję wysokości roślin obserwowano w liniach Bezostnaja *Rht-B1a* i Bezostnaja *Rht-B1d*, co przyczyniło się istotnie do zmniejszenia wylegania. Zastosowanie CCC wpłynęło na podwyższenie płodności kłoska oraz liczby ziarniaków w kłosie w liniach o najwyższych roślinach i nie wpływało niekorzystnie na plon ziarna z poletka linii izogenicznych zawierających geny z locus *Rht-B1*.

Słowa kluczowe: CCC, geny karłowatości, komponenty plonu, plon, pszenica zwyczajna, wyleganie

The aim of this study was to determine the influence of CCC on yield components in common wheat cv. Bezostaya isogenic lines: *Rht-B1a* (tall — control form), *Rht-B1b*, *Rht-B1d* and *Rht-B1e*. The lines were examined in the years 2000/2001–2002/2003 at the Experimental Station of Czesławice. The obtained results were subjected to analysis of variance. On the basis of three-years long experiment we showed that application of CCC caused plants height reduction in analysed isogenic lines. The largest reduction was observed in the Bezostaya *Rht-B1a* and Bezostaya *Rht-B1d* lines, which contributed to significant decrease of lodging. Application of CCC caused an increase of spikelet fertility and increase of number of kernels per ear in the long straw. Application of preparations containing this compound did not influence unfavourably plot yield in the isogenic lines with various alleles of the *Rht-B1* locus.

Key words: CCC, common wheat, dwarfing genes, grain yield, lodging, yield components

WSTĘP

Jednym z ważnych czynników ograniczających plonowanie pszenicy zwyczajnej jest wyleganie. Zjawisko to powoduje utrudnienie procesów asymilacji i pogorszenie

warunków wzrostu i rozwoju. Wyleganie sprzyja rozwojowi patogenów, przyczynia się do gorszego wykształcenia ziarna, obniżenia plonu oraz utrudnienia zbioru. Wpływ wylegania na plon i jakość ziarna zależy od czasu jego wystąpienia i nasilenia. Wczesne wyleganie łanu (przed lub w czasie kwitnienia) powoduje największe straty plonu (Weibel, Pendleton 1961; Roth i in., 1984; Wiersma i in., 1986). Najlepszym sposobem zapobiegania temu zjawisku jest uprawa odmian odpornych na wyleganie, dlatego w hodowli zwraca się szczególną uwagę na selekcję form krótko- i sztywnosłomych o wysokim potencjale plonowania (Gale, Youssefian 1985; Kowalczyk 1997 a; Kowalczyk i in., 1999).

W programach hodowlanych pszenicy zwyczajnej, do skrócenia długości źdźbła najszerzej wykorzystywane są geny *RhtB1b* i *RhtD1b* pochodzące od Norin 10 oraz *Rht8* pochodzący od Akakomugi (Gale, Youssefian, 1985; Worland i in., 1990; Kowalczyk, Miazga 1996; Borojević, Borojević 2005). Rzadziej wykorzystywany jest gen *Rht-B1d* pochodzący od japońskiej odmiany Saitama 27 (Worland 1986; Worland i Petrowić 1988; Börner i in., 1995). Spośród genów karłowatości należących do locus *Rht-B1* rzadko wykorzystywany jest gen *Rht-B1e* pochodzący od Bezostnaja Dwarf Mutant (Börner i in., 1995; Worland i in., 1995).

Innym sposobem zapobiegania wyleganiu roślin jest stosowanie regulatorów wzrostu (Olumekun 1996; Kulig i in., 2001; Rajala, Peltonen-Sainio 2001; Rajala i in., 2002; Stachecki i in., 2004). Do ograniczania wzrostu roślin stosuje się często inhibitory biosyntezy giberelin. Do grupy tych związków należy chlorek chlormekwatu (chlorek 2-chloroetylo trimetyloamonowy, CCC), który jest stosowany do zabezpieczania wylegania zbóż od połowy lat 60. XX wieku (Herbert, 1982; Williams i in., 1999). Chlorek chlormekwatu przerywa szlak biosyntezy giberelin hamując reakcję cyklizacji geranylo-geranylo-dwufosforanu do kopalyłodwufosforanu (Davis, Curry, 1991).

Olumekun (1996) podaje, że CCC powodował redukcję wysokości roślin odmiany Avalon, głównie poprzez skrócenie trzech pierwszych międzywęźli: skrócenie długości pierwszego międzywęźla wynosiło 43%, drugiego międzywęźla 37%, zaś trzeciego 15%. Zastosowanie chlorku chlormekwatu we wczesnych fazach wzrostu powodowało krótkotrwałą redukcję długości, powierzchni i suchej masy liści, zaś w późniejszych fazach rozwoju całkowita powierzchnia liści nie ulegała zmianom.

Gale i Youssefian (1983) badali wpływ chlorku chlormekwatu na plon i jego komponenty w formach półkarłowatych pszenicy. Autorzy analizowali dwie serie linii izogenicznych Maris Huntsman i Maris Widgeon zawierające geny *Rht-B1b* i *Rht-D1b* oraz kontrole (*rht*) charakteryzujące się wysokimi roślinami. Linie izogeniczne zawierające geny *Rht-B1b* i *Rht-D1b* po zastosowaniu CCC były niższe o 4%, natomiast *rht* o 12%. Wpływ CCC na komponenty plonu w liniach wysokich był korzystny, natomiast w liniach izogenicznych zawierających geny *Rht* w wielu wypadkach niekorzystny i zależał w dużej mierze od terminu zastosowania regulatora wzrostu. W dostępnej literaturze niewiele jest prac dotyczących wpływu regulatorów wzrostu na komponenty plonu linii izogenicznych zawierających geny *Rht*. Dlatego w pracy określono wpływ CCC na komponenty plonu w liniach izogenicznych Bezostnaja z różnymi genami karłowatości z locus *Rht-B1*.

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem pracy były linie izogeniczne pszenicy zwyczajnej Bezostnaja *Rht-B1a* (rośliny wysokie — kontrola), Bezostnaja *Rht-B1b*, Bezostnaja *Rht-B1d* i Bezostnaja *Rht-B1e*. Linie izogeniczne badano w sezonach 2000/2001, 2001/2002, 2002/2003 w Gospodarstwie Doświadczalnym w Czesławicach. Doświadczenia założono w układzie split-plot w czterech powtórzeniach. Każdego roku określano zdolność kiełkowania i wysiewano po 550 kiełkujących ziarniaków na poletka o powierzchni m^2 . Rozstawa rzędów wynosiła 20 cm. We wszystkich latach ziarniaki wysiewano ręcznie. Przedplony i nawożenie przedstawiono w tabeli 1. W fazie strzelania w źdźbło stosowano oprysk preparatem Stabilan 460 SL (zawierający jako substancję czynną chlorek chlormekwatu) w dawce 2 l/ha.

Tabela 1

Przedplony oraz nawożenie linii izogenicznych cv. Bezostnaja (Czesławice 2001–2003)
Forecrops and fertilization of isogenic lines cv. Bezostaya (Czesławice 2001–2003)

	Rok — Year		
	2000–2001	2001–2002	2002–2003
przedplon forecrop	fasola szparagowa snap bean	fasola szparagowa snap bean	gorczyca biała White mustard
nawożenie fertilization			
K ₂ O (kg/ha)	110	110	110
P ₂ O ₅ (kg/ha)	92	92	92
N– jesień — autumn (kg/ha)	34	34	34
N– wiosną — spring (kg/ha)	70	70	70

W okresie wzrostu i rozwoju roślin notowano datę kłoszenia i określano wysokość roślin (mierzone cztery wybrane losowo rośliny z poletka). Na podstawie daty kłoszenia obliczono liczbę dni, jaka upłynęła od 1 maja do pełni tej fazy. W fazie dojrzałości pełnej z każdego poletka pobrano po 10 kłosów. Oznaczono następujące cechy: długość kłosa, liczbę kłosek w kłosie, liczbę ziarniaków w kłosie, masę ziarniaków z kłosa. Na podstawie uzyskanych wyników obliczono masę 1000 ziarniaków i płodność kłosa.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej oddzielnie dla każdego roku badań. Weryfikacje różnic pomiędzy średnimi dla poszczególnych linii przeprowadzono przy zastosowaniu metod analizy wariancji z wykorzystaniem testu F-Snedecora i wielokrotnych przedziałów ufności T-Tukeya. Do obliczeń wykorzystano program opracowany przez Ośrodek Informatyki Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie.

WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że w 2001 roku termin kłoszenia linii Bezostnaja *Rht-B1a*, Bezostnaja *Rht-B1d*, Bezostnaja *Rht-B1b* i Bezostnaja *Rht-B1e* był zbliżony (tab. 2).

Tabela 2

Wpływ CCC na komponenty plonu linii izogenicznych Bezostnaja z różnymi genami z locus *Rht-B1* (Czesławice 2001–2003)

The influence of CCC on yield components of isogenic lines cv. Bezostaya with different genes in *Rht-B1* locus (Czesławice 2001–2003)

Linia izogeniczna Isogenic line	Regulator wzrostu Growth regulator	Liczba dni od 1 maja do kłoszenia Number of days from 1 st May to heading	Wysokość roślin Plant height (cm)	Długość kłosa Length of spike (cm)	Liczba kłosków w kłosie Number of spikelets in ear	Liczba ziarniaków w kłosie Number of kernels in ear	Masa ziarniaków z kłosa Weight of kernels in ear (g)	Plodność kłosa Fertility of spikelets	Masa 1000 ziarniaków 1000 grains weight (g)	Plon ziarna z poletka Plot yield (dag)	Wyleganie Lodging
Rok 2001 — Year 2001											
Bezostnaja	—	26,5	110,7	8,13	17,6	40,1	2,02	2,27	50,3	0,75	6,5
<i>Rht-B1a</i>	CCC	26,2	98,2 ^c	8,17	17,6	42,2	2,21	2,35	52,3	0,83	8,2 ^c
Bezostnaja	—	26,0 ^a	104,0 ^a	8,50 ^a	18,1 ^a	37,4	2,05	2,06 ^a	54,8 ^a	0,84	7,0 ^a
<i>Rht-B1d</i>	CCC	25,5 ^{bc}	91,4 ^{bc}	8,41	17,8	41,4 ^c	2,20	2,32 ^c	53,1	0,88	9,0 ^{bc}
Bezostnaja	—	26,0 ^a	85,1 ^a	8,34	17,9	40,6	2,18	2,27	53,7 ^a	0,98 ^a	9,0 ^a
<i>Rht-B1b</i>	CCC	26,0	79,4 ^{bc}	8,22	17,5	41,4	2,15	2,36	51,9	0,92	9,0 ^b
Bezostnaja	—	26,0 ^a	74,4 ^a	8,45 ^a	17,9	42,7	2,12	2,38	49,6	1,00 ^a	9,0 ^a
<i>Rht-B1e</i>	CCC	25,7 ^b	72,5 ^{bc}	8,30	18,1	41,9	2,06	2,31	49,2	0,89	9,0 ^b
Rok 2002 — Year 2002											
Bezostnaja	—	31,0	109,7	7,92	17,1	36,2	1,72	2,12	47,5	0,76	4,5
<i>Rht-B1a</i>	CCC	31,7 ^c	99,2 ^c	8,03	17,5 ^c	40,1 ^c	2,04 ^c	2,29	50,8 ^c	0,82	7,0 ^c
Bezostnaja	—	31,2	103,0 ^a	8,16	17,3	39,6 ^a	2,08 ^a	2,29	52,5 ^a	0,83	6,5 ^a
<i>Rht-B1d</i>	CCC	31,5	92,0 ^{bc}	8,07	17,1 ^b	40,4	2,12	2,36	52,4	0,87	8,0 ^{bc}
Bezostnaja	—	31,5	86,6 ^a	8,21	16,8	42,8 ^a	2,15 ^a	2,54 ^a	50,2 ^a	1,12 ^a	9,0 ^a
<i>Rht-B1b</i>	CCC	31,0 ^b	79,2 ^{bc}	8,15	16,6 ^b	43,2 ^b	2,28 ^b	2,60 ^b	52,8 ^{bc}	1,07 ^b	9,0 ^b
Bezostnaja	—	31,0	75,6 ^a	8,40 ^a	17,5 ^a	43,2 ^a	2,16 ^a	2,47 ^a	50,0 ^a	1,04 ^a	9,0 ^a
<i>Rht-B1e</i>	CCC	31,5	71,7 ^{bc}	8,31	17,8	42,1	2,10	2,37	49,8	0,96	9,0 ^b
Rok 2003 — Year 2003											
Bezostnaja	—	22,0	114,7	8,03	17,4	34,1	1,60	1,95	46,6	0,89	2,5
<i>Rht-B1a</i>	CCC	21,5	100,6 ^c	8,13	17,1	39,9 ^c	2,03 ^c	2,32 ^c	50,4 ^c	0,84	6,2 ^c
Bezostnaja	—	22,0	107,0 ^a	8,56 ^a	17,7	36,9	1,90 ^a	2,08	51,2 ^a	0,90	4,7 ^a
<i>Rht-B1d</i>	CCC	21,5	92,9 ^{bc}	8,13 ^c	16,8 ^c	35,3 ^b	1,77 ^b	2,09 ^b	50,0	0,89	7,5 ^{bc}
Bezostnaja	—	22,0	87,0 ^a	8,45 ^a	16,9 ^a	37,8 ^a	1,71	2,24 ^a	44,9	1,09	7,5 ^a
<i>Rht-B1b</i>	CCC	21,5	80,2 ^{bc}	8,27	16,9	38,8	1,84 ^b	2,29	47,2 ^{bc}	0,94	9,0 ^{bc}
Bezostnaja	—	22,0	76,2 ^a	8,77 ^a	17,4	41,3 ^a	1,92 ^a	2,36 ^a	46,5	1,07	9,0 ^a
<i>Rht-B1e</i>	CCC	21,7	72,8 ^{bc}	8,60 ^b	17,6 ^b	40,7	1,92	2,31	46,7 ^b	0,93	9,0 ^b

a — istotne różnice przy $p = 0,05$ pomiędzy liniami izogenicznymi i formą kontrolną Bezostnaja *Rht-B1a* bez stosowania CCC;

significant differences at $p = 0.05$ between isogenic lines and control form Bezostaya *Rht-B1a* without CCC treatment

b — istotne różnice przy $p = 0,05$ pomiędzy liniami izogenicznymi i formą kontrolną Bezostnaja *Rht-B1a* po zastosowaniu CCC;

significant differences at $p = 0.05$ between isogenic lines and control form Bezostaya *Rht-B1a* after CCC treatment

c — istotne różnice przy $p = 0,05$ pomiędzy roślinami tej samej linii izogenicznej traktowanej i nie traktowanej CCC; significant differences at $p = 0.05$ between plants of the same isogenic line after and without CCC treatment

Po zastosowaniu chlorku chlormekwatu najwcześniej wykłosiły się rośliny linii Bezostnaja *Rht-B1d* (liczba dni od 1 maja do pełni kłoszenia roślin tej linii wynosiła 25,5 dnia). Wartość ta (liczba dni od 1 maja do pełni kłoszenia) istotnie różniła się od wartości tej cechy dla linii Bezostnaja *Rht-B1d*, która nie była traktowana regulatorem wzrostu (26,0). W 2002 roku analizowane linie kłosiły się później niż w pierwszym i trzecim roku

badania. W tym samym roku badań linie Bezostnaja *Rht-B1b* po zastosowaniu CCC kłosiły się istotnie wcześniej. W trzecim roku badań, nie wykazano istotnych różnic w kłoszeniu w liniach Bezostnaja *Rht-B1a*, Bezostnaja *Rht-B1d*, Bezostnaja *Rht-B1b* i Bezostnaja *Rht-B1e*, zarówno traktowanych jak i nie traktowanych CCC (tab. 2). Miazga i wsp. (1993) oraz Kowalczyk i wsp. (1997) badali linie Maris Huntsman i Maris Widgeon z genami *Rht-B1b*, *Rht-D1b* i *Rht-B1c*. Autorzy stwierdzili, że linie *Rht-B1b* w warunkach wschodniej Polski miały zbliżoną liczbę dni od 1 maja do kłoszenia do form kontrolnych (*Rht-B1a*). Börner i wsp. (1993) analizowali w Niemczech cztery serie linii izogenicznych: April Bearded, Bersee, Maris Huntsman i Maris Widgeon z genami *Rht-B1b*, *Rht-D1b*, *Rht-B1b* + *Rht-D1b*, *Rht-B1c* i *Rht-D1b* + *Rht-B1c*. Obserwowali zróżnicowaną liczbę dni od 1 maja do kłoszenia w zależności od tła genetycznego i linii, ale generalnie formy najkrótsze były najpóźniejsze.

We wszystkich latach badań wykazano, że zastosowanie chlorku chlormekwatu istotnie obniżało wysokość roślin linii Bezostnaja *Rht-B1a*, Bezostnaja *Rht-B1d*, Bezostnaja *Rht-B1b* i Bezostnaja *Rht-B1e*. Największą redukcję wysokości roślin po wykonaniu oprysku Stabilanem 460 SL obserwowano w liniach Bezostnaja *Rht-B1a* (rośliny najwyższe), zaś najmniejszą w liniach Bezostnaja *Rht-B1e* (rośliny najkrótsze). Analizując linię Bezostnaja *Rht-B1a* wykazano największą redukcję wysokości po zastosowaniu CCC wynoszącą 14,1 cm w 2003 roku, zaś najmniejszą w 2002 roku (10,5 cm). W liniach Bezostnaja *Rht-B1d* (tab. 1) stwierdzono podobną redukcję wysokości spowodowaną CCC jak w liniach kontrolnych Bezostnaja *Rht-B1a*. Redukcja wysokości w liniach Bezostnaja *Rht-B1b* była niższa w porównaniu z kontrolą (Bezostnaja *Rht-B1a*) i wynosiła od 7,4 cm w roku 2002 do 5,7 cm w 2001. Mniejsze obniżenie wysokości po zastosowaniu CCC stwierdzono w liniach Bezostnaja *Rht-B1e*. (tab. 2). Olumekun (1996) podaje, że u odmiany Avalon, zawierającej geny *Rht-D1b* (Orford i in., 2007) CCC powodował redukcję wysokości roślin zbliżoną do obserwowanej w liniach Bezostnaja *Rht-B1b*. Gale i Youssefian (1983) stwierdzili, że chlorek chlormekwatu zastosowany w liniach izogenicznych Maris Huntsman i Maris Widgeon zawierających geny *Rht-B1b* i *Rht-D1b* powodował obniżenie wysokości roślin o 4%, natomiast w liniach *Rht-B1a* i *Rht-D1a* o 12%. Kulig i wsp. (2001) badali czternaście polskich odmian pszenicy ozimej w dwóch technologiach uprawy: niskonakładowej oraz z wyższym poziomem nawożenia azotowego, stosowaniem antywylegacza i fungicydów. Autorzy wykazali, że w technologii niskonakładowej odmiana Elena zawierająca geny *Rht-D1b* (Kowalczyk, 1997 b) miała niższą wysokość roślin zaś odmiany nie zawierające genów karłowatości miały wyższe rośliny. Badania przeprowadzone przez Kuliga i wsp. (2001) wskazują, że zastosowanie regulatorów wzrostu w odmianach długosłomych powoduje silniejszą redukcję wysokości roślin, niż u odmian zawierających geny karłowatości.

W pierwszych dwóch latach badań zastosowanie CCC nie wpłynęło istotnie na długość kłosa badanych linii. W 2003 roku stwierdzono, że linia Bezostnaja *Rht-B1d* traktowana CCC miała kłosa istotnie krótsze, w porównaniu do roślin nie traktowanych regulatorem wzrostu (tab. 2). Kulig i wsp. (2001) wykazali, że zastosowanie antywylegacza, którego składnikiem czynnym jest CCC powodowało redukcję długości kłosa u polskich odmian pszenicy zwyczajnej: Elena, Izolda, Kaja, Kobra, Korweta, Mikula, Mobela,

Rysa, Sakwa, Symfonia, Wanda, Wilga i Zyta, zaś u odmiany Roma nie stwierdzili zmniejszenia wartości tej cechy.

Stwierdzono zróżnicowany wpływ zastosowanego regulatora wzrostu na liczbę kłosek w kłosie w badanych liniach izogenicznych (tab. 2). W 2002 roku w linii Bezostnaja *Rht-B1a* stwierdzono istotnie wyższą liczbę kłosek w kłosie w porównaniu do roślin nie traktowanych chlorkiem chlormekwatu (tab. 2). Miazga i in. (1993) oraz Kowalczyk i in. (1997) analizowali linie Maris Huntsman i Maris Widgeon zawierające geny *Rht-B1b* i wykazali znaczne zróżnicowanie liczby kłosek w kłosie w zależności od roku i linii.

W przeprowadzonych doświadczeniach zastosowanie regulatora wzrostu zazwyczaj wpływało na zwiększenie liczby ziarniaków w kłosie w liniach o najwyższych roślinach (tab. 2). Istotnie wyższą wartość analizowanej cechy po zastosowaniu CCC w porównaniu do form nie traktowanych, stwierdzono w liniach Bezostnaja *Rht-B1d* w 2001 roku oraz w Bezostnaja *Rht-B1a* w 2002 i 2003 roku. Gale i Youssefian (1983) oraz Allan (1989) podają, że najwyższą liczbą ziarniaków w kłosie charakteryzują się linie *Rht-B1b*. Börner i in. (1993) oraz Miazga i wsp. (1993) wykazali, że liczba ziarniaków w kłosie linii izogenicznych z różnymi genami *Rht* była zmienna i zależała od roku oraz odmiany, ale generalnie linie *Rht-B1b* charakteryzowały się wyższą liczbą ziarniaków w kłosie niż kontrole. Worland i Petrović (1988) wykazali, że odmiany zawierające gen *Rht-B1d* miały istotnie więcej ziarniaków w kłosach. Worland i wsp. (1995) podają, że geny *Rht-B1e* powodują wzrost liczby ziarniaków w kłosie głównym o ok. 20%.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono zróżnicowany wpływ zastosowanego regulatora wzrostu na masę ziarniaków z kłosa w badanych liniach. W drugim i trzecim roku badań w linii Bezostnaja *Rht-B1a* stwierdzono istotnie wyższą masę ziarniaków z kłosa po zastosowaniu CCC w porównaniu do roślin nie traktowanych chlorkiem chlormekwatu. W 2003 roku po zastosowaniu CCC w porównaniu do linii Bezostnaja *Rht-B1a* istotnie niższą wartość tej cechy stwierdzono w liniach Bezostnaja *Rht-B1b* i Bezostnaja *Rht-B1d*. Rajala i Peltonen-Sainio (2002) podają, że w warunkach Finlandii zastosowanie CCC obniżało masę ziarniaków z kłosa odmian Mahti i Tjalve. Kulig i in. (2001) analizowali wpływ CCC na masę ziarniaków z kłosa czternastu polskich odmian pszenicy zwyczajnej i wykazali zróżnicowany wpływ antywylegacza płynnego 675 SL na wartość tej cechy.

W przeprowadzonych doświadczeniach stwierdzono zróżnicowany wpływ CCC na płodność kłosa badanych linii. W liniach o najwyższych roślinach stwierdzano najczęściej korzystny wpływ regulatora wzrostu na wartość analizowanej cechy (tab. 2). W 2001 roku w liniach Bezostnaja *Rht-B1d* oraz w 2003 roku w Bezostnaja *Rht-B1e* zaobserwowano istotnie wyższą płodność kłosa po zastosowaniu CCC, w porównaniu do form nie traktowanych tym regulatorem wzrostu. Miazga i wsp. (1993) oraz Kowalczyk i wsp. (1997) obserwowali zróżnicowaną płodność kłosa w liniach Maris Huntsman i Maris Widgeon z genami *Rht-B1b* w zależności od roku badań i odmiany. Natomiast Gale i Youssefian (1985) stwierdzili istotnie wyższą płodność w liniach z genami *Rht-B1b*. Worland i wsp. (1990) stwierdzili, że w warunkach Jugosławii gen *Rht-B1d* powodował wzrost płodności kłosa o ok. 9%. Również Gale i Youssefian (1985) oraz Börner i wsp.

(1993) podają, że geny karłowatości Norin 10 wpływają korzystnie na podwyższenie płodności kłoska.

W pierwszym roku badań po zastosowaniu regulatora wzrostu nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy liniami traktowanymi i nie traktowanymi CCC (tab. 2). W 2002 roku oraz w 2003 w liniach Bezostnaja *Rht-B1a* i Bezostnaja *Rht-B1b* opryskanych Stabilanem 460 SL stwierdzono istotnie wyższą masę 1000 ziarniaków w porównaniu do linii Bezostnaja *Rht-B1a* i Bezostnaja *Rht-B1b* nie traktowanych tym regulatorem wzrostu. Rajala i Peltonen-Sainio (2002) stwierdzili redukcję masy 1000 ziarniaków po zastosowaniu CCC do odmian pszenicy zwyczajnej Mahti i Tjalve. Także Green i wsp. (1984) wykazali, że zastosowanie CCC przyczynia się do obniżenia wartości tej cechy u pszenicy zwyczajnej.

Najwyższy plon ziarna z poletka stwierdzono w liniach Bezostnaja *Rht-B1b* i Bezostnaja *Rht-B1e*. Pomiedzy badanymi liniami traktowanymi oraz nie traktowanymi CCC nie stwierdzono istotnych różnic w plonie ziarna z poletka. Wielu autorów wykazało, że linie i odmiany zawierające geny karłowatości Norin 10 plonują wyżej niż formy wysokie (Gale, Youssefian, 1983; Allan, 1989; Börner i in., 1993). Rajala i Peltonen-Sainio (2002) wykazali, że zbyt późny oprysk chlorkiem chlormekwatu przyczynia się do obniżenia plonu ziarna pszenicy.

We wszystkich latach badań zastosowanie chlorku chlormekwatu w liniach najdłuższych Bezostnaja *Rht-B1a* i Bezostnaja *Rht-B1d* przyczyniło się istotnie do zmniejszenia wylegania. W ostatnim roku badań zastosowanie CCC istotnie przyczyniło się do zmniejszenia wylegania w liniach Bezostnaja *Rht-B1b* (tab. 2). Nie stwierdzono wylegania w liniach Bezostnaja *Rht-B1e* w okresie trzyletnich badań oraz w 2001 i 2002 roku w liniach Bezostnaja *Rht-B1b*.

WNIOSKI

1. Zastosowanie chlorku chlormekwatu w liniach izogenicznych powodowało obniżenie wysokości roślin. Największą redukcję wysokości obserwowano w liniach Bezostnaja *Rht-B1a* i Bezostnaja *Rht-B1d*.
2. Zastosowanie CCC przyczyniło się do zwiększenia płodności kłoska oraz liczby ziarniaków w kłosie w liniach Bezostnaja *Rht-B1a*, Bezostnaja *Rht-B1d* i Bezostnaja *Rht-B1b*.
3. Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że dla zapobiegania wyleganiu roślin pszenicy, zawierających geny karłowatości *Rht-B1b* i *Rht-B1d* celowe jest stosowanie chlorku chlormekwatu, bez obawy redukcji plonu ziarna.

LITERATURA

- Allan R. E. 1989. Agronomic comparisons between *Rht₁* and *Rht₂* semidwarf genes in winter wheat. *Crop Sci.* 29: 1103 — 1108.
- Börner A., Furst A., Tapsell C. R., Schumann E., Knopf E., Worland A. J. 1995. Alternative dwarfing genes in wheat and their pleiotropic effects. *EWAC Newsletter. Proc. of the 9th EWAC Conference 1994*, Gatersleben — Wernigerode: 158 — 161.

- Börner A., Worland A., Plaschke J., Schumann E., Law C. N. 1993. Pleiotropic effects of genes for reduced height (*Rht*) and day-length intensively (*Pdp*) on yield and its components for wheat grown in Middle Europe. *Plant Breed.* 111: 204 — 216.
- Borojević K., Borojević K. 2005. The transfer and history of Reduced Height Genes (*Rht*) in wheat from Japan to Europe. *Journal of Heredity* 96: 455 — 459.
- Davis T. D., Curry E. A. 1991. Chemical regulation as aids in adapting new floricultural crops to pot culture. *Acta Hort.* 252: 77 — 85.
- Gale M. D., Youssefian S. 1983. Pleiotropic effects of the Norin 10 dwarfing genes, *Rht1* and *Rht2*, and interactions in response to chlormequat. *Proc. of 6th Int. Wheat Genet. Symp. Kyoto*: 271 — 277.
- Gale M. D., Youssefian S. 1985. Dwarfing genes in wheat. In: *Progress in Plant Breeding*. I Ed. G. E. Russell, Butterworths, London: 1 — 35.
- Green C. F., Dawkins T. C. K., McDonald H. G. 1984. Yield response of winter wheat and triticale to chlormequat applications in the absence of lodging. *Speculations in Science and Technology* 7: 67 — 74.
- Herbert C. D. 1982. Growth regulation in cereals — chance or design? In: McLaren J.S. (ed) *Chemical manipulation of crop growth and development*. London, Butterworth Sci.: 315 — 327.
- Kowalczyk K. 1997 a. Historia i wykorzystanie w hodowli pszenicy genów karłowatości pochodzących od Norin 10. *Post. Nauk Rol.* 1: 63 — 71.
- Kowalczyk K. 1997 b. Identyfikacja genów karłowatości niewrażliwych na kwas giberelinowy u odmian Elena i Parada. *Hod. Rośl. Nasien. Biul. Branż.* 3: 1 — 3.
- Kowalczyk K., Miazga D. 1996. Geny karłowatości w pszenicy. *Hod. Rośl. Nasien. Biul. Branż.* 4: 1 — 4.
- Kowalczyk K., Miazga D., Tarkowski C. 1999. Znaczenie genów karłowatości w hodowli pszenicy i pszenżyta. *Biul. IHAR* 211: 39 — 46.
- Kowalczyk K., Worland A. J., Miazga D. 1997. Pleiotropic effects of *Rht1*, *Rht2*, and *Rht3* genes in wheat isogenic lines Maris Huntsman and Maris Widgeon. *Journal of Genetic & Breeding* 51: 129 — 135.
- Kulig B., Kania S., Szafranski W., Zajac T. 2001. Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na intensywność uprawy. *Biul. IHAR* 218/219: 117 — 126.
- Miazga D., Worland A. J., Kowalczyk K. 1993. Pleiotropowe efekty genów karłowatości *Rht* w liniach izogenicznych pszenicy Maris Huntsman i Maris Widgeon. *Biul. IHAR* 187: 47 — 57.
- Olumekun V. O. 1996. An analysis of the response of winter wheat (*Triticum aestivum*) components to Cycocel (Chlormequat) application. *J. Agron. Crop Sci.* 176: 145 — 150.
- Orford S., Alibert L., Griffiths S., Snape J. 2007. The Wheat Genetic Improvement Network (WGIN) Populations at the JIC. The 14th International EWAC Workshop, 6–10 May, Istanbul, Turkey, 4.
- Rajala A., Peltonen-Sainio P. 2001. Grain and oil drops: Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. *Agron. J.* 93: 936 — 943.
- Rajala A., Peltonen-Sainio P. 2002. Timing applications of growth regulators to alter spring cereal development at high latitudes. *Agricultural and Food Science in Finland*, 11: 233 — 244.
- Rajala A., Peltonen-Sainio P., Onnela M., Jackson M. 2002. Effects of applying stem-shortening plant growth regulators to leaves on root elongation by seedlings of wheat, oat and barley: Mediation by ethylene. *Plant Growth Regulation*, 38: 51 — 59.
- Roth G. W., Marshal H. G., Hatley O. E., Hill Jr. R. R. 1984. Effects of management practices on grain yield, test weight, and lodging of Soft Red Winter Wheat. *Agron. J.* 76: 848 — 850.
- Stachecki S., Praczyk T., Adamczewski K. 2004. Adjuvant effects on plant growth regulators in winter wheat. *J. of Plant Protection Research*, 44: 365 — 371.
- Weibel R.O., Pendleton J.W. 1961. Effect of artificial lodging on winter wheat grain yield and quality. *Agron. J.* 56: 487 — 488.
- Wiersma D.W., Oplinger E.S., Guy S.O. 1986. Environment and cultivar effects on winter wheat response to ethephon plant growth regulator. *Agron. J.* 78: 761 — 764.
- Williams D. R., Ross J. J., Reid J. B., Potts B. M. 1999. Response of *Eucalyptus nitens* seedlings to gibberellins biosynthesis inhibitors. *Plant Growth Regul.* 27: 125 — 129.
- Worland A. J. 1986. Gibberellic acid insensitive dwarfing genes in Southern European wheats. *Euphytica*, 35: 857 — 866.

- Worland A. J., Law C. N., Petrović S. 1990. Height reducing genes and their importance to Yugoslavian winter wheat varieties. „Savremena Poljoprivreda”, Zbornik 38 (3 — 4): 245 — 257.
- Worland A. J., Petrović S. 1988. The gibberellic acid insensitive dwarfing gene from the wheat variety Saitama 27. *Euphytica*, 38: 55 — 63.
- Worland A. J., Sayers E. J., Kirby J., Howie J. 1995. Progress report of wheat genetics. EWAC Newsletter. Proc. of the 9th EWAC Conference 1994, Gatersleben — Wernigerode: 55 — 57.

DARIUSZ GOZDOWSKI¹**WIESŁAW MĄDRY**¹**ZDZISŁAW WYSZYŃSKI**²¹ Katedra Doświadczalnictwa i Bioinformatyki, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie² Katedra Agronomii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Analiza korelacji i współczynników ścieżek w ocenie współzależności plonu ziarna i jego składowych u dwóch odmian jęczmienia jarego

Analysis of correlation and path coefficients in evaluation of relationships between grain yield and its components of two spring barley cultivars

Wyniki badań nad plonem ziarna i jego składowymi pochodzą z doświadczenia polowego z dwiema odmianami jęczmienia jarego (Rasbet — odmiana o ziarnie oplewionym i Rastik — odmiana o ziarnie nieoplewionym). Doświadczenie przeprowadzono na Polu Doświadczalnym SGGW w Chylicach w latach 1999–2002. Do oceny uwarunkowania plonu ziarna każdej z odmian przez jego składowe zastosowano analizę współczynników korelacji i analizę współczynników ścieżek. Wyniki analiz ścieżek wskazują, że liczba kłosów na 1 m² jest składową plonu najsilniej wpływającą bezpośrednio na zmienność plonu jęczmienia, przy czym większą wartość współczynnika ścieżki stwierdzono dla nieoplewionej odm. Rastik (0,909) niż dla odmiany oplewionej Rasbet (0,788). Wpływ pozostałych 2 składowych plonu tj. liczby ziaren w kłosie i MTZ na plon ziarna jest znacznie mniejszy w porównaniu z liczbą kłosów i podobny u obydwu badanych odmian (współczynnik ścieżki dla liczby ziaren w kłosie dla odm. Rasbet był równy 0,537, zaś dla odm. Rastik, 0,494, parametr ten dla MTZ był odpowiednio równy 0,441 i 0,442). Efekty pośrednie wszystkich składowych były relatywnie niewielkie, przy czym nieco większe u odmiany nieoplewionej.

Słowa kluczowe: analiza ścieżek, jęczmień jary, plon ziarna, składowe plonu, współczynniki korelacji

A field experiment with two spring barley cultivars (Rasbet — with hulled grain and Rastik with hullless grain) was conducted at the Experimental Station of Warsaw Agricultural University in Chylce in the years 1999–2002. Correlation coefficient analysis and path coefficients analysis was applied for evaluation of grain yield determination by its components. The results prove the highest direct effect of number of spikes per 1 m² on grain yield for both cultivars. Path coefficient was equal to 0.909 for Rastik (with hullless grain) and was higher than for Rasbet (0.788). The other two components had small influence on grain yield for both cultivars. Slightly smaller effect was caused by number of kernels per spike, compared with the effect of weight of thousand grains. Values of path coefficients for number of kernels per spike were similar for both cultivars and were equal to 0.537 and 0.494 (Rasbet and Rastik respectively) and for weight of thousand grains 0.441 and 0.442 (respectively for Rasbet and

Rastik). Indirect effects of yield components were relatively small, but slightly higher for the hulless cultivar.

Key words: correlation coefficients, grain yield, path analysis, spring barley, yield components

WSTĘP

Zmienność plonu ziarna jęczmienia, podobnie jak i innych gatunków zbóż, zależy bezpośrednio od zmienności trzech składowych tj. liczby kłosów na jednostce powierzchni, średniej liczby ziaren w kłosie oraz średniej masy ziarniaka. Składowe te kształtują się od początku okresu wegetacji do osiągnięcia przez rośliny pełnej dojrzałości (Klepper i in. 1998). Poszczególne składowe wpływają na wielkość plonu, przy czym stopień wpływu każdej z tych cech jest zróżnicowany. Określenie, która ze składowych w największym stopniu determinuje zmienność plonu, a która ma najmniejszy wpływ jest ważne przede wszystkim dla ustalenia kryteriów selekcji w hodowli roślin. Ustalenie, które cechy najsilniej wpływają na plon, umożliwia uwzględnienie tych cech przy selekcji nowych bardziej produktywnych genotypów. Dotychczasowe badania nad wpływem składowych plonu na zmienność plonu ziarna dotyczyły wszystkich gatunków zbóż o dużym znaczeniu gospodarczym (Mądry i in. 1995, Akanda, Mundt 1996, García del Moral i in., 2003).

Do określenia wpływu składowych na plon wykorzystywano różne metody statystyczne, jedną z nich dość powszechnie wykorzystywaną jest analiza ścieżek. Analiza ścieżek umożliwia porównywalną ilościową ocenę wpływu każdej ze składowych na zmienność plonu, niezależnie od jednostek, w których wyrażone są te składowe. Ponadto wpływ każdej składowej plonu możemy rozdzielić na efekt bezpośredni oraz pośredni, poprzez inne składowe. Metoda ta po raz pierwszy została zastosowana przez Wrighta (1921), a obecnie często jest wykorzystywana w doświadczeniach rolniczych do oceny różnych zależności przyczynowo-skutkowych między zmiennymi badanymi zjawiskami.

W niniejszej pracy analiza ścieżek została zastosowana do oceny wpływu trzech składowych plonu na plon ziarna dwóch odmian jęczmienia jarego, zróżnicowanych pod względem fenotypowym i genetycznym. Odmiana Rasbet ma ziarno oplewione, wykorzystywana jest przede wszystkim jako surowiec do produkcji słodu, zaś odmiana Rastik jest pierwszą zarejestrowaną w Polsce pod koniec XX wieku odmianą jęczmienia o ziarnie nieoplewionym.

MATERIAŁ I METODY

Materiał doświadczalny

Wyniki doświadczalne pochodzą z 4-letniego doświadczenia z jęczmieniem jarym przeprowadzonego w Polsce centralnej na Polu Doświadczalnym Katedry Agronomii w Chylicach. Doświadczenie przeprowadzono w latach 1999–2002 na czarnych ziemiach zdegradowanych, kompleksu glebowego żytanego bardzo dobrego i pszennego dobrego. Warunki pogodowe były zróżnicowane w latach przede wszystkim pod względem ilości i rozkładu opadów. Ilość opadów w okresie wzrostu jęczmienia była najmniejsza w roku 2000, w pozostałych latach ilość opadów była zbliżona do wymagań wodnych jęczmienia.

Z powodu niedostatecznej ilości opadów kombinacje z opóźnionym terminem siewu w roku 2000 nie były oceniane.

Doświadczenie polowe przeprowadzono w każdym z lat w układzie split-plot (AB-C) w 4 powtórzeniach, w którym czynniki doświadczenia i ich poziomy były następujące:

- A: odmiana (Rasbet, Rastik);
- B: termin siewu (wczesny, opóźniony)
- C: dawka azotu (0, 30, 60, 90 kg $\cdot$ ha⁻¹)

Liczba kombinacji doświadczenia wynosiła 16 (2•2•4), liczba poletek 64, natomiast powierzchnia pojedynczego poletka była równa 30 m².

Zastosowane terminy siewu jęczmienia jarego to termin wczesny przypadający w zależności od warunków pogodowych na ostatnią dekadę marca lub pierwszą dekadę kwietnia, oraz opóźniony wysiew o około 3 tygodnie po terminie wczesnym. Nawożenie azotem w dawkach 30 i 60 kg N/ha stosowane było przedsiewnie, w formie saletry amonowej, dawkę 90 kg N/ha podzielono na dwie: 60 kg N przedsiewnie i dodatkowo 30 kg N zastosowano w fazie strzelania w źdźbło. Wysiewano 350 żywych ziaren na 1 m² odmiany Rasbet oraz 400 ziaren na 1 m² odmiany Rastik (ze względu na niższą polową zdolność wschodów).

Plon i jego składowe oceniano po osiągnięciu przez rośliny pełnej dojrzałości (koniec lipca-początek sierpnia). Na próbie roślin z powierzchni 1 m² z środkowej części poletka oceniano plon, liczbę kłosów, masę 1000 ziaren (MTZ) oraz pośrednio średnią liczbę ziarniaków w kłosie. Łącznie dla 4 lat badań liczba poletek dla każdej z odmian wynosiła n=112.

Analiza statystyczna

Do badania zależności między trzema składowymi plonu, a plonem na podstawie obserwacji tych cech na n=112 poletkach dla każdej odmiany zastosowano analizę ścieżek.

Analizę ścieżek wykonano na podstawie następującego modelu liniowego regresji wielokrotnej:

$$Z_y = p_{y1}Z_1 + p_{y2}Z_2 + p_{y3}Z_3 + \varepsilon_i,$$

gdzie zmienne Z_y , Z_1 , Z_2 , Z_3 są odpowiednio zmiennymi Y , X_1 , X_2 , X_3 po standaryzacji.

Cząstkowe współczynniki regresji wielokrotnej dla zmiennych standaryzowanych (p_{yi}) nazywane współczynnikami ścieżek wyrażają wpływ bezpośredni poszczególnych składowych plonu (X_i) na plon ziarna. Dzięki standaryzacji zmiennych wartości cząstkowych współczynników regresji możemy porównywać między sobą, wnioskując o stopniu wpływu każdej składowej na plon, jako zmienną skutkową.

Wyznaczono także efekty pośrednie każdej ze składowych plonu na zmienność plonu ziarna poprzez pozostałe składowe. Efekty pośrednie składowych plonu na plon są wyrażone jako suma iloczynów współczynników korelacji między parami składowych i odpowiedniej wartości współczynnika ścieżki. Efekty pośrednie dla poszczególnych składowych plonu zostały wyznaczone według następujących wzorów:

$$\text{Efekt pośredni } X_1 = r_{12} \cdot p_{y2} + r_{13} \cdot p_{y3},$$

$$\text{Efekt pośredni } X_2 = r_{12} \cdot p_{y1} + r_{23} \cdot p_{y3},$$

$$\text{Efekt pośredni } X_3 = r_{13} \cdot p_{y1} + r_{23} \cdot p_{y2}.$$

Suma efektów bezpośredniego i pośredniego dla każdej ze składowych na plon ziarna równa jest współczynnikowi korelacji prostej Pearsona, czyli całkowitemu efektowi danej zmiennej. Wartości współczynników korelacji między poszczególnymi składowymi a plonem ziarna jęczmienia można przedstawić, zatem według następujących wzorów:

$$r_{1y} = p_{y1} + r_{12} \cdot p_{y2} + r_{13} \cdot p_{y3}; r_{2y} = p_{y2} + r_{12} \cdot p_{y1} + r_{23} \cdot p_{y3}; r_{3y} = p_{y3} + r_{13} \cdot p_{y1} + r_{23} \cdot p_{y2}$$

Całkowity wpływ wszystkich składowych na zmienność plonu ziarna wyraża współczynnik determinacji wielokrotnej liniowej (R^2), który mówi o udziale zmienności wyjaśnianej przez składowe w całkowitej zmienności plonu.

WYNIKI BADAŃ

Zmienność plonu ziarna oraz liczby kłosów na 1 m² wyrażona za pomocą współczynnika zmienności była większa dla odmiany Rastik (tab. 1) natomiast zmienność pozostałych dwóch składowych była podobna dla obydwu odmian. Spośród badanych cech największą zmiennością charakteryzował się plon ziarna, wartość współczynnika zmienności dla odmiany Rasbet wynosiła 0,283, natomiast dla odmiany Rastik była nieco większa (0,309). Składową plonu o największej zmienności była liczba kłosów na 1 m², a najmniejszą zmienność miała masa 1000 ziaren, wartości współczynników zmienności dla tych cech wynosiły dla odmian Rasbet i Rastik odpowiednio 0,241 i 0,284 oraz 0,135 i 0,130. Wyższe wartości współczynników zmienności dla plonu ziarna i liczby kłosów świadczą o mniejszej stabilności tych cech, które są szczególnie ważne z agronomicznego punktu widzenia.

Tabela 1

Średnie arytmetyczne, odchylenia standardowe oraz współczynniki zmienności badanych cech dla odm. Rasbet i odm. Rastik
Average values, standard deviations and coefficients of variation for the examined traits for the cultivars Rasbet and Rastik

	Liczba kłosów na 1 m ² Number of spikes per 1 m ² (X ₁)	Liczba ziaren w kłosie Number of kernels per spike (X ₂)	Masa 1000 ziaren Weight of thousand grains (X ₃)	Plon ziarna (t·ha ⁻¹) Grain yield (Y)
Rasbet				
Średnia — Mean	535,0	17,36	39,34	3,63
Odchylenie standardowe Standard deviation	128,7	2,79	5,31	1,03
Współczynnik zmienności Coefficient of variation	0,241	0,161	0,135	0,283
Rastik				
Średnia — Mean	407,4	17,10	38,21	2,62
Odchylenie standardowe Standard deviation	115,6	2,88	4,95	0,81
Współczynnik zmienności Coefficient of variation	0,284	0,168	0,130	0,309

Przeprowadzona analiza korelacji wykazała brak istotnych współzależności między liczbą kłosów na 1 m² a pozostałymi składowymi (liczbą ziaren w kłosie i MTZ) u obydwu odmian, natomiast wzajemne zależności między liczbą ziaren w kłosie a MTZ były ujemne

i istotne (tab. 2). Silniejszą ujemną współzależność stwierdzono u odmiany Rastik (-0,369) niż u odmiany Rasbet (-0,232), co świadczy o wzajemnym dość silnym związku między tymi cechami u odmiany nieoplewionej (zwiększenie liczby ziaren w kłosie powoduje zmniejszenie MTZ). Analizując wartości współczynników korelacji między składowymi plonu a plonem szczególną uwagę należy zwrócić na brak istotnej zależności między MTZ a plonem ziarna u odmiany Rastik, a jednocześnie występowanie takiej zależności u odmiany Rasbet, co świadczy o niewielkim znaczeniu tej składowej plonu w jego zmienności u odmiany nieoplewionej.

Tabela 2

Macierz współczynników korelacji dla składowych i plonu ziarna
Matrix of correlation coefficients for yield components and grain yield

Rasbet				
	X ₁	X ₂	X ₃	Y
Liczba kłosów na 1 m ² (X ₁) Number of spikes per 1m ²	1,000			
Liczba ziaren w kłosie (X ₂) Number of kernels per spike	-0,022	1,000		
Masa 1000 ziaren w g (X ₃) Weight of 1000 grains in g	0,007	-0,232*	1,000	
Plon ziarna w t/ha (Y) Grain yield in t·ha ⁻¹	0,779*	0,417*	0,322*	1,000
Rastik				
	X ₁	X ₂	X ₃	Y
Liczba kłosów na 1 m ² (X ₁) Number of spikes per 1m ²	1,000			
Liczba ziaren w kłosie (X ₂) Number of kernels per spike	-0,068	1,000		
Masa 1000 ziaren w g (X ₃) Weight of 1000 grains in g	-0,087	-0,369*	1,000	
Plon ziarna w t/ha (Y) Grain yield in t·ha ⁻¹	0,837*	0,269*	0,181	1,000

*-Istotne przy poziomie $\alpha = 0,05$; Significant at level $\alpha = 0,05$

Przeprowadzona analiza ścieżek wykazała bardzo wysoką determinację plonu ziarna jęczmienia przez jego składowe w zastosowanym modelu liniowym, wartości współczynników determinacji wynosiły odpowiednio 98,0% i 97,4% co uzasadnia stosowanie modelu liniowego do oceny wpływu składowych na plon. Na podstawie wyników analizy ścieżek możemy określić wpływ bezpośredni i pośredni poszczególnych składowych tj. liczby kłosów na 1m², liczby ziaren w kłosie i masy tysiąca ziaren (tab. 3). Wszystkie składowe dodatnio istotnie wpływały na zmienność plonu ziarna, największy wpływ na zmienność plonu ziarna jęczmienia u obydwu odmian miała liczba kłosów na 1 m². Wyższa wartość współczynnika ścieżki u odmiany Rastik (0,909) w porównaniu z odmianą Rasbet (0,788) świadczy o silniejszym wpływie tej składowej w kształtowaniu plonu odmiany nieoplewionej. Pozostałe 2 składowe miały znacznie mniejszy wpływ na zmienność plonu, wartości współczynników ścieżek dla liczby ziaren w kłosie wynosiły dla odmiany Rasbet 0,537 a dla odmiany Rastik 0,494, natomiast dla MTZ odpowiednio 0,441 i 0,442. Różnice między wartościami współczynników ścieżek dla MTZ są bardzo

niewielkie, a jednocześnie wartości współczynników ścieżek relatywnie małe, co świadczy o niewielkim wpływie tej składowej u obydwu odmian. Również różnice między współczynnikami ścieżek dla liczby ziaren w kłosie są dość małe, jednak nieco większy wpływ tej składowej był obserwowany u odmiany o ziarnie oplewionym.

Tabela 3

Efekty bezpośrednie i pośrednie oraz współczynniki korelacji między poszczególnymi składowymi a plonem ziarna

Direct and indirect effects and correlation coefficients between the yield components and grain yield

Zmienna przyczynowa Causal variable	Rasbet			Rastik		
	efekt bezpośredni direct effect	efekt pośredni indirect effect	wsp. korelacji correlation coefficient	efekt bezpośredni direct effect	efekt pośredni indirect effect	wsp. korelacji correlation coefficient
Liczba kłosów na 1 m ² (X ₁) Number of spikes per 1 m ²	0,788*	-0,009	0,779*	0,909*	-0,072	0,837*
Wpływ pośredni poprzez X ₂ Indirect effect via X ₂		-0,012			-0,033	
Wpływ pośredni poprzez X ₃ Indirect effect via X ₃		0,003			-0,038	
Liczba ziaren w kłosie (X ₂) Number of kernels per spike	0,537*	-0,120	0,417*	0,494*	-0,225	0,269*
Wpływ pośredni poprzez X ₁ Indirect effect via X ₁		-0,017			-0,062	
Wpływ pośredni poprzez X ₃ Indirect effect via X ₃		-0,102			-0,163	
Masa 1000 ziaren (X ₃) Weight of 1000 grains	0,441*	-0,119	0,322*	0,442*	-0,261	0,181
Wpływ pośredni poprzez X ₁ Indirect effect via X ₁		0,005			-0,079	
Wpływ pośredni poprzez X ₂ Indirect effect via X ₂		-0,125			-0,182	

*-istotne przy poziomie $\alpha=0,05$; significant at level $\alpha=0.05$

Efekty pośrednie były zazwyczaj ujemne, co wskazuje na wzajemny ujemny wpływ składowych, zwiększenie wartości jednej składowej często powoduje zmniejszenie wartości dwóch pozostałych składowych, jednak wpływ ten był relatywnie słaby (tab. 2). Spośród składowych plonu najsłabsze efekty pośrednie stwierdzono dla liczby kłosów na 1m², suma tych efektów (przez liczbę ziaren w kłosie i MTZ) była niewielka dla obu badanych odmian i wynosiła dla odmiany Rasbet -0,009 a dla odm. Rastik -0,072. Większe efekty pośrednie na plon ziarna stwierdzono dla pozostałych dwóch składowych plonu, efekty te były większe dla odmiany Rastik w porównaniu z odmianą Rasbet, co świadczy o silniejszym wzajemnym ujemnym powiązaniu między składowymi u odmiany nieoplewionej, w porównaniu z odmianą oplewioną. Wpływ pośredni liczby ziaren w kłosie poprzez 2 pozostałe składowe wynosił łącznie -0,120 dla odmiany Rasbet natomiast -0,225 dla odmiany Rastik. Wpływ ten wynikał przede wszystkim z efektu pośredniego przez masę tysiąca ziaren, a w niewielkim stopniu z efektu pośredniego przez liczbę kłosów na 1m². Efekty pośrednie dla MTZ na plon ziarna przez pozostałe 2 składowe wynosiły -0,119 dla odmiany Rasbet, a -0,261 dla odmiany Rastik.

Efekty pośrednie dla MTZ wynikały przede wszystkim z ujemnego efektu przez liczbę ziaren w kłosie, natomiast wpływ pośredni MTZ przez liczbę kłosów na 1 m^2 był niewielki. Powyższe wyniki wskazują na umiarkowane zależności między liczbą ziaren w kłosie i MTZ, liczba kłosów na 1 m^2 jest w niewielkim stopniu zależna od pozostałych składowych. Wzajemny ujemny wpływ MTZ i liczby ziaren w kłosie jest większy u odmiany Rastik (nieoplewionej) niż u odmiany Rasbet (oplewionej). Efekty pośrednie składowych plonu na plon poprzez inne składowe były relatywnie niewielkie, nieco większy wpływ pośredni stwierdzony dla odmiany Rastik w porównaniu z odmianą Rasbet świadczy o silniejszych powiązaniach między składowymi u tej odmiany o ziarnie nieoplewionym.

DYSKUSJA

Na podstawie współczynników korelacji między składowymi plonu można stwierdzić, że jedynymi istotnymi współzależnościami między nimi była ujemna zależność między liczbą ziaren w kłosie a MTZ, wartości współczynników korelacji -0,232 i -0,369 odpowiednio dla odmiany Rasbet i Rastik. Słabe zależności między składowymi wskazują na niewielkie możliwości wzrostu składowych przy jednoczesnym zmniejszeniu jednej z nich. Słabe związki korelacyjne, między poszczególnymi składowymi wykazali w swoich badaniach Szafrński i Kulig (1998), Fotyma i Pietrasz-Kęsik (1993).

Otrzymane wyniki analizy ścieżek potwierdzają, że największy wpływ na zmienność plonu jęczmienia, niezależnie od genotypu, spośród składowych plonu ma liczba kłosów na jednostce powierzchni. Dotychczasowe badania nad jęczmieniem w różnych warunkach glebowo-klimatycznych nad różnymi genotypami jęczmienia potwierdzają tę tezę. Silny związek między liczbą kłosów na 1 m^2 a plonem ziarna zaobserwowali na podstawie doświadczeń z jęczmieniem m.in. Baethgen i wsp. (1995), Zajac i wsp. (1997), Szafrński i Kulig (1998), Ostrowska, Kucińska (1999), Garcia del Moral i wsp. (2003). Badania Mazurka i wsp. (1980) oraz Fotymy i Pietrasz-Kęsik (1993) wykazały, że znaczenie liczby kłosów na jednostce powierzchni, w kształtowaniu plonu ziarna u jęczmienia, jest większe w porównaniu z innymi gatunkami zbóż.

Ocena wpływu poszczególnych składowych na plon w tych badaniach dokonywana była zazwyczaj na podstawie wartości współczynnika korelacji prostej, regresji prostej lub też na podstawie wartości współczynników ścieżek, czyli metody wielowymiarowej opartej na regresji wielokrotnej. W badaniach własnych uzyskano nieco większy wpływ liczby kłosów na 1 m^2 na plon ziarna u odmiany Rastik w porównaniu z odmianą Rasbet (wartości współczynników ścieżek odpowiednio 0,909 i 0,788), co wskazuje na szczególną konieczność uzyskania dużej obsady kłosów dla wysokiego plonu u odmiany nieoplewionej (Rastik), zwłaszcza ze względu na wzajemne ujemne współzależności między pozostałymi dwoma składowymi plonu (MTZ i liczbą ziaren w kłosie) u tej odmiany nieoplewionej. Różnice w kształtowaniu plonu przez liczbę kłosów między genotypami zaobserwowali w swoich badaniach Garcia del Moral M. i Garcia del Moral (1995). Wpływ liczby kłosów na plon może się zmniejszać przy bardzo dużych obsadach na jednostce powierzchni (Zajac i in., 1997).

Wpływ pozostałych dwóch składowych na zmienność plonu jęczmienia w badaniach własnych był znacznie mniejszy, obydwie składowe tj. liczba ziaren w kłosie i masa tysiąca ziaren w podobnym stopniu oddziaływały na kształtowanie się plonu. Mniejszy wpływ tych dwóch składowych stwierdzono również w badaniach Mazurka i wsp. (1980), Fotymy i Pietrasz-Kęsik (1993), Zająca i wsp. (1997), Szafrąńskiego i Kuliga (1998). Cechy te zazwyczaj charakteryzują się mniejszą zmiennością i za wyjątkiem warunków, w których obsada kłosów na jednostce powierzchni jest bardzo wysoka (Zajac i in., 1997) ich wpływ jest względnie niewielki, choć istotny.

W badaniach własnych nie stwierdzono dużego zróżnicowania determinacji plonu przez MTZ i liczbę ziaren w kłosie u obu badanych odmian (oplewionej i nieoplewionej), jednak stwierdzono zróżnicowanie pośredniego wpływu tych dwóch składowych między tymi odmianami.

Pośredni wpływ składowych na plon był relatywnie niewielki, efekty pośrednie były znacznie mniejsze od efektów bezpośrednich. Niewielki pośredni wpływ poszczególnych składowych wynikał z słabych wzajemnych zależności między poszczególnymi składowymi. Porównując pośredni wpływ każdej ze składowych między badanymi odmianami można stwierdzić większe pośrednie efekty liczby ziaren w kłosie i MTZ u odmiany Rastik w porównaniu z odmianą Rasbet. Wartości efektów pośrednich dla tych składowych były ujemne dla obydwu odmian, przy czym u odmiany Rastik około 2-krotnie mniejsze niż u odmiany Rasbet.

WNIOSKI

1. Liczba kłosów na 1 m² jest składową plonu najsilniej wpływającą bezpośrednio na zmienność plonu obydwu odmian jęczmienia, pośredni wpływ tej składowej plonu poprzez pozostałe 2 składowe jest niewielki. Większy wpływ tej składowej plonu w jego determinacji stwierdzono u odmiany nieoplewionej (Rastik) w porównaniu z odmianą oplewioną (Rasbet).
2. Wpływ bezpośredni pozostałych 2 składowych na zmienność plonu tj. liczby ziaren w kłosie i MTZ jest podobny, ale znacznie mniejszy w porównaniu z wpływem liczby kłosów, efekty pośrednie tych składowych były relatywnie niewielkie. Nieco większy pośredni ujemny wpływ miała liczba ziaren w kłosie oraz MTZ odmiany Rastik w porównaniu z odmianą Rasbet, co potwierdza różnice w determinacji plonu między odmianami. Spowodowane mogło to być mniejszym zagęszczeniem łanu odmiany Rastik.

LITERATURA

- Akanda S., Mundt C. 1996. Path coefficient analysis of the effects of stripe rust and cultivar mixtures on yield and yield components of winter wheat. *Theor. Appl. Genet.*, 92 (6): 666 — 672
- Baethgen W., Christianson C., Lamothe A. 1995. Nitrogen fertilizer effects on growth, grain yield, and yield components of malting barley. *Field Crop Res.* 43 (2–3), s. 87 — 99.
- Balkema-Boomstra A. 1992. The relation between grain yield and some related traits of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) and their usefulness in a breeding program. *Euphytica* 65 (2): 99 — 106.

- Fotyma E., Pietrasz-Kęsik G. 1993. Struktura plonu zbóż jarych zależnie od nawożenia azotem. *Frag. Agronom.*, 4 (40): 103 — 104.
- Garcia del Moral L., Garcia del Moral B., Molina-Cano J., Slafer G. 2003. Yield stability and development two- and six-rowed winter barleys under Mediterranean conditions. *Field Crop Res.* 81: 109 — 119.
- Garcia del Moral M., Garcia del Moral L. 1995. Tiller production and survival in relation to grain yield in winter and spring barley. *Field Crop Res.*, 44 (2–3): 85 — 93.
- Klepper B., Rickman R.W., Waldman S., Chevalier P. 1998. The physiological life cycle of wheat: Its use in breeding and crop management. *Euphytica* 100: 341 — 347.
- Mądry W., Pietrzykowski R., Rozbicki J. 1995. Analiza współczynników ścieżek dla cech rozwijających się w trakcie ontogenezy oraz plonu ziarna pszenżyta ozimego. *Rocz. Nauk Rol., ser. A*, 111 (3–4): 9 — 22.
- Mazurek J., Mazurek J., Maj L., Wilczyńska-Kostrzewa W. 1980. Zależność między strukturą plonu a produktywnością zbóż jarych. *Pam. Puławski*, 72: 77 — 89.
- Ostrowska D., Kucińska K. 1999. Wpływ wzrastających dawek azotu na plon i jakość ziarna jęczmienia jarego. *Mat. konf. Środowiskowe i agrotechniczne uwarunkowania jakości produktów rolnych*. SGGW Warszawa: 55 — 59.
- Szafrński W., Kulig B. 1998. Metoda współczynników ścieżek w ocenie współzależności cech determinujących plon ziarna jęczmienia jarego. *Zesz. Nauk. AR Kraków ser. Rolnictwo*, 35: 93 — 101.
- Wright S. 1921. Correlation and causation. *J. Agric. Research* 20: 557 — 585.
- Zajac T., Krawontka J., Szmigiel A. 1997. Oszacowanie determinacji plonu ziarna jęczmienia jarego na podstawie predykcji regresyjnej i zmienności elementów struktury plonu. *Zesz. Nauk. AR Kraków ser. Rolnictwo* 34: 141 — 151.

HENRYK J. CZEMBOR

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Odporność na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) odmian jęczmienia włączonych do badań rejestrowych w Polsce w latach 2004–2006

Resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) in barley cultivars included in 2004–2006 in registration trials in Poland

Określono genetyczne uwarunkowania odporności na mączniaka (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) u 20 odmian jęczmienia ozimego i 55 jarego włączonych do badań rejestrowych w Polsce w latach 2004–2006. Badane odmiany ozime mają jeden lub więcej genów odporności związanych z locus *Mlra*, *Mla6*, *Mla7*, *Mla7(Ab)*, *MlSt*, *Ml(SI-1)*, *Mlh*, *Mlk* i 6 bliżej nieokreślonych. W odmianach jarych stwierdzono obecność genów *Mla1*, *Mla3*, *Mla7*, *Mla9*, *Mla12*, *Mla13*, *Mlg*, *MlLa*, *Ml(SI-1)*, *Ml(St)*, *Mlk*, *mlo* i pięć genów bliżej nieokreślonych. Na populację mączniaka występującą w Polsce odporne są tylko odmiany z genem *mlo* i *Ml(SI-1)*.

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

Genetic resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) of 20 cultivars of winter barley and of 55 cultivars of spring barley from Polish Registration trials 2004–2006 is presented. All the winter barley cultivars have one or more genes for resistance in loci *Mlra*, *Mla6*, *Mla7*, *Mla7(Ab)*, *MlSt*, *Ml(SI-1)*, *Mlh*, *Mlk*, and six unknown genes were detected. Twelve different resistance genes: *Mla1*, *Mla3*, *Mla7*, *Mla9*, *Mla12*, *Mla13*, *Mlg*, *MlLa*, *Ml(SI-1)*, *Ml(St)*, *Mlk*, *mlo* and five unknown genes were detected in spring varieties. Only cultivars with gene *mlo* and *Ml(SI-1)* have a high level of resistance to powdery mildew in Poland.

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

WPROWADZENIE

Mączniak prawdziwy powodowany przez *Blumeria graminis* D.C. f.sp. *hordei* (Marchal) jest jedną z ważniejszych chorób liści jęczmienia w Polsce. Choroba występuje z różnym nasileniem, co roku w całym kraju powodując straty w plonach (Gacek i in., 1996). W sprzyjających warunkach do rozwoju tej choroby straty w plonie ziarna mogą sięgać do 25%, przeciętnie wynoszą ok. 10% (Zwatz, 1987; Atzema, 1998). 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 produkcji odpowiednich fungicydów, uprawę odmian odpornych i 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 zróżnicowana pod względem genetycznego jej uwarunkowania jest jednym z ważniejszych elementów nowoczesnej proekologicznej produkcji roślinnej. Znajomość genów odporności funkcjonujących w uprawianych odmianach jest konieczna do interpretacji współdziałania między populacją patogena a jego gospodarzem. Uwzględniając hipotezę Flora „gene-for-gene” 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 u nowych odmian jęczmienia przyjętych do badań rejestrowych w Polsce w latach 2004–2006, tak, aby w momencie wprowadzania ich do produkcji znane było ich genetycznie uwarunkowane spektrum odporności na mączniaka.

MATERIAŁ I METODY

Odmiany jęczmienia

Do badań wzięto 20 odmian jęczmienia ozimego (tab. 1) i 55 jarego (tab. 2) przyjętych do badań rejestrowych na lata 2004–2006 przez Centralny Ośrodek Badania Roślin Uprawnych (COBORU) w Słupi Wielkiej. Nasiona do badań otrzymano od hodowców poszczególnych odmian.

Tabela 1

Lista odmian jęczmienia ozimego włączona do badań COBORU w latach 2004–2006
List of winter barley cultivars included in 2004–2006 to COBORU registration trials (Najewski, 2005, 2006, 2007)

Odmiana — Cultivar	Kraj pochodzenia — Origin	Hodowca — Breeder
1	2	3
włączone do badań w roku 2004 — included to trials in 2004		
Barcelona	NL	Cebeco Seeds
BE 165899A (Maybrit)	DE	W. von Borries-Eckendorf
CWB 01-12 (Nickela)	SE	Svalof Weibull AB
LUE 1031-1	DE	Deutsche Saatverdelung
MAD 803	PL	PHR Tulce
Stephanie	FR	Secobra Rechesches
włączone do badań w roku 2005 — included to trials in 2005		
Amarena	FR	Saaten Union Recherche
BE 141601 (Scarpia)	DE	W. von Borries-Eckendorf
BKH 2904	PL	HR Smolice
GW 2297	DE	Nordsaat
LEU 1040 (Epoque)	DE	Deutsche Saatverdelung
LP 6-234 (Fridericus)	DE	Lochow-Petkus
POA 3574/92/1	PL	HR Szelejewo

c.d. Tabela 1

1	2	3
włączone do badań w roku 2006 — included to trials in 2006		
BKH 9313	PL	HR Smolice
BKH 3008	PL	HR Smolice
BKH 4019	PL	HR Smolice
Laverda	FR	Saaten Union Recherche
LP 2-345	DE	Lochow-Petkus
NORD 20629/13	DE	Nordsaat
SUR 02/2632	FR	Saaten Union Recherche

Tabela 2

Lista odmian jęczmienia jarego włączonych do badań COBORU w latach 2004–2006
List of spring barley cultivars included in 2004–2006 to COBORU registration trials (Najewski, 2004, 2005, 2006)

Odmiana Cultivar	Kraj Country	Hodowca Breeder	Odmiana Cultivar	Kraj Country	Hodowca Breeder	Odmiana Cultivar	Kraj Country	Hodowca Breeder
włączone do badań w roku 2004 included to trials in 2004			włączone do badań w roku 2005 included to trials in 2005			włączone do badań w roku 2006 included to trials in 2006		
BKH 4603	PL	HR Smolice	BKH 69	PL	HR Smolice	AC 00/767/5	DE	Ackermann
BKH 4703 (Basza)	PL	HR Smolice	BKH 84	PL	HR Smolice	BKH 2292	PL	HR Smolice
Cellar	UK	Syngenta Seeds	CSBC 3446- 1512 Nuevo	FR	RAGT 2n- S.A.S.	BKH 3091	PL	HR Smolice
CSBC 2432- 79 (Żeglarz)	FR	RAGT 2n-S.A.S.	Hadm 60917-99	DE	SW Seed Hadmersleben	CEBECO 0367	NL	Innoseeds B.V.
CSBC 2531- 1 (Toucan)	UK	RAGT Seeds	Hadm 64533	DE	SW Seed Hadmersleben	CEBECO 0374	NL	Innoseeds B.V.
HE 8621 B	CZ	Plant Select	LP 1036.5.00 Mercada	DE	Lochow-Petkus	CSBC 4061-1	FR	Innoseeds B.V.
LP 1124.8.98 (Tocada)	DE	Lochow-Petkus	MOB 5697/00	PL	HR Szelejewo	CSBC 4222-28 (Signora)	FR	Serasem
LP 1452.5.99 (Mauritia)	DE	Lochow-Petkus	NORD 01/2449 Beatrix	DE	Nordsaat	HE 9448	CZ	Plant Select
NAD 3803	PL	PHR Tulce	POB 12366/01	PL	MHR HBP Kraków	LP 1217.7.02	DE	Lochow-Petkus
RAH 3803	PL	HR Smolice	POB 8058/99	PL	MHR HBP Kraków	NORD 02/2338 (Marthe)	DE	Nordsaat
STH 4903	PL	HR Strzelce	RAH 255/01 Rubinek	PL	HR Smolice	PF 19004-51	DK	Pajbjerg
STH 5003	PL	HR Strzelce	SJ 8041	DK	Sejet Plantbreeding	RAH 79602	PL	HR Smolice
Kirsty	DE	Nodsaat Saatucht	STH 5404	PL	HR Strzelce	RAH 97102	PL	HR Smolice
NAD 3703 Nagradowicki	PL	PHR Tulce	STH 5504	PL	HR Strzelce	SJ 043114	DK	Sejet Plantbreeding
RAH 3703	PL	HR Smolice	STH 5604 (Skarb)	PL	HR Strzelce	STH 5905	PL	HR Strzelce
Frontier	DK	Sejet Plantbreeding	STH 5804	PL	HR Strzelce	STH 6005	PL	HR Strzelce
Simba	DK	Sejet Plantbreeding	SW 2808	SE	Svalof Weibull AB	STH 6105	PL	HR Strzelce
STH 5103	PL	HR Strzelce	Xanadu	DE	Nordsaat	STH 6205	PL	HR Strzelce
STH 5203	PL	HR Strzelce						

Izolaty różnicujące

W badaniach wykorzystano 14 izolatów *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* z kolekcji Pracowni Genetyki Stosowanej Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie (IHAR). Wybrane izolaty przechowywano i rozmnażano na podatnej odmianie Manchuria a ich patogeniczność określono na siewkach zestawu linii izogenicznych Pallas (Kolster i in., 1986) i dodatkowo na 9 odmianach z innymi genami od obecnych w serii Pallas (tab. 3).

Tabela 3

Reakcja różnicujących odmian jęczmienia na zakażenie 14 izolatami *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*
Reaction of differential set of barley varieties after inoculation with 14 isolates of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*

Odmiana Cultivar	Gen Gene	Izolat Isolate													
		3	4	9	12	13	17	24	24R	26	29	30	31	35	63
Pallas	<i>Mla8</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
P01	<i>Mla1</i>	4	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
P02	<i>Mla3</i>	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0	0
P03	<i>Mla6, Mla14</i>	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0	0	4	4
P04	<i>Mla7, Mlk</i>	4	0	2	0	4	1	0	2	0	4	0	4	2	4
P04	<i>Mla7, ?</i>	4	0	2	0	4	0	0	4	0	4	1	4	4	4
P06	<i>Mla7, MlLG2</i>	4	0	0	0	4	0	0	4	0	2	4	4	4	4
P07	<i>Mla9, Mllk</i>	4	0	0	0	4	0	0	0	4	4	4	0	0	0
P08	<i>Mla9, Mllk</i>	4	0	0	0	4	0	0	0	4	4	4	0	0	0
P08	<i>Mla9</i>	4	0	0	0	4	0	4	0	4	4	4	0	0	0
P09	<i>Mla10, MlDu2</i>	4	0	4	0	4	0	0	0	4	4	4	4	0	4
P10	<i>Mla12</i>	4	0	4	0	0	2	0	0	0	4	4	4	2	4
P11	<i>Mla13, MlRu3</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4	4	4
P12	<i>Mla22</i>	0	4	0	0	0	4	4	4	0	4	0	4	4	0
P13	<i>Mla23</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P14	<i>Mlra</i>	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4
P15	<i>MlRu2</i>	4	2	4	4	2	3	2	4	2	4	4	4	2	2
P17	<i>Mllk</i>	4	2	2	2	4	0	2	2	4	4	0	4	0	4
P18	<i>MlIn</i>	4	4	2	4	4	2	4	2	4	4	4	4	4	4
P19	<i>Mlp</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
P20	<i>Mlat</i>	2	4	2	2	4	2	2	2	2	2	4	2	2	2
P21	<i>Mlg</i>	4	0	0	0	0	0	0	4	4	4	4	4	4	4
P22	<i>Mlo</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>MlLa</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
P24	<i>Mlh</i>	4	0	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Benedicte	<i>Mla9, MlIM9</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	4	4
Lenka	<i>Mla13, MlAb</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	4
Gunar	<i>Mla3, MlTu2</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Steffi	<i>MlSt1</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	4
Kredit	<i>MlKr</i>	0	0	1	0	1	0	1	0	4	2	4	4	4	4
Jarek	<i>MlI192, ?</i>	0	4	4	4	4	2	4	4	4	2	4	4	4	4
Triumph	<i>Mla7, MlAb</i>	0	4	0	4	0	4	0	4	4	4	4	4	4	4
Borwina	<i>Ml(Bw)</i>	3	2	4	4	2	3	2	4	2	2	4	4	2	3
Peggy	<i>Ml(Sl-1)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0

Ocena odporności

Doświadczenia infekcyjne prowadzono w szklarni IHAR w Radzikowie w okresie od października 2005 do kwietnia 2007. Reakcję badanych odmian na zakażenie poszczegól-

nymi izolatami oceniano na kilkunastu siewkach w stadium pierwszego liścia oraz odmianie Manchuria, kontrolnej dla podatności. Siewki testowanych roślin uprawiano w warunkach niezbędnego sztucznego doświetlania dla szesnastogodzinnego dnia przy temperaturach w granicach 16–22°C. Inokulacji siewek dokonywano przez strząsanie nad nimi zarodników konidialnych z roślin porażonych wybranym izolatem. Po 8–10 dniach od inokulacji oceniano reakcję roślin w pięciostopniowej skali Mainsa i Dietza uzupełnionej o stopień 0(4) charakteryzujący reakcję odmian z genem *mlo* (za Czembor i Czembor, 2001). Rośliny o reakcji 0–2 klasyfikowano, jako odporne, 3–4 jako podatne, a 0(4) jako efekt obecności genu *mlo*.

Postulowanie genów odporności

Hipotezę o obecności w badanej odmianie specyficznego genu odporności sprawdzano na podstawie porównania jej reakcji z reakcją odmian różniących się na zakażenie zestawem izolatów o znanym spektrum wirulencji. Identyfikacji genów odporności dokonywano przez eliminację genów odporności nieobecnych w badanej odmianie. Dalsze postępowanie polegało na określeniu obecności możliwych genów odporności zgodnych z hipotezą genu dla genu. W przypadku, kiedy obserwowano porównywalną reakcję (ocena 3 i 4) na zakażenie danym izolatem można było przyjąć, że badana odmiana nie ma genów odporności, dla których użyty izolat był awirulentny. Natomiast w przypadku niezgodnej reakcji (ocena 0–2) na zakażenie izolatem mającym tylko jeden gen awirulencji w stosunku do pozostałych możliwych genów odporności oznaczało to możliwość obecności w badanej odmianie postulowanego genu odporności (Flor, 1956; Brown i Jorgensen, 1991; Czembor i Czembor, 2001).

WYNIKI

Na podstawie reakcji siewek na zakażenie wybranymi izolatami *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* stwierdzono, że jedenaście z 20 ocenianych odmian jęczmienia ozimego ma co najmniej po jednym genie odporności, osiem po dwa, a jedna jest podatna na wszystkie znane patotypy *B. graminis* f.sp. *hordei* występujące w Polsce (Gacek i in., 2004; Czembor i Czembor, 2004) (tab. 4). Z porównania wyników oceny porażenia odmian różniących się (tab. 3) z ocenami badanych odmian (tab. 4) można wnioskować, że ich odporność może być uwarunkowana pojedynczym genem głównym, odpowiednio: *Mlra*, *MISt*, *Mlh*, *MI(Bw)*, *MI(SI-1)*, *Mla7(Ab)* i bliżej nieoznaczonymi genami lub dwoma genami, odpowiednio: *MI(Bw)+Mlk*, *Mla7+* bliżej nieoznaczony, *Mla6+MI(Bw)*, *Mla6+MISt*, *Mlra+MI(Bw)*, *MISt+* bliżej nieoznaczony.

Wśród 55 badanych odmian jęczmienia jarego, 38 ma co najmniej jeden gen, 15 ma dwa, a 1 jest heterogeniczna pod względem genetycznego uwarunkowania odporności na użyte w badaniach izolaty *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* (tab. 5). W badanych odmianach jęczmienia jarego stwierdzono funkcjonowanie dwunastu różnych genów, które są obecne pojedynczo lub podwójnie w różnych kombinacjach (tab. 5). Gen recesywny *mlo* jest w dwudziestu sześciu odmianach; *MISt* w sześciu; *Mla13*, *Mlg* w czterech; *Mla1*, *Mla12* w trzech; *Mla3*, *Mla9*, *MIla*, *Mlk*, *MI(SI-1)* w dwóch; *Mla7* w jednej. Odmiana HE 9448 była podatna na wszystkie użyte w badaniach izolaty.

Tabela 4

Reakcja odmian jęczmienia ozimego przyjętych do badań w latach 2004–2006 na zakażenie 14 izolatami *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*
Reaction of winter barley varieties admitted to investigation in 2004–2006 after inoculation with 14 isolates of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*

Odmiana Cultivar	Kraj Country	Izolat Isolate														Postulowany gen Postulated gene
		3	4	9	12	13	17	24	24R	26	29	30	31	35	63	
Barcelona	NL	4	0	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	0	4	<i>Mlra</i>
BE 165899A (Maybrit)	DE	4	3	4	4	4	0	2	2	2	2	0	3	2	3	<i>Ml(Bw) + Mlk</i>
CWB 01-12 (Nickela)	SE	4	0	2	0	4	0	0	4	0	2	0	4	0	4	<i>Mla7 + ?</i>
LUE 1031-1	DE	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	4	<i>MlSt</i>
MAD 803	PL	4	0	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	0	4	<i>Mlra</i>
Stephanie	FR	0	0	0	0	0	2	0	4	0	0	0	0	0	4	<i>Mla6 + Ml(Bw)</i>
Amarena	FR	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	<i>Mla6 + MlSt</i>
BE 141601 (Scarpia)	DE	4	0	2	4	4	2	2	2	2	2	0	2	0	4	<i>Mlra + Ml(Bw)</i>
BKH 2904	PL	4	0	4	1	4	4	4	4	3	2	3	2	4	4	<i>Mlh</i>
GW 2297	DE	2	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	4	<i>MlSt + ?</i>
LEU 1040 (Epoque)	DE	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4	<i>MlSt + ?</i>
LP 6-234 (Fridericus)	DE	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4	<i>MlSt + ?</i>
POA 3574/92/1	PL	4	2	4	3	2	3	2	4	2	2	4	4	2	3	<i>Ml(Bw)</i>
BKH 9313	PL	3	2	4	4	2	3	2	4	2	2	4	4	2	3	<i>Ml(Bw)</i>
BKH 3008	PL	4	0	4	0	2	4	3	2	2	4	2	4	4	4	<i>Mlh</i>
BKH 4019	PL	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	2	4	?
Laverda	FR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	<i>Ml(Sl-1)</i>
LP 2-345	DE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	podatna, susceptible
NORD 20629/13	DE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	?
SUR 02/2632	FR	0	4	0	4	0	4	2	4	4	4	4	4	4	4	<i>Mla7(Ab)</i>

DYSKUSJA

We współczesnym rolnictwie uprawia się na dużą skalę podobne pod względem genetycznym odmiany i wciąż w praktyce stosuje się wysokie nawożenie azotem by uzyskać wysokie plony (Wolfe, 1984; Nieróbca i in., 2003). Uprawa mało zróżnicowanych genetycznie odmian sprzyja szybkiemu rozprzestrzenianiu się chorób. W celu ograniczenia strat w plonach stosuje się fungicydy i wprowadza do produkcji nowe odmiany odporne na najważniejsze patogeny. Przyszłe technologie uprawy jęczmienia będą musiały 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).

Wiele genów specyficznej odporności wykorzystano w hodowli odmian komercyjnych jęczmienia. Spośród 33 najpowszechniej wykorzystywanych genów, 28 jest ściśle ze sobą sprzężonych lub ma charakter alleliczny (Jorgenson, 1994). Prezentowane w tej pracy wyniki wskazują na znaczący przyrost udziału w doświadczeniach rejestrowych odmian jęczmienia jarego o odporności uwarunkowanej genem *mlo* (tab. 5) w porównaniu do lat wcześniejszych, kiedy to przeważały odmiany z genami z serii alleli *Mla* (Czembor 2004, 2005). Tak duża liczba genów allelicznych, a dotyczy to przede wszystkim locus *Mla*, stanowi poważne ograniczenie w łączeniu ich w jednym genomie nowych odmian.

Tabela 5

Reakcja odmian jęczmienia jarego przyjętych do badań w 2004–2006 na zakażenie 14 izolatami
Blumeria graminis f. sp. *hordei*

Reaction of spring barley varieties admitted to investigation in 2004 - 2006 after inoculation of 14
 isolates of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*

Odmiana — Cultivar	Kraj Country	Izolat — Isolate														Postulowany gen Postulated gene
		3	4	9	12	13	17	24	24R	26	29	30	31	35	63	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
BKH 4603	PL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	0(4)	<i>mlo</i>
BKH 4703 (Basza)	PL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	0(4)	<i>mlo</i>
Cellar	UK	0(4)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>mlo</i>
CSBC 2432-79 (Żeglarz)	FR	0(4)	0	0(4)	0	0	0(4)	0	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	<i>mlo</i>
CSBC 2531-1 (Toucan)	UK	0(4)	0	0(4)	0	0	0(4)	0	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	<i>mlo</i>
HE 8805	CZ	0(4)	0	0(4)	0	0	0(4)	0	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	<i>mlo</i>
Kirsty	DE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	<i>mlo</i>
LP 1124.8.98 (Tocada)	DE	4	0	4	0	0	0	0	0	0	4	2	4	1	4	<i>Mla12 + ?</i>
LP 1452.5.99 (Mauritia)	DE	4	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4	0	4	<i>Mla13 + MlLa</i>
NAD 3703 Nagrałowicki	PL	0(4)	0	0(4)	0	0	0(4)	0	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	<i>mlo</i>
NAD 3803	PL	0(4)	0	0(4)	0	0	0(4)	0	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	<i>mlo</i>
RAH 3703	PL	0(4)	0	0(4)	0	0	0(4)	0	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	<i>mlo</i>
RAH 3803	PL	0(4)	0	0(4)	0	0	0(4)	0	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	<i>mlo</i>
SJ 4210 (Frontier)	DK	4	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	<i>Mla1</i>
SJ 991771 (Simba)	DK	0	0	0(4)	0	0	0	0(4)	0	0	0(4)	0	0	0	0(4)	<i>mlo</i>
STH 4903	PL	4	0	0 i 4	0	0	0	0	0	0	0 i 4	0 i 4	4	2	4	<i>mix</i>
STH 5003	PL	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	4	<i>MlSt</i>
STH 5103	PL	4	0	0	0	0	0	0	4	4	4	3	4	4	4	<i>Mlg</i>
STH 5203	PL	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	<i>Mla9 + IM9</i>
BKH 69	PL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	<i>Ml(SI-1)</i>
BKH 84	PL	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)	<i>mlo</i>
CSBC 3446-1512 Nuevo	FR	0(4)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	<i>mlo</i>
Hadm 60917-99	DE	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4	0	4	<i>Mla13 + Mllk</i>
Hadm 64533	DE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	0	0	0(4)	<i>Mlo</i>
LP 1036.5.00 Mercada	DE	4	4	2	2	3	3	4	4	3	4	2	4	2	4	<i>MlLa + ?</i>
MOB 5697/00	PL	4	1	1	0	4	0	0	2	0	4	0	4	2	4	<i>Mla7,lk</i>
NORD 01/2449 Beatrix	DE	4	0	4	0	0	2	0	0	0	4	4	4	2	4	<i>Mla12 + MlLa</i>
POB 12366/01	PL	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	<i>Mla1 + Mlg</i>
POB 8058/99	PL	0(4)	0	0	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	0	0(4)	0(4)	0(4)	<i>Mlo</i>
RAH 255/01 Rubinek	PL	0(4)	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	0(4)	0(4)	0	0	<i>Mlo</i>
SJ 8041 (Isabella)	DK	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0	2	<i>Mla3</i>
STH 5404	PL	4	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	2	3	<i>MlSt</i>
STH 5504	PL	1	0	0	0	0	0	0	2	0	4	0	1	0	2	<i>Mla3</i>
STH 5604 (Skarb)	PL	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	<i>Mla1 + Mlg</i>
STH 5804	PL	4	2	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	<i>Mla1 + Mlg</i>
SW 2808	SE	3	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	2	0	4	<i>Mla12 + ?</i>
Xanadu	DE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	<i>Mlo</i>
AC 00/767/5	DE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	0	0	<i>Ml(SI-1)</i>
BKH 2292	PL	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	<i>Mla13,Ab</i>
BKH 3091	PL	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	<i>Mla13,Ab</i>
CEBECO 0367	NL	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	4	<i>MlSt</i>
CEBECO 0374	NL	0(4)	0	0	0	0(4)	0	0	0(4)	0	0	0	0(4)	0(4)	0	<i>Mlo</i>
CSBC 4061-1	FR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	0	0	<i>Mlo</i>
CSBC 4222-28 (Signora)	FR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	0	0	<i>Mlo</i>
HE 9448	CZ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	podatna, susceptible
LP 1217.7.02	DE	0(4)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	<i>Mlo</i>
NORD 02/2338 (Marthe)	DE	0(4)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	<i>Mlo</i>
PF 19004-51	DK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	2	0	2	<i>MlSt</i>
RAH 79602	PL	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	2	4	<i>Mla9,Im9</i>

c.d. Tabela 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
RAH 97102	PL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	<i>Mlo</i>
SJ 043114	DK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	<i>mlo</i>
STH 5905	PL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	0	0	<i>mlo</i>
STH 6005	PL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	?
STH 6105	PL	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	0	4	<i>MISt</i>
STH 6205	PL	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	<i>MISt</i> + ?

Jak dotąd, wszystkie geny związane z *locus* Mla po wprowadzeniu do nowych odmian, sukcesywnie po jakimś czasie przestają być efektywne, ponieważ w populacji *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* pojawiają się patotypy wirulentne w stosunku do tych genów (Czembor, 1976; Wolfe i Schwarzbach, 1978; Czembor, 1981; Gacek i Czembor, 1988; Czembor i Czembor, 1998; Hovmoller i in., 2000; Czembor i Czembor, 2004). W celu zwiększenia trwałości odporności hodowcy dążą do większego zróżnicowania materiałów wyjściowych do hodowli, wprowadzania większej liczby genów odporności do tworzonej odmian oraz wykorzystania genów warunkujących częściową odporność. Rolnicy również mogą w znacznym stopniu zwiększyć stabilność odporności przez właściwy z punktu widzenia zdrowotności dobór odmian, przestrzenne zróżnicowanie uprawy odmian o różnym uwarunkowaniu genetycznym odporności oraz w przypadku jęczmienia pastewnego uprawę mieszanek odpowiednio dobranych odmian (Czembor i Gacek, 1990; Gacek i in., 1996; Finckh i in., 1999).

W populacji mączniaka w Polsce występują z różnym nasileniem patotypy wirulentne w stosunku do wszystkich genów obecnych w zarejestrowanych w Polsce odmianach za wyjątkiem genu *mlo* (Czembor i Czembor, 2004; Gacek i in., 2004). W sześciu odmianach jęczmienia jarego obecny jest recesywny gen *mlo* (tab. 5). 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). Odporność warunkowana genem *mlo* jest unikalną, monogeniczną i rasowo niespecyficzną odpornością. U pierwszych odmian komercyjnych z genem *mlo* występował dość duży efekt plejotropowego działania tego genu objawiający się nekrotyczną plamistością liści. Cechę tę stosunkowo szybko wyeliminowano w procesie selekcji i obecnie obserwuje się intensywny wzrost wykorzystywania tego typu odporności w polskiej i europejskiej hodowli. W ostatnich kilku latach w krajach UE w produkcji jest od 20–30% odmian jęczmienia jarego z genem *mlo* (Jorgensen, 1994; Atzema, 1998; Czembor i Czembor, 2001, Anonymous, 2003, 2003a). W Polsce, w roku 2008 na liście odmian roślin rolniczych znajduje się 46 odmian jęczmienia jarego, w tym 20 z genem *mlo* (Anonymous, 2008).

Zarówno w zestawie badanych odmian jarych, jak i ozimych stwierdzono występowanie wcześniej nienotowanego w Polsce genu *MI(SI-1)* warunkującego wysoką odporność na porażenie przez *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* (tab. 4 i 5). Gen *MI(SI-1)* i kilka innych pochodzących z *Hordeum spontaneum*: *Mlf*, *Mlt*, *MI(1-B-53)*, *MI(WI-1)* i *MI(WI-7)*, to nowe geny wprowadzone do hodowli niemieckiej w latach 90. w stosunku, do których nie

stwierdzono izolatów wirulentnych w populacji *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* (Anonymous, 2007)

WNIOSKI

1. 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. 2003. Bundessortenamt, Beschreibende Sortenliste 2003, Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen, Hackfrüchte. Deutscher Landwirtschaft. GmbH: 40 — 42.
- Anonymous. 2003 a. Lista odmian roślin rolniczych 2003. COBORU, Słupia Wielka: 78 — 79.
- Anonymous. 2007. Bundessortenamt, Beschreibende Sortenliste 2007, Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen, Hackfrüchte. Deutscher Landwirtschaft. GmbH: 45 — 47.
- Anonymous. 2008. Lista Odmian Roślin Rolniczych. COBO 28/2008 n. 1300: 40 — 41.
- Atzema J. L. 1998. Durability of *Mlo* resistance to barley against powdery mildew caused by *Erysiphe graminis* f.sp. *hordei*. Ph. D. thesis, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland.
- 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, pp: 263 — 286.
- Czembor H. J. 1976. Źródła odporności na mączniaka jęczmienia *Erysiphe graminis* f.sp. *hordei*. Biul. IHAR t. 20, z. 5: 466 — 490.
- Czembor H. J. 1981. Rasy fizjologiczne mączniaka jęczmienia (*Erysiphe graminis* DC ex Merat f.sp. *hordei* Marchal) występujące w Polsce w latach 1975–1979. Biul. IHAR 25, z. 5/6: 215 — 226.
- Czembor H. J. 2004. Odporność odmian jęczmienia na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) włączonych do badań rejestrowych w Polsce w 2002 roku. Biul. IHAR 233: 117 — 125.
- Czembor H. J. 2005. Odporność odmian jęczmienia włączonych do badań rejestrowych w Polsce w 2003 roku na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*). Biul. IHAR 235: 181 — 189.
- Czembor J. H., Czembor H. J. 1998. Powdery mildew resistance in cultivars of spring barley from Polish Register. Plant Breeding and Seed Science 42 (2): 87 — 99.
- 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., 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 flaxes 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. 1988. Analiza ilościowa struktury populacji mączniaka jęczmienia (*Erysiphe graminis* f.sp. *hordei*). Biul. IHAR 167: 13 — 19.

- 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. Ann. 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., Heinrics 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. Ann. 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.
- Najewski A. 2005. Jęczmień ozimy. Synteza wyników doświadczeń rejestrowych. 2004. COBORU. Z. 38: 46 — 57.
- Najewski A. 2006. Jęczmień ozimy. Synteza wyników doświadczeń rejestrowych. 2005. COBORU. Z. 48: 46 — 57.
- Najewski A. 2007. Jęczmień ozimy. Synteza wyników doświadczeń rejestrowych. 2006. COBORU. Z. 56: 64 — 75.
- Najewski A. 2004. Jęczmień jary. Synteza wyników doświadczeń rejestrowych. Zboża jare, 2004. COBORU. Z. 32: 21 — 40.
- Najewski A. 2005. Jęczmień jary. Synteza wyników doświadczeń rejestrowych. Zboża jare, 2005. COBORU. Z. 39: 22 — 39.
- Najewski A. 2006. Jęczmień jary. Synteza wyników doświadczeń rejestrowych. Zboża jare, 2006. COBORU. Z. 46: 23 — 38.
- McDonald B., Linde C. 2002. Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance. Ann. Rev. Phytopath. 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.
- Wolfe M. S. 1984. Trying to understand and control powdery mildew. Plant Pathol. 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.
- Wolfe M. S., Schwarzbach E. 1978. The recent history of the evolution of barley powdery mildew in Europe. In: The powdery Mildews, Spencer D. M., Academic Press, London, New York and San Francisco: 129 — 157.
- Zwatz B. 1987. Analyse der Resistenzfaktoren und Virulenzfaktoren im Wirt-Parasit-System Sommergerste-Sorten und Mehltau (*Erysiphe graminis* D.C. f.sp. *hordei*) in Österreich. Die Bodenkultur 38: 341 — 349.

ANETA KRAJEK

Instytut Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Wykorzystanie markerów RAPD do oceny różnicowania genotypowego polskich odmian pszenżyta ozimego

The application of RAPD markers to estimation of genotypic diversity of Polish winter triticales cultivars

Celem pracy była ocena różnicowania genotypowego 22 polskich odmian pszenżyta ozimego za pomocą markerów RAPD. Ocenę polimorfizmu międzyodmianowego przeprowadzono w oparciu o 15 starterów RAPD, które zostały wyselekcjonowane spośród 48 wstępnie testowanych na pięciu genotypach pszenżyta ozimego. Wybrane oligonukleotydy amplifikowały łącznie 135 fragmentów DNA, z których 87 (64,44%) było polimorficznych. Wartość indeksów podobieństwa genetycznego wynosiła średnio 0,862 i wahała się od 0,734 pomiędzy odmianami Malno i Tewo do 0,903 między odmianami Marko i Fidelio. Największy dystans genetyczny w stosunku do pozostałych odmian stwierdzono u odmiany Tewo (0,785), a najbardziej podobną do wszystkich odmian okazała się odmiana Fidelio (0,855). Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono niewielkie różnicowanie genotypowe analizowanych odmian pszenżyta ozimego.

Słowa kluczowe: markery RAPD, pszenżyto, różnicowanie genotypowe

The aim of this study was estimation of genotypic diversity of 22 Polish winter triticales cultivars based on RAPD markers. The estimation of intercultivar polymorphism was carried out basing on 15 RAPD primers, which were selected among 48 primers tested on 5 winter triticales genotypes. The chosen oligonucleotides generated 135 fragments of DNA, 87 of them (64.44%) were polymorphic. The mean value of similarity index was 0.862 and fluctuated from 0.734 between cv. Malno and cv. Tewo to 0.903 between cv. Marko and cv. Fidelio. The highest average genetic distance to all examined cultivars was observed in the cv. Tewo (0.785), the cv. Fidelio was the most similar to other cultivars. On the base of obtained results a low level of genotypic diversity was stated among the studied winter triticales cultivars.

Key words: genotypic diversity, RAPD markers, triticales

WSTĘP

We współczesnej hodowli roślin i nasiennictwie coraz częściej wykorzystywane są techniki biologii molekularnej oparte na analizie DNA, które są szybkie i dają jednoznaczne wyniki. Wiążą się one z wykorzystaniem markerów DNA, przedsta-

wiających polimorfizm na poziomie DNA. Ponadto markery DNA dziedziczą się zgodnie z prawami Mendla i nie podlegają modyfikującemu wpływowi czynników środowiska. Zastosowanie markerów DNA jest bardzo szerokie i umożliwia między innymi: ocenę zmienności genetycznej materiałów hodowlanych, identyfikację odmian, dobór właściwych komponentów do krzyżowań, potwierdzenie mieszańcowego charakteru uzyskanego potomstwa, identyfikację i selekcję pożądanych form, czy też przewidywanie efektu heterozji (Wolko, Bartkowiak-Broda, 1997; Broda, 2000; Masojć 2000; Milczarski i in., 2001; Stojałowski i Góral, 2002; Twardowska i in., 2002; Tyrka, Kociuba, 2002; Broda, Wojciechowski, 2004; Tams i in., 2004, 2005).

U zbóż do identyfikacji materiałów hodowlanych i oceny zróżnicowania genetycznego wykorzystuje się między innymi technikę RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) (Williams i in., 1990). Ten system markerowy, oparty na łańcuchowej reakcji polimerazy z użyciem starterów o długości 10 nukleotydów, umożliwia diagnozowanie tożsamości genetycznej przy użyciu niewielkich ilości materiału roślinnego. Za wykorzystaniem tej techniki na szeroką skalę przemawiają stosunkowo niski koszt oraz prosta procedura analiz. Jednak nie wszystkie amplifikowane fragmenty są stabilne i powtarzalne, co wskazuje na konieczność wstępnej selekcji starterów generujących prążki markerowe (Williams i in., 1990; Masojć, 2000; Milczarski i in., 2001; Stojałowski i Góral, 2002; Twardowska i in., 2002).

Celem pracy była wstępna ocena zróżnicowania genotypowego krajowych odmian pszenżyta ozimego za pomocą markerów RAPD.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły 22 polskie odmiany pszenżyta ozimego wyhodowane przez firmy hodowlane: DANKO Hodowla Roślin Sp. z o.o. oraz Hodowlę Roślin Strzelce Sp. z o.o. i wpisane do Rejestru Odmian w latach 1982–1999 (tab. 1).

DNA wyizolowano zgodnie z metodą Milligana (1992) z koleoptyli 5-dniowych siewek w dwóch powtórzeniach dla każdej odmiany i doprowadzono do stężenia 20 ng/μl. Amplifikację DNA przeprowadzono według zmodyfikowanej metody Williams i wsp. (1990). W skład mieszaniny reakcyjnej o objętości 15 μl wchodziły: 1× bufor do PCR (10 mM Tris pH 8,8, 50 mM KCl, 0,08% Nonidet P40) (Fermentas, Litwa), 160 μM każdego dNTP, 500 nM startera, 1,75 mM MgCl₂, 40 ng genomowego DNA, 0,45 U *Taq* DNA Polymerase (Fermentas, Litwa). Reakcję amplifikacji przeprowadzono na termocyklerze Thermal Cycler 480 (Perkin-Elmer) dla dwóch prób DNA z każdego genotypu, prowadząc jednocześnie reakcję kontrolną bez matrycy DNA. Zastosowano następujący profil termiczny: wstępna denaturacja przez 2 minuty w temperaturze 95°C, 45 cykli: 94°C — 45s, 36°C — 45s, 72°C — 45s, z końcową inkubacją przez 10 minut w temperaturze 72°C.

Spośród wstępnie testowanych na 5 genotypach 48 starterów do oceny polimorfizmu wybrano 15 z nich (tab. 2). Każdy starter sprawdzano dwukrotnie w celu potwierdzenia powtarzalności uzyskanych wzorów.

Tabela 1

Ocena podobieństwa genotypowego 22 odmian pszenżyta ozimego w oparciu o polimorfizm markerów RAPD i ich rodowody

Genotype similarity estimation of 22 winter triticale cultivars based on RAPD marker polymorphism, and the pedigrees

Lp. No.	Odmiana Cultivar	Rodowód odmiany*** Pedigree of cultivar***
1	Tewo (D, 1991*)	0,785** (LT 392/76 × LT 363/75) × Grado
2	Tornado (S, 1996)	0,794 MAH 6353 × Mo 7877-1
3	Malno (S, 1987)	0,797 Mo 4107/78/19 × A-8-1
4	Kitaro (D, 1999)	0,812 (Moniko × Malno) × Presto
5	Moniko (D, 1990)	0,818 CT 124/76 × LT 210/74
6	Vero (D, 1992)	0,824 CT 447/77 × Lasko
7	Pinokio (D, 1996)	0,824 (135/16/82 × LT 627/80) × Dagro
8	Alzo (S, 1997)	0,825 Ugo × MAH 9531-6
9	Lamberto (D, 1998)	0,825 (CT 929/84 × Moniko) × Presto
10	Prego (D, 1992)	0,825 Lasko × C 149579
11	Grado (D, 1984)	0,826 (6A 298 × C 954/72) × LT 310/72
12	Purdy (D, 1992)	0,829 Dagro × Salvo
13	Presto (D, 1989)	0,829 Dagro × Lasko
14	Ugo (S, 1988)	0,831 (35/76-10 × AD 206) × CT 93/76
15	Prado (S, 1998)	0,833 MAH 7387-11 × MAH 7226-1
16	Moreno (D, 1992)	0,835 (LT 173/73 × Lanca) × Dagro
17	Disco (D, 1997)	0,835 (KT 77 × LT 363/75) × Dagro
18	Lasko (D, 1982)	0,837 T 57 × C 1203/67 × (Bezostaja 1 × Dańkowska Północna) × 6 TA 206
19	Piano (D, 1998)	0,840 (CT 343/80 × L 346/80) × Grado
20	Marko (S, 1997)	0,847 Almo × CHD 782
21	Eldorado (D, 1996)	0,854 (Mtz. 78/82 × LAD 627/80) × Presto
22	Fidelio (D, 1997)	0,855 (135/16/82 × L 627/80) × Presto
Średnie podobieństwo wszystkich odmian		0,826
Mean similarity of all cultivars		

* — rok rejestracji; registration year

D — DANKO Hodowla Roślin Sp z o. o.

S — Hodowla Roślin Strzelce Sp z o. o.

** — Średnie podobieństwo badanych odmian do pozostałych; The mean similarity of the examined cultivars to other cultivars

*** — Rodowody odmian: Listy Odmian Roślin Uprawnych (1982–1999); Pedigrees of the cultivars: Lists of Agricultural Plants (1982–1999)

Uzyskane produkty amplifikacji rozdzielano elektroforetycznie na 1,5% żelu agarozowym zawierającym 0,01% bromku etydy w buforze TBE przez 2 godziny przy napięciu 120V. Rozdzielone fragmenty DNA podświetlano na transiluminatorze UV i fotografowano na filmach Polaroid. Uzyskane po amplifikacji prążki DNA analizowano przy zastosowaniu programu komputerowego Scion Imane Beta 3b. Masę prążków określano porównując je z markerem wielkości GeneRuler™ 100bp DNA Ladder Plus (Fermentas, Litwa) wykorzystując program 'Dnafrag' wersja 3,03.

Obecność lub brak prążka traktowano jako pojedynczą cechę i przypisywano jej odpowiednio wartość 1 lub 0. Podobieństwo genetyczne (SI — similarity index) pomiędzy parami wszystkich badanych odmian szacowano zgodnie z formułą Dice, za Nei i Li (1979).

Tabela 2

Sekwencje starterów RAPD oraz charakterystyka produktów amplifikacji po ich włączeniu do reakcji PCR

Sequences of RAPD primers and characteristic of amplification products of their PCR reactions

Lp. No.	Starter RAPD primer	Sekwencja 5'-3' Sequence 5'-3'	Liczba prążków Number of bands			Zakres wielkości prążków (pz) Range of bands size (pz)	
			polimorficznych polymorphic	monomorficznych monomorphic	całkowita total	min	max
1	A-07	GAA AAG GGT G	5	2	7	320	1000
2	A-16	AGC CAG CGA A	5	3	8	400	1800
3	D-16	AGG GCG TAA G	9	2	11	380	1500
4	F-05	CCG AAT TCC C	8	3	11	420	1800
5	G-01	GGG AAT TCG G	1	5	6	480	2300
6	G-02	TGC TGC AGG T	9	3	12	340	1400
7	J-10	AAG CCC GAG G	2	7	9	380	1400
8	M-07	CCG TGA CTC A	2	6	8	480	1550
9	T-04	GTC CTC AAC G	5	4	9	460	1200
10	U-02	CTG AGG TCT C	6	1	7	320	1500
11	U-225	CGA CTC ACA G	9	4	13	480	2900
12	U-534	CAC CCC CTG C	10	2	12	480	1800
13	U-535	CCA CCA ACA G	3	2	5	720	1800
14	U-572	TTC GAC CAT C	7	2	9	420	1800
15	U-600	GAA GAA CCG C	6	2	8	280	2800
Całkowita liczba prążków Total numbers of bands			87	48	135		
Średnio na starter Mean per primer			5,8	3,2	9		

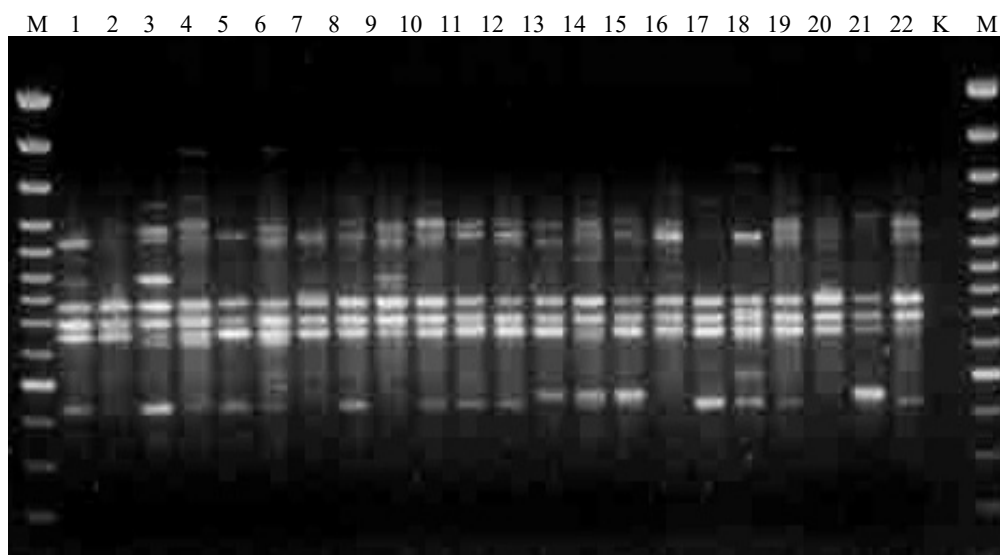
Matrycę SI uzyskaną na podstawie analizy polimorfizmu zidentyfikowanego metodą RAPD wykorzystano do konstrukcji dendrogramu metodą UPGMA (rys. 3) przy zastosowaniu programu NTSYS-pc (Rohlf, 2001).

WYNIKI I DYSKUSJA

Zdaniem Twardowskiej i wsp. (2002) przydatność markerów RAPD do identyfikacji genotypów zależy w dużym stopniu od wybranego startera generującego stabilne polimorficzne produkty amplifikacji. Terzi (1998) użył 7 starterów RAPD do analizy zróżnicowania 12 odmian pszenżyta. Z kolei Masojć (2000) do odróżnienia odmian żyta, pszenicy i pszenżyta wykorzystał 8 starterów. W przypadku niektórych gatunków liczba potrzebnych starterów może być dużo większa. Przykładem mogą tu być badania Iqbal i wsp. (1997), którzy do oceny zróżnicowania 23 odmian bawełny użyli 49 starterów.

W niniejszej pracy ocenę polimorfizmu polskich odmian pszenżyta ozimego przeprowadzono w oparciu o 15 starterów RAPD, które zostały wyselekcjonowane spośród 48 wstępnie testowanych na pięciu genotypach (tab. 2). Wybrane oligonukleotydy amplifikowały łącznie 135 odcinków DNA, z których 87 (64,44%) było fragmentami polimorficznymi. Wielkość uzyskanych prążków wahała się od 280 do 2900 pz. Całkowita liczba prążków generowanych z zastosowaniem poszczególnych starterów wynosiła od 5 dla startera U-535 do 13 dla U-225, przy czym średnio na starter przypadało 9 amplifikowanych fragmentów. Z kolei liczba prążków polimorficznych wahała się od 1 dla

G-01 do 10 dla U-534. Średnia liczba prążków polimorficznych przypadających na jeden starter wynosiła 5,8 (tab. 2). Przykładowo starter F-05 amplifikował łącznie 11 fragmentów DNA o wielkości od 420 do 1800 pz. Osiem z nich było produktami polimorficznymi, a trzy monomorficznymi (rys. 1, tab. 2).



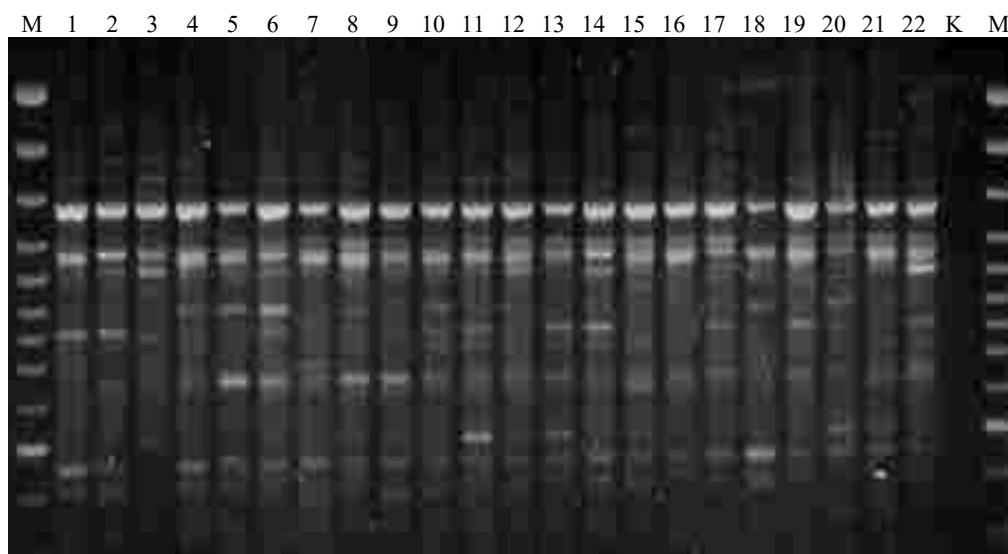
Rys. 1. Fragmenty DNA amplifikowane po włączeniu do reakcji PCR startera RAPD — F-05
M — marker wielkości, 1 — Prego, 2 — Moniko, 3 — Tewo, 4 — Malno, 5 — Presto, 6 — Lasko,
7 — Purdy, 8 — Ugo, 9 — Grado, 10 — Moreno, 11 — Eldorado, 12 — Fidelio, 13 — Disco,
14 — Piano, 15 — Marko, 16 — Alzo, 17 — Lamberto, 18 — Tornado, 19 — Prado, 20 — Kitaro,
21 — Vero, 22 — Pinokio, K — kontrola negatywna

Fig. 1. DNA fragments amplified after including the RAPD primer F-05 to the PCR reaction
M — size marker, 1 — Prego, 2 — Moniko, 3 — Tewo, 4 — Malno, 5 — Presto, 6 — Lasko,
7 — Purdy, 8 — Ugo, 9 — Grado, 10 — Moreno, 11 — Eldorado, 12 — Fidelio, 13 — Disco,
14 — Piano, 15 — Marko, 16 — Alzo, 17 — Lamberto, 18 — Tornado, 19 — Prado, 20 — Kitaro,
21 — Vero, 22 — Pinokio, K — negative control

Całkowita liczba prążków powielanych przez starter A-16 wynosiła 8. Zakres wielkości prążków mieścił się w przedziale od 400 do 1800 pz. 5 amplifikowanych fragmentów było produktami polimorficznymi, a 3 — monomorficznymi (rys. 2, tab. 2).

Gozalez i wsp. (2002), prowadząc prace mające na celu konstrukcję genetycznej mapy pszenżyta z zastosowaniem markerów RAPD, RAMP, SSR i AFLP, otrzymali 5016 produktów amplifikacji, z których 500 (9,9%) było fragmentami polimorficznymi. Podobne wyniki otrzymali również Stojalowski i Góral (2002), badając wykorzystanie markerów RAPD i ISSR do różnicowania linii cms pszenżyta ozimego z cytoplazmą *Triticum timopheevi*. Na podstawie uzyskanych wyników autorzy stwierdzili, że startery RAPD ujawniły od 1 do 6 stabilnych produktów amplifikacji, z których tylko 12,2% było produktami polimorficznymi, natomiast startery ISSR dały od 4 do 12 powtarzalnych

produktów, z których również niewielki odsetek (18,1%) stanowiły produkty polimorficzne umożliwiające identyfikację genotypów.



Rys. 2. Fragmenty DNA amplifikowane po włączeniu do reakcji PCR startera RAPD — A-16

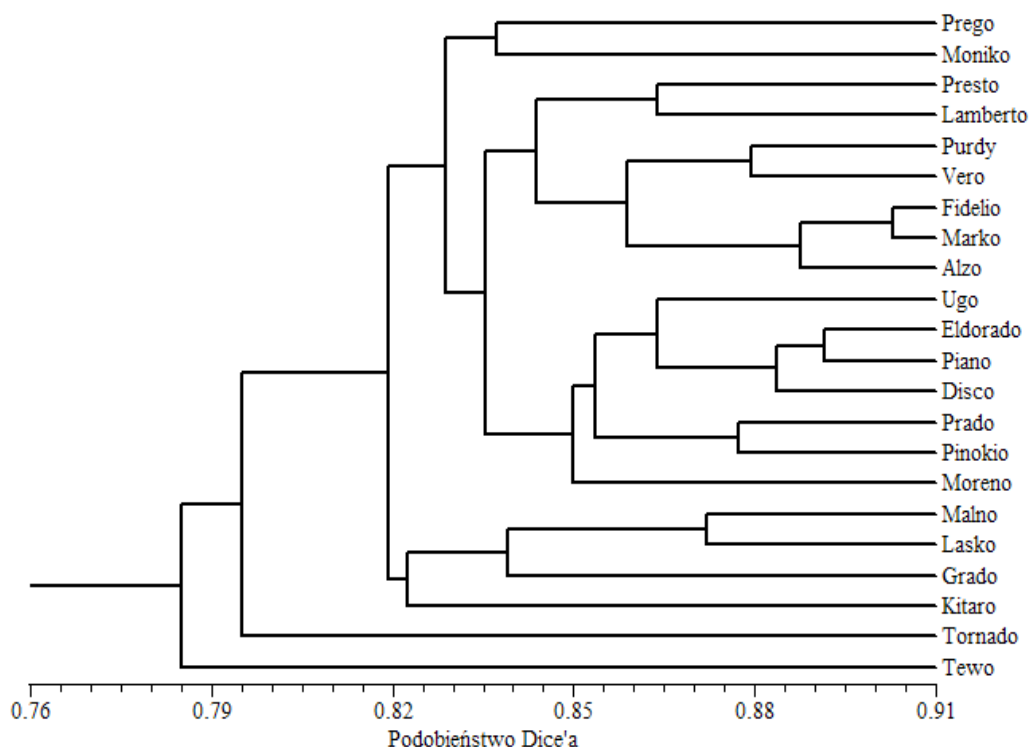
M — marker wielkości, 1 — Prego, 2 — Moniko, 3 — Tewo, 4 — Malno, 5 — Presto, 6 — Lasko, 7 — Purdy, 8 — Ugo, 9 — Grado, 10 — Moreno, 11 — Eldorado, 12 — Fidelio, 13 — Disco, 14 — Piano, 15 — Marko, 16 — Alzo, 17 — Lamberto, 18 — Tornado, 19 — Prado, 20 — Kitaro, 21 — Vero, 22 — Pinokio, K — kontrola negatywna

Fig. 2. DNA fragments amplified after including the RAPD primer A-16 to the PCR reaction

M — size marker, 1 — Prego, 2 — Moniko, 3 — Tewo, 4 — Malno, 5 — Presto, 6 — Lasko, 7 — Purdy, 8 — Ugo, 9 — Grado, 10 — Moreno, 11 — Eldorado, 12 — Fidelio, 13 — Disco, 14 — Piano, 15 — Marko, 16 — Alzo, 17 — Lamberto, 18 — Tornado, 19 — Prado, 20 — Kitaro, 21 — Vero, 22 — Pinokio, K — negative control

Wartość indeksów podobieństwa (SI) dla wszystkich badanych odmian pszenżyta ozimego była wysoka i wahała się od 0,734 pomiędzy odmianami Malno i Tewo do 0,903 między odmianami Marko i Fidelio, a średnio wynosiła 0,826 (rys. 3, tab. 1).

Największy dystans genetyczny w stosunku do pozostałych odmian stwierdzono u odmiany Tewo (0,785), a najbardziej podobną do wszystkich odmian była odmiana Fidelio (0,855). Wysokie podobieństwo badanych odmian może wynikać z wykorzystania podobnych komponentów do ich otrzymania. Z przeprowadzonej analizy rodowodów wynika, że np. odmiana Dagro występuje w rodowodach następujących odmian: Disco, Moreno, Pinokio, Presto, Purdy. Odmiany o dużym podobieństwie genetycznym pochodziły głównie z DANKO Hodowla Roślin Sp. z o.o. (tab. 1). Na dendrogramie (rys. 3) badane odmiany utworzyły grupy skupień, które na ogół nie odzwierciedlały związków wynikających z ich pochodzenia. Odmiany mające po jednym wspólnym komponencie rodzicielskim (Fidelio, Kitaro, Lamberto, Moreno, Pinokio, Presto, Purdy) nie tworzyły ze sobą bezpośrednich skupień, co może wynikać ze specyfiki zastosowanych markerów.



Rys. 3. Dendrogram 22 odmian pszenżyta ozimego uzyskany metodą UPGMA w oparciu o markery RAPD

Fig. 3. The dendrogram of 22 winter triticale cultivars generated by the UPGMA method based on the RAPD markers

Otrzymane w niniejszej pracy wyniki wskazują na niewielkie zróżnicowanie genotypowe badanych odmian pszenżyta ozimego. Są one zgodne z doniesieniami innych autorów (González i in., 2002; Stojałowski i Góral, 2002; Tams i in., 2002), którzy również oceniali genotypowe zróżnicowanie materiałów hodowlanych pszenżyta jako relatywnie niewielkie. O dużym podobieństwie odmian pszenżyta (średnio 82%), określonym przy zastosowaniu uproszczonej metody AFLP, informują również Tyrka i Kociuba (2002). Z kolei Milczarski i wsp. (2001), badając możliwość wykorzystania markerów RAPD do identyfikacji 16 krajowych odmian pszenżyta ozimego stwierdzili, że zastosowane przez nich markery nie potwierdziły zależności rodowodowych i były w większości zlokalizowane w regionach genomów pochodzących od komponentów rodzicielskich różnicujących badane odmiany. Zdaniem autorów do pełnej oceny polimorfizmu konieczne jest objęcie badaniami znacznie większej liczby *loci* RAPD. Tams i wsp. (2002) sugerują, że do precyzyjnej oceny dystansu genetycznego należy zastosować szeroki

zestaw markerów, zaś Schut i wsp. (1997) podają, że ocena ta powinna się opierać równocześnie na kilku systemach markerowych.

WNIOSKI

1. Metoda RAPD pozwoliła na wstępną ocenę zróżnicowania genotypowego polskich odmian pszenżyta ozimego.
2. Otrzymane wyniki wskazują na duże podobieństwo genotypowe badanych odmian mimo stosowania różnych komponentów do ich otrzymywania.

LITERATURA

- Broda Z. 2000. Diagnostyka molekularna w badaniach zmienności genetycznej roślin. Hod. Rośl. Nasien. 4: 36 — 37.
- Broda Z., Wojciechowska A. 2004. Przyszłość hodowli roślin w diagnostyce molekularnej. Hod. Rośl. Nasien. 2: 2 — 4.
- González J.M., Jouve N., Gustafson J. P., Muñiz L. M. 2002. A genetic map of molecular markers in *×Triticosecale* Wittmack. In: Proc. of the 5th Int. Triticale Symp., IHAR Radzików, Poland, 30 June — 5 July 2002, vol. II: 85 — 93.
- Iqbal J. M., Aziz N., Saeed N. A., Zafar Y. 1997. Genetic diversity evaluation of some elite cotton varieties by RAPD analysis. Theor. Appl. Genet. 94: 139 — 144.
- Lista Odmian Roślin Uprawnych, COBORU, Słupia Wielka: 1982–2003.
- Masojć P. 2000. Identyfikacja odmian pszenżyta przy użyciu markerów RAPD. Folia Univ. Agric. Stetin., Agricultura 206 (82): 179 — 184.
- Milczarski P., Banek-Tabor A., Masojć P. 2001. Wykorzystanie markerów RAPD do identyfikacji odmian pszenżyta. Biul. IHAR 218/219: 261 — 267.
- Milligan B.G. 1992. Molecular analysis of populations: a practical approach. Plant DNA isolation. IRL Press, Oxford, UK: 59 — 88.
- Nei M., Li W. H. 1979. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 76: 5269 — 5273.
- Rohlf F. J. 2001. NTSYS-pc numerical taxonomy and multivariate analysis system. Version 2.10q. Exeter Publishing Ltd., Setauket, N.Y: 171.
- Schut J.W., Qi X., Stam P. 1997. Association between relationship measures based on AFLP markers, pedigree data and morphological traits in barley. Theor. Appl. Genet. 95: 1161 — 1168.
- Stojałowski S., Góral H. 2002. Wykorzystanie markerów RAPD i ISSR do różnicowania linii CMS pszenżyta ozimego z cytoplazmą *T. timopheevi*. Folia Univ. Agric. Stetin., Agricultura 228 (91): 161 — 166.
- Tams S. H., Bauer E., Oettler G., Melchinger A. E. 2004. Genetic diversity in European winter triticale determined with SSR markers and coancestry coefficient. Theor. Appl. Genet. 108: 1385 — 1391.
- Tams S. H., Melchinger A. E., Bauer E. 2005. Genetic similarity among European winter triticale elite germplasm assessed with AFLP and comparisons with SSR and pedigree data. Plant Breed. 124: 154 — 160.
- Tams S. H., Melchinger A. E., Oettler G., Bauer E. 2002. Assessment of genetic diversity in European winter triticale using molecular markers and pedigree data. In: Proc. of the 5th Int. Triticale Symp., IHAR Radzików, Poland, 30 June — 5 July. vol. I: 95 — 103.
- Terzi V. 1998. RAPD markers for fingerprinting barley, oat and triticale varieties. J. Genet. Breed. 51(2): 115 — 120.
- Twardowska M., Banek-Tabor A., Masojć P. 2002. Identyfikacja odmian pszenżyta ozimego przy użyciu techniki RAPD. Folia Univ. Agric. Stetin., Agricultura 228 (91): 175 — 178.
- Tyrka M., Kociuba W. 2002. Ocena zróżnicowania genetycznego odmian pszenżyta ozimego 6x za pomocą zmodyfikowanej metody AFLP. Folia Univ. Agric. Stetin., Agricultura 228 (91): 185 — 190.

- Williams J. G. K., Kubelik A. R., Livak K. J., Rafalski J. A., Tingey S. V. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucl. Acids. Res.* 18: 6531 — 6535.
- Wolko B., Bartkowiak-Broda I. 1997. Metody diagnostyki molekularnej w hodowli roślin [in: *Hodowla roślin. Materiały z I Krajowej Konferencji*], Poznań, 19–20 listopada 1997: 389 — 402.

KRYSTYNA ZARZYŃSKA

Zakład Agronomii Ziemniaka

IHAR, Oddział Jadwisin

Wpływ sposobu przygotowania sadzeniaków na liczbę łodyg w roślinie, plon bulw i jego strukturę

The influence of seed potato preparation method on stem number, tuber yield and yield structure

W badaniach przeprowadzonych w latach 2005–2007 na dwóch odmianach ziemniaka stosowano trzy sposoby przygotowania sadzeniaków: podkielkowanie na świetle przez okres 4 tygodni w temperaturze ok. 15°C, poddanie szokowi termicznemu poprzez utrzymanie sadzeniaków w temperaturze 22°C przez okres 7 dni w ciemności, a następnie przeniesienie do temperatury 15°C na światło oraz obiekt kontrolny — bez żadnych zabiegów. Celem zastosowania zmiennych temperatur i warunków świetlnych było sprowokowanie jak największej liczby oczek na bulwie do wytworzenia kielków i łodyg, a w konsekwencji do zwiększenia liczby bulw pod krzakiem. Zastosowany zabieg spowodował wzrost udziału kiełkujących oczek i liczby łodyg w roślinie oraz wpłynął na zmiany w strukturze plonu, chociaż istotność różnic nie została udowodniona.

Słowa kluczowe: kielki, łodygi, plon, podkielkowanie, sadzeniaki, ziemniak

Different methods of pre-planting treatment of seed potato tubers were compared in the investigations carried out on two potato cultivars in the years 2005–2007: (i) presprouting in light at 15°C for 4 wks, (ii) maintenance of seed tubers at 22°C for 7 days in darkness followed by exposure of the tubers to 15°C in light — the treatment resulting in thermal shock, and (iii) control variant — tubers not treated. Variable temperatures and exposure of tubers to darkness and light were applied to reach the maximum sprouting capacity of tubers, which effected in the production of numerous stems, and — in consequence — in increasing the number of progeny tubers from one plant. The treatment was found to influence the yield structure, but the effects were not statistically significant.

Key words: potato, presprouting, seed potatoes, sprout, stem, yield

WSTĘP

Jednym z problemów uprawy ziemniaka na cele nasienne jest niski współczynnik rozmnażania. Dotyczy to szczególnie odmian grubokłębowych wytwarzających niewielką liczbę dużych bulw. Zbyt mała liczba wytwarzanych bulw może również wyeliminować

niektóre odmiany jako przydatne np. do produkcji frytek czy chipsów, co miało miejsce w przypadku odmiany Triada (wiadomość ustna). Liczba i wielkość wytwarzanych bulw zależą głównie od liczby łodyg, a ta uzależniona jest między innymi od stanu fizjologicznego bulwy matecznej, wielkości tej bulwy czy gęstości sadzenia. Istnieją metody fizjologiczno-agrotechniczne, dzięki którym można zwiększyć procent kiełkujących oczek, a tym samym liczbę łodyg w roślinie, co w konsekwencji zwiększy liczbę wytwarzanych bulw. Jedną z metod jest zastosowanie szoku termicznego w okresie przygotowania sadzeniaków. Metoda ta modyfikuje wiek fizjologiczny bulw matecznych poprzez eliminację dominacji kielka wierzchołkowego i zwiększenie liczby skielkowanych oczek. Celem pracy było sprawdzenie skuteczności tej metody jako jednego z elementów agrotechniki nasiennej.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono w latach 2005–2007 na dwóch odmianach ziemniaka: Gracja — wczesna i Irga — średnio wczesna. Zastosowano trzy sposoby przygotowania sadzeniaków:

- obiekt kontrolny – bez żadnych zabiegów,
- podkielkowanie na świetle przez okres 4 tygodni w temperaturze 15°C,
- poddanie szokowi termicznemu, tj. podkielkowanie w ciemności w temperaturze 22°C przez okres 7 dni, a następnie przeniesienie do jasnego pomieszczenia o temperaturze 15°C na okres 4 tygodni.

Do badań wybrano bulwy średniej wielkości. Przed zabiegami przygotowania sadzeniaków policzono oczka na 50 bulwach każdej odmiany, a tuż przed sadzeniem liczono liczbę skielkowanych oczek oraz obliczono procentowy udział kiełkujących oczek. Bulwy wysadzano do gleby w jednakowym terminie, tj. około 25 kwietnia w rozstawie rzędów 75 cm i 33 cm w rzędzie. Badania prowadzono na glebie lekkiej o składzie mechanicznym piasku gliniastego lekkiego. Przedplonem była pszenica ozima, po której uprawiano gorczycę białą na przyoranie jako międzyplon. Nawożenie mineralne NPK stosowano w następujących dawkach: 95: 90: 135 kg/ha. Doświadczenie założono w 3 powtórzeniach. W okresie wegetacji dokonywano obserwacji faz rozwojowych roślin oraz w pełni rozwoju liczono łodygi główne. Po zbiorze określono wielkość plonu z każdej kombinacji oraz jego strukturę, czyli udział bulw różnej wielkości.

Wyniki opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji.

WYNIKI BADAŃ

Wpływ zastosowanych zabiegów na przyspieszenie wschodów roślin

Zbieg podkielkowania na świetle w stałej temperaturze, jak i zastosowanie szoku termicznego wpłynęło na przyspieszenie wschodów roślin, ale większy efekt uzyskano w przypadku szoku termicznego (tab. 1). Średnio dla odmian przyspieszenie wschodów pod wpływem typowego podkielkowania wynosiło 4–5 dni a po zastosowaniu szoku

termicznego 6–7 dni. W poszczególnych latach badań przyspieszenie wschodów po zastosowaniu szoku termicznego wynosiło od 5 do 10 dni.

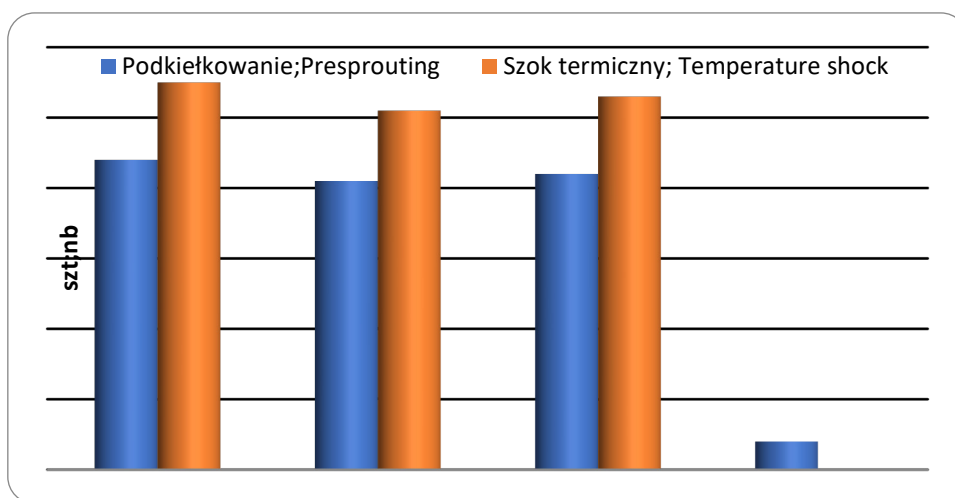
Tabela 1

**Przyspieszenie wschodów (dni) w zależności od sposobu przygotowania sadzeniaków
(Jadwisin 2005–2007)**
**Acceleration of emergence (days) depending on the way of seed potato preparation
(Jadwisin 2005–2007)**

Sposób przygotowania sadzeniaków Way of seed potatoes preparation	Liczba dni od sadzenia do pełni wschodów Number of days from planting to emergence		Przyspieszenie wschodów (dn) w stosunku do obiektu kontrolnego Acceleration of emergence (days)	
	Gracja	Irga	Gracja	Irga
Obiekt kontrolny Control	26	29	-	-
Podkiełkowanie na świetle Presprouting on light	22	24	4	5
Szok termiczny Temperature shock	20	22	6	7

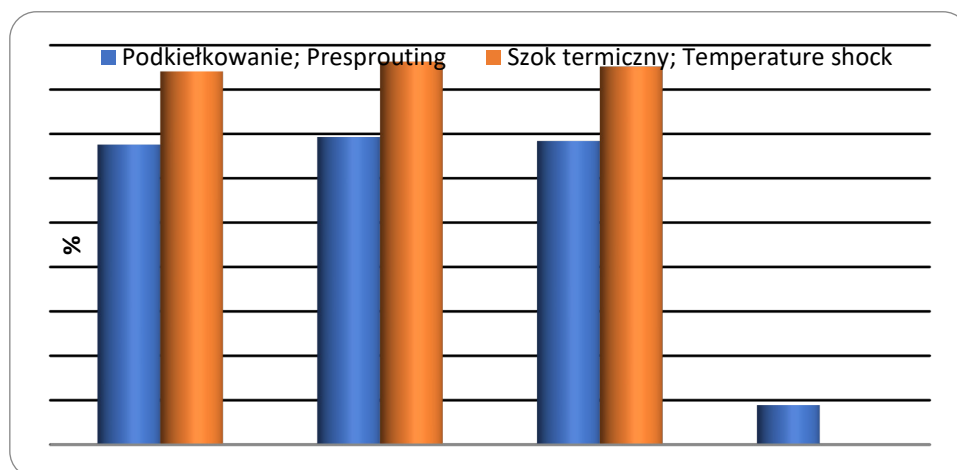
Wpływ zastosowanych zabiegów na procent kielkujących oczek

Liczba oczek na bulwie przed przygotowaniem sadzeniaków wynosiła dla odmiany Gracja 6,6 (zakres zmienności w latach od 5,8 do 7,4) a dla odmiany Irga 6,0 (zakres zmienności w latach od 5,3 do 6,3). Po podkiełkowaniu na świetle liczba skielkowanych oczek wynosiła 4,4 u odmiany Gracja i 4,1 u odmiany Irga a po zastosowaniu szoku termicznego odpowiednio 5,5 i 5,1 (rys. 1).



Rys. 1. Wpływ sposobu przygotowania sadzeniaków na liczbę kielków na bulwie
Fig. 1. Influence of the way of seed potato preparation on the number of the sprouts per tuber

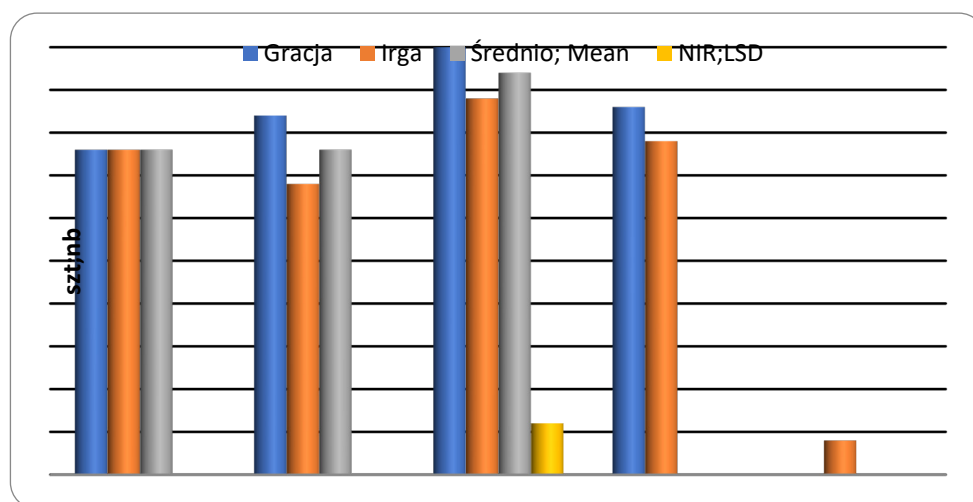
Procentowy udział kielkujących oczek wynosił odpowiednio 67,6 i 69,3 dla odmian Gracja i Irga po zastosowaniu podkiełkowania na świetle i 84,1 i 86,3 po zastosowaniu szoku termicznego (rys. 2). Nie stwierdzono różnic odmianowych dotyczących tej cechy.



Rys. 2. Wpływ sposobu przygotowania sadzeniaków na procentowy udział kielkujących oczek
Fig. 2. Influence of the way of seed potato preparation on proportion of sprouting eyes

Wpływ sposobu przygotowania sadzeniaków na liczbę łodyg w roślinie

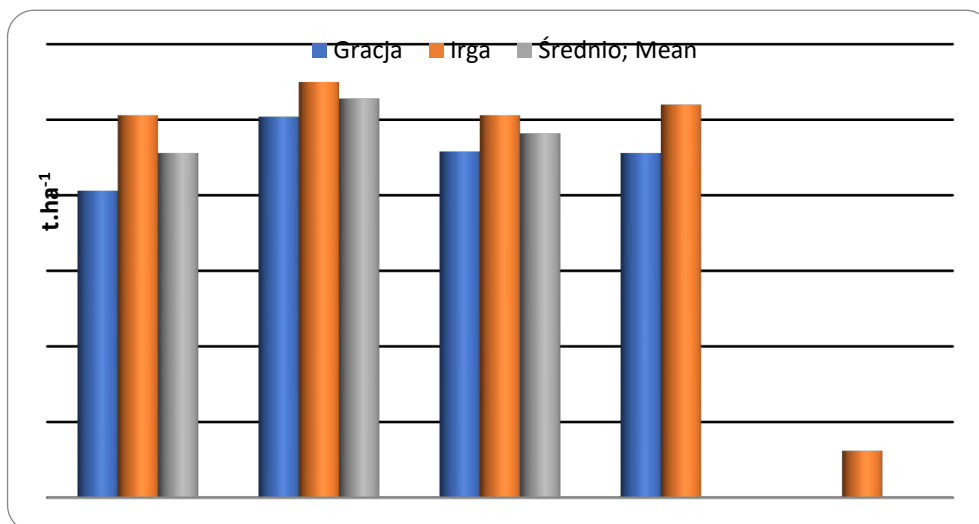
Stwierdzono istotne różnice dotyczące liczby łodyg głównych w roślinie w zależności zarówno od sposobu przygotowania sadzeniaków, odmiany, jak i lat badań. Na obiekcie kontrolnym liczba łodyg wynosiła średnio 3,9 w wariancie z podkiełkowaniem na świetle 3,8 a po zastosowaniu szoku termicznego liczba ta wzrosła do 4,7 łodygi (średnio dla odmian i lat badań) (rys. 3). Odmiana Gracja wytwarzała większą liczbę łodyg (średnio 4,3) niż odmiana Irga (3,9).



Rys. 3. Wpływ sposobu przygotowania sadzeniaków na liczbę łodyg głównych w roślinie
Fig. 3. Influence of the way of seed potato preparation on number of main stems per plant

Wpływ sposobu przygotowania sadzeniaków na plon ogólny bulw

Plon bulw był różny w zależności od sposobu przygotowania sadzeniaków, ale nie były to różnice udowodnione statystycznie. Największy plon uzyskiwano z obiektu, na którym sadzono bulwy podkielkowane na świetle, następnie po zastosowaniu szoku termicznego, a najmniejszy z wariantu kontrolnego. Istotne różnice w plonowaniu stwierdzono między odmianami — wyżej plonowała odmiana Irga niż odmiana Gracja (rys. 4).



Rys. 4. Wpływ sposobu przygotowania sadzeniaków na wielkość plonu bulw

Fig. 4. Influence of the way of seed potato preparation on tuber yield

Tabela 2

Wpływ lat badań na wartości badanych cech (średnio dla odmian)

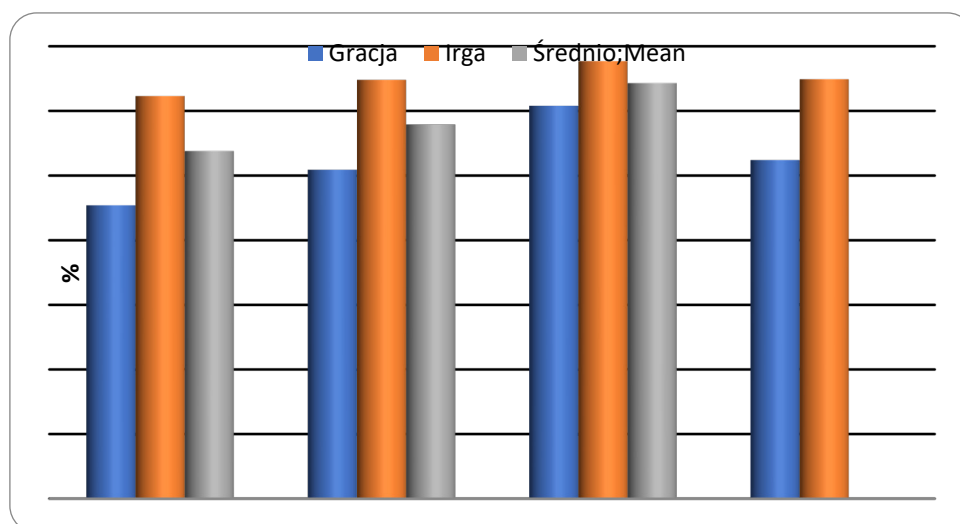
Influence of the study years on tested features (mean for cultivars)

Wyszczególnienie Specification	Lata badań — Years		
	2005	2006	2007
Procentowy udział kielkujących oczek — Percentage of sprouting eyes			
Obiekt kontrolny — Control	62,3	60,0	62,5
Podkielkowanie — Presprouting	74,0	64,0	68,5
Szok termiczny — Temperature shock	82,5	75,0	86,2
Plon bulw — Tuber yield (t/ha)			
Obiekt kontrolny — Control	19,2	23,3	25,9
Podkielkowanie — Presprouting	22,5	24,7	31,8
Szok termiczny — Temperature shock	17,8	26,6	28,0
Udział sadzeniaków — Share of seed potatoes (%)			
Obiekt kontrolny — Control	20,7	70,1	72,0
Podkielkowanie — Presprouting	49,0	70,7	63,8
Szok termiczny — Temperature shock	42,0	71,0	79,8

Udowodniono również zróżnicowanie plonowania w latach badań. Najmniejszy plon uzyskano w roku 2005 — o dużym niedoborze opadów, największy w roku 2007 charakteryzującym się największą ilością i równomiernym rozkładem opadów (tab. 2).

Wpływ sposobu przygotowania sadzeziaków na strukturę plonu bulw

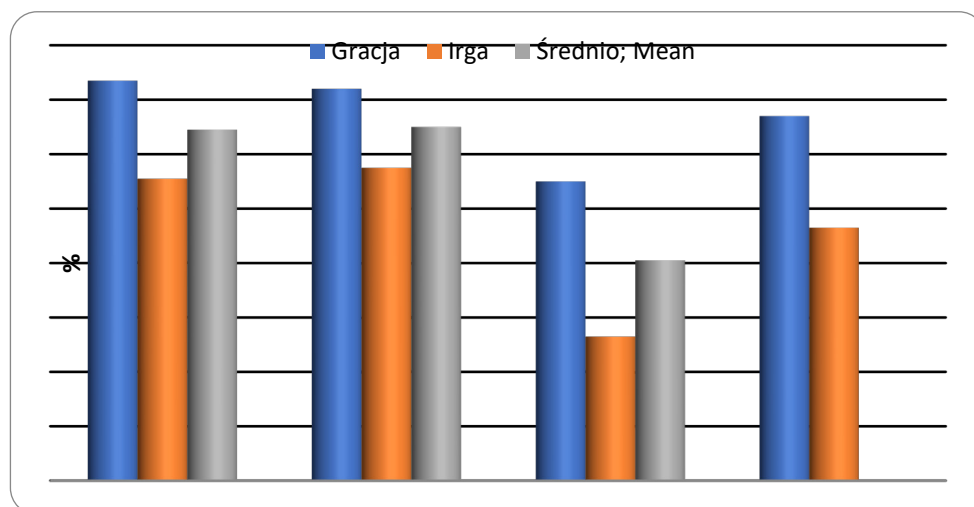
Sposób przygotowania sadzeziaków nie wpłynął istotnie na udział frakcji sadzeziakowej, ale największy procent tej frakcji zanotowano w kombinacji, gdzie stosowano szok termiczny (64,3%), następnie z obiektu z podkiełkowaniem na świetle (57,9%), a najmniejszy z wariantu kontrolnego (53,8%) — (rys. 5). Wzrost udziału sadzeziaków po zastosowaniu szoku termicznego w stosunku do obiektu kontrolnego wynosił ok. 10%. O strukturze plonu w dużej mierze zdecydowały warunki okresu wegetacji. W bardzo niekorzystnym dla wzrostu roślin ziemniaka 2005 roku plon bulw był bardzo mały i o dużym udziale bulw drobnych. W pozostałych latach badań udział sadzeziaków kształtował się na wyższym poziomie. Średnio dla kombinacji największy udział frakcji sadzeziakowej zanotowano w najkorzystniejszym 2007 roku. (tab. 2). Nie stwierdzono istotnych różnic odmianowych.



Rys. 5. Wpływ sposobu przygotowania sadzeziaków na udział frakcji sadzeziakowej (30–60mm)
Fig. 5. Influence of the way of seed potato preparation on the share of potato fraction 30–60 mm

Wpływ sposobu przygotowania sadzeziaków na udział bulw dużych (>60 mm)

Nie stwierdzono istotnego wpływu sposobu przygotowania sadzeziaków na udział bulw dużych, ale w wariantcie po zastosowaniu szoku termicznego udział bulw o średnicy > 60 mm był najmniejszy (rys. 6). Na udział bulw dużych w plonie największy wpływ miały warunki okresu wegetacji. W roku 2005 nie zanotowano bulw o średnicy > 60 mm w plonie żadnej z odmian, a w roku 2007 udział bulw największych wynosił średnio dla odmian 27,5%. Nie stwierdzono istotnych różnic odmianowych.



Rys. 6. Wpływ sposobu przygotowania sadzeniaków na udział bulw dużych (>60 mm) w plonie
 Fig. 6. Influence of the way of seed potato preparation on the share of big tubers (> 60 mm)

PODSUMOWANIE I DYSKUSJA

Uzyskane wyniki są potwierdzeniem wielu prac dotyczących zarówno wpływu wieku fizjologicznego bulw matecznych na rozwój roślin, liczbę łodyg (Rykaczewska, 1984; 1993; Reust, 2001), jak i wpływu liczby łodyg na strukturę plonu bulw (Roztropowicz, Pietryka, 1984; Struik i in., 1990; Zarzyńska, 1996, 2000; Wurr i in., 1997; Rodriques i in., 2005). Wiek fizjologiczny sadzeniaków modyfikowany był zmiennymi warunkami termiczno-światłowymi w okresie ich przygotowania. Umieszczenie sadzeniaków w wysokiej temperaturze w ciemności spowodowało pobudzenie większej liczby oczek do kiełkowania. Przeniesienie do niższej temperatury i światła sprawiło, że wzrost kiełków był bardziej równomierny, co w konsekwencji zwiększyło liczbę łodyg w roślinie. Według Zarzyńskiej (2004) w miarę wzrostu liczby łodyg w roślinie zachodzą następujące zmiany w plonie bulw: wzrasta liczba i plon bulw, maleje natomiast liczba bulw przypadająca na 1 łodygę i średnia masa 1 bulwy. Takie zależności można było potwierdzić, również prezentowanej pracy. Udowodniony wzrost liczby łodyg spowodował wzrost plonu bulw w porównaniu z obiektem kontrolnym, jak również wpłynął na większy udział bulw frakcji sadzeniakowej i zmniejszenie udziału bulw dużych. Podkiełkowanie na świetle spowodowało najwyższy wzrost plonu i mniejsze zmiany w jego strukturze. Dane te są również potwierdzeniem prac wymienionych wyżej autorów przedstawiających zagadnienia wieku fizjologicznego bulw i jego wpływ na plon.

Nieudowodnione różnice dotyczące udziału sadzeniaków w plonie w zależności od zastosowanej metody przygotowania sadzeniaków były spowodowane między innymi niezbyt właściwym doбором odmian. Lepsze rezultaty uzyskano by badając odmiany grubo kłębowe.

WNIOSKI

1. Zastosowanie szoku termicznego w okresie przygotowania sadzeniaków wpłynęło na zwiększenie udziału kiełkujących oczek na bulwie i liczbę łodyg w roślinie.
2. Sadzeniaki poddane szokowi termicznemu wschodziły szybciej w porównaniu do obiektu kontrolnego i do sadzeniaków podkiełkowanych na świetle w stałej temperaturze.
3. Sposób przygotowania sadzeniaków wpłynął istotnie na plon bulw. Największe plony uzyskano z obiektu, na którym sadzono bulwy podkiełkowane na świetle w stałej temperaturze.
4. Poddanie sadzeniaków zmiennym warunkom termiczno-światłowym spowodowało zdrobnienie bulw w plonie potomnym tj. wzrost udziału sadzeniaków i zmniejszenie udziału bulw dużych, ale nie były to różnice istotne statystycznie.

LITERATURA

- Reust W., Winiger F. A. Hebeisen T., Dutoit J. P. 2001. Assessment of the physiological vigour of new potato cultivars in Switzerland. *Potato Research* 44: 11 — 17.
- Rodrigues M. A., Pereira P., Arrobas M. 2005. Seed size effects on above-ground stem number and yield of potato crop. Abstracts of papers and posters EAPR, Bilbao, July 17–22: 171 — 174.
- Roztropowicz S. Pietryka M. 1984. Zależność między wielkością sadzeniaków, procentem oczek kiełkujących oraz liczbą łodyg w roślinach kilkunastu odmian ziemniaka. *Ziemniak* 1983/84: 5 — 15.
- Rykaczewska K. 1984. Wpływ wieku fizjologicznego bulw na rozwój roślin i plonowanie wczesnych odmian ziemniaka. Praca doktorska. Inst. Ziemn., Bonin.
- Rykaczewska K. 1993. Wiek fizjologiczny bulw matecznych ziemniaka jako czynnik modyfikujący produktywność roślin. *Fragm. Agron.* 2: 5 — 94.
- Struik P. C., Havertkort A. J., Vreugdenhil D., Bus C. B., Dankert R. 1990. Manipulation of tuber — size distribution of potato crop. *Potato Research* 33: 417 — 432.
- Wurr D. C. E., Hole C. C., Jane R., Fellows R., Milling J., Lynn J. R. O'Brien P. J. 1997. The effect of some environmental factors on potato tuber numbers. *Potato Research* 40: 297 — 306.
- Zarzyńska K. 1996. Możliwość przewidywania plonu bulw określonej frakcji na podstawie zróżnicowanej masy sadzeniaka. *Biul. Inst. Ziemn.* 46: 39 — 50.
- Zarzyńska K. 2000. Wartości wskaźników charakteryzujących stan fizjologiczny bulw i rozwój rośliny ziemniaka. Część IV. Liczba łodyg w roślinie i procent kiełkujących oczek u bulw matecznych różnej wielkości. *Biul. IHAR* 214: 167 — 181.
- Zarzyńska K. 2004. Analiza plonu potomnego bulw ziemniaka w zależności od wielkości bulwy matecznej i odmiany. *Biul. IHAR* 232: 15 — 21.

MARIUSZ KUCHARSKI¹**JANUSZ URBANOWICZ**²¹ Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy w Puławach² IHAR w Radzikowie, Zakład Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka w Boninie

Badanie pozostałości linuronu i MCPA w glebie i roślinach ziemniaka

Determination of linuron and MCPA residues in soil and potato plants

Celem prowadzonych badań była ocena stężenia pozostałości linuronu i MCPA w glebie, liściach i bulwach ziemniaka. Badania prowadzono w latach 2005–2007 na plantacjach ziemniaka, na 2 odmianach różniących się stopniem wczesności (odmiana bardzo wczesna – Drop i średnio późna – Bryza). Na poletkach doświadczalnych, przed wschodami roślin ziemniaka stosowano herbicyd Linurex 500 SC (s.a. linuron) w dawce 2,0 l/ha i Chwastox Extra 300 SL (s.a. MCPA) — 4,0 l/ha. Próby gleby, liści i bulw ziemniaka pobierano w czasie zbioru. Pozostałości linuronu i MCPA oznaczano techniką wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC) z detektorem UV. Stężenia pozostałości MCPA i linuronu wykrywane w glebie były istotnie wyższe w porównaniu do tych, które oznaczono w bulwach ziemniaka. W żadnej z analizowanych próbek bulw ziemniaka, niezależnie od wczesności odmiany, nie stwierdzono przekroczeń wartości dopuszczalnych (NPD). We wszystkich analizowanych próbkach gleby, liści i bulw ziemniaka stwierdzono statystycznie istotny wzrost poziomu pozostałości linuronu i MCPA dla odmiany Drop zbieranej wcześniej.

Słowa kluczowe: gleba, herbicydy, linuron, MCPA, pozostałości, ziemniak

The aim of the study was to estimate linuron and MCPA residues in soil and potato plants. The investigations were carried out in 2005–2007 on plantations, where 2 cultivars: Drop —very early and Bryza — mid late were cultivated. For weed control, herbicides Linurex 500 SC (a.i. linuron) at a dose of 2.0 l/ha and Chwastox Extra 300 SL (a.i. MCPA) at a dose of 4.0 l/ha were applied at the pre-emergence stage of the crop. Samples of soil, leaves and tubers of potato were taken to analyses on the day of harvest. Residues of linuron and MCPA were determined using the high-performance liquid chromatography (HPLC) with UV-detection. The residues of active substance of herbicides detected in soil were higher than those in leaves and tubers. The residues of active ingredient determined in tubers of potato did not exceed acceptable amounts displayed in standards. At the harvest time, the levels of residues of linuron and MCPA found in soil, leaves and tubers depended on the earliness of potato crop and were significantly higher with cv. Drop. that was harvested about 45 days earlier than a mid late cv. Bryza.

Key words: herbicides, linuron, MCPA, potato, residue, soil

WSTĘP

Informacje dotyczące pozostałości i szybkości rozkładu herbicydów pozwalają na selekcję substancji, które mogą stanowić potencjalne zagrożenie dla środowiska przyrodniczego i zdrowia ludzi. Wprowadzanie nowych, „przyjaznych dla środowiska” substancji oraz zmniejszanie stosowanych dawek herbicydów nie gwarantuje braku zagrożeń ze strony środków ochrony roślin. W niektórych przypadkach rośliny wrażliwe narażone są na uszkodzenia po aplikacji herbicydów w dawce mniejszej niż 1% dawki zalecanej (Bayer i in., 1987). Niskie stężenie pozostałości w glebie i uprawianej roślinie stwarza problem w ich wykrywaniu i oznaczaniu, jak również utrudnia ocenę wpływu środków ochrony roślin na uprawy następne, środowisko i zdrowie konsumentów.

W jednostkach naukowych, oprócz prac związanych z rejestracją nowych środków ochrony roślin, wykonuje się badania mające na celu określenie wpływu, jaki stosowane agrochemikalia (w zależności od warunków pogodowych, glebowych i sposobu aplikacji) wywierają na środowisko wodne, glebowe i roślinne (stężenie pozostałości, dynamika rozkładu); (Menne i Berger 2001, Domaradzki i Kucharski 2006). Prowadzone są również systematyczne badania pozostałości substancji aktywnych środków ochrony roślin w żywności, paszach, wodach śródpolnych, ujęciach wody pitnej, jak również w glebie, tzw. monitoring, dostarczający najbardziej wyczerpujących, a zarazem wiarygodnych i reprezentatywnych danych o poziomach i rozmiarach występowania ewentualnych skażeń tą grupą środków chemicznych (Sadowski i Kucharski, 2006).

Celem prowadzonych badań było określenie poziomu pozostałości herbicydowych (MCPA i linuronu) w glebie, liściach i bulwach ziemniaka bardzo wczesnej odmiany Drop i średnio późnej Bryza.

METODY BADAŃ

Badania pozostałości substancji aktywnych herbicydów prowadzono w latach 2005-2007. Doświadczenia polowe założono metodą losowanych bloków, w czterech powtórzeniach w Boninie, na glebie bielcowej wytworzonej z gliny lekkiej i średniej (1,6–2,3% materii organicznej, pH w 1 n KCl 5,3–6,0). Na poletkach o powierzchni 25 m², przed wschodami roślin ziemniaka bardzo wczesnej odmiany Drop i średnio późnej - Bryza, aplikowano herbicydy: Chwastox Extra 300 SL (s.a. MCPA) w dawce 4,0 l/ha oraz Linurex 500 SC (s.a. linuron) w dawce 2,0 l/ha (Gruczek, 1980).

Próbki gleby, liści i bulw pobierano zgodnie z obowiązującymi normami (PN-78/R-04011, PN-83/R-04012) w czasie zbioru każdej z odmian. Wstępnie przygotowane próby (oczyszczone, rozdrobnione i wymieszane) przechowywano do momentu wykonania analiz chemicznych, w zamkniętych pojemnikach z tworzywa, w temperaturze -18°C.

Proces analityczny oznaczania pozostałości składał się z trzech etapów: ekstrakcji oznaczanego składnika z próbki, oczyszczania ekstraktu i analizy ilościowej. Oznaczenie pozostałości MCPA i linuronu wykonano techniką wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC) z detekcją UV. Zastosowane procedury analityczne oznaczania pozostałości bazowały na opracowanych wcześniej w Zakładzie Ekologii i Zwalczenia

Chwastów Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa normach (PN-R-04111, PN-R-04123).

WYNIKI

W glebie, liściach i bulwach ziemniaka wykryto pozostałości obu badanych substancji aktywnych - MCPA i linuronu. Poziom pozostałości był zróżnicowany w zależności od rodzaju substancji i warunków pogodowych w danym sezonie wegetacyjnym. Największy wpływ na poziom pozostałości we wszystkich rodzajach prób miał termin zbioru, a dokładniej okres, jaki minął od czasu aplikacji herbicydu do zbioru. Dla odmiany wczesnej okres ten wynosił 78–90 dni. Dla odmiany średnio późnej był o około 45 dni dłuższy. Najwyższe pozostałości wykryto w glebie, następnie w liściach, a najniższe w bulwach ziemniaka. Taką prawidłowość obserwowano dla analizowanych substancji aktywnych i w badanych odmianach ziemniaka.

Pozostałości linuronu

Dla odmiany bardzo wczesnej — Drop, pozostałości w glebie, w latach prowadzenia badań, wahały się w granicach 0,011–0,018 mg/kg, w liściach 0,008–0,014 mg/kg i w bulwach ziemniaka 0,005–0,010 mg/kg. W przypadku odmiany średnio późnej — Bryza, pozostałości linuronu były mniejsze i wynosiły odpowiednio: dla gleby 0,007–0,012 mg/kg, dla liści 0,004–0,009 mg/kg i dla bulw 0,002–0,006 mg/kg (tab. 1).

Tabela 1

Średnie pozostałości linuronu w glebie i materiale roślinnym Average residues of linuron in soil and plant materials			
Badane próbki Tested samples	Pozostałości — Residues [mg/kg]		
	2005	2006	2007
odmiana bardzo wczesna Drop — very early cultivar			
Bulwy Tubers	0,010 (0,0017)	0,005 (0,0012)	0,008 (0,0023)
Liście Leaves	0,014 (0,0026)	0,008 (0,0023)	0,010 (0,0027)
Gleba Soil	0,018 (0,0032)	0,011 (0,0024)	0,013 (0,0031)
odmiana średnio późna Bryza — mid late cultivar			
Bulwy Tubers	0,006 (0,0012)	0,002 (0,0008)	0,004 (0,0011)
Liście Leaves	0,009 (0,0021)	0,004 (0,0015)	0,006 (0,0010)
Gleba Soil	0,012 (0,0024)	0,007 (0,0010)	0,008 (0,0021)

() – odchylenie standardowe dla 4 powtórzeń; standard deviation for 4 replications

Pozostałości MCPA

Dla odmiany bardzo wczesnej — Drop, pozostałości w glebie kształtowały się na poziomie 0,006–0,014 mg/kg, w liściach 0,004–0,008 mg/kg i w bulwach ziemniaka 0,004–0,006 mg/kg. W przypadku odmiany średnio późnej — Bryza, podobnie jak w przypadku linuronu, pozostałości MCPA były mniejsze i wynosiły: dla gleby 0,002–

0,010 mg/kg, dla liści <0,001–0,004 mg/kg, a dla bulw ziemniaka oscylowały na granicy oznaczalności metody analitycznej, tj. <0,001 – 0,002 mg/kg (tab. 2).

Tabela 2

Średnie pozostałości MCPA w glebie i materiale roślinnym
Average residues of MCPA in soil and plant materials

Badane próbki Tested samples	Pozostałości — Residues [mg/kg]		
	2005	2006	2007
odmiana bardzo wczesna Drop — very early cultivar			
Bulwy	0,006	0,004	0,005
Tubers	(0,0007)	(0,0009)	(0,0011)
Liście	0,008	0,007	0,004
Leaves	(0,0016)	(0,0016)	(0,0013)
Gleba	0,014	0,010	0,006
Soil	(0,0018)	(0,0023)	(0,0024)
odmiana średnio późna Bryza — mid late cultivar			
Bulwy	0,002	NW	0,001
Tubers	(0,0010)		(0,0006)
Liście	0,004	0,002	NW
Leaves	(0,0020)	(0,0009)	
Gleba	0,010	0,005	0,002
Soil	(0,0022)	(0,0032)	(0,0006)

NW — pozostałości nie wykryto; residues not detected (<0,001 mg/kg)

() — odchylenie standardowe dla 4 powtórzeń; standard deviation for 4 replications

DYSKUSJA

Negatywnym skutkiem chemicznej regulacji zachwaszczenia w uprawach jest możliwość występowania zanieczyszczeń herbicydowych w glebie, produktach roślinnych i ich przetworach. Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono obecność pozostałości substancji aktywnych badanych herbicydów w glebie, liściach i bulwach ziemniaka. Najwyższe pozostałości wykryto w próbkach gleby.

Ze względu na zdrowie ludzi i zwierząt najważniejsze są wyniki badań pozostałości herbicydów w bulwach ziemniaka. Na ich podstawie można stwierdzić, że w żadnej z badanych próbek bulw ziemniaka, niezależnie od wczesności odmiany nie wykryto pozostałości, których stężenie przekracza wartości dopuszczalne, określone w normach (Rozporządzenie Ministra Zdrowia 2004). Dla linuronu Najwyższe Dopuszczalne Pozostałości (NPD) wynoszą 0,2, a dla MCPA 0,1 mg/kg. Uzyskane w badaniach wyniki wskazują, że najwyższe, wykryte pozostałości MCPA i linuronu w bulwach ziemniaka są co najmniej 20-krotnie niższe od dopuszczalnych. Ponadto, pozostałości obu substancji wykryte w glebie, liściach i bulwach ziemniaka są niższe od stężeń maksymalnych wykrytych podczas badań monitoringowych prowadzonych na Dolnym Śląsku i Opolszczyźnie w latach 1993–2006 (Kucharski i Sadowski, 2003; Kucharski, 2007). Podobne badania pozostałości w glebie i materiale roślinnym prowadzono również dla innych upraw (Dąbrowski i in., 2001; Kucharski i Bacowski, 2005; Gnusowski i in., 2007). Wyniki tych prac informują o występowaniu pozostałości w badanym materiale, jednakże

ich poziom również nie przekraczał wartości dopuszczalnych określonych dla danej rośliny uprawnej.

Największy wpływ na poziom pozostałości we wszystkich rodzajach prób miał okres, jaki minął od czasu aplikacji herbicydu do zbioru rośliny uprawnej. W analizowanych próbkach gleby, liści i bulw ziemniaka stwierdzono statystycznie istotne obniżenie poziomu pozostałości linuronu i MCPA dla odmiany zbieranej o około 45 dni później. Ta prawidłowość została potwierdzona w wielu badaniach nad dynamiką rozkładu substancji aktywnych herbicydów w glebie i materiale roślinnym (Kostowska i in., 1982).

WNIOSKI

1. Stężenia pozostałości MCPA i linuronu wykrywane w glebie były istotnie wyższe w porównaniu do tych, które oznaczono w bulwach ziemniaka.
2. W żadnej z analizowanych próbek bulw ziemniaka, niezależnie od wczesności odmiany, nie stwierdzono przekroczeń wartości dopuszczalnych (NPD).
3. We wszystkich analizowanych próbkach gleby, liści i bulw ziemniaka stwierdzono istotny statystycznie niższy poziom pozostałości linuronu i MCPA dla średnio późnej odmiany Bryza w porównaniu z odmianą Drop.

LITERATURA

- Bayer E. M., Brown H. H., Duffy M. J. 1987. Sulfonylurea herbicide soil relations. In: Proc. British Crop Protection Conference – Weeds. Brighton, UK: 531 — 540.
- Dąbrowski J., Nowacka A., Martinek B., Walorczyk S., Drożdżyński D., Schwarz K., Kudła M., Gierschendorf Z., Chmielewska E., Barylska E., Ziolkowski A., Giza I., Murawska M., Sztwiertnia U., Morzycka B., Sadło S., Rupar J., Langowska B., Michel M. 2001. Obraz skażeń pozostałościami chemicznych środków ochrony roślin upraw rolniczych w Polsce w latach 1996-2000. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 41 (1): 95 — 109.
- Domaradzki K., Kucharski M. 2006. Wpływ sposobu ochrony plantacji na skuteczność chwastobójczą, plonowanie oraz poziom pozostałości w korzeniu buraka cukrowego. Pam. Puł., 142: 65 — 74.
- Gnuszowski B., Nowacka A., Giza I., Sztwiertnia U., Łozowicka B., Kaczyński P., Szpyrka E., Rupar J., Rogozińska K., Kuźmenko A., Sadło S. 2007. Kontrola pozostałości środków ochrony roślin w paszach pochodzenia roślinnego w roku 2006. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 47 (4): 38 — 41.
- Gruczek T. 1980. Wpływ niektórych czynników agrotechnicznych na efektywność działania Afałonu w uprawie ziemniaków. Ziemniak 1980: 79 — 112.
- Kostowska B., Kramer H., Piasecka-Grzeszek A. 1982. Wpływ terminu stosowania preparatu Cresopur na pozostałości benazoliny w glebie i rzepaku. Pam. Puł. 78: 179 — 188.
- Kucharski M., Sadowski J. 2003. Pozostałości herbicydów w materiale roślinnym i glebie w Polsce na tle norm krajów Unii Europejskiej. Pam. Puł. 132: 253 — 261.
- Kucharski M., Badowski M. 2005. Pozostałości herbicydów w glebie i nasionach gorczycy białej (*Sinapis alba*). Rośliny Oleiste/Oilseed Crops XXVII: 89 — 94.
- Kucharski M. 2007. Pozostałości herbicydów w płodach rolnych – Badania monitoringowe z lat 1993-2006. W: Materiały VII Ogólnopolskiej Konferencji „Racjonalna Technika Ochrony Roślin“, IOR Poznań: 45 — 50.
- Menne H.J., Berger B.M. 2001: Influence of straw management, nitrogen fertilization and dosage rates on the dissipation of five sulfonylureas in soil. Weed Research 41 (3): 229 — 244.
- Polska Norma — PN-78/R-04011. 1978. Materiał roślinny i gleba. Pobieranie próbek do ilościowego oznaczania pozostałości pestycydów. Wyd. Norm, Warszawa.

- Polska Norma — PN-83/R-04012. 1983. Materiał roślinny. Pobieranie próbek do analiz chemicznych. Wyd. Norm, Warszawa.
- Polska Norma — PN-R-04111. 1997. Oznaczanie pozostałości herbicydów. Substancja aktywna – pochodne kwasów fenoksyalkanokarboksylowych. Wyd. Norm, Warszawa.
- Polska Norma — PN-R-04123. 1997. Oznaczanie pozostałości herbicydów. Substancja aktywna – pochodne fenylomocznika. Wyd. Norm, Warszawa.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie Najwyższych Dopuszczalnych Poziomów Pozostałości w produktach spożywczych i na ich powierzchni (Dz. U. Nr 85, poz. 801, z późn. zm. z dnia 16 kwietnia 2004).
- Sadowski J., Kucharski M. 2006. Monitoring pozostałości herbicydów stosowanych w uprawie zbóż w wodach na terenach rolniczych. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 46 (1): 520 — 526.

JAROSŁAW PRZETAKIEWICZ

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Zakład Fitopatologii, Pracownia Organizmów Kwarantannowych, Radzików

Porównanie dwóch metod oceny stopnia porażenia kielków ziemniaka patotypem 1(D1) grzyba *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc.

Comparison of two methods for assessing the rate of infection of potato sprouts by pathotype 1(D1) of *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc.

W doświadczeniu użyto 5 zagranicznych odmian ziemniaka, które wykazywały połową odporność na patotyp 1(D1) *Synchytrium endobioticum*. Oceniono stopień porażenia kielków odmian ziemniaka w warunkach laboratoryjnych metodą Glynne-Lemmerzahla i Spieckermanna. Przy użyciu pierwszej metody, 2 odmiany (Calla oraz Banba), zaklasyfikowano do słabo odpornych (od st. 0 do II/III). Pozostałe 3 odmiany (Orbit, Magda i Nancy), zakwalifikowano do słabo podatnych (od st. 0 do I). W metodzie Spieckermanna wszystkie z pięciu wymienionych odmian wykazywały pełną odporność laboratoryjną. Otrzymane wyniki wskazują na brak możliwości zróżnicowania testowanych odmian przy użyciu metody Spieckermanna. Metoda ta nie pozwala na wyróżnienie odmian takich, które wykazują częściową odporność lub podatność na testowany patotyp *S. endobioticum*. Zastosowanie metody Glynne-Lemmerzahla pozwala na taką identyfikację wśród testowanych odmian.

Słowa kluczowe: metoda Glynne-Lemmerzahla, metoda Spieckermanna, *Synchytrium endobioticum*, rak ziemniaka, ziemniak, *Solanum tuberosum*, odporność

Five foreign potato cultivars: Banba, Calla, Magda, Nancy and Orbit, showing field resistance to pathotype 1 (D1) of *Synchytrium endobioticum*, were assessed for their resistance to this pathotype under laboratory conditions using comparatively the Glynne-Lemmerzahls method and the Spieckermanns test. When the Glynne-Lemmerzahls method was applied, cvs Banba and Calla were assessed as weakly resistant (ranks from 0 to II/III), and cvs Magda, Nancy and Orbit were classified into the group of slightly susceptible potatoes (ranks 0–I). Meanwhile, all the cultivars were assessed as resistant to *S. endobioticum* based on the Spieckermanns test. The results obtained indicate that the Glynne-Lemmerzahls method, but not the Spieckermanns one, is suitable for differentiating between potato cultivars resistant and partly resistant to pathotype 1 (D1) of *S. endobioticum*.

Key words: Glynne-Lemmerzahls method, potato wart disease, resistance, *Solanum tuberosum*, Spieckermanns test, *Synchytrium endobioticum*

WSTĘP

Synchytrium endobioticum wywołuje chorobę zwaną rakiem ziemniaka (Langerfeld, 1984). Głównym żywicielem *S. endobioticum* jest ziemniak, ale porażane mogą być również inne gatunki z rodzaju *Solanum*, jak *S. nigrum*, *S. dulcamara*, *S. lycopersicum*, *S. commersonni*, *S. jamensii* oraz szereg innych (Malec, 1983). W regionie Europejskiej i Śródziemnomorskiej Organizacji Ochrony Roślin (z ang. EPPO), do której należy również Polska, *S. endobioticum* występuje lokalnie w minimalnym nasileniu prawie we wszystkich krajach (OEPP/EPPO, 1999).

S. endobioticum jest gatunkiem zaliczanym do organizmów kwarantannowych, głównie z tego powodu, że jest groźną chorobą i jest w stanie przetrwać w glebie w postaci zarodni przetrwalnikowych kilkadziesiąt lat (Pratt, 1979). Regulacje prawne w sprawie zwalczania tej choroby obejmują większość państw, w których uprawiane są ziemniaki. W krajach Unii Europejskiej (UE) w tym również w Polsce obowiązują odpowiednie dyrektywy tj.: Dyrektywa 69/464/EWG z dnia 8 grudnia 1969 r. w sprawie zwalczania raka ziemniaka (*Synchytrium endobioticum*) (Dz. Urz. WEL 323, 24.12.1969), Dyrektywa 2000/29/WE z dnia 8 maja 2000 r. w sprawie środków fitosanitarnych przeciwko wprowadzeniu na obszar Wspólnoty organizmów szkodliwych dla roślin lub produktów roślinnych i przeciwko ich rozprzestrzenianiu się na obszarze Wspólnoty (Dz. Urz. WE L 169, 10.07.2000, z późn. zm.) oraz Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 5 sierpnia 2004 r. (Dz. U. nr 183, poz. 1891) w sprawie szczegółowych sposobów postępowania przy zwalczaniu i zapobieganiu rozprzestrzeczaniu się *Synchytrium endobioticum*, z dnia 28 stycznia 2005 r. (Dz. U. nr 27, poz. 226) a także z dnia 5 sierpnia 2006 (Dz. U. nr 148, poz. 1072) zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych sposobów postępowania przy zwalczaniu i zapobieganiu rozprzestrzeczaniu się grzyba *Synchytrium endobioticum*.

Jedyną skuteczną metodą zapobiegającą rozprzestrzenianiu się choroby jest uprawa odmian ziemniaka, które charakteryzują się odpornością na ten patogen, przynajmniej w warunkach polowych (z ang. field immunity) lub pełną odpornością zarówno w warunkach polowych jak i laboratoryjnych. Zgodnie z polskim prawem do uprawy dopuszczane są odmiany ziemniaka charakteryzujące się wyłącznie pełną odpornością laboratoryjną i polową na określony patotyp grzyba *S. endobioticum* [M.R.iR.W., 5.10.2005 r. (Dz. U. nr 207 poz. 1737)].

Laboratoryjna ocena odporności rodów i odmian ziemniaka na *S. endobioticum* jest wykonywana metodą Glynne-Lemmerzahla (Glynne, 1925; Lemmerzahl, 1930; Noble i Glynne, 1970) lub Spieckermanna (Spieckermann and Kothoff, 1924). Metody te są powszechnie stosowane i zgodne z międzynarodowymi standardami (OEPP/EPPO, 1999).

Celem pracy było porównanie wiarygodności i przydatności w/w metod w ocenie odporności odmian ziemniaka charakteryzujących się pośrednim, granicznym typem reakcji jako podatności lub odporności na patotyp 1(D1) *S. endobioticum*.

Rody, które charakteryzują się wysoką podatnością, jak to już wykazano wcześniej (Przetakiewicz i Kopera, 2007), są możliwe do identyfikacji przy użyciu zarówno metody Glynne-Lemmerzahla jak i Spieckermanna. Problem dotyczy głównie odmian lub rodów

o tzw. polowej odporności, które wykazują duże zróżnicowanie. W wyniku tego zróżnicowania część odmian, które są uznawane za odporne na patotyp 1(D1) *S. endobioticum* w krajach ich pochodzenia nie są uznawane za odporne w innych państwach. Np.: odm. Nancy (Republika Czeska), odm. Cyrano (Holandia), odm. Burren (Irlandia), odm. Calla (Niemcy) nie są uznawane za odporne w Polsce, i odwrotnie odm. Umiak (Polska) nie jest uznawana za odporną w Niemczech (Przetakiewicz, 2008). Z kilkuletnich badań oceny odporności zagranicznych odmian ziemniaka, które są prowadzone w Pracowni Organizmów Kwarantannowych w Radzikowie wynika, że ok. 30% z nich jest dyskwalifikowana z powodu niedostatecznej odporności na patotyp 1(D1) *S. endobioticum* (Przetakiewicz, 2007).

MATERIAŁ I METODY

W doświadczeniach wykorzystano 5 zagranicznych odmian ziemniaka (Calla — hodowla niemiecka, Orbit, Magda, Nancy — hodowla czeska i Banba — hodowla irlandzka), które zostały zgłoszone do weryfikacji i ustalenia stopnia ich odporności na patotyp 1(D1) *S. endobioticum*. W doświadczeniach użyto całych bulw lub ich fragmentów zawierających oczka.

Zastosowaną w doświadczeniach metodę Glynne-Lemmerzahla wykonano zgodnie z oryginalnymi pracami Glynne (1925), Lemmerzahl (1930) i Noble & Glynne (1970) oraz protokołu diagnostycznego PM 7/28 (OEPP/EPPO, 2004), a także z modyfikacjami wprowadzonymi przez Malca (Malec, 1972 i 1980; Malec i Lubiewska, 1979). Metodę Spieckermanna wykonano zgodnie z pracą Spieckermanna i Kothoffa (1924) oraz protokołu diagnostycznego PM 7/28 (OEPP/EPPO, 2004).

Szczegółowy opis zastosowanej metodyki, rodzaju użytego inokulum oraz skali odporności został opisany przez Przetakiewicza i Koperę (Przetakiewicz i Kopera, 2007; Przetakiewicz, 2008).

WYNIKI I DYSKUSJA

Ocena odporności metodą Glynne-Lemmerzahla

Do badań porównawczych wybrano odmiany, które wykazywały częściową odporność na patotyp 1(D1) *S. endobioticum* w ocenie laboratoryjnej wykonanej metodą Glynne-Lemmerzahla. Wszystkie badane odmiany klasyfikowały się w stopniu 0, IV i III — jako odporne, jednak każda z nich dodatkowo wykazywała reakcję w stopniach: II/III, II i I (odm. Nancy); II/III i II (odm. Magda i Orbit); oraz tylko w stopniu II/III (odm. Calla i Banba) (tab. 1, rys. 1) — jako podatne.

Uzyskane wyniki wskazywały, że część z ocenianych odmian (Calla i Banba) była odporna na testowany patotyp *S. endobioticum*, jednak stopień tej odporności był niski (z ang. weakly resistant). Pozostałe odmiany, Orbit, Magda i Nancy, zakwalifikowano do grupy słabo podatnych (z ang. slightly susceptible). Takie zróżnicowanie reakcji na patogena u odmian częściowo odpornych było opisywane już wcześniej przez Malca (1963), który stwierdził, że u niektórych odmian „odpornych” nie wszystkie komórki

reagują w ten sam sposób (odporność na porażenie dzięki nadwrażliwości poprzez nekrotyczne reakcje obronne) i nie zawsze procesy te przebiegają tak regularnie. Pewna część pływek po wnikięciu do komórek epidermy nie ginie razem z nimi, lecz może się rozwijać i formować letnie zarodnie z żywymi pływkami. Niektóre „odporne” odmiany mogą więc częściowo ulegać porażeniu.

Tabela 1

Stopień porażenia kielków (pędów) wybranych odmian ziemniaka przez *S. endobioticum* (patotyp D₁) oceniony metodą Glynne-Lemmerzahla
Assessment of the rate of infection of potato cultivars by *S. endobioticum* (pathotype D₁) using Glynne-Lemmerzahl method

Odmiana Cultivar	Liczba testowanych bulw Number of tested tubers	Liczba bulw podatnych Number of susceptible tubers	Ocena laboratoryjna — Laboratory assessment					
			odporne — resistant			podatne — susceptible		
			0 ¹	IV ²	III ³	II/III ⁴	I ⁵	I ⁶
Orbit	42	12	22	3	5	9	3	0
Calla	42	8	10	5	19	8	0	0
Magda	42	5	21	10	6	3	2	0
Nancy	42	20	12	2	8	10	9	1
Banba	42	10	20	9	3	10	0	0
Razem — Total	210	55	85	29	41	40	14	1

¹⁾ Stopień 0 — brak sorusów, wczesne reakcje nekrotyczne

¹⁾ Rank 0 — no sori, early necrotic response

²⁾ Stopień IV — pojedyncze znekrotyzowane sorusy, późne reakcje nekrotyczne

²⁾ Rank IV — several sori with necrosis, delayed necrotic response

³⁾ Stopień III — głównie bardzo późne reakcje nekrotyczne

³⁾ Rank III — very late necrotic response in prevalence

⁴⁾ Stopień II/III — reakcja pośrednia pomiędzy st. II i III

⁴⁾ Rank II/III — intermediate response between rank II and III

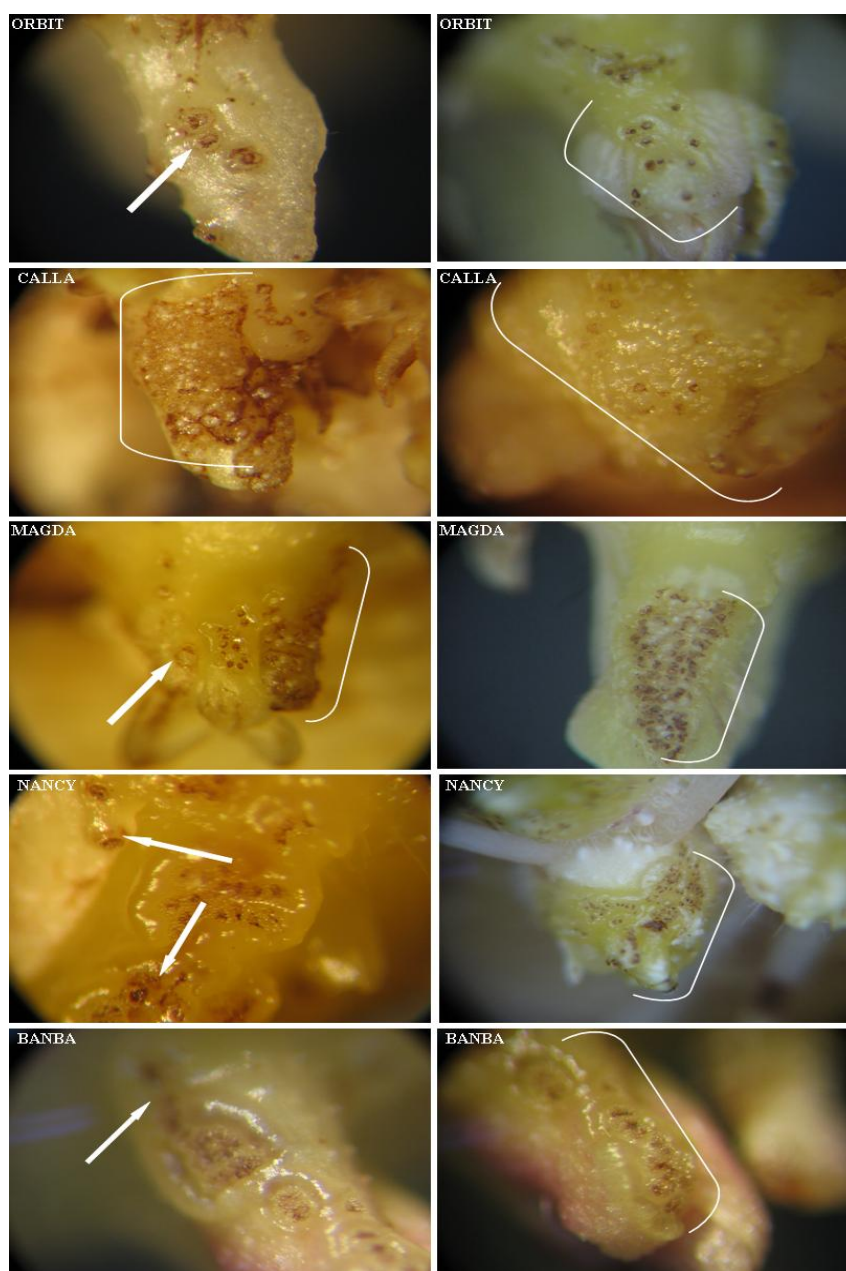
⁵⁾ Stopień II — początek tworzenia się narośli rakowej, brak nekroz

⁵⁾ Rank II — beginning of warts formation on sprouts, no necrotic lesions

⁶⁾ Stopień I — liczne sorusy, całe kielki proliferują w narośla rakowe

⁶⁾ Rank I — numerous sori, whole infected sprouts proliferate to warts

Taka ocena dyskwalifikuje te odmiany na mocy Rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 5 sierpnia 2004 roku (Rozp. MRiRW, 2004) z powodu ryzyka powstawania wtórnych infekcji, czyli przejścia patogena przez cały cykl rozwojowy — tworzenie dojrzałych sorusów, z których pływki mogą przechodzić kolejne cykle wegetatywne lub generatywne dając w konsekwencji trwałe zarodnie przetrwalnikowe. Ze względu jednak na identyfikację reakcji nekrotycznych (wczesnych, późnych i bardzo późnych) odmiany te są uznawane za średnio odporne i najczęściej odporne w symulowanych warunkach polowych (Malinowska i Butrymowicz, 2007). Dość restrykcyjna ocena, nawet w przypadku odmian, które porażały się najwyżej w stopniu II/III (tab. 1) jest podyktowana doświadczeniami wykonywanymi przez Malca (1963, 1974), który udowodnił zwiększenie wirulencji patotypu pasażowanego na odmianie odpornej, lecz charakteryzującej się niskim stopniem odporności. Z wykonywanych doświadczeń na rakopodatnych rodach (Przetakiewicz i Kopera, 2007) wynika, że metoda Glynne-Lemmerzahla różnicuje lepiej niż metoda Spieckermanna, a ocenienie tej czułości jest możliwe dopiero po porównaniu reakcji odmian odpornych na zakażenie, lecz charakteryzujących się niskim stopniem odporności.



Rys. 1. Reakcja kielków na inkubację patotypem po 2 tygodniach wykonaną metodą Glynne-Lemmerzahla. Z lewej strony widoczne wczesne, późne i bardzo późne reakcje nekrotyczne. Z prawej strony przedstawiono dojrzałe sorusy z częściową lub całkowitą proliferacją kielków

Fig. 1. Reaction of five potato cultivars (sprout stage) to infection with pathotype 1 (D1) of *Synchytrium endobioticum*, recorded after 2 wks of incubation in the Glynne-Lemmerzahl's method. Left column: early, late and very late necrotic response. Right column: matured sori with partial or entire sprout proliferation

Ocena odporności metodą Spieckermanna

Zgodnie z wymogami metodyki (OEPP/EPPO, 2004) ocenę stopnia porażenia przez *S. endobioticum*, patotyp 1(D1) wykonano po 8 tyg. inkubacji. Szczegółowy opis skali odporności w języku angielskim znajduje się w protokole diagnostycznym PM 7/28 (OEPP/EPPO, 2004), jak również w języku polskim został przetłumaczony przez Przetakiewicza w części materiały i metody (Przetakiewicz i Kopera, 2007).

Żadna z testowanych odmian nie została zakwalifikowana do typu rakowego. W stopniu F (bardzo późne reakcje nekrotyczne) zidentyfikowano odmianę Orbit, w st. P (późne reakcje nekrotyczne) — Calla i Banba, oraz w st. ”-” (wczesne reakcje nekrotyczne) wszystkie 5 testowanych odmian (tab. 2, rys. 2).

Tabela 2

Stopień porażenia kielków (pędów) wybranych odmian ziemniaka przez *S. endobioticum* (patotyp D1) oceniony metodą Spieckermanna
Assessment of the rate of infection of potato cultivars by *S. endobioticum* (pathotype D1) using the Spieckermann method

Odmiana Cultivar	Kielki — Sprouts			Skala oceny Classification categories									
	testowano tested	nieporażone uninfected	gnijące rotted	-1	P ²	F ³	R ⁴	typ rakowy ⁵ wart type ⁵					
								I	II	III	IV	V	X
Orbit	47	3	30	13	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Calla	49	4	21	21	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Magda	52	11	13	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nancy	93	2	39	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Banba	43	7	4	27	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem Total	284	27	107	141	8	1	2	0	0	0	0	0	0

¹⁾ Typ ”-” - wczesne reakcje nekrotyczne

¹⁾ Type ”-” - early necrotic response

²⁾ Typ P — późne reakcje nekrotyczne

²⁾ Type P — late delayed necrotic response

³⁾ Typ F — bardzo późne reakcje nekrotyczne

³⁾ Type F — very late necrotic response

⁴⁾ Typ R — słabo podatne

⁴⁾ Type R — weakly susceptible

⁵⁾ Typ rakowy — podatne; typ rakowy jest dzielony na 6 grup w zależności od wielkości narośli rakowych: I (2-3 mm), II (4-5 mm), III (6-7 mm), IV (8-10 mm), V (11-15 mm), X (16-20 mm i więcej).

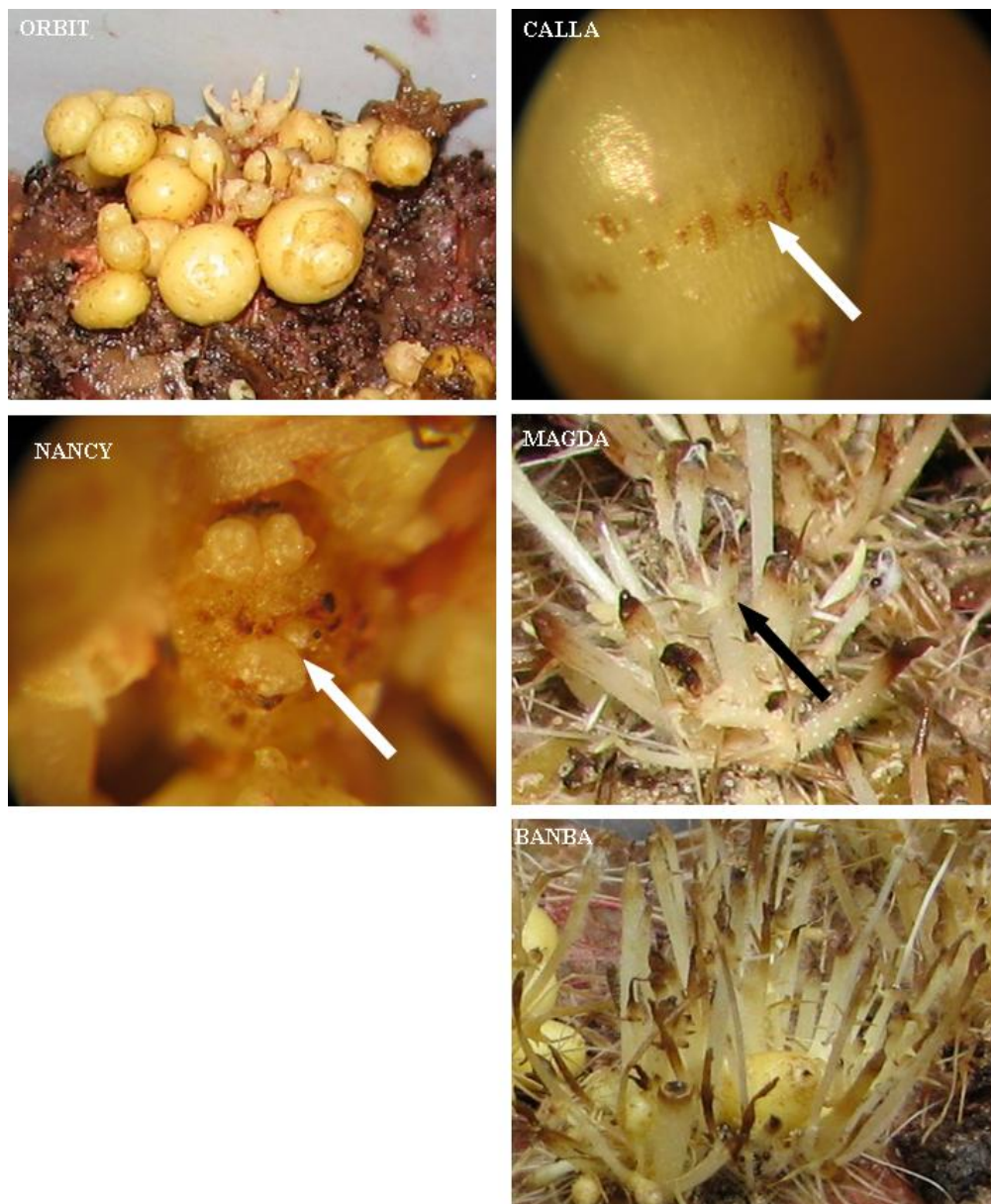
⁵⁾ Wart type — susceptible; according to the size, warts may be classified into 6 groups: I (2–3 mm), II (4–5 mm), III (6–7 mm), IV (8–10 mm), V (11–15 mm), and X (16–20 mm and larger)

Na podstawie otrzymanych wyników wszystkie z 5 testowanych odmian należałoby zaklasyfikować do odpornych. W metodzie Spieckermanna (zarodnie przetrwalnikowe) zastosowano ten sam patotyp, co w metodzie Glynne-Lemmerazhla (zarodnie letnie) 1(D1) *S. endobioticum* jednak różnica między metodami wynika głównie z presji patogena, co jest konsekwencją użycia do inokulacji różnych stadiów rozwojowych grzyba. W przypadku metody Glynne-Lemmerazhla do inokulacji używane są świeże narośla rakowe (zawierające tylko zarodnie letnie), ilość pływek jest znacznie większa w porównaniu do uzyskanych w metodzie Spieckermanna, gdzie tylko część zarodni przetrwalnikowych, nawet przy ich wysokim stężeniu na jednostkę masy inokulum, jest

w stanie wykiełkować w ciągu 8 tygodni trwania doświadczenia. Testowane odmiany są przykładem na to, że przy niskiej presji patogena (mała liczba kiełkujących pływek z zarodni przetrwalnikowych lub z sorusów), reakcja obronna gospodarza jest na tyle wysoka, że nie dochodzi do zakończenia cyklu rozwojowego grzyba i wytworzenia zarodni letnich. Rak ziemniaka należy do grupy infekcyjnych chorób roślin, u których pojedyncze zarodniki pływkowe, po wnikięciu do komórki gospodarza nie wywołują objawów choroby. Bodźce pojedynczych zarodników są na to za słabe (Malec, 1983). Dla wywołania adekwatnej reakcji gospodarza na patogena liczba ognisk infekcji musi być odpowiednio wysoka. W przypadku metody Glynne-Lemmerzahla presja patogena może być na tyle wysoka, że dochodzi do przełamania reakcji obronnej gospodarza. Tylko przy bardzo silnej presji patogena możliwa jest pełna ocena reakcji obronnych gospodarza. Taką presję można uzyskać jedynie w warunkach laboratoryjnych stosując metodę Glynne-Lemmerzahla.

Głównym problemem przy podejmowaniu decyzji o uznaniu odmiany za odporną na określony patotyp *S. endobioticum* jest możliwość powstawania wtórnych infekcji, czyli przejścia całego cyklu rozwojowego patogena i wytworzeniu kolejnych pływek zdolnych do infekcji. To zagadnienie zostało obszernie opisane przez Baayen'a i wsp. (Baayen i in., 2005). Stwierdzili oni, że odmiany tzw. polowo odporne wytwarzają w ocenie laboratoryjnej (metoda Spieckermanna) małe narośla rakowe lub nie wytwarzają ich w ogóle. Uprawa takich odmian przez kolejne 3 lata na zainfekowanym polu nie spowodowała wzrostu liczby zarodni przetrwalnikowych w glebie. Konkluzją kilkuletnich doświadczeń było stwierdzenie, że odmiany polowo odporne nie zwiększają ryzyka wtórnych infekcji, spełniając tym samym kryteria Dyrektywy UE 69/464/EEC (EU, 1969).

Należy jednak pamiętać o tym, że według niektórych hipotez powstawanie nowych, bardziej wirulentnych patotypów, jest spowodowane uprawą odmian odpornych, które charakteryzują się niskim stopniem odporności. Ta hipoteza została udowodniona przez Malca (1963; 1974), który po kilkukrotnym pasażowaniu wyselekcjonował bardziej wirulentny patotyp. Początkowo sądzono, że *S. endobioticum* jest jednolity pod względem morfologicznym jak i biologicznym, i że wszystkie jego osobniki nie różnią się pod względem pasożytniczych właściwości. Pierwsze doniesienia o istnieniu zróżnicowania ras pojawiły się w 1942 roku (Braun, 1942), kiedy to dowiedziono fizjologicznej specjalizacji *S. endobioticum* i wykryto bardziej wirulentny patotyp w Turynii w miejscowości Giessübel — patotyp 2 (G1). Na terenie Europy zidentyfikowano już ponad 40 patotypów *S. endobioticum* (Baayen i in., 2006). Z tego względu w Polsce dopuszczane są do uprawy odmiany ziemniaka, które w warunkach laboratoryjnych porażają się maksymalnie w stopniu III. Eliminuje to ryzyko wtórnych infekcji i jednocześnie, w sprzyjających dla rozwoju raka ziemniaka warunkach zapobiega selekcji bardziej wirulentnych form *S. endobioticum* (Przetakiewicz, 2008).



Rys. 2. Reakcja kielków na inkubację patotypem po 8 tygodniach wykonaną metodą Spieckermanna z widocznymi wczesnymi, późnymi i bardzo późnymi nekrozami. Brak dojrzałych sorusów i proliferacji kielków

Fig. 2. Reaction of five potato cultivars (sprout stage) to infection with pathotype 1 (D1) of *Synchytrium endobioticum*, recorded after 8 wks of incubation in the Spieckermanns test. Early, late and very late necrotic responses are shown. Neither matured sori nor sprout proliferation are present

W Polsce ocena odporności w warunkach laboratoryjnych, z wykorzystaniem zarodni letnich, była prowadzona już od lat sześćdziesiątych (Malec, 1965). Wcześniejsza ocena odporności tylko na podstawie badań polowych była niewystarczająca. Mogło to być przyczyną selekcji bardziej wirulentnych patotypów, które wykryto w 1961 roku — 2(Ch1) i 1965r 3(M1) (Malec, 1974; 1981; Malinowska i Butrymowicz, 2007). Patotypy te zostały wykryte na obszarach sprzyjających rozwojowi choroby (tereny podgórskie). Dzięki odpowiednim obostrzeniom prawnym, jak również dzięki uprawie odmian odpornych, ich zasięg ma charakter lokalny w Polsce (Malinowska i Butrymowicz, 2007). Od czasu wprowadzenia w Polsce całkowitego zakazu uprawy odmian rakopodatnych w 1955 roku nastąpiła regresja choroby na terytorium całego kraju i wygaśnięcie większości ognisk patotypu 1(D1) *S. endobioticum* (FVO, 2005). Od momentu wprowadzenia do oceny laboratoryjnej metody Glynne-Lemmerzahla nie wykryto na terytorium Polski nowych patotypów, co świadczy o jej przydatności w eliminacji form nie tylko podatnych, ale również odpornych, charakteryzujących się zbyt niskim stopniem odporności.

WNIOSKI

1. Ocena laboratoryjna odporności i reakcji ziemniaka na *S. endobioticum*, patotyp 1(D1) metodą Spieckermanna nie pozwala na odróżnienie odmian odpornych od takich, które charakteryzują się niskim stopniem odporności.
2. Zastosowanie metody Glynne-Lemmerzahla pozwala na odróżnienie odmian odpornych od odmian wykazujących tylko częściową odporność na raka ziemniaka.
3. W ocenie laboratoryjnej odporności rodów hodowlanych i odmian ziemniaka powinno stosować się metodę Glynne-Lemmerzahla.

LITERATURA

- Baayen R.P., Bonthuis H., Withagen J. C. M., Wander J. G. N., Lamers J. L., Meffert J. P., Cochius G., van Leeuwen G. C. M., Hendriks H., Heerink B. G. J., van den Boogert P. H. I. F., van de Griend P., Bosch R. A. 2005. Resistance of potato cultivars to *Synchytrium endobioticum* in field and laboratory tests, risk of secondary infection, and implications for phytosanitary regulations. EPPO Bulletin 35: 2 — 23.
- Baayen R. P., Cochius G., Hendriks H., Meffert J. P., Bakker J., Bekker M., van den Boogert P. H. J. F., Stachewicz H., van Leeuwen G. C. M. 2006. History of potato wart disease in Europe — a proposal for harmonisation in defining pathotype. Eur. J. Plant Pathology 116: 21 — 31.
- Broun H. 1942. Biologische Spezialisierung bei *Synchytrium endobioticum* (Vorläufige Mitteilung). Z. Pflkrankh. U. Pflsch., 5, H. 11: 481 — 486.
- Dyrektywa Rady 2000/29/WE z dnia 8 maja 2000 r. w sprawie środków fitosanitarnych przeciwko wprowadzeniu na obszar Wspólnoty organizmów szkodliwych dla roślin lub produktów roślinnych i przeciwko ich rozprzestrzenianiu się na obszarze Wspólnoty (Dz. Urz. WE L 169, 10.07.2000, z późn. zm.).
- Dyrektywa Rady nr 69/464/EEC z dnia 8 grudnia 1969 roku w sprawie zwalczania raka ziemniaka (Dz. Urz. WEL 323, 24.12.1969).
- FVO (2005) Final Report of a Mission Carried Out in Poland “In Order to evaluate Plant Health Controls in The Potato Sector” (from 11 to 15 April 2005). DG(SANCO)/7598/2005 — MR FINAL.
- Glynne M. D. 1925. Infection experiments with wart disease of potato *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. Annals of Applied Biology 12: 34 — 60.

- Langerfeld E. 1984. *Synchytrium endobioticum*. A comprehensive account of the potato wart pathogen from literature reports. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land — und Forstwirtschaft 219: 1 — 142.
- Lemmerzahl J. 1930. Neues vereinfachtes Infektionsverfahren zur Prüfung von Kartoffelsorten auf Krebsfestigkeit. Züchter 2: 799 — 297.
- Malec K. 1963. Zmiany wirulencji grzyba *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. w zależności od stopnia wrażliwości odmian ziemniaków i od terminów zakażenia. Hod. Rośl. Aklim. 7: 25 — 54.
- Malec K. 1965. Metodyka badania odporności materiałów hodowlanych ziemniaka. Biul. IHAR 5/6: 143 — 148.
- Malec K. 1972. Zmiany w metodyce badania rakoodporności materiałów hodowlanych ziemniaka. Biul. Instytutu Ziemniaka 10: 5 — 10.
- Malec K. 1974. Z badań nad powstawaniem nowych, bardziej wirulentnych biotypów grzyba *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. Biul. Instytutu Ziemniaka 14: 131 — 135.
- Malec K. 1980. Metodyka badania rakoodporności materiałów hodowlanych ziemniaka stosowana w Samodzielnej Pracowni Badania Odporności na Choroby i Szkodniki Kwarantannowe Instytutu Ziemniaka. Biul. Instytutu Ziemniaka 25: 125 — 139.
- Malec K. 1983. Rak ziemniaka (*Synchytrium endobioticum* /Schilb./Perc.) Z prac Instytutu Ziemniaka, Bonin 1983.
- Malec K., Lubiewska E. 1979. Zmiany w metodyce badania rakoodporności materiałów hodowlanych ziemniaka. Biuletyn Instytutu Ziemniaka 23: 79 — 85
- Malec KL. 1981. Biotypy grzyba *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. w Polsce. Inst. Ziemn. 1 — 35.
- Malinowska E, Butrymowicz J. 2007. Patotypy *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. występujące na terenie Polski. Biul. IHAR 243: 205 — 217.
- Noble M., Glynne M. D. 1970. Wart disease of potatoes. FAO Plant Protection Bulletin 18: 125 — 135.
- OEPP/EPPO. 1999. EPPO Standards PM 3/59 *Synchytrium endobioticum*: soil tests and descheduling of previously infested plots. EPPO Bulletin 29: 225 — 231.
- OEPP/EPPO. 2004. EPPO Standards PM 7/28 *Synchytrium endobioticum*. EPPO Bulletin 34: 155 — 157.
- Pratt MA. 1979. Potato wart disease and its legislative control in England and Wales. In: Ebbels DL, King JE (eds) Plant Health. Halsted Press, New York: 199 — 212.
- Przetakiewicz J. 2007. Zagrożenia rakiem ziemniaka w produkcji i obrocie ziemniakiem. Ziemniak Polski 2: 44 — 47.
- Przetakiewicz J. 2008. Assessment of the resistance of potato cultivars to *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Per. in Poland. EPPO Bulletin 38:211 — 215.
- Przetakiewicz J., Kopera K. 2007. Porównanie przydatności metody: Glynne-Lemmerzahla i Spieckermanna do oceny odporności ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.) na *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. patotyp 1 (D1) dla potrzeb testów masowych. Biul. IHAR 243: 235 — 244.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 28 stycznia 2005 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych sposobów postępowania przy zwalczaniu i zapobieganiu rozprzestrzeniania się grzyba *Synchytrium endobioticum* (Dz. U. nr 27, poz. 226).
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 5 października 2005 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych sposobów postępowania przy zwalczaniu i zapobieganiu rozprzestrzeniania się grzyba *Synchytrium endobioticum* (Dz. U. nr 207, poz. 1737).
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 5 sierpnia 2004 r. w sprawie szczegółowych sposobów postępowania przy zwalczaniu i zapobieganiu rozprzestrzeniania się grzyba *Synchytrium endobioticum* (Dz. U. nr 183, poz. 1891).
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 5 sierpnia 2006 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych sposobów postępowania przy zwalczaniu i zapobieganiu rozprzestrzeniania się grzyba *Synchytrium endobioticum* (Dz. U. nr 148, poz. 1072).
- Spieckermann A., Kothoff P. 1924. Die Prüfung von Kartoffeln auf Krebsfestigkeit. Dtsch. Landwirtw. Press 51 (11): 114 — 115.

PIOTR MIROSŁAW SZULC¹**MIROSŁAW KOBIERSKI**²**MIROSŁAW NOWAKOWSKI**³**KAZIMIERZ KUBICKI**⁴¹ Katedra Fizjologii Roślin, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz² Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz³ Zakład Technologii Produkcji Roślin Okopowych, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Bydgoszcz⁴ Strube-Dieckmann Polska Sp. z o.o.

Wpływ nawożenia sodem na plon i parametry jakości korzeni buraka cukrowego

The effect of sodium fertilization on the yield and quality parameters of sugar beet roots

W celu określenia wpływu dogłębowego nawożenia sodem na masę korzeni buraka cukrowego i wybrane parametry jakościowe: polaryzację, zawartość potasu, sodu i azotu alfa-aminowego, współczynnik alkaliczności, formułę Braunschweigu, straty w melasie, plon cukru biologicznego i cukru technologicznego, wykonano wazonowe doświadczenie w hali wegetacyjnej Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy. W doświadczeniu wysiano odmianę Lupus z firmy hodowlanej Strube-Dieckmann. Po zbiorze określono masę korzeni i liści buraka oraz oznaczono wymienione wcześniej parametry jakościowe korzeni. Stwierdzono istotny wpływ dawek sodu od 50 do 150 kg Na·ha⁻¹ na przyrost masy korzeni buraka cukrowego, zwiększenie w nich zawartości sodu oraz wzrost plonu korzeni i plonu cukru technologicznego. W celu praktycznego zobrazowania wpływu nawożenia sodem na plonowanie buraka cukrowego, przeliczono zastosowane dawki i masę roślin z wazonu wegetacyjnego na hektar.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, jakość korzeni, plon, sól

The experiment aimed to determine the impact of sodium on the yield and some quality parameters of sugar beet roots were carried out at the crop cultivation hall of the University of Technology and Life Sciences in Bydgoszcz. The following quality parameters were estimated: polarization, potassium and sodium content, alpha-amino nitrogen content, alkalinity coefficient, Brunswick formula, saccharose losses in the molasses, and biological and recoverable sugar yield. A sugar beet variety Lupus coming from the Strube-Dieckmann breeding company was used in the study. The increase in sodium doses from 50 to 150 kg·ha⁻¹ resulted in a significant increase in beet roots weight, content of sodium and the yield of recoverable sugar. For visualization purposes, the yield data obtained for single plants were converted in the paper to yield from 1 ha.

Key words: roots quality, sodium, sugar beet, yield

WSTĘP

Odmiany buraka cukrowego zawierają aktualnie około 20% sacharozy w korzeniu, co jest pozytywnym efektem intensywnych prac hodowlanych. Wraz ze wzrostem plonowania i zawartości cukru zwiększa się zapotrzebowanie tej rośliny na składniki pokarmowe potrzebne do wytworzenia jednej jednostki plonu, czyli 1 tony korzeni z odpowiednią masą liści. Wiśniewski (1994) podaje, że na jej wytworzenie burak pobiera z gleby: 9,88 kg K; 5,1 kg N; 2,87 kg Na; 1,88 kg P; 1,73 kg Ca; 1,2 kg Mg; 23,83 g Mn; 14,8 g Zn; 6,53 g B oraz 2,58 g Cu. Zgodnie z tymi danymi burak cukrowy do wytworzenia plonu korzeni 50 t·ha⁻¹ potrzebuje około 143 kg Na·ha⁻¹.

Wielu autorów prac dotyczących nawożenia sodem wskazuje na jego korzystny wpływ na wysokość plonu buraka cukrowego i zawartość sacharozy (Warchołowa, 1971; Goh i Magat, 1989; Prośba-Białczyk i Mydlarski, 2002). W dotychczasowych badaniach dotyczących nawożenia sodem pod buraki cukrowe, pierwiastek ten stosowany był głównie w formie chlorku sodu lub siarczanu sodu. Sole te aplikowano doglebowo (Goh i Magat, 1989; Allison i in., 1994; Allison i in., 1997), dolistnie (Prośba-Białczyk i Mydlarski, 2002) lub moczono nasiona w 0,1–0,4% wodnych roztworach wspomnianych soli (Henckel i Bakanova, 1974). Stosowanie soli chlorkowych przyczynia się jednak do gromadzenia w roztworze glebowym anionu Cl⁻, który może być głównym czynnikiem wywołującym zasolenie gleby. Tolerancja roślin na nadmiar chloru w glebie jest zróżnicowana. Rozwój roślin wrażliwych na ten anion, do których zaliczamy fasolę, ulega znacznemu ograniczeniu już przy stężeniu 450–700 mg Cl·dm⁻³ roztworu glebowego. Natomiast rośliny odporne, w tym i burak cukrowy, nie wykazują objawów toksyczności nawet przy stężeniu 900–3500 mg Cl·dm⁻³ roztworu glebowego (Kabata-Pendias i Pendias, 1999). Przekroczenie dopuszczalnego dla danego gatunku rośliny stężenia chloru w roztworze glebowym powoduje obniżenie intensywności fotosyntezy i przyspieszenie procesu oddychania u roślin (Kirst, 1989; Tiwari i in., 1997; Kao i in., 2003; Parida i in., 2003; Sudhir i Murthy, 2004). Ponadto zasolenie podłoża może wywoływać zakłócenia w przemianach kwasów nukleinowych oraz zahamowanie syntezy białek (Booth i Beardall, 1991; Ashraf, 2004). Szkodliwy wpływ zasolenia ujawnia się już w początkowym okresie wzrostu rośliny poprzez osłabienie kiełkowania nasion i częściowe zahamowanie wzrostu siewek. Związane jest to z utrudnionym pobieraniem wody przez rośliny z roztworu o wysokim stężeniu soli (Durrant i in., 1974; Yupsanis i in., 1994; Al-Harbi, 1995; Marschner, 1995; Iqbal i in., 2006).

Pomimo tego, że badania dotyczące nawożenia sodem prowadzone są od ponad 100 lat, trudno jest ustalić optymalną dawkę nawozową tego składnika w uprawie buraka cukrowego. Należy to wiązać ze zmienną zawartością sodu w glebie, z której jest on łatwiej wypłukiwany przez opady niż potas (Allison i in., 1994). Ustalenie zapotrzebowania na sól utrudnia fakt, iż sól występuje w wielu nawozach mineralnych, głównie niskoprocentowych solach potasowych, jako pierwiastek zanieczyszczający i towarzyszący jonom potasowym (Gutmański, 2002).

Celem pracy było określenie wpływu sodu na plon korzeni i wybrane cechy jakościowe. W doświadczeniu zastosowano sól w formie węglanowej, ponieważ związek ten nie wpływa istotnie na zasolenie gleby.

MATERIAŁ I METODY

Wazonowe doświadczenie vegetacyjne założono w latach 2005 i 2006 w hali vegetacyjnej Wydziału Rolniczego Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego, w czterech powtórzeniach w układzie losowym. Wazonory vegetacyjne wypełniono 60 kg gleby średniej (klasa III b – piasek gliniasty mocny) o odczynie obojętnym, wysokiej zawartości przyswajalnych form fosforu i magnezu oraz niskiej zawartości potasu i sodu (tab. 1). Kationy Na^+ wyekstrahowano z gleby za pomocą 1 M $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ o pH 7,0 (Lityński i in., 1976) i oznaczono metodą spektrometrii emisyjnej. Zawartość fosforu i potasu określono metodą Egnera-Riehma, a ilość przyswajalnego dla roślin magnezu oznaczono metodą Schachtschabela.

Tabela 1

Wybrane właściwości chemiczne gleby
Chemical properties of the soil

pH w 1N KCl	Zawartość wybranych składników w glebie — Content of some nutrients						
	N [%]	C [%]	C/N	Na [mg·100g ⁻¹]	P ₂ O ₅ [mg·100g ⁻¹]	K ₂ O [mg·100g ⁻¹]	Mg [mg·100g ⁻¹]
6,9	0,135	1,269	9,436	0,092	20,0	11,0	7,2

Odmianę Lupus (Strube-Dieckmann) wysiewano w pierwszej dekadzie maja do wazonów o powierzchni 1660 cm². Po trzech tygodniach od początku wschodów wykonano przerwę pozostawiając po trzy siewki w każdym wazonie. Przedplonem dla buraka cukrowego była gorczyca biała. Przedsewnie (6–7 dni) zastosowano uzupełniające nawożenie NPK w dawkach: 0,013 g N·kg⁻¹ gleby, 0,012 g P·kg⁻¹ gleby, 0,060 g K·kg⁻¹ gleby oraz 0,01 g Mg·kg⁻¹ gleby i 0,005 mg B·kg⁻¹ gleby. Wymienione dawki po przeliczeniu na powierzchnię 1 ha wynosiły: 40 kg N, 37 kg P, 185 kg K, 31 kg Mg i 15 kg B.

Pozostałą ilość azotu aplikowano pogłównie w dwóch dawkach po 0,013 g·kg⁻¹ gleby w fazie czterech i ośmiu liści właściwych buraka cukrowego.

Sód zastosowano przedsewnie, w formie Na₂CO₃ w dawkach: 0,038 g, 0,076 g, 0,114 g i 0,152 g·kg⁻¹ gleby, co odpowiada: 50 kg, 100 kg, 150 kg i 200 kg Na·ha⁻¹. Obiekt kontrolny stanowiły wazonory wypełnione glebą zaopatrzoną w NPKMgB, ale nienawożoną sodem. Rośliny w czasie vegetacji były podlewane wodą redestylowaną, w miarę potrzeb, tak aby wilgotność gleby w wazonie vegetacyjnym, mierzona za pomocą tensjometru, wynosiła 70% połowej pojemności wodnej gleby. W czasie vegetacji buraki cukrowe były chemicznie chronione przed chorobami i szkodnikami. Zbiór przeprowadzono 5 października.

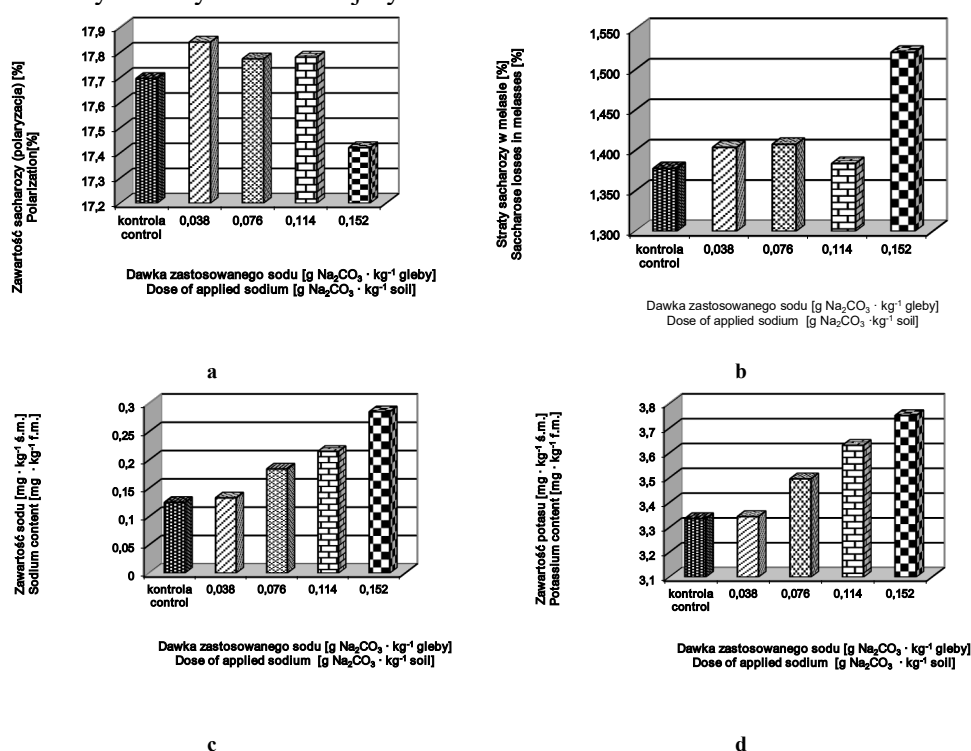
Określono z każdego wazonu masę liści i korzeni, a na linii Venema w Cukrowni Głinojeck S.A. polaryzację, zawartość potasu (K), sodu (Na) i azotu alfa-aminowego (Nam) (wartości przeliczono z mmol·kg⁻¹ na mg·kg⁻¹). Na podstawie uzyskanych wyników obliczono współczynnik alkaliczności (K+Na / Nam), formułę Braunschweigu (AV = 0,12 × (K+Na) + 0,24 × Nam+1,08), straty w melasie (SMV = 0,12 × (K+Na) + 0,24 × Nam +

0,48), plon cukru biologicznego i technologicznego, zgodnie z metodyką podaną przez Wiśniewskiego (1994).

Wyniki opracowano statystycznie stosując analizę wariancji danych (doświadczenie wielokrotne, jednoczynnikowe w układzie całkowicie losowym). Wykorzystano do tego celu program komputerowy Prof. F. Rudnickiego (UTP Bydgoszcz).

WYNIKI I DYSKUSJA

Buraki cukrowe należą do roślin sodolubnych, gdyż pobierają duże ilości tego składnika z gleby. Wyraźny wpływ zastosowanego sodu na plon buraka cukrowego stwierdzili już w 1945 roku Holt i Volk. Wykazali oni, jak podaje Nowotny-Mieczysława (1976), że wprowadzenie do gleby sodu, niezależnie od wielkości zastosowanej dawki, powodowało wzrost plonu korzeni. Jednak w miarę zwiększania dawki zastosowanego potasu efekt plonotwórczy sodu był coraz mniejszy.

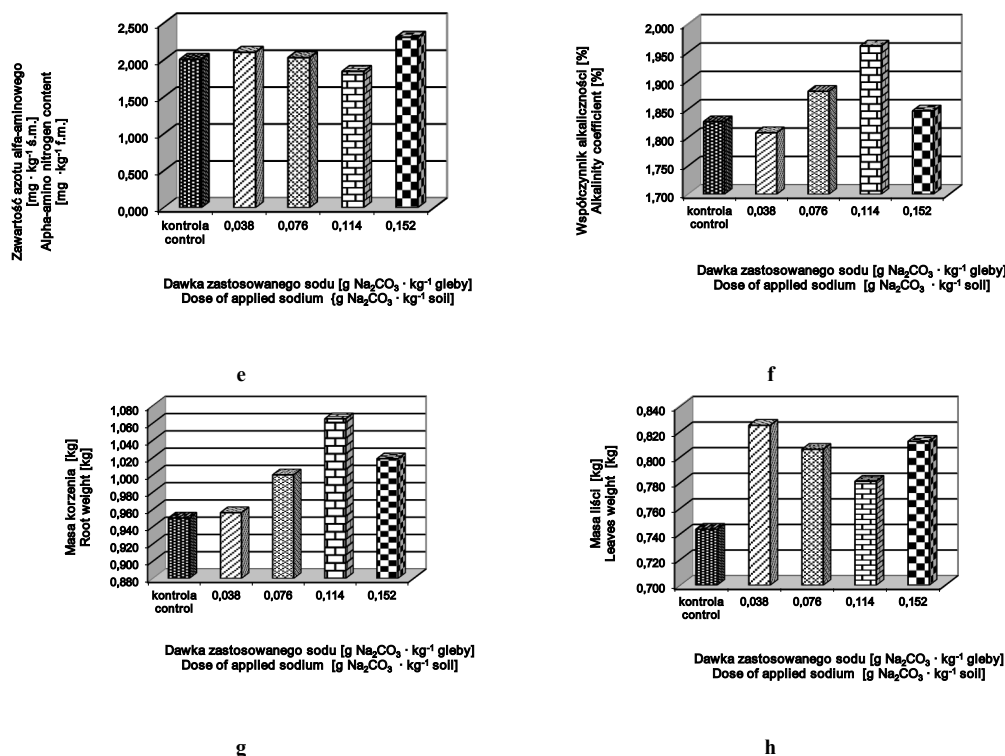


Rys. 1. a-d. Wpływ nawożenia sodem na plon i parametry jakościowe korzeni buraka cukrowego (2005–2006)

Fig. 1. a-d. The effect of sodium fertilization on yield and quality parameters of sugar beet roots (2005–2006)

W niniejszej pracy stwierdzono dodatnią reakcję buraka cukrowego na nawożenie sodem. Zastosowany węglan sodu w dawkach od 0,038 do 0,152 g·kg⁻¹ gleby wpływał na

zwiększenie masy korzeni w porównaniu do roślin nienawożonych sodem. Najwyższą masę korzeni wynoszącą 1,065 kg miały buraki nawożone $0,114 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby (rys. 1 g). W celu lepszego zobrazowania wpływu nawożenia sodem, wyniki przeliczono na hektar. Pozwoliło to wykazać, iż po zastosowaniu wymienionej dawki sodu tzn. $150 \text{ kg Na} \cdot \text{ha}^{-1}$ hipotetyczny plon korzeni z ha może wynosić 65,5 tony (rys. 1 k). Obliczony w pracy teoretyczny efekt plonotwórczy zastosowanej dawki sodu był wyższy od tego, jaki określił Wiśniewski (1994), który stwierdził, iż zapotrzebowanie buraków cukrowych na wytworzenie jednej tony korzeni z odpowiadającą jej masą liści niezależnie od odmiany wynosi $2,87 \text{ kg}$ sodu. W badaniach własnych wskaźnik ten wynosił $2,29 \text{ kg}$ sodu.



Rys. 1. e-h. Wpływ nawożenia sodem na plon i parametry jakościowe korzeni buraka cukrowego (2005–2006)

Fig. 1. e-h. The effect of sodium fertilization on yield and quality parameter of sugar beet roots (2005–2006)

Dodatni wpływ nawożenia dolistnego sodem na plon i wybrane parametry jakościowe korzeni buraków wykazali Prośba-Białczyk i Mydlarski (2002). Zastosowane przez nich wodne roztwory NaCl zawierające $2,4$; $7,2$ i $14,4 \text{ kg Na} \cdot \text{ha}^{-1}$ powodowały przyrost plonu korzeni, przy czym różnice były istotne statystycznie w przypadku zastosowania $7,2$ i $14,4 \text{ kg Na} \cdot \text{ha}^{-1}$ w porównaniu do kontroli i dawki $2,4 \text{ kg Na} \cdot \text{ha}^{-1}$. Najwyższa użyta dawka

wpłynęła na zwiększenie plonu korzeni o $13,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ w porównaniu do kontroli, której plon wyniósł $55,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Stwierdzili oni również istotny wzrost masy pojedynczego korzenia w porównaniu do kontroli.

Największą masę liści wytworzyły buraki nawożone dawką $0,038 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby, a najmniejszą gdy sód zastosowano w dawce $0,114 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby. Wzrost dawki sodu powodował spadek masy liści, przy czym najmniejszą masę miały liście buraków nawożonych $0,114 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby (rys. 1 h).

Natomiast Prośba-Białczyk i Mydlarski (2002) wykazali istotny w porównaniu do kontroli i stężenia 2% NaCl, wpływ nawożenia dolistnego roztworem 6% i 12% NaCl na przyrost plonu liści. Nawożenie buraków sodem jak udowodnili Draycott i Farley (1971), Warchołowa (1971), Milford i wsp. (1977) i Allison i wsp. (1994) powoduje zwiększenie powierzchni liści buraka, a niedobór przyswajalnego sodu w glebie hamuje wzrost powierzchni liścia (Milford i in., 1977; Allison i in., 1994). Sód wpływa również stymulująco na syntezę chlorofilu i barwników karotenoidowych w liściu (Allen i Arnon, 1955; Nowotny-Mieczysława, 1976) oraz aktywuje syntetazę sukcyńlo-CoA (Bush, 1969). Wymienione zmiany zachodzące w liściu w następstwie działania sodu, wpływają bezpośrednio na aktywność fotosyntetyczną buraka cukrowego, która warunkuje wielkość plonu (Jaggard i Clark, 1990; Allison i in., 1994).

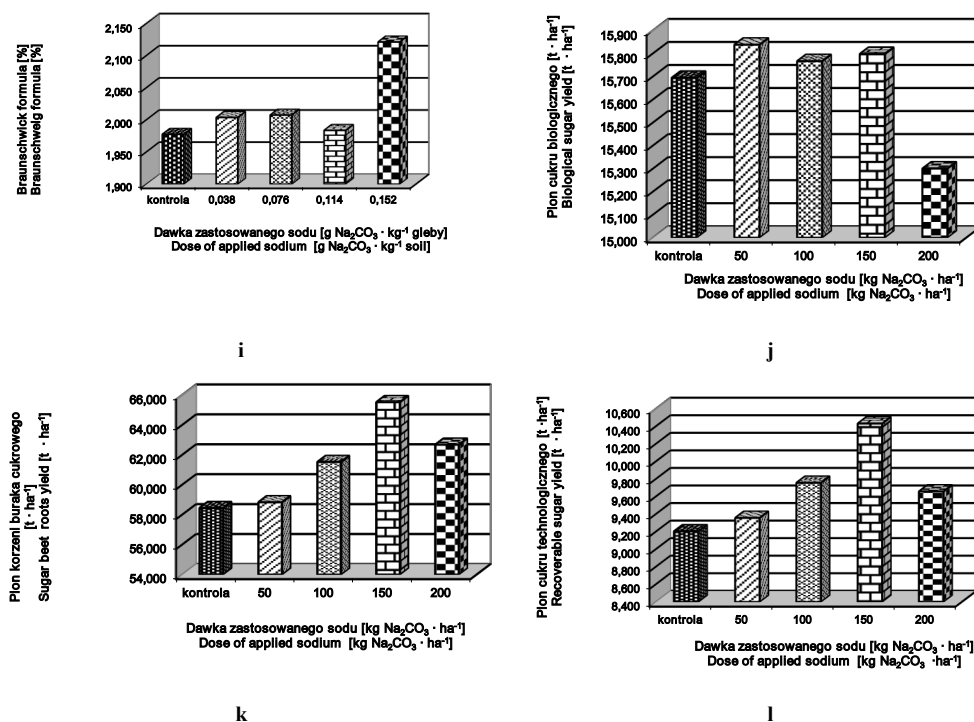
Nawożenie sodem nie wpływało istotnie na zawartość sacharozy i jej wydajność. Najwyższą zawartość sacharozy (17,84%) i plon cukru biologicznego ($15,84 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) stwierdzono pod wpływem nawożenia najmniejszą dawką węglanu sodu, a zwiększenie dawki sodu wpłynęło na obniżenie zawartości sacharozy w korzeniu nieistotnie (rys. 1 a, k). Najniższy plon cukru biologicznego w korzeniach uzyskano stosując $200 \text{ kg Na} \cdot \text{ha}^{-1}$ (rys. 1 k). Natomiast Prośba-Białczyk i Mydlarski (2002) stwierdzili, iż zawartość sacharozy w korzeniu buraka wzrastała istotnie pod wpływem dolistnego dokarmiania wzrastającymi dawkami sodu do $14,4 \text{ kg Na} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Zastosowane wzrastające dawki do $0,114 \text{ g}$ węglanu sodu powodowały wzrost plonu cukru technologicznego. Wynosił on $10,43 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ i był istotnie wyższy w porównaniu do kontroli, z której uzyskano $9,21 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (rys. 1 l). Wyniki są porównywalne z tymi jakie opisali Prośba-Białczyk i Mydlarski (2002), stosując dolistnie sód w formie chlorkowej.

Prośba-Białczyk i Mydlarski (2002) stwierdzili niekorzystny wpływ stosowania sodu na parametry jakościowe korzeni buraków. Zaobserwowali, iż zastosowanie sodu w nawożeniu buraków cukrowych przyczyniło się do zwiększenia zawartości tego pierwiastka i potasu oraz azotu alfa-aminowego w korzeniach.

Podobne zależności dotyczące zawartości sodu stwierdzono w niniejszej pracy, w której wykazano istotny wpływ zastosowania dawek $0,114$ i $0,152 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby na zwiększenie zawartości tego pierwiastka w korzeniu w porównaniu do kontroli oraz korzeni zebranych z wazonów nawożonych najniższą dawką węglanu sodu (rys. 1 c.). Wraz ze wzrostem dawki sodu zanotowano stopniowe zwiększanie się całkowitej zawartości potasu w korzeniach, jednak różnice nie były statystycznie istotne (rys. 1 d). Najwyższą zawartość azotu alfa-aminowego stwierdzono w korzeniach buraków nawożonych maksymalną dawką sodu — $0,152 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby. Zawartość ta była

istotnie wyższa od zawartości w korzeniach buraków nawożonych $0,114 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby (rys. 1 e). Allison i wsp. (1994) stwierdzili natomiast spadek zawartości azotu alfa-aminowego pod wpływem wzrastającej dawki sodu. Nie udowodniono istotnego zróżnicowania wartości współczynnika alkaliczności i formuły Braunschweigu, jak również strat sacharozy w melasie.



Rys. 1. i-l. Wpływ nawożenia sodem na plon i parametry jakościowe korzeni buraka cukrowego (2005–2006)

Fig. 1. i-l. The effect of sodium fertilization on yield and quality parameters of sugar beet roots (2005–2006)

Opinie dotyczące wpływu nawożenia buraków sodem na plon i parametry jakościowe uzyskanego surowca są rozbieżne. Wielu autorów stwierdza istotnie dodatni wpływ nawożenia sodem na wzrost plonu korzeni i cechy technologiczne korzeni (Warchołowa, 1971; Goh i Magat, 1989; Prośba-Białczyk i Mydlarski, 2002; Kubicki i Szulc, 2006; Nowakowski i in., 2007). Natomiast Allison i wsp. (1994) twierdzą, iż przyrost plonu nie rekompensuje nakładów poniesionych na nawożenie sodem oraz ewentualnego ryzyka związanego z wystąpieniem stresu osmotycznego, który może powodować obumieranie nasion oraz siewek buraków, przez co zmniejsza się obsada roślin, a w końcowym efekcie plon korzeni. Dlatego też Durrant i wsp. (1974) nie zalecają nawożenia pod buraki cukrowe dawkami wyższymi od $377 \text{ kg Na} \cdot \text{ha}^{-1}$. Ponadto stosując nawożenie sodem należy pamiętać,

aby jego zawartość w glebie lekkiej nie przekraczała 100 mg Na·dm⁻³, średniej 200 mg Na·dm⁻³, a ciężkiej 300 mg Na·dm⁻³ (Gutmański, 2002).

Istnieje konieczność weryfikacji zaleceń dotyczących nawożenia sodem w uprawie buraka cukrowego i kontynuacji badań nad wpływem tego pierwiastka na plon i cechy jakościowe korzeni w warunkach polowych.

WNIOSKI

1. Zastosowane w doświadczeniu wazonowym nawożenie sodem w formie węglanowej spowodowało istotny wzrost masy korzenia oraz zwiększenie zawartości sodu w porównaniu do roślin nienawożonych.
2. Na podstawie wyników badań wykazano, że zastosowanie sodu w dawkach od 50 do 150 kg Na·ha⁻¹ powodować może wzrost plonu korzeni oraz plonu cukru technologicznego.
3. Dawki nawożenia sodem w zakresie od 0,038 do 0,152 g·kg⁻¹ gleby powodowały pogorszenie jakości technologicznej korzeni buraka cukrowego, gdyż pod ich wpływem zwiększyły się zawartości sodu i potasu.

LITERATURA

- Al-Harbi A. R. 1995. Growth and nutrient composition of tomato and cucumber seedlings as affected by sodium chloride salinity and supplemental calcium. *J. Plant Nutr.* 18: 1403 — 1416.
- Allen M. B., Arnon D. J. 1955. Studies on nitrogen-fixing blue-green algae. II. The sodium requirement of *Anabaena cylindrica*. *Physiol. Plant.* 8: 653 — 660.
- Allison M. F., Chapman J.L., Garat C. E., Todd A. D. 1997. The potassium, sodium, magnesium, calcium and phosphate nutrition of sugarbeet (*Beta vulgaris*) grown on soils containing incorporated straw. *J. Sci. Food Agric.* 74: 216 — 220.
- Allison M. F., Jaggard K. W., Armstrong M. J. 1994. Time of application and chemical form of potassium, phosphorus, magnesium and sodium fertilizers and effects on the growth, yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris*). *J. of Agricult. Sci.* 123: 61 — 70.
- Ashraf M. 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora* 199: 361 — 376.
- Booth W. A., Beardall J. 1991. Effect of salinity on inorganic carbon utilization and carbonic anhydrates activity in the halotolerant algae *Dunaliella salina* (*Chlorophyta*). *Phycologia* 30: 220 — 225.
- Bush L. P. 1969. Influence of certain cations on activity of succinyl CoA synthetases from tobacco. *Plant Physiol.* 44: 347 — 350.
- Draycott A. P., Farley R. F. 1971. Effect of sodium and magnesium fertilisers and irrigation on growth, composition and yield of sugar beet. *J. Sci. Food Agric.* 22: 559 — 563.
- Durrant M. J., Draycott A. P., Payne P. A. 1974. Some effects of sodium chloride on germination and seedling growth of sugar beet. *Ann. Bot.* 38: 1045 — 1051.
- Goh K. M., Magat S. S., 1989. Sodium chloride increases the yield of fodder beet (*Beta vulgaris* L.) in two New Zealand soils. *New Zealand J. Agricult. Research* 32: 133 — 137.
- Gutmański I. 2002. Znaczenie nawożenia potasem dla efektywnej uprawy buraka cukrowego. IHAR Radzików.
- Henckel P. A., Bakanova L. V. 1974. O stimiljurujushhem dejstvin niebolshikh doz khloristogo natrija na sakharju sveklu. *Fizjologija Rastenij* 21: 812 — 818.
- Iqbal M., Ashraf M., Jamil A., Rehman S. 2006. Does seed priming induce changes in the levels of some endogenous plant hormones in hexaploid wheat plants under salt stress? *J. Integrative Plant Biol.* 48: 181 — 189.

- Jaggard K.W., Clark C. 1990. Remote sensing to predict the yield of sugar beet in England. In *Applications of Remote Sensing in Agriculture* (Eds. M.D. Steven & J.A. Clark) London: Butterworths: 201 — 206.
- Kabata-Pendias A., Pendias H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN, Warszawa : 268 — 270.
- Kao W. Y., Tsai T. T., Shih C. N. 2003. Photosynthetic gas exchange and chlorophyll a fluorescence of three wild soybean species in response to NaCl treatments. *Photosynthetica* 41: 415 — 419.
- Kirst G. O. 1989. Salinity tolerance of eukaryotic marine algae. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant mol. Biol.* 40: 21 — 53.
- Kubicki K., Szulc P. M. 2006. Wpływ nawożenia sodem na wybrane parametry plonu korzeni buraka cukrowego. *Poradnik Plantatora Buraka Cukrowego* 3: 29 — 31.
- Lityński T., Jurkowska H., Gorlach E. 1976. *Analiza chemiczno-rolnicza. Przewodnik metodyczny do analizy gleby i nawozów*: 108 — 111, 149 — 153, 157 — 160. PWN, Warszawa.
- Marschner H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd Ed. Academic Press, San Diego.
- Milford G. F. J., Cormack W. F., Durrant M. J. 1977. Effects of sodium chloride on water status and growth of sugar beet. *J. Exp. Bot.* 28: 1380 — 1388.
- Nowakowski M., Szymczak-Nowak J., Koch H. J. 2007. Plony i zdrowotność buraka cukrowego pod wpływem nawożenia potasem, magnezem i sodem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, z. 518: 141 — 155.
- Nowotny-Mieczysława A. 1976. *Fizjologia mineralnego żywienia roślin*. Wyd. II. PWRiL, Warszawa.
- Parida A. K., Das A. B., Mitra B. 2003. Effects of NaCl stress on the structure, pigment complex composition, and photosynthetic activity of mangrove *Bruguiera parviflora* chloroplasts. *Photosynthetica* 41: 191 — 200.
- Prośba-Białczyk U., Mydlarski M. 2002. Wpływ chlorku sodu zastosowanego nalistnie na produktywność i wartość technologiczną buraka cukrowego. *Biul. IHAR* 222: 215 — 222.
- Sudhir P., Murthy S. D. S. 2004. Effects of salt stress on basic processes of photosynthesis. *Photosynthetica* 42: 481 — 486.
- Tiwari B. S., Bose A., Ghosh B. 1997. Photosynthesis in rice under a salt stress. *Photosynthetica* 34: 303 — 306.
- Warchołowa M. 1971. Wpływ Na i K na transpirację, asymilację pozorną i gromadzenie cukrów przez Buraki cukrowe. *Pam. Puł.* 47: 199 — 212.
- Wiśniewski W., 1994. Dynamika wzrostu i pobierania składników pokarmowych przez buraki cukrowe i pastewne z uwzględnieniem ich jakości. *Hod. Rośl. Aklim.* 38: 3 — 41.
- Yupsanis T., Moustakas M., Domiandou K. 1994. Protein phosphorylation-dephosphorylation in alfalfa seeds germinating under salt stress. *J. Plant Physiol.* 143: 234 — 240.

AGNIESZKA BARNYK
JERZY LEWOSZ
KRZYSZTOF TREDER
WŁODZIMIERZ PRZEWODOWSKI
TOMASZ PILECKI

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie, Zakład Nasiennictwa i Ochrony Ziemi, Bonin

Zastosowanie chromatografii tiofilnej do izolacji przeciwciał poliklonalnych z surowicy krwi królików

Application of thiophilic chromatography for purification of polyclonal antibodies from rabbit serum

Sposób izolacji przeciwciał z surowicy w znacznym stopniu wpływa na ich jakość, a tym samym może wpływać na jakość zestawów diagnostycznych. Istnieje wiele sposobów wyodrębniania przeciwciał z surowicy (chromatografia jonowymienna na DEAE celulozie, chromatografia powinowactwa z białkiem A, itd.). Różnią się one pomiędzy sobą m.in. efektywnością, czasem wykonania oraz kosztem. Niniejsza praca przedstawia chromatografię tiofilną jako tańszą i wydajniejszą alternatywę dla innych metod uzyskiwania przeciwciał z surowicy króliczej.

Słowa kluczowe: chromatografia tiofilna, izolacja przeciwciał, króliki, surowica krwi

A procedure used for purification of antibodies from serum has a significant effect upon their quality and thereby their suitability for diagnostic tests. The commonly used approaches include: (i) ion-exchange chromatography (both on anion and cation exchangers, depending on conditions applied) and (ii) affinity chromatography (on resins charged with the protein A or with the specific antigen). These methods differ in efficacy; amount of time needed and costs for antibodies purification. The study presented herein estimates the suitability of thiophilic chromatography as a cost and time-saving alternative approach for purification of antibodies from rabbit serum.

Key words: antibody purification, blood serum, rabbits, thiophilic chromatography

WSTĘP

Diagnostyka w uprawie roślin w znacznej mierze oparta jest na testach immunologicznych. Jednym z nich jest powszechnie stosowany płytkowy test immunoenzymatyczny ELISA. Charakteryzuje się on dużą czułością, stosunkowo krótkim czasem trwania procedury, nie wymaga stosowania drogich odczynników i aparatury. Zasadniczą

rolę w tego rodzaju testach odgrywają przeciwciała specyficzne dla odpowiedniego antygeny (np. cząsteczki wirusa lub komórki bakterii), a ich jakość jest elementem decydującym o efektywności zestawu testowego. Bardzo istotne jest, by oczyszczanie przebiegało w sposób szybki i efektywny, a warunki prowadzenia procesu sprzyjały utrzymaniu trwałości przeciwciał.

Zastosowanie chromatografii tiofilnej do oczyszczania przeciwciał zostało po raz pierwszy zaprezentowane w 1985 roku przez Porath i współautorów. Wykorzystali oni podłoże agarozowe, zmodyfikowane przez reakcje z di-winyl-sulfonem i 2-merkaptetanolem do frakcjonowania białek plazmy. W procesie separacji etap adsorpcji prowadzony był w warunkach wysokiego stężenia soli tworzących układy o znacznym stopniu uporządkowania (likotropowych), natomiast elucję związanych białek wykonywano w warunkach bezsolnych. Ten rodzaj chromatografii przypomina chromatografię hydrofobową, w której wiązanie białek z hydrofobowym ligandem zachodzi również przy dużym stężeniu soli. Jednak mechanizm adsorpcji jest inny w obu przypadkach, gdyż w chromatografii tiofilnej sole niemające własności likotropowych nie promują wiązania białek z ligandem. Ponadto ligand tiofilny ma charakter hydrofilowy. Kluczowe dla wiązania białek okazało się oddziaływanie reszty sulfonowej i tioeteru ligandu z atomami siarki obecnymi w białkach. Z tego powodu chromatografia tiofilna była często używana do oczyszczania przeciwciał (Hutchens, Porath, 1986; Belew i in., 1987).

Adsorpcja tiofilna znalazła zastosowanie w izolacji dużych ilości przeciwciał z różnych gatunków zwierząt oraz nadaje się do oczyszczania szczególnie trudnych w izolacji przeciwciał monoklonalnych, np. mysich z kultur komórkowych zanieczyszczonych surowicą wołową (Finger i in., 1996). Przeciwciała były izolowane tą metodą także z krwi siary, serwatki mleka (Hutchens i in., 1990; Konecny i in., 1994) oraz krwi ludzkiej (Bridonneau i in., 1993).

Jak podaje Bog-Hansen (1997), złoża tiofilne w obecności odpowiednich soli mogą być stosowane również do oczyszczania przeciwciał z płynów puchliny brzusznej, natomiast Hansen i wsp. w 1998 roku zastosowali tę metodę do izolacji IgY z żółtka jaja, uzyskując odzysk na poziomie 100%. Birkenmeier i Kopperschlager (1992) oczyszczali z użyciem złoża tiofilnego przeciwciała monoklonalne skierowane przeciwko peroksydazie chrzanowej uzyskując lepsze wyniki w porównaniu z innymi technikami chromatograficznymi, takimi jak chromatografia jonowymienna i hydrofobowa, czy też chromatografia z użyciem białka A.

Wszystkie te przykłady pokazują jak wiele potencjalnych zastosowań może mieć chromatografia tiofilna. Niniejsza praca ma na celu przedstawienie próby zastosowania tej metody do oczyszczania przeciwciał z surowicy króliczej. Oznaczenie czystości wyizolowanych IgG oraz ich miana testem ELISA, pozwoliło określić potencjalne możliwości zastosowania otrzymanych przeciwciał do produkcji zestawów diagnostycznych.

MATERIAŁY I METODY

Wykonanie złoża tiofilnego

Materiałem wyjściowym do syntezy złoża biofilnego była 6B Sepharose (Pharmacia). Nośnik poddano aktywacji z użyciem di-winył-sulfonu (Sigma) stosując 1 ml na 10 ml żelu, w 0,5M węglanie sodu (pH = 11), przez trzy godziny w 25°C na wytrząsarce. Po aktywacji żel przemywano destylowaną wodą do momentu uzyskania neutralnego pH.

Do 100 ml zaktywowanego żelu dodano 100ml 0,1M NaHCO₃ (pH = 9) i 10 ml merkaptotetanolu. Zawiesinę mieszano delikatnie przez 20 godzin w temperaturze pokojowej, a po zakończonym procesie ponownie przemywano wodą destylowaną do uzyskania neutralnego pH.

Gotowy żel tiofilny inkubowano w temp. 25°C przez trzy godziny w 0,2M TriS/HCl, pH = 8,5.

Izolacja przeciwciał z surowicy króliczej

Badania były prowadzone dla surowicy anty-*Cms* (*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* oraz anty-PVY (ang. Potato virus Y). Surowicę krwi pobrano z królików immunizowanych: a) preparatem wirusa PVY, b) zawiesiną termicznie inaktywowanych bakterii *Cms* (szczep BPR 527).

Kolumnę ze złożem tiofilnym (5 ml) równoważono przy użyciu buforu fosforanowego (1/2 PBS) pH = 7,4 zawierającego 0,6 M K₂SO₄. Następnie nakładano surowicę zawierającą również siarczan potasu w takim samym stężeniu. Po nałożeniu surowicy, kolumnę przemywano do całkowitego zaniku białek w wypływie z kolumny (tj. do zaniku absorbancji przy 280), stosując bufor 1/2 PBS (ten sam, jaki został użyty do równoważenia). Desorpcję przeciwciał prowadzono na drodze elucji buforem fosforanowym bez dodatku soli. Prędkość przepływu przez kolumnę wynosiła 2,5 ml/min.

Uzyskane w ten sposób przeciwciała dializowano względem buforu 1/2 PBS.

Określenie stężenia białka, jego czystości i miana wyizolowanych przeciwciał:

Stężenie białka oznaczano spektrofotometrycznie przez pomiar absorbancji przy 280 i 235 nm i wyliczano przyjmując za Whitakerem i Granumem (1980) zależność:

$$C_{mg/ml} = \frac{(A_{235nm}^{lcm} - A_{280nm}^{lcm})}{2,51} \quad (1)$$

gdzie:

C — stężenie białka [mg/ml]

A — absorbancja przy danej długości fali

2,51 — współczynnik, który jest różnicą pomiędzy średnimi wartościami absorbancji w 235 nm i w 280 nm dla 0,1% roztworów różnych białek.

Natomiast stężenie przeciwciał w wyizolowanej frakcji określono stosując zależność:

$$C_{IgG} = \frac{A_{280nm}}{1,4} \quad (2)$$

gdzie:

C_{IgG} — stężenie IgG

A_{280} — absorbanca przy 280 nm.

1,4 jest wartością absorbancji A_{280} , charakterystyczną dla stężenia IgG = 1 mg/ml.

Czystość otrzymanych przeciwciał określano spektrofotometrycznie wykorzystując fakt, że stosunek absorbancji 280/250 nm dla wysoko oczyszczonych immunoglobulin króliczych wynosi 2,5–2,7 (Goszczyński, 1991) oraz za pomocą rozdziału elektroforetycznego prowadzonego w warunkach denaturujących (Laemmli, 1970).

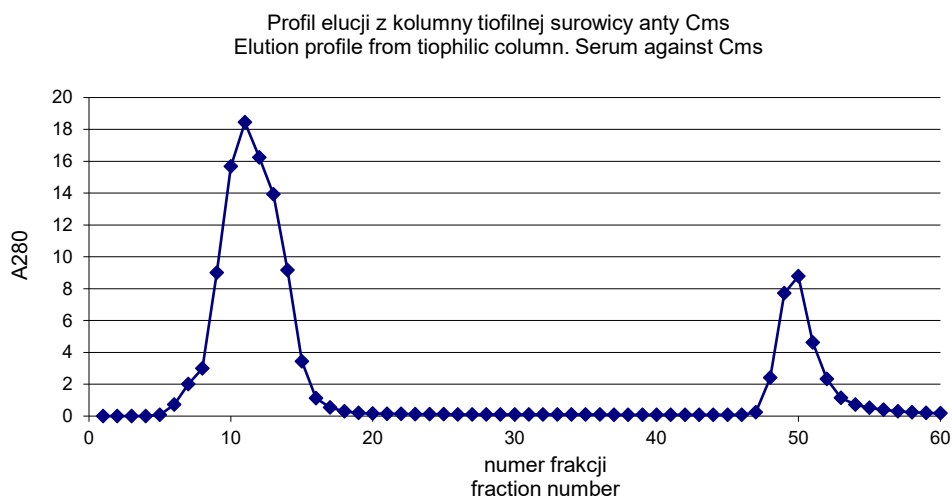
Miano przeciwciał wyznaczono testem DAS-ELISA. Mikropłytkę powlekano przez 2 godziny w 37°C preparatami IgG anty-PVY lub anty-*Cms* rozcieńczonymi od 1000 do 8000 razy buforem powlekającym (50 mM bufor węglanowy, pH 9,6). Każde rozcieńczenie surowicy nakładano do ośmiu studzienek. Następnie płukano 4-krotnie buforem do płukania (PBS + 0.05% Tween-20). Połowę studzienek mikropłytki napełniano sokiem ze zdrowych roślin, który był 20-krotnie rozcieńczony buforem do prób (1×PBS + 0,05% Tween 20 + 2% PVP), a drugą połowę napełniano tak samo rozcieńczonym sokiem z roślin porażonych PVY lub sokiem ze zdrowych roślin zawierającym zawiesinę bakterii *Cms* (BPR 527) o koncentracji 5000 komórek bakteryjnych/ml. Soki: kontrolny (z roślin zdrowych) i testowy (zawierający badany patogen) nakładano do studzienek w taki sposób, że oba rodzaje soku dla każdego rozcieńczenia surowicy powtórzone były trzykrotnie. Płytkę inkubowano 24 h w 4°C, płukano i napełniano roztworem koniugatu (IgG anty-PVY lub IgG anty-*Cms* sprzęgnięte z alkaliczną fosfatazą) w buforze koniugatowym (PBS + 0,05% Tween 20 + 2% PVP + 0,2% albumina wołowa). Po 3-godzinnej inkubacji w 37°C płytkę przemywano i napełniano 0,1% roztworem fosforanu p-nitrofenolu (pNPP) w buforze substratowym (1M di-etanoloamina + 0,05% NaN_3). Płytki inkubowano 2 h w temperaturze pokojowej w ciemności i mierzono wartość absorbancji przy $\lambda_{405\text{ nm}}$ stosując czytnik Dynatech. MR7000. Za reakcję pozytywną uznawano wynik 2-krotnie większy od wartości średniej uzyskanej z 4 powtórzeń kontroli negatywnej dla danego rozcieńczenia. Najniższe rozcieńczenie przeciwciał, dla którego w opisanych wyżej warunkach stwierdzano reakcję pozytywną, uznawano za ich miano. Obliczenia średniej i odchylenia standardowego dokonano dla trzech powtórzeń.

Liczbę komórek *Cms* określano na podstawie pomiaru rozproszenia światła przy 600nm przyjmując, że wartość absorbancji 0,1 odpowiada 5×10^6 komórek bakteryjnych/ml. Zależność tę otrzymano po wykonaniu serii rozcieńczeń zawiesiny bakteryjnej. Dla każdego mierzono rozproszenie światła przy 600 nm i wykonywano posiewy na płytkach z pożywką YGM. Liczbę bakterii obecną w danym rozcieńczeniu określano zliczając uzyskane kolonie *Cms*.

WYNIKI I DYSKUSJA

W chromatografii tiofilnej wykorzystuje się złoże z ligandem o tioetylosulfonowej strukturze, który wykazuje powinowactwo do grup sulfhydrylowych występujących w białkach. W praktyce efektywne wiązanie białka do złoża następuje tylko przy wysokim stężeniu soli likotropowych, a przy ich braku białko wypływa z kolumny. Chromatografia

tego typu nadaje się szczególnie do oczyszczania białek bogatych w grupy siarkowe. W surowicy zwierzęcej główną frakcją takich białek stanowią immunoglobuliny. Aby sprawdzić przydatność chromatografii tiofilnej do oczyszczania przeciwciał, surowice królicze zawierające przeciwciała skierowane na bakterie *Cms* lub PVY oraz odpowiednie stężenie soli likotropowej nakładano na kolumnę ze złożem tiofilnym zrównoważoną buforem z tą samą solą. W takich warunkach (przy obecności soli) frakcja zawierająca około 70% białka surowicy nie związała się ze złożem (rys. 1, frakcja I). Aby wyeluować niespecyficycznie związane białka, kolumnę przemywano buforem z solą (10–12 objętości kolumny). Następnie frakcję białka związanego ze złożem eluowano buforem bez soli. Wypłynęła ona jako relatywnie symetryczny pik zawierający około 30% wyjściowej ilości białka surowicy (rys. 1, frakcja II).



Rys. 1. Rozdział chromatograficzny białek surowicy króliczej zawierającej przeciwciała anty-*Cms* na kolumnie ze złożem tiofilnym

Fig. 1. Chromatographic profile of proteins from rabbit serum containing *Cms*-specific immunoglobulins resolved on thiophilic column

W uzyskanych frakcjach pochodzących z surowic przeciwko bakteriom *Cms* lub PVY, stężenie białka odpowiadało stężeniu przeciwciał (tab. 1).

Tabela 1

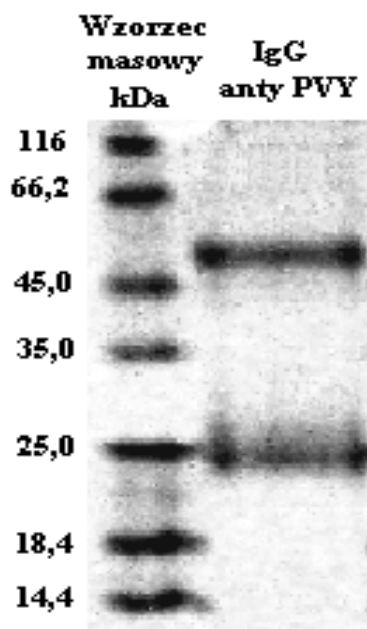
Obliczenia stężenia białka i ilości IgG w eluacie
Determination of protein concentration and IgG amount in elution

IgG	A _{235nm}	A _{250nm}	A _{280nm}	Czystość Purity A ₂₈₀ /A _{250nm}	Objętość eluatu Elution volume [ml]	Białko* Protein [mg/ml]	IgG** [mg/ml]
Anti- <i>Cms</i> IgG	11,26	1,57	4,08	2,6	16,5	2,9	2,9
Anti-PVY IgG	6,7	0,93	2,4	2,6	92,5	1,7	1,7

*Obliczono ze wzoru (1) — Calculated to formula (1)

**Obliczono ze wzoru (2) — Calculated to formula (2)

Można więc przypuszczać, że głównym składnikiem zebranych frakcji były czyste przeciwciała. Ponadto stosunek absorpcji w 280 nm do absorpcji w 250 nm dla obu frakcji wynosił 2,6 (tab. 1). Taką charakterystykę spektrofotometryczną posiadają preparaty wysoko oczyszczonych IgG. Czystość uzyskanych preparatów IgG analizowano również za pomocą elektroforezy w warunkach redukujących (rys. 2).



Rys. 2. Obraz elektroforetyczny immunoglobulin anti-PVY oczyszczonych za pomocą chromatografii tiofilnej

Fig. 2. Electrophoretic profile of PVY-specific IgG purified by thiophilic chromatography

W uzyskanym obrazie elektroforetycznym nie stwierdzono obecności żadnych innych białek poza charakterystycznymi dla immunoglobulin podjednostkami H (50 kDa) i L (25 kDa) (rys. 2). Otrzymane preparaty IgG można więc uznać za elektroforetycznie czyste. Wyniki te świadczą o tym, że wytworzone złożo tiofilne posiada zdolność selektywnego wiązania przeciwciał z surowicy króliczej. Dzięki temu otrzymane przeciwciała nie wymagają dalszego frakcjonowania, co znacznie usprawnia proces ich pozyskiwania. Aby otrzymać podobnej czystości przeciwciała za pomocą chromatografii jonowymiennej należy je wstępnie oddzielić od innych białek surowicy poprzez frakcjonowanie za pomocą siarczuanu amonu. Ponadto przed nałożeniem frakcji zawierającej IgG na kolumnę jonowymienną należy najpierw oddializować sól. W efekcie taka procedura oczyszczania jest wieloetapowa i długotrwała. Hansen i wsp. (1998) za pomocą chromatografii tiofilnej uzyskali z żółtka jaja przeciwciała IgY o podobnym

stopniu czystości do otrzymanego w prezentowanej pracy. Birkenmeier i Kopperschlager (1992) oczyszczali z użyciem złoża tiofilnego przeciwciała monoklonalne skierowane przeciwko peroksydazie chrzanowej uzyskując lepsze wyniki w porównaniu z chromatografią jonowymienną, powinowactwa do białka A czy hydrofobową. Chromatografia powinowactwa do białka A lub do specyficznego antygeny również pozwala na jednoetapowe uzyskanie wysoko oczyszczonych przeciwciał, jednak elucja w tym przypadku wymaga stosowania niskiego lub wysokiego pH buforu elucyjnego. Może to doprowadzić do denaturacji i utraty aktywności biologicznej izolowanych przeciwciał. Zaletą przedstawionej metody jest to, że IgG eluowane są buforem o niskiej sile jonowej i neutralnym pH. Dzięki temu długie dializowanie w celu usunięcia nadmiaru soli lub korygowania pH nie jest konieczne. Stąd chromatografia tiofilna znajduje zastosowanie w przypadkach, gdy izolowane przeciwciała są wrażliwe na zmiany warunków otoczenia (np. wahania pH, stężenie soli), które mogą doprowadzić do nieodwracalnej utraty ich aktywności biologicznej. Metoda ta nadaje się doskonale do izolacji przeciwciał monoklonalnych (Finger i in., 1996). Dodatkowym atutem chromatografii tiofilnej są znacznie niższe koszty w porównaniu z chromatografią powinowactwa do białka A (Porach, Belew, 1987; Skoble, Scopes, 1997).

Tabela 2

Oznaczenie miana przeciwciał anty PVY metodą DAS ELISA
Determination of titer of anti-PVY antibodies by DAS ELISA

PVY	Rozcieńczenie przeciwciał — IgG dilution									
	1000x		2000x		4000x		6000x		8000x	
	A _{405nm}	SD	A _{405nm}	SD	A _{405nm}	SD	A _{405nm}	SD	A _{405nm}	SD
Próba pozytywna — positive	1,518	0,016	1,384	0,009	1,177	0,011	1,030	0,051	0,963	0,013
Próba negatywna — negative	0,063	0,007	0,062	0,005	0,055	0,004	0,078	0,019	0,071	0,004

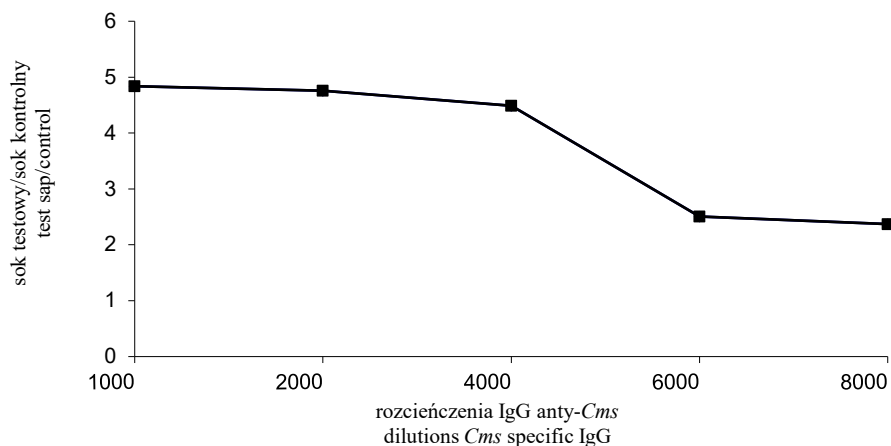
Tabela 3

Oznaczenie miana przeciwciał anty Cms metodą DAS ELISA
Determination of titer of anti-Cms antibodies by DAS ELISA

Cms	Rozcieńczenie przeciwciał — IgG dilution									
	1000x		2000x		4000x		6000x		8000x	
	A _{405nm}	SD	A _{405nm}	SD	A _{405nm}	SD	A _{405nm}	SD	A _{405nm}	SD
Próba pozytywna — positive	0,387	0,010	0,333	0,008	0,305	0,026	0,178	0,011	0,147	0,011
Próba negatywna — negative	0,080	0,010	0,070	0,008	0,064	0,004	0,071	0,005	0,062	0,004

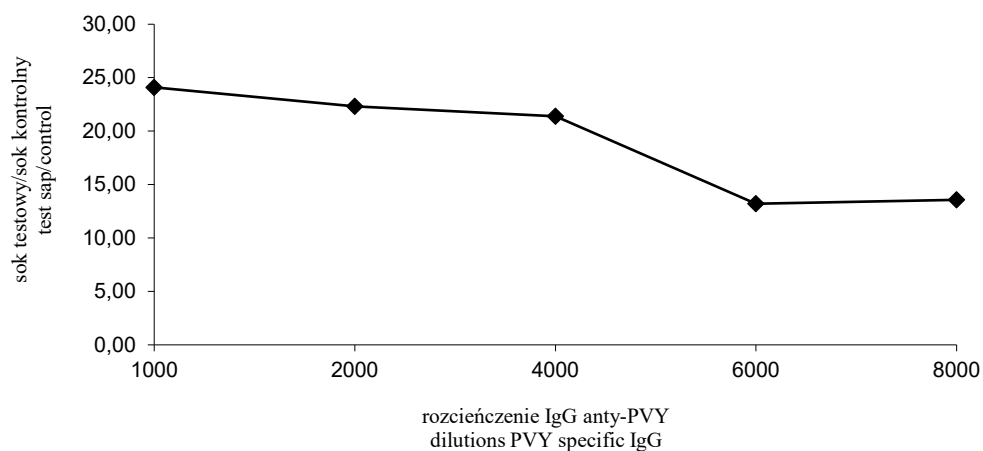
Przydatność uzyskanych za pomocą chromatografii tiofilnej immunoglobulin do wykrywania PVY lub Cms sprawdzano metodą DAS ELISA. Studzienki mikropłytek powlekano rozcieńczonymi (od 1000 do 8000) preparatami IgG anty-PVY (lub anty-Cms). Dla każdego z rozcieńczeń IgG oceniano poziom reakcji niespecyficznego inkubując w studzienkach sok ze zdrowych roślin (sok kontrolny) oraz zdolność do wiązania specyficznego antygeny stosując

taki sam sok z roślin zainfekowanych PVY (sok testowy) lub sok zawierający martwe bakterie *Cms* (5000 komórek/ml). Dla obu preparatów poziom reakcji z sokiem kontrolnym był niski i nie zmieniał się wraz z rozcieńczeniem IgG (tab. 2 i 3).



Rys. 3. Stosunek odpowiedzi specyficznej do niespecyficznej w teście DAS ELISA dla przeciwciał anty-PVY

Fig. 3. Ratio of positive to false positive signals for PVY specific IgG in DAS ELISA assay. Test sap-sap from PVY infected plants, control-sap from uninfected plants



Rys. 4. Stosunek odpowiedzi specyficznej do niespecyficznej w teście DAS ELISA dla przeciwciał anty-Cms

Fig. 4. Ratio of positive to false positive signals for Cms specific IgG in DAS ELISA assay. Test sap-sap from PVY infected plants, control-sap from uninfected plants

W przypadku IgG anty-PVY wysoką, ponad dziesięciokrotną odpowiedź na antygen obecny w soku testowym uzyskano dla wszystkich badanych rozcieńczeń preparatu przeciwciał (tab. 2, rys. 3). Dla IgG anty-*Cms* rozcieńczonych od 1000 do 4000-razy poziom reakcji z sokiem testowym był około pięciokrotnie wyższy od poziomu reakcji niespecyficznych (tab. 3, rys. 4). Dalsze rozcieńczanie przeciwciał powodowało spadek poziomu reakcji specyficznej i dla IgG rozcieńczonych 6000-8000 razy był on już tylko około 2,5-krotnie wyższy od poziomu reakcji z sokiem kontrolnym (tab. 3, rys. 4).

Wyniki testu DAS ELISA świadczą o tym, że przeciwciała izolowane metodą chromatografii tiofilnej zachowują swoje właściwości i mogą być użyte jako składnik testów immunologicznych.

LITERATURA

- Belew M., Juntti N., Larsson A., Porath J. 1987. A one-step purification method for monoclonal antibodies based on salt-promoted adsorption chromatography on a 'thiophilic' adsorbent. *J. Immunol. Methods* 102: 173 — 82.
- Birkenmeier S. B., Kopperschlager G. 1992. Application of phase partitioning and thiophilic adsorption chromatography to the purification of monoclonal antibodies from cell culture fluid. *J. Immunol. Methods* 149: 161 — 165.
- Bog-Hansen T. C. 1997. Separation of monoclonal antibodies from cell culture supernatants and ascites fluid using thiophilic agarose. *Mol. Biotechnol.* 8: 279 — 281.
- Bridonneau P., Lederer F. 1993. Behaviour of immunoglobulin G subclasses on thiophilic gels: comparison with hydrophobic interaction chromatography. *J. Chromatogr.* 616: 197 — 204.
- Finger U. B., Brummer W., Knieps E., Thommes J., Kula M. R. 1996. Investigations on the specificity of thiophilic interaction for monoclonal antibodies of different subclasses. *J. Chromatogr.* 675: 197 — 204.
- Goszczyński D. 1991. Otrzymywanie poliklonalnych przeciwciał króliczych i kurzych z żółtek jaj oraz monoklonalnych przeciwciał mysich i ich zastosowanie w technice ELISA do wykrywania wirusa liściozwoju ziemniaka (PLRV). Rozprawa doktorska.
- Hansen P., Scoble J. A., Hanson B., Hoogenraad N. J. 1998. Isolation and purification of immunoglobulins from chicken eggs using thiophilic interaction chromatography. *J. Immunol. Methods* 215: 1 — 7.
- Hutchens T. W., Porath J. 1986. Thiophilic adsorption of immunoglobulin — analysis of conditions optimal for selective immobilization and purification. *Anal. Biochem.* 159: 217 — 226.
- Hutchens T. W., Magnuson J. S., Yip T. T. 1990. Secretory IgA, IgG and IgM immunoglobulin isolated simultaneously from colostrum whey by selective thiophilic adsorption. *J. Immunol. Methods* 128: 89 — 99.
- Konecny P., Brown R. J., Scouten W. H. 1994. Chromatographic purification of immunoglobulin G from bovine milk whey. *J. Chromatogr.* 673: 45 — 53.
- Porath J., Belew M. 1987. 'Thiophilic' interaction and the selective adsorption of proteins. *Trends Biotechnol.* 5: 225 — 229.
- Porath J., Maisano F., Belew M. 1985. Thiophilic adsorption — a new method for protein fractionation. *FEBS* 2631, Volume 185, No 2: 306 — 310.
- Scoble, J. A., Scopes, R. K. 1997. Ligand structure of the divinylsulfone-based T-gel. *J. Chromatogr.* 787: 47 — 54.
- Whitaker J. R., Granum P. E. 1980. An absolute method for protein determination based on difference in absorbance at 235 and 280 nm. *Anal. Biochem.* 109: 156 — 159.

ALEKSANDRA GŁOWACKA

Katedra Produkcji Roślinnej i Agrobiznesu

Wydział Nauk Rolniczych w Zamościu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Wpływ dolistnego nawożenia mikroelementami i środków ochrony roślin na plonowanie fasoli zwyczajnej (*Phaseolus vulgaris* L.)

The effects of foliar micronutrients fertilization and of means of plant protection on yielding of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Fasola zwyczajna jest rośliną o wysokich walorach odżywczych. Jej nasiona zawierają wartościowe białko o korzystnym składzie aminokwasowym. Plonowanie fasoli, tak jak i innych roślin zależy od nawożenia, zarówno makroelementami jak i mikroelementami. Mikroelementy wpływają dodatnio na pobieranie przez rośliny składników pokarmowych, wzmagają procesy fizjologiczne oraz determinują wysokość i jakość plonów. Celem badań była ocena wpływu wieloskładnikowego nawozu dolistnego i środków ochrony roślin na plonowanie i cechy morfologiczne fasoli zwyczajnej odmiany Mela. Trzyletnie doświadczenie polowe przeprowadzono w gospodarstwie indywidualnym położonym we wsi Frankamionka, powiat zamojski. Przed zbiorem roślin określono elementy struktury plonu, a po zbiorze — plon ogólny i handlowy. Zastosowanie nawozu dolistnego zwiększało wyraźnie plon nasion fasoli, wpływało również korzystnie na liczbę strąków i nasion z jednej rośliny. Najwyższy plon uzyskano przy łącznym stosowaniu nawozu dolistnego oraz środków ochrony roślin.

Słowa kluczowe: fasola zwyczajna, mikroelementy, nawożenie dolistne

The common bean is characterized by a high nutritive value. Its seeds contain a valuable protein showing a favourable composition of essential amino acids. Like in the case of other plants, the height and quality of bean yield depended on fertilization with macro-and microelements. Microelements positively affect the absorption of nutrients and intensify physiological processes in plants. The aim of this study was to assess the influence of a foliar fertilizer and means of plant protection on yield and morphological characteristics of the common bean cv. Mela. The 3 year experiment was carried out in the village of Frankamionka near Zamość. The elements of yield structure were assessed before plant harvest, and total and trade seed yield was estimated after harvest. The application of a foliar fertilizer considerably increased the yield of bean seeds. Moreover, it positively affected the number of pods and seeds from one plant. The highest seed yield was obtained by the combined application of foliar fertilizer and means of plant protection.

Key words: common bean, microelements, foliar fertilization

WSTĘP

Fasola pod względem powierzchni uprawy i zbioru na świecie zajmuje wśród roślin strączkowych drugie miejsce po soi. Jej nasiona zawierają wysokowartościowe białko, o korzystnym składzie aminokwasowym i stanowi ona ważny składnik w diecie ludzi (Graham i Ranalli, 1997; Kubiak, 1994). Fasola zawiera również wiele cennych pierwiastków mineralnych i witamin, niezbędnych dla organizmu człowieka (Czapla i Nowak, 1995; Wróbel i Marska, 1998). O wysokości plonowania i jakości plonu obok właściwości genetycznych roślin decyduje nawożenie i to nie tylko makroelementami, ale również mikroskładnikami, tj. bor, miedź, cynk i inne (Wróbel i Gregorczyk, 2002). Przy wysokich plonach roślin uprawnych i zwiększonym pobraniu składników pokarmowych mogą powstać niedobory mikroelementów w roślinie i zubożenie w nie gleby (Gembarzewski, 2000). Natomiast niedobór mikroelementów może spowodować znaczny spadek plonu roślin i jednocześnie zmienić jego cechy jakościowe. Zaletą dolistnego dokarmiania roślin mikroelementami jest większa jego efektywność, uwarunkowana brakiem strat jakie mogą zachodzić w środowisku glebowym. Rośliny motylkowe grubonasienne reagują bardzo pozytywnie na dokarmianie mikroelementami. Janeczek i in. (2004) stosując dolistne dokarmianie fasoli borem i molibdenem wykazali wzrost plonów nasion o 3%. Natomiast Amane i wsp. (1999) nawożąc fasolę azotem i molibdenem, stwierdzili wzrost plonowania o 90% a nawet 200%.

Celem badań była ocena wpływu wieloskładnikowego nawozu dolistnego i środków ochrony roślin na plonowanie i cechy morfologiczne fasoli zwyczajnej uprawianej na suche nasiona.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2004–2006, w gospodarstwie indywidualnym położonym we wsi Frankamionka, w powiecie zamojskim. Doświadczenie zlokalizowano na glebie o składzie granulometrycznym pyłu ilastego, lekko kwaśnej (pH 1n KCl — 6,5), o zawartości próchnicy 1,9%. Gleba zawierała następujące ilości przyswajalnych form makro i mikroelementów (w mg·kg⁻¹ gleby): P — 66, K — 84, Mg — 88; B — 0,9, Fe — 890, Zn — 19,8, Cu — 5,7, Mn — 134. Eksperyment realizowano jako jednoczynnikowy, metodą losowanych podbloków, w czterech powtórzeniach. Schemat badań obejmował następujące warianty: A—obiekt kontrolny (bez nawożenia dolistnego i środków grzybobójczych i owadobójczych), B — nawóz dolistny PLONOVIT S (zawierający N, Mg, B, Cu, Co, Mn, Mo, Zn, Fe i Ti), w dawce 1 L·ha⁻¹ tuż przed kwitnieniem roślin, C — PLONOVIT S (w dawce 1 L·ha⁻¹ tuż przed kwitnieniem roślin) + Pencozeb 80 WP w dawce 2 kg·ha⁻¹ (substancja biologicznie czynna mankozeb) + Owdofos płynny 50 w dawce 1 L·ha⁻¹ (substancja biologicznie czynna fenitroton).

Przedmiotem badań była fasola zwyczajna odmiana Mela, uprawiana na suche nasiona. Jest to odmiana bardzo wczesna, plenna. Przydatna do uprawy na terenie całego kraju, z wyjątkiem niektórych rejonów północnych. Fasolę w zależności od sezonu wegetacyjnego wysiewano pomiędzy 1 a 10 maja. Powierzchnia poletek do siewu wynosiła

18 m², a do zbioru 12 m². Fasolę wysiano w rzędach w rozstawie 45 cm, w ilości 40 szt. nasion o pełnej wartości użytkowej na 1 m². Pod roślinę zastosowano jednolite nawożenie mineralne w formie nawozu Plonovit 9 (NPK 9:24:32) w dawce N — 27, P — 30,8, K — 79,7 kg·ha⁻¹. Pozostałe elementy agrotechniki wykonano zgodnie z zaleceniami dla tej rośliny.

Suma opadów w okresie wegetacji była najwyższa w pierwszym roku badań i kształtowała się na poziomie zbliżonym dla wielolecia. W drugim i trzecim roku suma opadów była wyraźnie niższa (tab. 1). Bardzo wysokie opady wystąpiły w lipcu 2004 roku i w sierpniu w roku 2006.

Tabela 1

Opady i temperatura powietrza w miesiącach IV–IX w zestawieniu ze średnimi wieloletnimi (1971–1988) wg Stacji Meteorologicznej w Zamościu
Rainfall and air temperature in the months IV–IX as compared to the long-term mean (1971–1988), according to the Meteorological Station in Zamość

Lata — Years	Opady Rainfall (mm)						Σ IV–IX
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
2004	46,3	50,1	34,9	145,0	71,9	36,3	384,5
2005	45,4	98,2	69,5	33,6	52,7	15,8	315,3
2006	58,4	54,0	43,5	28,3	144,8	0,8	329,8
Średnia z lat 1971–1988 Mean for 1971–1988	39,0	62,0	90,0	80,0	60,0	55,0	386,0
Lata — Years	Temperatura Temperature (°C)						Σ IV–IX
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
2004	9,6	13,5	18,1	19,4	19,7	14,3	2891
2005	9,7	15,4	17,5	21,8	18,7	13,3	2948
2006	10,5	14,8	18,4	23,3	19,0	16,8	3141
Średnia z lat 1971–1988 Mean for 1971–1988	7,2	13,4	15,8	17,4	16,8	12,6	2544

Średnie miesięczne temperatury powietrza w okresie badań były wyższe niż w wieloleciu. Szczególnie ciepły był rok 2006, w którym suma temperatury (liczona jako suma iloczynów średniej temperatury i liczby dni miesiąca) w miesiącach IV–IX wynosiła 3141°C, natomiast w wieloleciu kształtowała się na poziomie 2544°C (tab. 1).

We wszystkich latach badań przed zbiorem fasoli na 20 losowo wybranych roślinach z każdego poletka określono: liczbę strąków z jednej rośliny, liczbę i masę nasion z jednej rośliny, liczbę i masę nasion z jednego strąka, masę tysiąca nasion. Po zbiorze określono plon całkowity i handlowy. Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji (Rudnicki, 1991). Różnice między średnimi oceniono testem T-Tukeya. Istotność różnic określono z 95% prawdopodobieństwem. Zależność pomiędzy plonem a cechami morfologicznymi roślin oceniono wykorzystując współczynniki korelacji i równania regresji przy użyciu programu Statistica PL.

WYNIKI I DYSKUSJA

Odpowiednie zaopatrzenie roślin w niezbędne składniki pokarmowe jest warunkiem ich prawidłowego wzrostu i rozwoju, a efekcie wysokiego plonowania (Grzyś, 2004). U roślin motylkowych prawidłowe zaopatrzenie w makroelementy oraz w mikroelementy odgrywa również ważną rolę w przebiegu i wydajności procesu wiązania azotu atmosferycznego przez symbiotyczne bakterie *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*. Niedobór mikroelementów, zwłaszcza boru, miedzi i molibdenu może zakłócać rozwój generatywny roślin ograniczając produkcję pyłku i jego żywotność. Tytan natomiast uaktywnia procesy metaboliczne oraz stymuluje zapylenie, zapłodnienie i zawiązywanie owoców i nasion. W warunkach braku równowagi żywieniowej może dochodzić również do opadania kwiatów na roślinach. Zastosowanie wieloskładnikowego nawozu płynnego zmieniało cechy morfologiczne roślin. Sprzyjało zawiązywaniu strąków, co zaowocowało wyraźnie większą ich liczbą z rośliny, a co za tym idzie, zwiększyło również liczbę i masę nasion z rośliny. Nie wpłynęło natomiast istotnie na liczbę oraz masę nasion w strąku (tab. 2).

Tabela 2

Cechy morfologiczne fasoli zwyczajnej podczas zbioru (średnia dla lat 2004–2006)
Morphological features of common bean in harvest time (mean for 2004–2006)

Obiekt Treatment	Cechy morfologiczne — Morphological traits					
	Liczba — Number (szt.)			Masa — Weight (g)		
	strąków na roślinie pods per plant	nasion z rośliny seeds per plant	nasion w strąku seeds per pod	nasion z rośliny seeds per plant	nasion w strąku seeds in pod	1000 nasion 1000 seeds
A	9,4	33	3,2	15,5	1,62	511
B	15,1	45	3,1	21,8	1,46	482
C	16,3	58	3,7	27,8	1,64	486
Średnio Mean	13,6	46	3,3	21,7	1,57	493
NIR _{0,05}	1,0	4	0,3	1,80	0,12	5
LSD _{0,05}						

Objaśnienia: A - obiekt kontrolny, B - PLONOVIT S, C - PLONOVIT S + Pencozeb 80 WP + Owadofos Explanations: A-control treatment, B-PLONOVIT S, C - PLONOVIT S + Pencozeb 80 WP + Owadofos fluid 50

Fasola najsilniej reaguje na brak mikroelementów, takich jak: mangan, molibden oraz cynk. Plon nasion fasoli zmieniał się istotnie pod wpływem czynnika doświadczenia. Dokarmianie roślin dolistnym nawozem wieloskładnikowym (zawierającym N, Mg, B, Cu, Co, Mn, Mo, Zn, Fe i Ti) zwiększyło istotnie, o 36,7% plon ogólny, a jeszcze wyraźniej wpłynęło na wzrost plonu handlowego nasion (o 49,5%). Amane i wsp. (1999) nawożąc fasolę zwyczajną azotem i molibdenem uzyskali wzrost plonów nasion od 90% nawet do 200%. Korzystny wpływ dokarmiania roślin mikroelementami na wysokość plonów stwierdzili również Ibupito i Kotecki (1994) w doświadczeniach z soją oraz Jasińska i Kotecki (1990) w przypadku grochu. Natomiast Kotecki i Janeczek (2000) nie stwierdzili wpływu nawożenia molibdenem i borem na plonowanie fasoli. Zastosowanie z dolistnym nawożeniem środków ochrony roślin (Pencozeb 80 WP + Owadofos płynny 50) spowodowało dalszy wzrost plonu nasion fasoli zwyczajnej o 17% w stosunku do nawożenia mikroelementami i aż o 60% w porównaniu z wariantem kontrolnym (tab. 3).

Tabela 3

Plon nasion fasoli zwyczajnej (średnio z lat 2004–2006)
The yield of common bean seeds (mean for 2004–2006)

Obiekt* Treatment	Plon ogólny (t·ha ⁻¹) Total yield (t ha ⁻¹)	Plon handlowy (t·ha ⁻¹) Trade yield (t ha ⁻¹)	Odpady (t·ha ⁻¹) Waste seeds (t ha ⁻¹)	Odpady (%) Waste seeds (%)
A	1,20	1,03	0,17	16,90
B	1,64	1,54	0,10	6,10
C	1,92	1,86	0,07	4,17
Średnio Mean	1,52	1,41	0,12	9,06
NIR _{0,05}	0,13	0,10	0,05	3,50
LSD _{0,05}				

* Objasnienia A, B, C jak w tabeli 2; Explanations A, B, C as in Table 2

Niedostateczne zaopatrzenie roślin w mikroelementy powoduje zaburzenia w procesach biochemicznych, może zmieniać istotnie ich cechy jakościowe, oraz zwiększać podatność na wiele chorób grzybowych. Jednym z głównych składników, który może ograniczać porażenie roślin przez choroby jest bor, z uwagi na rolę jaką pełni przy regulacji syntezy substancji budujących ścianę komórkową (Grzyś, 2004) oraz tytan, który zwiększa odporność na choroby grzybowe i bakteryjne. Dostarczenie roślinom takich mikroelementów jak: bor, miedź, cynk, molibden, kobalt, tytan mangan ograniczyło wyraźnie, istotnie statystycznie procentowy udział nasion porażonych przez choroby (plamistość zgorzelową oraz rdzę fasoli) z 16,9% w wariancie kontrolnym do 6,1% przy dokarmianiu dolistnym. Łączne zastosowanie nawożenia dolistnego i środków ochrony roślin jeszcze silniej ograniczyło porażenie nasion. Pod wpływem nawożenia mikroelementami i środków grzybobójczych oraz owadobójczych odsetek nasion chorych zmniejszył się do 4% (tab. 2).

Analiza korelacji wykazała istnienie zależności, większości dodatnich pomiędzy wysokością plonu i oznaczonymi cechami morfologicznymi roślin (tab. 4).

Tabela 4

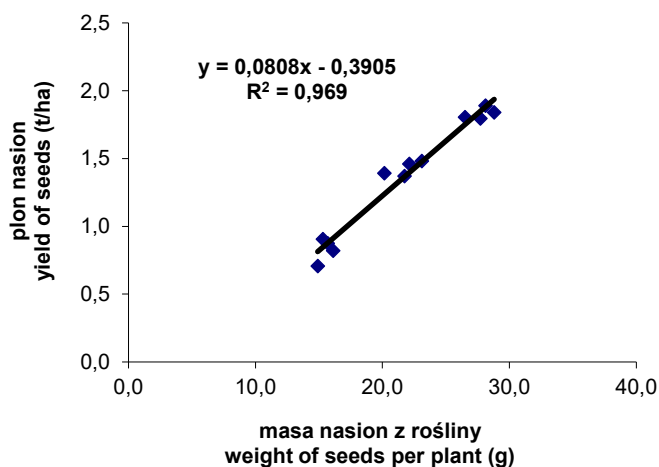
Współczynniki korelacji pomiędzy wysokością plonu i cechami morfologicznymi fasoli
Correlation coefficients between height of the yield and morphological features of beans

Cechy Traits	Liczba strąków z rośliny Number of pods per plant	Liczba nasion z rośliny Number of seeds per plant	Liczba nasion w strąku Number of seeds per pod	Masa nasion w strąku Weight of seeds in pod	Masa nasion z rośliny Weight of seeds per plant	MTN Weight of 1000 seeds
Plon handlowy Trade yield	0,923**	0,947**	0,641*	0,027	0,984**	-0,835**
% odpadów % waste seeds	-0,843**	-0,857**	-0,438	0,030	-0,816**	0,846**
Masa z rośliny Weight from plant	0,908**	0,954**	0,711**	0,083	-	-
MTN Weight of 1000 seeds	-0,896**	-0,757**	-0,269	0,360	-0,772**	-

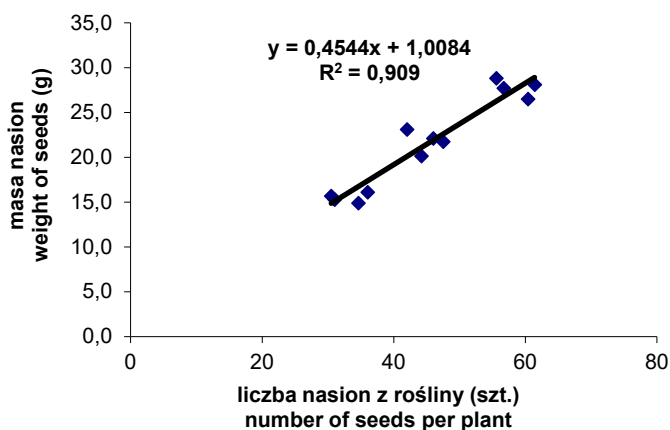
* Istotne przy $p < 0,05$, ** Istotne przy $p < 0,01$

* Significant at $p < 0.05$, ** Significant at $p < 0.01$

Ujemną korelację z wysokością plonu wykazała jedynie masa tysiąca nasion. Natomiast przeprowadzona analiza regresji pokazała, że istotną rolę w kształtowaniu wielkości plonu nasion wywierała tylko masa nasion z jednej rośliny (rys. 1). Natomiast masa nasion z rośliny zależała istotnie od liczby nasion z rośliny (rys. 2).



Rys. 1. Zależność pomiędzy plonem i masą nasion z rośliny
Fig. 1. Relationship between yield and weight of seeds from plant



Rys. 2. Zależność pomiędzy masą i liczbą nasion z rośliny
Fig. 2. Relationship between weight and number of seeds from plant

Ziemińska i wsp. (2000) analizując zależności pomiędzy cechami ilościowymi fasoli, stwierdzili istotny wpływ na masę nasion z rośliny, liczby nasion oraz masy tysiąca nasion. W prezentowanych badaniach nie potwierdzono takich zależności w stosunku do MTN. Ujemne wartości współczynników korelacji świadczą o niekorzystnym wpływie liczby strąków i nasion z rośliny na dorodność nasion fasoli (tab. 4).

WNIOSKI

Wyniki trzyletniego eksperymentu polowego pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Dolistne nawożenie fasoli zwyczajnej mikroelementami wpływało korzystnie na liczbę strąków na roślinie oraz liczbę i masę nasion z rośliny. Zwiększyło istotnie plon nasion prawie o 37%, ograniczając równocześnie odsetek nasion chorych.
2. Najwyższe plony, z najniższym udziałem chorych nasion uzyskano przy jednoczesnym nawożeniu dolistnym i stosowaniu środków ochrony roślin.
3. Wysokość plonu nasion fasoli była dodatnio skorelowana z liczbą i masą nasion z rośliny oraz liczbą strąków na roślinie. Ujemną korelację z plonem wykazała natomiast masa tysiąca nasion.

LITERATURA

- Amane M. I. V., Vielra C., Novais R. F., Arauna G. A. A. 1999. Nitrogen and molybdenum fertilization of the common bean crop in the "Zone de Mata region, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciencia do solo* 23(3): 643 — 650.
- Czapla J., Nowak A. G. 1995. Plonowanie i jakość roślin w warunkach zróżnicowanego żywienia potasem, sodem, wapniem i magnezem. *Acta Acad. Tech. Olst. Agric.* 61: 101 — 107.
- Gembarzewski H. 2000. Stan i tendencje zmian zawartości mikroelementów w glebach i roślinach z pól produkcyjnych w Polsce. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 471: 171 — 179.
- Graham P.H., Rannalli P. 1997. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Field Crops Research*, 53: 131 — 146.
- Grzyś E. 2004. Rola i znaczenie mikroelementów w żywieniu roślin. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 502: 89 — 99.
- Ibupto A. A., Kotecki A. 1994. Wpływ dogłębowego nawożenia azotem i dolistnego mikroelementami na rozwój i plonowanie soi odmiany Polan. Cz. II. Cechy struktury plonu i plonowanie. *Biul. IHAR* 190: 153 — 159.
- Janeczek E., Kotecki A., Kozak M. 2004. Wpływ dolistnego dokarmiania mikroelementami fasoli zwyczajnej na plony oraz zawartość i nagromadzenie w plonie mikroelementów. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 502: 545 — 559.
- Jasińska Z., Kotecki A. 1990. Wpływ molibdenu na rozwój i plonowanie grochu. *Rocz. Nauk Rol. Ser. A*, 108: 163 — 172.
- Kotecki A., Janeczek E. 2000. Wpływ nawożenia mikroelementami na gromadzenie składników mineralnych przez fasolę zwyczajną. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 471: 353 — 360.
- Kubiak K. 1994. Światowy rynek fasoli. Materiały konferencyjne. Ogólnopolska Konferencja Naukowa. Strączkowe Rośliny Białkowe. Fasola. AR Lublin: 7 — 11.
- Rudnicki F. 1991. Doświadczalnictwo rolnicze. Praca zbiorowa. AT-R w Bydgoszczy, s.210.
- Wróbel J., Gregorczyk A. 2002. Wpływ nawożenia dolomitom na intensywność procesów wymiany gazowej u fasoli żółtostrąkowej. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 484: 769 — 775.

- Wróbel J., Marska E. 1998. Wpływ nawożenia dolomitowego na koncentrację wapnia, magnezu i potasu w liściach fasoli szparagowej jako wskaźnik jej wartości biologicznej. *Biul. Magnezom.* 3(4): 199 — 205.
- Ziemińska J., Pała J., Wyrzykowska M. 2000. Zależności między cechami ilościowymi fasoli oceniane metodą ścieżek Wrighta. *Biul. IHAR* 216: 425 — 431.

JANUSZ PRUSIŃSKI
MAGDALENA BOROWSKA
EWA KASZKOWIAK

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Wybrane wskaźniki produktywności roślin bobiku w warunkach wzrastającego nawożenia azotem

Chosen productivity indexes of faba bean fertilized with increasing N doses

Ścisłe dwuczynnikowe doświadczenie polowe wykonano w latach 2004–2007 na polu doświadczalnym Stacji Badawczej Wydziału Rolniczego Uniwersytetu Technologiczno - Przyrodniczego w Bydgoszczy. Czynniki pierwsze stanowiły cztery dawki azotu N: 0, 30, 60 i 90 kg·ha⁻¹ zastosowane przed siewem w postaci saletry amonowej zawierającej po 50% azotu amonowego i azotanowego. W fazie 8–10 liści, na początku pąkowania oraz na początku i na zakończenie kwitnienia rośliny opryskiwano jedną czwartą z 30, 60 i 90 kg N kg·ha⁻¹ w moczniku z dodatkiem 7·H₂O·MgSO₄ (czynnik drugi). Obiekt kontrolny stanowiły poletka nieopryskiwane mocznikiem. W 3–4 dni po ostatnim oprysku roślin mocznikiem, na zakończenie fazy kwitnienia, określono LAI (Sun Scan Canopy Analysis System, UK) i zawartość chlorofilu w liściach (SPAD, Minolta), a po zbiorze także plon biomasy oraz indeks żniwny. We wszystkich latach warunki wilgotnościowe do dnia pomiarów były podobne, ale końcowy plon biomasy bobiku był silnie zróżnicowany i kształtowany głównie przez sumę opadów w okresie rozwoju generatywnego. Nie stwierdzono addytywnego oddziaływania dawek azotu zastosowanych doglebowo i dolistnie na końcowy plon biomasy bobiku i badane wskaźniki. W niekorzystnych warunkach wilgotnościowych indeks żniwny ulegał zmniejszeniu wraz ze wzrostem nawożenia azotowego. Stwierdzono, że wysokie wartości wskaźnika LAI zmierzone na zakończenie fazy kwitnienia nie były miarodajnym wskaźnikiem do prognozowania wysokości plonu końcowego biomasy bobiku ani udziału w nim plonu nasion.

Słowa kluczowe: bobik, LAI, indeks żniwny (HI), nawożenie i dokarmianie N, plon biomasy, SPAD

The strict 2-factor field experiment was carried out in 2004–2007 at the Mochełek Experiment Station of Bydgoszcz University of Technology and Life Sciences. The first factor constituted four nitrogen doses (0, 30, 60 and 90 kg N·ha⁻¹) applied before faba bean sowing in ammonium nitrate containing 50% of N-NO₃ and N-NH₄. At 8–10 leaves stage, at plant budding and at the beginning and before the end of flowering 30, 60 and 90 kg N·ha⁻¹ in urea with 7·H₂O·MgSO₄ were applied at four equal parts of each dose. Control was not sprayed with urea. LAI (SunScan Canopy Analysis System, UK) and chlorophyll content in leaves (SPAD, Minolta) were measured 3–4 days after the last urea application; yield of total biomass and harvest index were also determined. In all the years studied, water conditions for faba bean plants up to the date of measurements were similar; however, the total yield of biomass was strongly differentiated and mainly affected by the rainfall in the generative period.

No additive effects of pre-sowing and foliar application of N on the total biomass yield and values of indexes were found. Under unfavorable water conditions harvest index decreased with increasing pre-sowing N doses. It was concluded that a high LAI value measured just before the end of faba bean plant flowering was a reliable index for prediction neither a final high yield of biomass nor the share of seed yield in total biomass yield.

Key words: faba bean, LAI, HI, N fertilization and foliar application, yield of biomass, SPAD

WSTĘP

Analiza wskaźnikowa wzrostu wykorzystywana do oceny i prognozowania produkcyjności roślin pozwala śledzić ich wzrost i wydajność fotosyntetyczną, która w dużym stopniu zależy od wielkości aparatu asymilacyjnego całych roślin w łanie i długości życia tych organów, które o fotosyntezie decydują w największym stopniu (Starck, 1998). U roślin strączkowych należą do nich liście z przylistkami, a także wąsy czepne, łodygi i strąki (Nalborczyk, 1993).

Najczęściej stosowanym wskaźnikiem do oceny dynamiki wzrostu i akumulacji biomasy jest wskaźnik powierzchni liściowej (LAI) stanowiący wielokrotność powierzchni liści w stosunku do powierzchni zajmowanej przez łan. W zależności od intensywności fotosyntezy ta sama powierzchnia liści może produkować różną biomasę (Starck, 1998). Wartość LAI 3,5–4 pozwala teoretycznie na uzyskanie maksymalnej wydajności fotosyntezy i maksymalnego plonu nasion (Westgate, 1999). Jednak tylko w optymalnych warunkach świetlnych, wilgotnościowych i troficznych, przy jednoczesnej ochronie przed chorobami i szkodnikami, uzyskać można wysoki plon biomasy i organów użytkowych.

Zarówno przebieg wegetacji jak i plonowanie bobiku są silnie uzależnione od warunków pogodowych, zwłaszcza w okresie generatywnego rozwoju roślin (Kotecki, 1990; Pena, Castellanos, 1993; Podleśny, Kocoń, 2006) i w różnym stopniu są kształtowane przez nawożenie azotowe (Benedycka i in., 1995; Buttery, Gibson, 1990; Day i in., 1979; Nowak, Benedycka, 1997).

Powszechnie znane ostre niedobory azotu występują u bobowatych znacznie rzadziej niż u roślin pozbawionych zdolności asymilacji N_2 . Jedną z metod oceny stopnia zaopatrzenia roślin w azot jest określenie zawartości chlorofilu w liściach (Machul, 2001), którą można wykorzystać w ustalaniu dawek nawożenia tym składnikiem i w prognozowaniu wysokości plonu np. ziarna zbóż (Fotyma, 1997).

Hipoteza badań zakłada, że ciągłe zaopatrywanie roślin bobiku w N mineralny w okresie wegetacji pozwoli na pełne pokrycie zapotrzebowania roślin na ten składnik, co wpłynie korzystnie na rozwój masy wegetatywnej i zapewni wysoką wydajność fotosyntetyczną łanu. Celem badań własnych była ocena wpływu przedsiewnego nawożenia i pogłównego dokarmiania roślin bobiku N na ważniejsze wskaźniki produkcyjności roślin.

MATERIAŁ I METODY

Ścisłe dwuczynnikowe doświadczenie polowe w układzie losowanych podbloków w 4 powtórzeniach wykonano w latach 2004 – 2007 w Stacji Badawczej UTP w Mochelku na

glebie kompleksu żyniego bardzo dobrego. Przedmiotem badań był bobik odmiany Bobas. Czynniki pierwszy stanowiły cztery dawki azotu N: 0, 30, 60 i 90 kg·ha⁻¹ zastosowane przedsięwzięcie w postaci saletry amonowej zawierającej po 50% azotu amonowego i azotanowego. W fazie 8–10 liści, na początku pąkowania, na początku i przed końcem kwitnienia rośliny opryskiwano jedną czwartą z 30, 60 i 90 kg N·ha⁻¹ w moczniku z dodatkiem 7·H₂O·MgSO₄ (czynnik drugi). Obiekt kontrolny stanowiły poletka nieopryskiwane mocznikiem. Nawożenie P i K właściwe dla bobiku wynikało z zasobności gleby w te składniki i wynosiło 57–70 kg P₂O₅ i 72–92 kg K₂O·ha⁻¹, a odczyn gleby 6,3–6,6. Zawartość N_{min} oznaczana każdego roku na wiosnę w warstwie 0–60 cm wynosiła w kolejnych latach badań 76,1; 72,2; 54,9 i 86,4 kg N·ha⁻¹. Siew bobiku na głębokość 8–10 cm i przy rozstawie rzędów 20 cm wykonano 2, 6, 11 i 3 kwietnia przy normie wysiewu zakładającej 75 roślin na 1 m² po wschodach. Powierzchnia poletka do siewu wynosiła 16,8 m², a do zbioru — 13,2 m². Bezpośrednio po siewie zastosowano 1,4 dm³·ha⁻¹ Afalonu 50WP, a w fazie 2–6 liści — dwukrotne bronowanie zasiewów. Oprócz dolistnego dokarmiania, rośliny opryskiwano też dwukrotnie preparatem Fastac 100 EC przeciwko strąkowcowi bobowemu i mszycom, które występowały w umiarkowanym nasileniu. Występowanie innych agrofagów było niewielkie i nie uzasadniało stosowania specjalistycznych zabiegów ochronnych.

Na każdym poletku na zakończenie kwitnienia, w 3–4 dni po ostatnim oprysku, określono LAI za pomocą SunScan Canopy Analysis System (ΔT Devices Ltd., UK), a także zawartość chlorofilu w 30 najmłodszych liściach przy użyciu N-testera firmy Minolta. Oznaczono plon całkowity powietrznie suchej biomasy nadziemnej (plon nasion i słomy) oraz wyliczono indeks żniwny (harvest index jako stosunek plonu nasion do plonu biomasy części nadziemnych). Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji dla 2-czynnikowego doświadczenia polowego. Istotność różnic testowano testem Tukeya przy α = 0,05.

Warunki pogodowe w latach badań były silnie zróżnicowane (tab. 1). Rok 2004 charakteryzował się nieco niższymi niż średnie wieloletnie sumami opadów od maja do lipca i prawie 140 mm opadem w sierpniu, przy blisko 18°C średniej temperaturze powietrza. W latach 2005 i 2006 korzystne warunki wilgotnościowe odnotowano w okresie rozwoju wegetatywnego roślin, a znaczący niedobór opadów wystąpił od początku czerwca do końca sierpnia przy bardzo wysokiej średniej dziennej temperaturze, szczególnie w lipcu 2005 (19,4°C) oraz w czerwcu (16,8°C) i lipcu (22,4°C) 2006 roku. Z kolei w 2007 roku w maju, a zwłaszcza w czerwcu i lipcu opady były znacznie wyższe od średnich wieloletnich przy przeciętnych warunkach termicznych.

Suma opadów w okresie wegetacji bobiku w kolejnych latach badań wynosiła odpowiednio 233, 152,1, 156,1 i 308 mm (rys. 1). W okresie wzrostu wegetatywnego roślin porównywalną ilość opadów odnotowano w latach 2005, 2006 i 2007, a nieco niższą w 2004 roku. Z kolei warunki wodne dla okresu generatywnego (od początku kwitnienia do pełnej dojrzałości nasion) były podobne w latach 2004 i 2007 oraz w 2005 i 2006. Stąd też w dalszej części pracy przedstawiono syntezę wyników badań 4-letniego

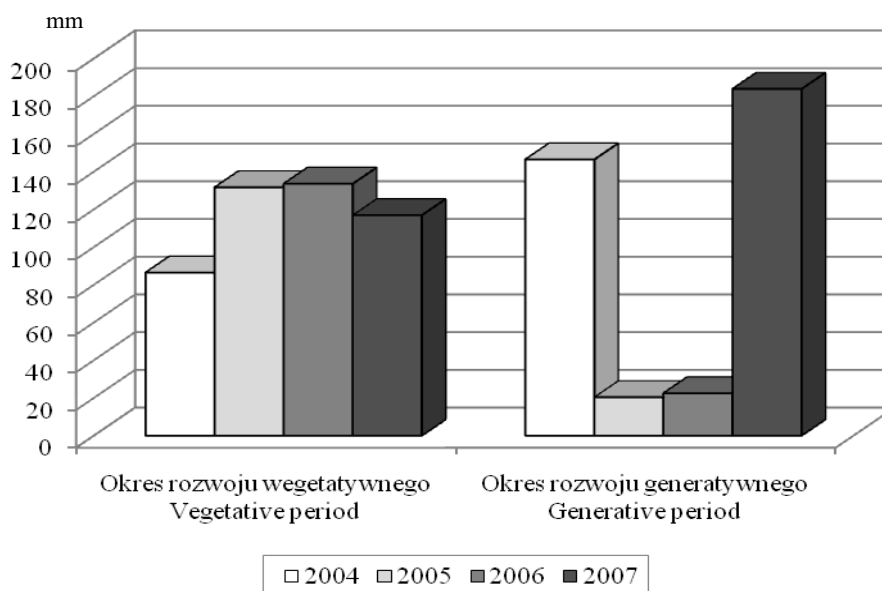
doświadczenie dla warunków wilgotnościowych korzystnych (2004 i 2007) i niekorzystnych (2005 i 2006) dla rozwoju i plonowania bobiku.

Tabela 1

Średnia dobowa temperatura powietrza (°C) i suma opadów (mm) według notowań Stacji Badawczej w Mochelku

Mean air temperature (°C) and rainfall (mm) according to the Mochelek Experiment Station

Lata Years	Miesiąc – Month					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Temperatura 2004	7,5	11,3	14,7	16,4	17,9	12,7
Temperature 2005	7,4	12,2	14,9	19,4	16,3	14,8
Temperature 2006	7,1	12,5	16,8	22,4	16,6	15,2
(°C) 2007	8,5	13,8	18,2	18,0	17,8	12,4
Średnia temperatura w latach 1996–2006	7,7	13,1	16,0	18,3	17,8	13,1
Mean temperature for 1996–2006						
Opady 2004	32,1	54,4	39,6	53,5	138	40,0
Rainfall 2005	34,8	82,6	30,5	33,6	43,4	17,8
(mm) 2006	77,0	59,9	21,8	24,2	129	40,6
2007	17,6	73,1	105,5	104,7	42,1	37,6
Średnia suma opadów w latach 1996–2006	32,8	61,6	43,9	80,2	65,9	47,8
Mean rainfall for 1996–2006						



Rys. 1. Suma opadów w okresie wegetatywnego wzrostu i generatywnego rozwoju bobiku
Fig. 1. Rainfall in the period of vegetative growth and generative development of faba bean

WYNIKI I DYSKUSJA

Wzrost i rozwój bobiku są silnie związane z wrażliwością roślin na niedobór opadów, zwłaszcza w okresie intensywnego wzrostu i kwitnienia (Kotecki, 1990; Podleśny, Kocoń, 2006). Według badań COBORU w latach 2004–2007 okres wegetacji trwał kolejno 132, 125, 108 i 127 dni (Dolata, Wiatr, 2005; Wiatr, Dolata, 2007). W badaniach własnych wykonanych na lekkiej glebie i w korzystnych warunkach wilgotnościowych okres wegetacji wynosił od 112 do 125 dni, a w warunkach niekorzystnych 92–105 dni, przy czym okres wegetatywny był podobny i trwał odpowiednio 62–68 i 61–66 dni.

W badaniach własnych LAI zmierzono na zakończenie kwitnienia roślin bobiku połączonego z zawiązywaniem strąków, kiedy jego wartość osiąga swoje maksimum, a przyrost powierzchni liści ustaje (Boote i in., 2002). W mało zróżnicowanych warunkach wilgotnościowych w okresie wzrostu wegetatywnego roślin, wzrost masy wegetatywnej był w latach badań podobny, a wskaźnik LAI wynosił od 3,23 do 3,72 po zastosowaniu przedsiewnie saletry amonowej i od 3,09 do 3,87 po zastosowaniu pogłównie mocznika (tab. 2). Nieco niższy wskaźnik LAI w latach o niekorzystnych warunkach wilgotnościowych był spowodowany najpewniej dotkliwą suszą obserwowaną już począwszy od zakwitnięcia roślin w latach 2005 i 2006, stąd zapewne nie następował dalszy przyrost ani powierzchni liściowej ani masy wegetatywnej roślin.

Tabela 2

LAI bobiku w fazie końca kwitnienia roślin w zależności od przedsiewnego i dolistnego stosowania azotu i warunków wilgotnościowych w okresie rozwoju generatywnego
Faba bean LAI depending on pre-sowing and foliar application of N and water conditions in the generative period

Warunki wilgotnościowe w okresie rozwoju generatywnego Water conditions in generative period	Nawożenie N — N fertilization		
	dawka N (kg·ha ⁻¹) N dose (kg·ha ⁻¹)	przedsiewne pre-sowing	dolistne foliar
Niekorzystne (2005 i 2006) Unfavorable (2005 and 2006)	0	3,04 a	3,04 a
	30	3,07 a	3,11 a
	60	3,17 a	2,94 a
	90	3,62 a	3,26 a
Korzystne (2005 i 2006) Favorable (2005 and 2006)	0	3,72 b	3,72 b
	30	3,27 b	3,67 b
	60	4,15 a	4,30 a
	90	3,77 ab	3,77 ab

Średnie oznaczone tymi samymi literami w kolumnach nie różniły się istotnie przy $\alpha = 0,05$

Means followed by the same letters in columns did not differ significantly at $\alpha = 0.05$

Wzrost masy wegetatywnej roślin oprócz uwarunkowań wilgotnościowych zależy w dużym stopniu od nawożenia mineralnego azotem oraz od zawartości $N_{\min}$ w glebie (Fotyma, 1997). W przypadku roślin strączkowych jest on również modyfikowany przez efektywność układu symbiotycznego, która ma większe znaczenie w gromadzeniu azotu w nasionach niż częściach wegetatywnych; na rozwój tych ostatnich wpływa bardziej azot glebowy lub mineralny (Rubes 1980). Jednak w latach badań o niekorzystnych warunkach wilgotnościowych (2005 i 2006) i zbliżonej zasobności gleby w $N_{\min}$ wczesną wiosną, nie stwierdzono istotnego wpływu zastosowanego nawożenia saletrą ani dokarmiania roślin

mocznikiem czy też współdziałania ich dawek na wartość LAI. W latach suchych można zaobserwować pewne tendencje do wzrostu jego wartości w miarę zwiększania dawek nawożenia przedsiewnego, w latach wilgotnych (2004 i 2007) dawka 60 kg N·ha⁻¹ zastosowana przedsiewnie lub dolistnie gwarantowała istotnie wyższą wartość LAI.

Właściwe zaopatrzenie roślin w składniki pokarmowe nie tylko wpływa na wielkość LAI, ale także na przedłużenie aktywności fotosyntetycznej roślin (Strack, 1998; Wojcieszka, 1993, 1994), która swoje maksimum osiąga w końcu kwitnienia i we wczesnych stadiach wypełniania strąków (Nelson i in., 1984). Wyniki badań wazonowych w wyprażonym piasku wskazują, że rosnące dawki N wpływają na zwiększenie całkowitej biomasy i zawartości N w liściach bobiku (Jia, Gray, 2004), która jest skorelowana z zawartością w nich chlorofilu (Machul, 2001). W badaniach własnych zawartość chlorofilu w liściach bobiku zmierzona, podobnie jak LAI, w końcu kwitnienia wyniosła około 45 jednostek SPAD (tab. 3). N-tester mierzy różnice między absorpcją światła przy długości fal 650 i 940 nm i wyraża zawartość chlorofilu w jednostkach SPAD będących ilorazem tych wartości. Wiadomo, że wraz ze wzrostem wartości SPAD rośnie stopień odżywienia roślin azotem (Machul, 2001), jednak w badaniach własnych nie zanotowano istotnego wpływu zastosowanego nawożenia azotowego na kształtowanie się zawartości chlorofilu w liściach bobiku. Uzyskane wyniki nie wskazują, aby zastosowane nawożenie lub dokarmianie bobiku azotem oddzielnie czy łącznie różnicowały dostępność N glebowego czy też atmosferycznego dla roślin bobiku i to zarówno w korzystnych jak i niekorzystnych warunkach wilgotnościowych. Zdaniem Prusińskiego (2007) u bobiku czynnikiem różnicującym zawartość chlorofilu jest przede wszystkim faza rozwojowa roślin, a oznaczenie wpływu nawożenia azotowego na zawartość chlorofilu w liściach za pomocą chlorofilometru jest praktycznie niemożliwe do udowodnienia.

Tabela 3

Zawartość chlorofilu w liściach bobiku w fazie końca kwitnienia roślin w jednostkach SPAD w zależności od przedsiewnego i dolistnego stosowania azotu i warunków wilgotnościowych w okresie rozwoju generatywnego
Chlorophyll content in faba bean leaves at the end of plant flowering in SPAD units depending on pre-sowing and foliar application of N and water conditions in the generative period

Warunki wilgotnościowe w okresie rozwoju generatywnego Water conditions in generative period	Nawożenie N — N fertilization	
	predsiewne pre-sowing	dolistne foliar
Niekorzystne (2005 i 2006) — Unfavorable (2005 and 2006)	45,2	45,7
Korzystne (2005 i 2006) — Favorable (2005 and 2006)	45,5	45,6

Uzyskane w badaniach własnych wartości wskaźnika LAI bobiku, podobne do wyników Westgate (1999) na soi, pozwalały przypuszczać, że plon biomasy będzie w kolejnych latach porównywalny i wysoki. Tymczasem w końcu okresu wegetacji różnica w plonie biomasy bobiku w latach o korzystnych i niekorzystnych warunkach wilgotnościowych, głównie w od początku zakwitnięcia roślin, była prawie 3-krotna (tab. 4), co oznacza znaczny jej przyrost także w fazie generatywnej w latach 2004 i 2007, w której odnotowano 146–184 mm opadów, podczas gdy w latach niekorzystnych 2005 i 2006 tylko 20,4 i 22,5 mm. Zdaniem Podleśnego i Kocoń (2006) susza silnie ogranicza

powierzchnię liści oraz natężenie fotosyntezy bobiku, a według Penny i Casstellanosa (1993) także brodawkowanie roślin i efektywność wiązania N_2 , które może ulec zwiększeniu w następstwie poprawy warunków wilgotnościowych, ale tylko w fazie wegetatywnej. Generalnie uważa się, że przyrost biomasy bobiku osiąga swoje maksimum w końcu fazy kwitnienia na skutek m. in. ograniczenia pobierania składników pokarmowych w wyniku spadku aktywności fizjologicznej korzeni (Podleśna, Wojcieszka-Wyskupajtyś, 1996), wyczerpania zawartości azotu w liściach oraz ograniczenia fotosyntezy (Nalborczyk, 1993; Nelson i in., 1984; Wojcieszka, 1994), co powoduje, że podczas zbioru zmieniają się tylko proporcje udziału nasion i innych części w plonie ogólnym biomasy (Księżak, 2007).

Wyniki ścisłych badań polowych wskazują na korzystny wpływ rosnących dawek nawożenia azotowego na plonowanie bobiku (Benedycka i in., 1995; Nowak, Benedycka, 1997), w tym dolistnego dokarmiania roślin mocznikiem (Day i in., 1979), ale także ich niekorzystne oddziaływanie na produktywność roślin (Buttery, Gibson, 1990). Kulig i Ziółek (1996) zwracają uwagę na współdziałanie warunków wilgotnościowych i nawożenia azotowego w plonowaniu bobiku — w latach o zbliżonym do jego wymagań wodnych rozkładzie opadów, rosnące dawki N wpływają na zwiększenie plonu nasion, a w niekorzystnych — obserwuje się zmniejszenie efektywności nawożenia azotowego ze zmniejszeniem plonu nasion włącznie. W badaniach własnych, w niekorzystnych warunkach wilgotnościowych w okresie generatywnym dla uzyskania najwyższego plonu wystarczyło zastosowanie $30 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ przedsiewnie w formie saletry amonowej (tab. 4).

Tabela 4

Plon biomasy bobiku w $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ w zależności od przedsiewnego i dolistnego stosowania azotu i warunków wilgotnościowych w okresie rozwoju generatywnego
Faba bean biomass yield in $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ depending on pre-sowing and foliar application of N and water conditions in the generative period

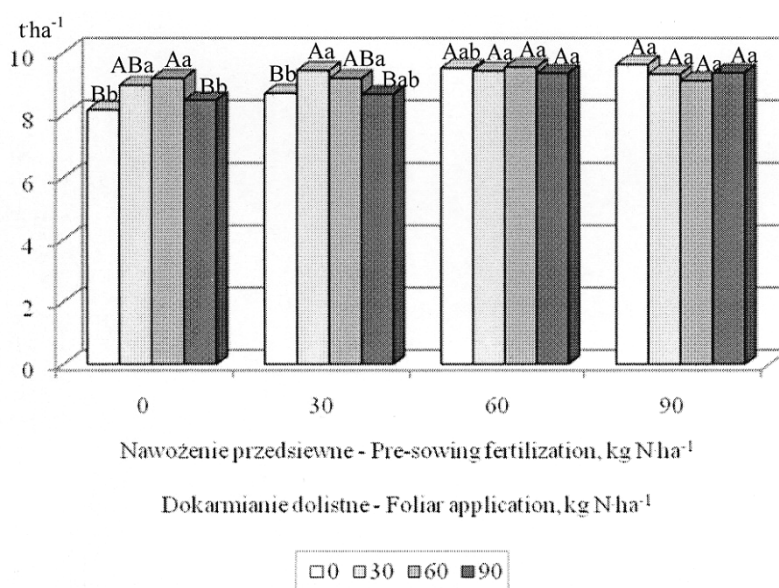
Warunki wilgotnościowe w okresie rozwoju generatywnego Water conditions in generative period	Nawożenie N — N fertilization		
	dawka N ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) N dose ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	przedsiewne pre-sowing	dolistne foliar
Niekorzystne (2005 i 2006) Unfavorable (2005 and 2006)	0	3,12 b	3,12 a
	30	3,64 a	3,08 a
	60	3,31 ab	3,09 a
	90	3,18 b	3,29 a
Korzystne (2005 i 2006) Favorable (2005 and 2006)	0	8,61 b	8,61 b
	30	8,70 b	8,96 ab
	60	9,50 a	9,18 a
	90	9,62 a	8,44 b

Średnie oznaczone tymi samymi literami w kolumnach nie różniły się istotnie przy $\alpha = 0,05$

Means followed by the same letters in columns did not differ significantly at $\alpha = 0.05$

Z kolei w latach o korzystnym pod względem opadów, zastosowanie 60 kg przedsiewnie lub $30 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ dolistnie wpływało na istotny w stosunku do kontroli wzrost plonu biomasy. Odnotowano również istotne współdziałanie zastosowanych rodzajów nawożenia i dawek azotu na plon biomasy. W latach wilgotnych plon biomasy bobiku uzyskany bez nawożenia przedsiewnego azotem, ale dokarmianego $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ w moczniku lub zebrany

z obiektów nawożonych przedsiewnie i dokarmianych dawkami po 30 kg N·ha⁻¹ był istotnie wyższy w stosunku do kontroli (bez nawożenia i dokarmiania roślin) lub dokarmianego dawką 90 kg N·ha⁻¹ (rys. 2). Na wyższych poziomach nawożenia przedsiewnego, dokarmianie bobiku N nie wpływało na istotny przyrost plonu biomasy. W warunkach znacznej zasobności gleby w N oraz po zastosowaniu wysokich dawek nawożenia azotowego, efektywność układu symbiotycznego maleje (Buttery, Gibson, 1990; Wojcieszka, 1993) i być może dodatkowe dokarmianie roślin rekompensowało tylko plon biomasy możliwy do uzyskania w takich warunkach. Z kolei w niekorzystnych warunkach wilgotnościowych współdziałanie obu form azotu dotyczyło tylko istotnego zmniejszenia plonu biomasy bobiku nawożonego 30 kg N·ha⁻¹ w saetrze i dokarmianego dawkami 60 i 90 kg N·ha⁻¹ w moczniku. Niekorzystne warunki wilgotnościowe są przyczyną nie tylko znacznego zmniejszenia efektywności układu symbiotycznego (Pena-Cabriales, Castellanos, 1993), ale także nawożenia azotowego (Podleśny, Kocoń, 2006).



Rys. 2. Plon biomasy bobiku w korzystnych warunkach wilgotnościowych w zależności od współdziałania nawożenia przedsiewnego i dolistnego dokarmiania roślin azotem (średnie oznaczone tą samą małą literą alfabetu w obrębie tych samych dawek N w saetrze i dużą dla dawek N w moczniku na poszczególnych poziomach nawożenia saetrą nie różniły się istotnie przy $\alpha = 0,05$)
Fig. 2. Faba bean biomass yield under favorable water conditions depending on the relationship between pre-sowing and foliar application of nitrogen (means followed by the same small letters for equal N doses in ammonium nitrate and by capital letters for N doses in urea at particular levels of fertilization with ammonium nitrate did not differ significantly at $\alpha = 0.05$)

Znana jest powszechnie skłonność roślin strączkowych do tworzenia wysokiego plonu części wegetatywnych — często zbyt dużego do wytworzenia wysokiego plonu nasion, zwłaszcza w korzystniejszych warunkach wilgotnościowych podczas wzrostu roślin, co

powoduje znaczne obniżenie indeksu żniwnego (HI) (Nalborczyk, 1993). Odmienne warunki wilgotnościowe w latach badań własnych począwszy od zakwitnięcia roślin silnie modyfikowały jego wartość (tab. 5).

Tabela 5

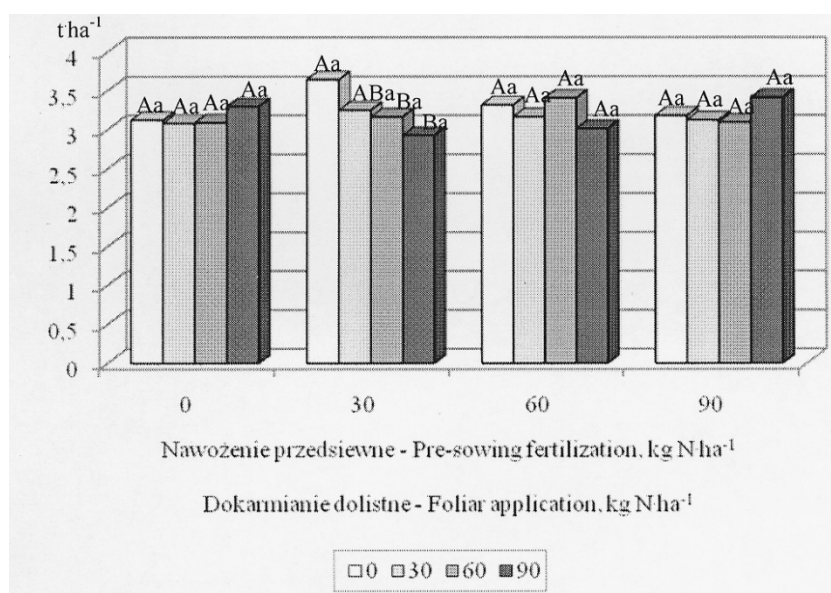
Indeks żniwny bobiku w % w zależności od przedsiewnego i dolistnego stosowania azotu i warunków wilgotnościowych w okresie rozwoju generatywnego
Faba bean harvest index in % depending on pre-sowing and foliar application of N and water conditions in the generative period

Warunki wilgotnościowe w okresie rozwoju generatywnego Water conditions in generative period	Nawożenie N — N fertilization		
	dawka N (kg·ha ⁻¹) N dose (kg·ha ⁻¹)	przedsiewne pre-sowing	dolistne foliar
Niekorzystne (2005 i 2006) Unfavorable (2005 and 2006)	0	37,5 a	35,7 b
	30	33,8 ab	40,7 a
	60	33,0 ab	39,7 a
	90	32,5 b	39,2 ab
Korzystne (2005 i 2006) Favorable (2005 and 2006)	0	63,7 a	63,7 a
	30	63,7 a	63,6 a
	60	63,0 a	65,0 a
	90	62,5 a	63,8 a

Średnie oznaczone tymi samymi literami w kolumnach nie różniły się istotnie przy $\alpha = 0,05$

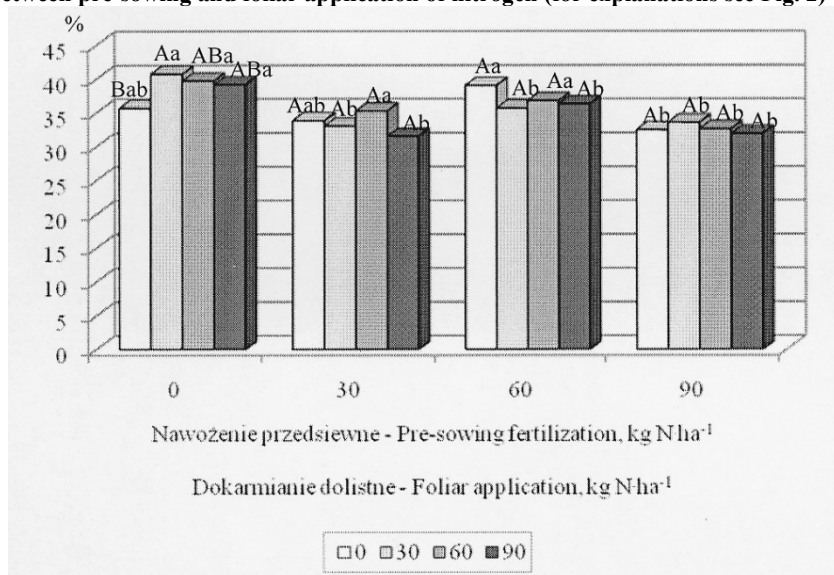
Means followed by the same letters in columns did not differ significantly at $\alpha = 0.05$

W latach suchych HI wyniósł około 36% i był istotnie najwyższy na obiekcie kontrolnym. Można zatem wnioskować, że rosnące dawki N mineralnego w saletrze amonowej zwiększały masę wegetatywną roślin nie przyczyniając się do wzrostu udziału plonu nasion w całkowitym plonie biomasy bobiku. W niekorzystnych warunkach wilgotnościowych dodatek 30 kg N·ha⁻¹ w moczniku zastosowanym na zerowej dawce N w formie saletry amonowej wpłynął na istotny w stosunku do kontroli (bez nawożenia i dokarmiania) wzrost HI (rys. 4). Na pozostałych obiektach nawożonych saletrą amonową nie stwierdzono istotnego wpływu żadnej z zastosowanych dawek mocznika na HI. Z kolei w korzystnych warunkach wilgotnościowych indeks żniwny wynosił 63%, a zastosowane dawki N nie kształtowały istotnie jego wartości i nie stwierdzono istotnego współdziałania nawożenia przedsiewnego i dokarmiania dolistnego roślin bobiku azotem na jego wartość. W latach tych wysokiej masie wegetatywnej roślin towarzyszył wysoki plon nasion, czego nie obserwowano w latach suchych. Nalborczyk (1996) podaje, że u bobiku pierwsze strąki powstają wówczas, gdy następuje silny wzrost łodygi na wysokość — brak dostatecznej ilości wody i składników pokarmowych w tej fazie, w tym głównie azotu, powoduje silne ograniczenie plonu nasion i znaczne zmniejszenie indeksu żniwnego.



Rys. 3. Plon biomasy bobiku w niekorzystnych warunkach wilgotnościowych w zależności od współdziałania nawożenia przedsiewnego i dolistnego dokarmiania roślin azotem (oznaczenia jak na rys. 2)

Fig. 3. Faba bean biomass yield under unfavorable water conditions depending on the relationship between pre-sowing and foliar application of nitrogen (for explanations see Fig. 2)



Rys. 4. Indeks żniwny bobiku w niekorzystnych warunkach wilgotnościowych w zależności od współdziałania nawożenia przedsiewnego i dolistnego dokarmiania roślin azotem (oznaczenia jak na rys. 2)

Fig. 4. Faba bean harvest index under unfavorable water conditions depending on the relationship between pre-sowing and foliar application of nitrogen (for explanations see Fig. 2)

WNIOSKI

1. W podobnych warunkach wilgotnościowych w okresie wzrostu wegetatywnego roślin końcowy plon biomasy bobiku był silnie kształtowany przez sumę opadów w okresie rozwoju generatywnego.
2. Nie stwierdzono addytywnego oddziaływania dawek azotu w zakresie od 0 do 90 kg·ha⁻¹ zastosowanych przedsiewnie i od 0 do 90 kg·ha⁻¹ dolistnie na plon końcowy biomasy bobiku oraz na LAI, zawartość chlorofilu w liściach i indeks żniwny.
3. Przedsiewne nawożenie bobiku dawką 30 kg N·ha⁻¹ w latach o niekorzystnych warunkach wilgotnościowych i 60 kg N·ha⁻¹ w warunkach korzystnych wpłynęło na istotny w stosunku do kontroli wzrost plonu końcowego biomasy.
4. Mocznik zastosowany dolistnie w latach niekorzystnych pod względem warunków wilgotnościowych nie kształtował istotnie plonu biomasy, podczas gdy w warunkach wilgotnościowych wyższy od kontroli plon biomasy uzyskano po zastosowaniu 30 i 60 kg N·ha⁻¹.
5. W niekorzystnych warunkach wilgotnościowych przedsiewne nawożenie azotowe wpływało na obniżenie indeksu żniwnego, czego nie obserwowano w warunkach korzystnych.
6. Wysokie wartości wskaźnika LAI zmierzone na zakończenie fazy kwitnienia nie były miarodajnym wskaźnikiem wysokości końcowego plonu biomasy bobiku ani udziału w nim plonu nasion.
7. Zastosowane dawki i formy azotu mineralnego nie kształtowały istotnie zawartości chlorofilu w liściach bobiku, niezależnie od warunków wilgotnościowych w okresie wegetacji.

LITERATURA

- Benedycka Z., Nowak G. A., Wierzbowska J., Klasa A. 1995. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i gospodarkę mineralną bobiku. Cz. I. Plonowanie roślin. Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricultura 61: 55 — 64.
- Boote K. J., Minquez M. I., Sau F. 2002. Adapting the CROPGRO legume model to stimulate growth of faba bean. J. Agron. 94: 743 — 756.
- Buttery B. R., Gibson A. H. 1990. The effect of nitrate on the time course of nitrogen fixation and growth in *Pisum sativum* and *Vicia faba*. Plant and Soil 127: 143 — 146.
- Day J. M., Roughley R. J., Witty J. F. 1979. The effect of planting density, inorganic nitrogen fertilizer and supplementary carbon dioxide on yield of *Vicia faba* L. J. Agric. Sci., Cambridge, 93: 629 — 633.
- Dolata A., Wiatr K. 2005. Syntezy wyników doświadczeń rejestrowych. Rośliny strączkowe 41. COBORU Słupia Wielka.
- Fotyma E. 1997. Wyznaczanie dawek nawozów azotowych na podstawie analizy gleby i roślin. Zesz. Eduk. IMUZ Falenty 4: 49 — 56.
- Jia Y., Gray V.M. 2004. Interrelationships between nitrogen supply and photosynthetic parameters in *Vicia faba* L. Photosynthetica 41 (4): 605 — 610.
- Kotecki A. 1990. Wpływ układu warunków wilgotnościowo-termicznych na rozwój i plonowanie bobiku Nadwiślański. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rolnictwo LII: 85 — 96.
- Księżak J. 2007. Dynamika przyrostu masy i akumulacja azotu przez odmiany bobiku o zróżnicowanej budowie morfologicznej. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sectio E (w druku).

- Kulig B., Ziółek W. 1996. Plonowanie zróżnicowanych morfologicznie odmian grochu siewnego i bobiku w zależności od nawożenia azotem. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol. 446: 207 — 212.
- Machul M. 2001. Ocena stanu odżywienia roślin azotem z zastosowaniem testów roślinnych. Post. Nauk Rol. 3: 71 — 83.
- Nalborczyk E. 1993. Biologiczne uwarunkowania produktywności roślin strączkowych. Fragm. Agron. 4: 147 — 150.
- Nelson D. R., Bellville R. J., Porter C. A. 1984. Role of nitrogen assimilation in seed development of soybean. Plant. Physiol. 74: 128 — 133.
- Nowak G., Benedycka Z. 1997. Ustalenie zasad nawożenia azotem roślin bobiku. Biul. Nauk. ART w Olsztynie 12 (1): 155 — 157.
- Pena-Cabria J. J., Castellanos J. Z. 1993. Effects of water stress on N₂ fixation and grain yield of *Phaseolus vulgaris* L. Plant and Soil 152 (1): 151 — 155.
- Podleśna A., Wojcieszka-Wyskupałtys U. 1996. Dynamika pobierania mikroskładników przez groch w zależności od żywienia azotem. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 13 — 17.
- Podleśny J., Kocoń A. 2006. Wpływ stresu suszy na rozwój i plonowanie dwóch genotypów bobiku. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol. 509: 125 — 131.
- Prusiński J. 2007. Content and balance of nitrogen in faba bean fertilized with ammonium nitrate and fed additionally with urea. EJPAU 10 (4), #24. <http://www.ejpau.media.pl/volume10/issue4/art-24.html>.
- Rubes L. 1980. Dusikate hnojeni pri imobilizaci pudniho dusiku u bobu (*Faba vulgaris* Moench.). Rost. Vyr. 26 (10): 2021 — 2030.
- Starck Z. 1998. Fizjologiczne podstawy produktywności roślin. W: Podstawy fizjologii roślin. Red. J. Kopcewicz i S. Lewak. PWN, Warszawa.
- Westgate M. E. 1999. Managing soybean for photosynthetic efficiency. In: World soybean research. Ed. H.E. Kauffman. 6th Int. Conf., Chicago: 223 — 228.
- Wiatr K., Dolata A. 2007. Syntezy wyników doświadczeń rejestrowych. Rośliny strączkowe 61. COBORU Słupia Wielka.
- Wojcieszka U. 1993. Żywienie azotem a przyrost masy i przebieg wybranych procesów fizjologicznych. Fragm. Agron. 4: 173 — 174.
- Wojcieszka U. 1994. Fizjologiczna rola azotu w kształtowaniu plonu roślin. Cz. II. Żywienie azotem a fotosynteza, fotorespiracja i oddychanie ciemniowe. Post. Nauk Rol. 1: 127 — 142.

MARIAN FLISKatedra Ekologii i Hodowli Zwierząt Łownych
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Procedura szacowania szkód wyrządzonych przez zwierzęta w uprawach rolniczych*

Procedure for estimation of damage inflicted by wild animals in agricultural crop stands

W ostatnich latach coraz bardziej aktualna staje się problematyka szkód wyrządzanych przez zwierzęta dzikie w uprawach rolniczych. Związane jest to z faktem, zwiększenia liczebności niektórych gatunków jak również intensywnymi zmianami siedliskowymi, zarówno w fitocenozach leśnych jak i rolniczych. W uprawach ziemniaków podstawowymi szkodami są gniazdowe i punktowe uszkodzenia redlin, powodowane głównie przez dziki. W przypadku wszelkich szkód wyrządzanych przez gatunki zwierząt dzikich znajdujących się na liście zwierząt łownych, odpowiedzialność za nie ponoszą dzierżawcy lub zarządcy obwodów łowieckich na terenie, których szkody te wystąpiły. Obowiązkiem dzierżawców lub zarządców obwodów, po uprzednim zgłoszeniu szkody przez posiadacza zniszczonej uprawy, jest przeprowadzenie w ciągu 7 dni szacowania wstępnego, a najpóźniej na dzień przed planowanym przez rolnika zbiorem, ostatecznego szacowania szkody. Podczas szacowania ostatecznego, ustala się wielkość utraconego plonu oraz oblicza kwotę przysługującego z tego tytułu odszkodowania. Kwota ta powinna zostać wypłacona poszkodowanemu w ciągu 30 dni, od daty ostatecznego szacowania szkody.

Słowa kluczowe: odszkodowanie, szacowanie, szkody, uprawa rolnicza, ziemniaki, zwierzęta łowne

In recent years problems related to damage caused by game in agricultural crop stands are becoming more and more pertinent. This situation is related to the fact of increased populations of certain game species and to intensive changes in habitat conditions, both in forest and in agricultural phytocenoses. In potato growing, the basic types of such damage are pocket- and point-type damages to ridges, caused mainly by wild boars. With relation to all damage inflicted by wild animal species included in the list of game animals the responsibility for the damage rests with the leaseholders or with the administrators of hunting districts within the area of occurrence of the damage. It is the duty of the leaseholders or the District Administrators to perform preliminary estimation of the damage within 7 days from filing a damage report by the owner of the damaged crop culture, and then, latest one day before the date of harvest planned by the farmer, the final estimation of the damage. During the final estimation, the level of crop yield loss is determined and the amount of damages due as compensation for the loss is calculated. The amount of damages should be paid to the sufferer within 30 days from the final estimation of the loss.

* Praca z Konferencji Naukowo-Szkoleniowej i Ochrony Ziemniaka w Kołobrzegu w dniach 3–4 kwietnia 2008 rok

Key words: damage compensation, damage estimation, crop, potato, game animals

WSTĘP

Utrzymujące się od szeregu lat intensywne zmiany w fitocenozach leśnych jak również rolniczych, wynikające głównie z intensyfikacji produkcji, przyczyniają się do zmian behawioralnych dziko żyjących zwierząt. Dodatkowo stan ten pogłębiany jest poprzez sukcesywny wzrost różnokierunkowych czynników antropopresyjnych. Pewnego rodzaju odreagowaniem na te czynniki są zmiany struktur populacyjnych jak również preferencji żerowych zwierząt dzikich. To zaś najczęściej prowadzi do różnorodnych szkód, określanych mianem gospodarczych, wyrządzanych przez te zwierzęta zarówno w lasach jak i w uprawach rolniczych.

W ostatnich latach w Polsce obserwowany jest spadek areału uprawy ziemniaków. Tendencja ta występująca już od lat 70. ubiegłego wieku, w ostatnich latach uległa przyspieszeniu (Chotkowski i Rembeza, 2006). Według danych GUS, w ciągu ostatnich sześciu lat ogólna powierzchnia uprawy ziemniaków zmniejszyła się o ponad połowę. Spadek zainteresowania uprawą ziemniaków, tłumaczony jest faktem coraz częstszego zastępowania tej do niedawna podstawowej rośliny pastewnej, poprzez pasze bazujące na roślinach zbożowych, a głównie na kukurydzy.

Pomimo utrzymującej się tendencji spadkowej, ciągle aktualna jest problematyka, związana z różnorodnymi chorobami i szkodnictwem w uprawach ziemniaków (Pawińska 2006). Jednym z objawów szkodnictwa, prowadzącego do znacznego obniżenia plonów, są szkody wyrządzane przez dzikie zwierzęta, potocznie nazywane łowieckimi. Niewątpliwie największym problemem są szkody powodowane przez dziki, objawiające się gniazdowymi bądź punktowymi zniszczeniami redlin, a tym samym częściowym lub całkowitym uszkodzeniem poszczególnych krzaków, czasami na rozległych powierzchniach. Samo nasilenie szkód w ziemniakach, charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem w ciągu sezonu wegetacyjnego, a warunkowane jest głównie, położeniem uprawy, specyfiką odmianową ziemniaków, jak również liczebnością i lokalnymi zagęszczeniami dzików w danym rejonie. Z badań Drozda (1988 a, 1988 b), prowadzonych w makroregionie środkowo-wschodniej Polski wynika, że blisko $\frac{1}{3}$ szkód powodowanych przez dziki dotyczy roślin okopowych, głównie ziemniaków. Z charakterystyki szkód łowieckich w przyleśnych uprawach rolnych w północno-wschodniej Polsce, przeprowadzonej przez Dubasa (1996) wynika, że 75% szkód w uprawach ziemniaków powodowanych jest przez dziki. Dodatkowo autor ten podał, że największe nasilenie szkód wyrządzanych w ziemniakach, występuje w dwóch okresach sezonu wegetacyjnego. Pierwszym z nich jest przełom czerwca i lipca, zaś drugim ostatnia dekada września.

Wyniki badań Drozda (1988 b) i Dubasa (1996) potwierdzają tezę, że dziki wyraźnie preferują, niektóre odmiany ziemniaków. Z obliczonego przez Dubasa (1996) wskaźnika atrakcyjności roślin wynika, że pomimo niewielkiego udziału niektórych odmian w strukturze zasiewów, były one preferowane przez dziki w blisko 70% i najczęściej były to odmiany o dłuższym okresie wegetacji, zawierające znaczne ilości skrobi. Z kolei Drozd (1988 b), podał, że rosnące obok siebie, dwie różne odmiany ziemniaków na takim samym

stanowisku przedplonowym, zostały zniszczone w bardzo różnym stopniu. Przy czym jedna z odmian zniszczona została w 40%, zaś na drugiej stwierdzone zostały nieliczne ślady buchtowania, bez zgryzień bulw.

KOMUNIKACJA PERSONALNA I SZACOWANIE WSTĘPNE ZIEMNIAKÓW

Pierwszą czynnością właściciela uszkodzonej uprawy powinno być ustalenie, czy teren, na którym szkoda wystąpiła znajduje się w obrębie obwodów łowieckich. Kolejną czynnością jest dokonanie zgłoszenia o zaistnieniu szkody, najlepiej z zachowaniem formy pisemnej, w ciągu 7 dni od jej powstania, do właściwego ze względu na położenie uprawy, dzierżawcy lub zarządcy obwodu łowieckiego. Z kolei upoważniony przedstawiciel dzierżawcy lub zarządcy obwodu łowieckiego, również w terminie 7 dni, powinien dokonać tzw. szacowania wstępnego, zwanego potocznie oględzinami (Rozp. Min. Środ. z 15 lipca 2002; Flis, 2007).

Podczas szacowania wstępnego dokonuje się ustaleń dotyczących, całkowitej wielkości uprawy i jej jakości, wielkości, rodzaju oraz usytuowania powierzchni zniszczonych przez zwierzęta oraz gatunku zwierząt, który spowodował zniszczenia. O ile celem określenia całkowitej wielkości uprawy posłużyć się można dokumentacją geodezyjną, to w przypadku określenia wielkości zniszczeń konieczny jest ich bezpośredni pomiar. Ze względu na najczęściej nieregularny kształt oraz zróżnicowaną wielkość poszczególnych zniszczonych powierzchni, pomiaru każdej z nich należy dokonywać indywidualnie, najlepiej przyporządkowując im kształt figur geometrycznych. W przypadku uszkodzeń na dużych powierzchniach, najczęściej o nieregularnych kształtach często zachodzi konieczność ich podziału na mniejsze, również odpowiadające kształtem, figurom geometrycznym. Ustalenie gatunku zwierzęcy powinien zostać określone w oparciu o pozostawione tropy oraz specyficzne ślady zniszczeń związane ze specyfiką żerowania.

Dodatkowo w czasie szacowania wstępnego, szacujący powinien dokonać oceny stanu plantacji oraz rzeczywistej obsady ziemniaków, a zarazem ustalić tzw. obniżenie obsady, wynikające z błędnego sadzenia, braku wschodów, bądź ewentualnych innych przyczyn. Według Jabłońskiego (1997) spadek plonu ogólnego ziemniaków, w wyniku niewschodów i przepustów, wynikających z niedokładności sadzenia może wynosić nawet 10%.

Obsada roślin uzależniona jest głównie od specyfiki odmianowej i klasy jej wczesności. W tabeli 1 podana jest przykładowa obsada ziemniaków w zależności od klasy wczesności. Porównanie obsady rzeczywistej z zalecaną obsadą tzw. teoretyczną, pozwala na ustalenie ewentualnego obniżenia obsady, a to z kolei skutkuje obniżeniem późniejszego plonu. Zabieg ten związany jest z faktem, że w przypadku, gdy nastąpi uszkodzenie uprawy w stopniu wymagającym jej zaorania, to elementy te stanowią podstawę do ustalenia potencjalnej wydajności z danej uprawy.

Z szacowania wstępnego, sporządzony powinien być protokół oraz szkic sytuacyjny uprawy, z zaznaczeniem lokalizacji i przybliżonego kształtu miejsc uszkodzonych przez zwierzęta. Szkic ten powinien stanowić integralną część protokołu, który powinien zostać podpisany przez strony biorące udział w szacowaniu. Jednocześnie należy pamiętać, że

nieobecność poszkodowanego nie wstrzymuje procedury oględzin jak również późniejszego szacowania ostatecznego (Rozp. Min. Środ. z 15 lipca 2002; Flis, 2007).

Tabela 1

Przykładowa obsada roślin w zależności od odmiany przy rozstawie redlin 62,5 cm
Examples of plant density with relation to cultivar, with ridge spacing of 62.5 cm

Klasa wczesności odmiany Class of cultivar earliness	Gęstość sadzenia w redlinach (cm) Planting density in the ridge (cm0)	Ilość roślin na 1 ha Number of plants per 1 ha	Ilość roślin na m ² Number of plants per m ²
Odmiany wczesne — Early cultivars	25	64000	6,4
np. Aster, Eugenia, Irys, Ibis, Justa, Korona, Milek, Lord, Oman, Perkoz	28	57000	5,7
Odmiany późne — Late cultivars	30	53000	5,3
np. Arkadia, Bryza, Bronka, Marta, Medea, Sokół, Syrena, Ursus	35 40	46000 40000	4,6 4,0

Należy zwrócić uwagę, że w przypadku, gdy uszkodzona uprawa nie jest położona w obrębie obwodów łowieckich lub ślady zniszczeń wskazują, że dokonali tego gatunki niebędące na liście zwierząt łownych, dochodzenie odszkodowania u dzierżawcy lub zarządcy obwodu łowieckiego staje się bezprzedmiotowe. W przypadku zwierząt objętych ochroną gatunkową, za szkody przez nie wyrządzone, odpowiedzialność ponosi Skarb Państwa (Ustawa — o ochronie przyrody, z dnia 16 kwietnia 2004 roku).

SZACOWANIE KOŃCOWE

Końcowe szacowanie szkody, zmierzające do ustalenia wielkości utraconego plonu oraz kwoty przysługującego odszkodowania, przeprowadzone powinno być przynajmniej na dzień przed planowanym terminem zbioru. Tym samym do obowiązków właściciela uszkodzonej uprawy należy, powiadomienie przedstawiciela zarządcy lub dzierżawcy obwodu łowieckiego, w terminie 7 dni przed planowanym zbiorem, o zamierzonej dacie sprzętu. Pierwszą czynnością szacowania końcowego jest ocena stanu plantacji i porównanie ze szkicem wykonanym podczas oględzin. Jeżeli nie stwierdza się innych uszkodzeń niż te, które zamieszczone są na szkicu z szacowania wstępnego, to należy przyjąć, wcześniej obliczoną powierzchnię szkody. W przypadku, gdy w danej uprawie występują uszkodzenia powstałe po szacowaniu wstępnym, obowiązkiem szacującego jest dokonanie powtórnych pomiarów, celem określenia całkowitej powierzchni uszkodzeń.

Wielkość utraconego plonu

W uprawach ziemniaków stosowane są dwie metody określania wielkości utraconego plonu. Pierwsza z nich oparta jest na opisanym ustaleniu wielkości zniszczeń oraz szacunkowym określeniu procentowego stopnia zniszczenia na wszystkich wyodrębnionych powierzchniach. Wykonuje się to poprzez liczenie krzaków, które uległy uszkodzeniu oddzielnie na każdej powierzchni i odniesieniu tej wielkości do obliczonej wcześniej obsady rzeczywistej. Otrzymane wyniki pozwalają na ustalenie powierzchni zredukowanej szkody, czyli teoretycznej powierzchni, na której szkoda wystąpiła w 100%. Obliczenie powierzchni zredukowanej, oparte jest na przemnożeniu łącznej powierzchni

wszystkich uszkodzeń, przez uśredniony procentowy stopień zniszczeń. Przy zastosowaniu tej metody, konieczne jest określenie wydajności ziemniaków poprzez pobranie prób polowych (Wójcik, 2003; Flis, 2007).

Drugą metodą ustalenia wielkości utraconego plonu, jest metoda powszechnie nazywana wagową. Polega ona na ustaleniu wydajności ziemniaków, z kilku reprezentatywnych, a zarazem nieuszkodzonych miejsc plantacji poprzez ręczne kopanie, zważenie i uśrednienie uzyskanego w ten sposób plonu. Następnie w analogiczny sposób określa się wydajność w częściach uszkodzonych plantacji. Jednocześnie zarówno w przypadku określania wydajności, zarówno w części nieuszkodzonej jak i uszkodzonej należy uwzględnić współczynniki korygujące wielkość plonu, co powszechnie nazywane jest określeniem plonu netto ziemniaków. Przy ustalaniu plonu netto, zastosowanie znajduje korygujący współczynnik regresji, którego wielkość uzależniona jest w głównej mierze od przyjętej gęstości sadzenia, odległości międzyrzędzi oraz wykorzystywanego materiału sadzeniowego. Współczynnik ten określa udział w plonie całkowitym, materiału przeznaczonego jako sadzeniaki (Jabłoński, 1997). Wartość współczynnika korygującego wielkość plonu ogólnego do plonu netto, kształtuje się na poziomie 0,88. Dodatkowo należy uwzględnić wielkość strat podczas zbioru, która uzależniona jest od zastosowanej techniki. Uśredniona wielkość tych strat kształtuje się na poziomie ok. 5% plonu ogólnego (Wójcik, 2003; Flis, 2007).

Przeprowadzone próby wydajności polowej ziemniaków, po uwzględnieniu wymienionych współczynników korygujących, pozwalają na precyzyjne ustalenie wielkości utraconego plonu, która stanowi podstawę do obliczenia wielkości przysługującego odszkodowania.

Wielkość odszkodowania

Ze względu na zróżnicowanie jakościowe plonu ziemniaków, określenie wielkości przysługującego odszkodowania poprzedzone powinno być dokonaniem ich podziału na frakcje.

Tabela 2

Podstawowe wymagania jakościowe ziemniaków frakcji handlowej z podziałem na wczesne i jadalne*
Basic quality requirements for potatoes of the marketable fraction considering division into early and table potatoes*

Wymagania wymiarowe bulw Requirements related to tuber size	Ziemniaki jadalne Table potatoes	Ziemniaki wczesne Early potatoes
Minimalna średnica bulw okrągłych i okrągło-owalnych Minimum diameter of spherical and spherical-oval tubers	poprzeczna 35 mm lateral diameter 35 mm	poprzeczna 28 mm lateral diameter 28 mm
Minimalna średnica bulw podłużnych Minimum diameter of elongated tubers	poprzeczna 30 mm, a podłużna powinna być 2 razy większa niż poprzeczna lateral diameter 30 mm, and longitudinal diameter should be 2x the lateral	poprzeczna 28 mm lateral diameter 28 mm

* — Opracowano na podstawie Rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 29 października 2003 roku

* — Elaborated on the basis of the Decree of the Minister of Agriculture and Development of Rural Areas dated 29th October, 2003

Dla potrzeb metodycznych związanych z szacowaniem szkód wyrządzanych przez zwierzęta łowne, wykorzystywane są wyłącznie wymagania wymiarowe bulw (tab. 2) (Rozp. Min Rol. z dnia 29 października 2003 roku). W oparciu o te wymagania, podczas pobierania prób polowych określających wydajność, dokonujemy podziału na frakcje, handlową i paszową oraz określamy ich udział w plonie. Najczęściej frakcja handlowa stanowi ok. 70% zaś paszowa 30%, jednak w przypadku występowania różnorodnych chorób lub znacznego zachwaszczenia uprawy dochodzi zarówno do obniżenia plonu ogólnego jak i handlowego ziemniaków (Kapsa, 2006; Sawicka i in., 2006), tym samym konieczna wydaje się być w tym zakresie, dokładna ocena jakości ziemniaków pobranych w czasie polowych prób wydajności.

Ustalenie wielkości przysługującego odszkodowania, niezależnie od zastosowanej wcześniej metody określania wielkości utraconego plonu, oparte jest na sprowadzeniu do wielkości ekonomicznych, utraconej ilości plonu i uśrednionej ceny rynkowej ziemniaków, obowiązującej w danym okresie i regionie. Dodatkowo przy obliczaniu wielkości odszkodowania, zastosowanie mają ceny rynkowe poszczególnych frakcji, z uwzględnieniem ich procentowego udziału.

Ważnym elementem związanym z procedurą szacowania jest fakt, że ustaloną wielkość odszkodowania należy pomniejszyć o nie poniesione koszty zbioru, transportu i magazynowania (Rozp. Min. Środ. z 15 lipca 2002). Wielkość tych kosztów jest zróżnicowana i wynika najczęściej z całkowitego areалу uprawy, wielkości plonu, zastosowanej techniki zbioru oraz oddalenia uprawy od gospodarstwa. Średnia wielkość tych kosztów kształtuje się na poziomie od 5 do 10% wartości sprzedaży ziemniaków, wynikającej z potencjalnej możliwości plonowania oraz aktualnej ceny rynkowej. Jednak wielkość tych kosztów powinna być ustalana indywidualnie dla każdej zniszczonej uprawy.

Obliczona zgodnie z przedstawioną procedurą, kwota przysługującego odszkodowania z tytułu zniszczeń dokonanych przez zwierzynę, powinna zostać wypłacona poszkodowanemu rolnikowi, w ciągu 30 dni od daty ostatecznego szacowania szkody.

UPRAWY WYMAGAJĄCE ZAORANIA

W przypadku znacznego uszkodzenia uprawy, ze względów opłacalności często zachodzi konieczność jej zaorania. W takim przypadku procedury związane z określeniem wielkości odszkodowania są zbliżone. Przy czym podczas szacowania wstępnego, które najczęściej jest również ostatecznym i kwalifikuje daną uprawę do zaorania, konieczne jest ustalenie faktycznej obsady, w częściach nieuszkodzonych oraz jej odniesienie do obsady teoretycznej przy danej technologii uprawy. Ustalenie wielkości utraconego plonu, w takich przypadkach oparte jest na średniej wydajności ziemniaków określonej klasy wczesności, w rejonie gdzie wystąpiła szkoda, według danych Ośrodka Doradztwa Rolniczego. Jednocześnie dla upraw przeznaczonych do zaorania, o wielkości przysługującego odszkodowania decyduje termin wystąpienia szkody (tab. 3), który warunkuje procentowe zmniejszenie wielkości przysługującego odszkodowania (Rozp. Min. Środ. z 15 lipca 2002).

Tabela 3

Wysokość odszkodowania w zależności od terminu wystąpienia szkody*
Amount of damages in relation to the time of occurrence of the damage*

Termin zaistnienia szkody Time of damage occurrence	Odsetek kwoty odszkodowania (%) Percentage amount of damages payable (%)
Do dnia 15 kwietnia — Up till 15 th April	25
Od 16 kwietnia – 20 maja — From 16 th April till 20 th May	40
Od 21 maja – 10 czerwca — From 21 st May till 10 th June	60
Od dnia 11 czerwca — From 11 th June on	85

* — Opracowano na podstawie Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 15 lipca 2002 roku

* — Elaborated on the basis of the Decree of the Minister for the Environment dated 15th July, 2002

LITERATURA

- Chotkowski J., Rembeza J. 2006. Tendencje zmian na rynku ziemniaków w Polsce. W: Produkcja ziemniaków. Chotkowski J. (red.) Wydawnictwo Wieś Jutra. Warszawa: 7 — 15.
- Drozd L. 1988 a. Wpływ rozdrobnienia kompleksów leśnych na szkody wyrządzane przez dziki w uprawach polowych w makroregionie środkowowschodniej Polski. Sylwan, Nr 11-12: 79 — 84.
- Drozd L. 1988 b. Szkody wyrządzane przez dziki w uprawach polowych w makroregionie środkowowschodniej Polski. ANNALES UMCS Sectio EE, Vol. VI, 29: 243 — 253.
- Dubas W. J. 1996. Szkody łowieckie w przyleśnych uprawach rolnych w północno-wschodniej Polsce. Sylwan, Nr 10, ss. 45 — 56.
- Flis M. 2007. Szkody w ziemniakach. Łowiec Polski, Nr 9, ss. 50 — 53.
- Jabłoński K. 1997. Sadzenie, pielęgnacja i ochrona ziemniaków. Wydawnictwo Fundacja, Rozwój SGGW. Warszawa.
- Kapsa J. 2006. Ochrona plantacji przed patogenami wywołującymi choroby ziemniaka. W: Produkcja ziemniaków. Chotkowski J. (red.) Wydawnictwo Wieś Jutra. Warszawa: 72 — 85.
- Pawińska M. 2006. Ochrona plantacji przed szkodnikami. (w:) Produkcja ziemniaków. Chotkowski J. (red.), Wydawnictwo Wieś Jutra. Warszawa, ss. 86 — 96.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 29 października 2003 roku w sprawie szczegółowych wymagań w zakresie jakości handlowej ziemniaków (Dz. U. z 2003 r. Nr 194, poz. 1900).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 lipca 2002 roku, w sprawie postępowania przy szacowaniu szkód oraz wypłat odszkodowań za szkody w uprawach i płodach rolnych (Dz. U. z 2002 r. Nr 126, poz. 1081).
- Sawicka B., Barbaś P., Kuś J. 2006. Wpływ zachwaszczenia łąn na plon ogólny i handlowy bulw ziemniaka w warunkach ekologicznego i integrowanego systemu produkcji. Pamiętnik Puławski. Zeszyt 142: 429 — 443.
- Ustawa z dnia 13 października 1995 roku – Prawo łowieckie (Dz. U. 05.175.1462).
- Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 roku – O ochronie przyrody (Dz. U. z 2004 r. Nr 92, poz. 880) z późniejszymi zmianami.
- Wójcik M. 2003. Szacowanie szkód łowieckich. Wydawnictwo Zachodni Poradnik Łowiecki. Piła: 43 — 50.

MARZENNA OLSZEWSKA

STEFAN GRZEGORCZYK

Katedra Łąkarstwa

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Intensywność fotosyntezy i transpiracji liści *Lotus corniculatus* L. uprawianej w mieszankach z *Festulolium braunii* (K. Richt.) A. Camus i *Festuca pratensis* L. w zależności od nawożenia azotem i pogody

Intensity of photosynthesis and transpiration of leaves of *Lotus corniculatus* L. grown in mixtures with *Festulolium braunii* (K. Richt.) A. Camus and *Festuca pratensis* L. depending on multiple nitrogen fertilization and weather conditions

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu gatunku towarzyszącego i nawożenia azotem na intensywność fotosyntezy i transpiracji, współczynnik wykorzystania wody oraz indeks zieloności liści komonicy zwyczajnej uprawianej w mieszance z *Festulolium* i kostrzewą łąkową na tle zmiennych warunków pogodowych. Wyniki badań pochodzą z eksperymentu polowego realizowanego w latach 2004–2006. Ścisłe doświadczenie polowe założono metodą losowanych podbloków, w czterech powtórzeniach, na polu Stacji Dydaktyczno-Doświadczalnej w Tomaszku w województwie warmińsko-mazurskim. Stwierdzono, że w warunkach niedoboru opadów komonica zwyczajna uprawiana w mieszance z *Festulolium* odznaczała się istotnie większą intensywnością fotosyntezy, mniejszą transpiracją i lepiej wykorzystywała wodę niż w mieszance z kostrzewą łąkową, gromadziła jednak mniej chlorofilu w liściach. Nawożenie azotem wpływało w większym stopniu na badane parametry u komonicy zwyczajnej uprawianej z *Festulolium* niż z kostrzewą łąkową.

Słowa kluczowe: fotosynteza, indeks zieloności liści, *Lotus corniculatus* L., mieszanki, nawożenie azotem, transpiracja, warunki pogodowe

The objective of this study was to determine the effect of accompanying species and nitrogen fertilization on the rate of photosynthesis and transpiration, water use efficiency and leaf greenness values of *Lotus corniculatus* L. grown in mixtures with *Festulolium* or *Festuca pratensis* L. under variable weather conditions. A field experiment was conducted over 2004–2006. The exact field experiment was established in a randomized split-plot design, in four replications, at the Experimental Station in Tomaszko, province Warmia and Mazury. It was found that under conditions of rainfall deficiency *Lotus corniculatus* grown in mixture with *Festulolium* was characterized by a significantly higher rate of photosynthesis, a lower rate of transpiration and higher water use efficiency, compared

to *Lotus corniculatus* grown in mixture with *Festuca pratensis*; however, the former accumulated less chlorophyll in leaves. Nitrogen fertilization affected the investigated parameters to a greater degree when *Lotus corniculatus* was grown with *Festulolium* than when it was grown with *Festuca pratensis*.

Key words: leaf greenness index, *Lotus corniculatus* L., mixture, nitrogen fertilization, photosynthesis, transpiration, weather conditions

WSTĘP

Nasilający się w ostatnich latach problem susz w Polsce (Łabędzki, 2004) skłania do większego wykorzystania w produkcji pasz gatunków odpornych na suszę, efektywniej wykorzystujących promieniowanie słoneczne i oszczędnie gospodarujących wodą. Komonica zwyczajna ze względu na silnie rozwinięty system korzeniowy i zdolność pobierania wody z głębokich warstw gleby może być uprawiana w stanowiskach suchych (Novoselova, Frame, 1992; Wilczek i in., 1999). Częstym komponentem mieszanki z komonicą zwyczajną jest kostrzewa łąkowa. Należy ona jednak do traw mało odpornych na suszę (Borawska-Jarmułowicz, 2004), dlatego w warunkach niedoboru wody w glebie gatunkiem konkurencyjnym w stosunku do kostrzewy łąkowej może być *Festulolium*. Wymiana gazowa roślin i indeks zieloności liści są dobrymi wskaźnikami reakcji roślin na niesprzyjające warunki klimatyczne.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu gatunku towarzyszącego i nawożenia azotem na intensywność fotosyntezy i transpiracji, współczynnik wykorzystania wody oraz indeks zieloności liści komonicy zwyczajnej uprawianej w mieszance z *Festulolium* i kostrzewą łąkową na tle zmiennych warunków pogodowych.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2004–2006. Ścisłe doświadczenie polowe założono metodą losowanych podbloków, w czterech powtórzeniach na polu Stacji Dydaktyczno-Doświadczalnej w Tomaszku woj. warmińsko-mazurskie. Doświadczenie zlokalizowano na glebie brunatnej właściwej, wytworzonej z gliny lekkiej, klasy bonitacyjnej III b, należącej do kompleksu 2 (pszennego dobrego). Zawartość próchnicy w glebie wynosiła 1,50%, natomiast właściwości chemiczne przedstawiały się następująco: pH w 1 mol KCl — 7,1 dm⁻³; N-ogółem — 0,085%; P — 54 mg, K — 108 mg, Mg — 50 mg·kg⁻¹. Badaniami objęto komonicę zwyczajną odmiany Skrzyszowicka uprawianą w mieszankach (50/50%) z *Festulolium* odmiany Sulino i kostrzewą łąkową odmianą Skawa. Badane parametry porównywano na tle zróżnicowanego nawożenia azotem: obiekty bez nawożenia, obiekty nawożone w dawce 60 kg i 120 kg N·ha⁻¹. Nawożenie azotem (saletra amonowa 34%), stosowano w trzech równych dawkach pod każdy odrost. Nawożenie fosforem i potasem na wszystkich obiektach było stałe. Fosfor stosowano jednorazowo wiosną w ilości 80 kg P₂O₅·ha⁻¹ (superfosfat 46%), natomiast potas w ilości 120 kg K₂O·ha⁻¹ (sól potasowa 60%), w dwóch równych dawkach: wiosną i po pierwszym pokosie. W okresie wegetacji mierzono intensywność fotosyntezy i transpiracji liści za pomocą przenośnego analizatora gazowego Li-Cor 6400. Wskaźniki oznaczono przy stałym stężeniu CO₂, wynoszącym 400 ppm, oświetleniu 1000 μmol m⁻² s⁻¹. Ponadto

oznaczono indeks zieloności liści za pomocą chlorofilometru SPAD-502. Urządzenie to mierzy różnice między absorpcją światła przy długości fali 650 i 940 nm, a iloraz tych wartości przedstawiony jest jako indeks zieloności liścia. Pomiary wykonywano na 30 najmłodszych w pełni rozwiniętych liściach roślin losowo wybranych z każdego poletka. W każdym odroście wykonano po 4 pomiary w odstępach tygodniowych. W pracy przedstawiono średnie wartości dla poszczególnych lat badań. Na podstawie ilorazu chwilowych wartości fotosyntezy i transpiracji wyliczono fotosyntetyczny współczynnik wykorzystania wody (WUE — Water Use Efficiency). Wyniki badań opracowano statystycznie korzystając z programu STATISTICA 6.0.

Warunki pogodowe były zróżnicowane w poszczególnych latach badań (tab. 1).

Tabela 1

Średnia dobową temperaturę powietrza i miesięczne sumy opadów atmosferycznych w latach 2004–2006 (dane ze stacji meteorologicznej w Tomaszku)
Mean daily air temperature and monthly total rainfall over 2004–2006 (as reported by the Meteorological Station at Tomaszko)

Miesiąc Month	Średnia dobową temperaturę powietrza Mean daily air temperature (°C)			Średnia z lat 1961–1990 Mean for years 1961–1990
	2004	2005	2006	
Styczeń — January	-6,4	1,4	-8,5	-3,0
Luty — February	-0,9	-5,0	-3,3	-2,8
Marzec — March	2,0	-3,6	-2,5	1,0
Kwiecień — April	7,3	7,4	7,3	6,5
Maj — May	11,0	11,5	12,5	12,6
Czerwiec — June	14,6	13,9	16,0	15,7
Lipiec — July	16,7	19,7	20,9	17,4
Sierpień — August	18,2	16,3	17,2	16,9
Wrzesień — September	12,4	16,8	14,8	12,5
Październik — October	8,4	9,8	9,9	7,8
Listopad — November	2,5	4,6	5,1	2,8
Grudzień — December	2,3	-0,3	4,3	-1,3
Średnia z okresu wegetacji Mean for vegetative period	13,4	14,3	14,8	13,6
Suma opadów atmosferycznych Total of rainfalls (mm)				
Styczeń — January	29,8	43,0	19,8	28,3
Luty — February	51,9	27,1	27,6	19,5
Marzec — March	33,7	38,6	6,0	24,5
Kwiecień — April	46,5	10,9	25,6	32,8
Maj — May	79,3	33,7	89,2	49,4
Czerwiec — June	111,2	47,6	79,2	83,9
Lipiec — July	76,1	93,6	29,3	74,9
Sierpień — August	99,0	33,1	165,0	71,4
Wrzesień — September	22,6	78,4	51,0	58,8
Październik — October	52,3	19,6	38,3	46,6
Listopad — November	29,8	40,3	79,3	51,3
Grudzień — December	43,4	57,0	45,4	37,4
Suma z okresu wegetacji Total for vegetative period	434,7	297,3	439,3	371,2

W roku 2004 średnie dobowe temperatury powietrza w okresie wegetacji były zbliżone do średnich z wielolecia, jedynie w sierpniu znacznie przewyższały te wartości. Lata 2005–

2006 charakteryzowały się wysokimi średnimi temperaturami powietrza, szczególnie wysokie wartości odnotowano w lipcu, wrześniu i październiku. Rozkład opadów w okresie wegetacji roślin charakteryzował się dużą zmiennością. W latach 2004 i 2006 suma opadów w okresie wegetacji przewyższała średnią z wielolecia o ok. 18%. W 2004 roku duża ilość opadów wystąpiła w kwietniu, maju, czerwcu i sierpniu, natomiast znaczne niedobory odnotowano we wrześniu. W 2006 roku najwięcej opadów było w maju i sierpniu, zaś znaczne niedobory wystąpiły w kwietniu i lipcu. W roku 2005 opady były o 20% mniejsze od średniej z wielolecia, szczególnie suche były miesiące: kwiecień, maj, czerwiec i sierpień, natomiast w lipcu suma opadów przewyższała średnią z wielolecia o 25%, a we wrześniu aż o 33%. Podsumowując, najmniej korzystny był rok 2005 charakteryzujący się wysokimi temperaturami powietrza w okresie wegetacji i małą ilością, nierównomiernie rozłożonych opadów.

WYNIKI I DYSKUSJA

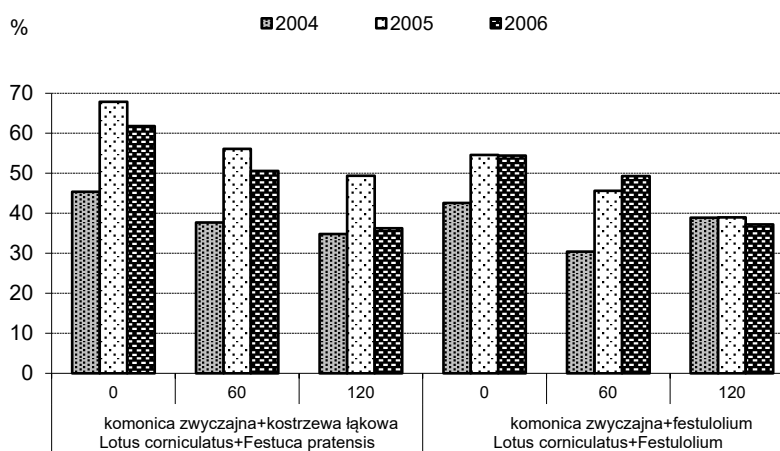
Uzyskane wyniki wykazały znaczne zróżnicowanie intensywności fotosyntezy w poszczególnych latach badań (tab. 2).

Tabela 2

Intensywność fotosyntezy w latach 2004–2006 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) Intensity of photosynthesis in 2004–2006 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)					
Mieszanka Mixture	Nawożenie N N fertilization	2004	2005	2006	Średnia Mean
Komonica zwyczajna+kostrzewa łąkowa	0	14,32 e	8,09 b	19,71 de	14,04 d
	60	13,06 d	9,25 c	13,93 a	12,08 b
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festuca pratensis</i>	120	11,53 c	8,15 b	17,22 b	12,30 b
Komonica zwyczajna+ <i>Festulolium</i>	0	10,96 c	9,92 d	18,13 bc	13,00 c
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festulolium</i>	60	9,98 b	12,68 e	20,57 e	14,40 d
	120	7,43 a	5,92 a	18,70 cd	10,68 a
Średnia dla mieszanek Mean for mixtures					
Komonica zwyczajna+ kostrzewa łąkowa		12,97 b	8,50 a	16,95 a	12,81 a
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festuca pratensis</i>					
Komonica zwyczajna+ <i>Festulolium</i>		9,46 a	9,51 b	19,13 b	12,70 a
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festulolium</i>					
Średnia dla nawożenia Mean for fertilization					
	0	12,64 c	9,00 b	18,92 b	13,52 b
	60	11,52 b	10,97 c	17,25 a	13,24 b
	120	9,49 a	7,04 a	17,96 a	11,49 a

Intensywność fotosyntezy w liściach komonicy zwyczajnej była najmniejsza w drugim roku badań. Wartości fotosyntezy zawierały się w przedziale $5,92\text{--}12,68 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Najintensywniej rośliny asymilowały w trzecim roku eksperymentu ($13,93\text{--}20,57 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Było to odzwierciedleniem panujących warunków atmosferycznych. Niskie wartości fotosyntezy korespondowały z wysokimi temperaturami powietrza w okresie wegetacji i małą ilością, nierównomiernie rozłożonych opadów. Jak podają Kalaji

i Żebrowski (2004) proces fotosyntezy jest szczególnie podatny na niesprzyjające warunki klimatyczne z uwagi na wrażliwość aparatu fotosyntetycznego organów asymilacyjnych roślin. Zmniejszenie intensywności fotosyntezy na skutek niedoboru wody jest związane ze spadkiem aktywności RuBisCo (Lu i Zhang, 1998) oraz ze zmniejszeniem przewodności dyfuzyjnej szparek i przez to ograniczeniem dostępności dwutlenku węgla (Hejnák i Křížková, 2004; Wojtasik, 2004). W przeprowadzonych badaniach intensywność asymilacji CO₂ komonicy zwyczajnej zależała również istotnie od komponentu trawiastego mieszanki. Komonica uprawiana w mieszance z kostrzewą łąkową lepiej asymilowała w warunkach korzystnych dla rozwoju roślin, natomiast w warunkach niedoboru wody w glebie istotnie większą intensywność fotosyntezy stwierdzono u komonicy uprawianej w mieszance z *Festulolium*. Nawożenie azotem mineralnym ograniczało intensywność fotosyntezy komonicy zwyczajnej w pierwszym i trzecim roku eksperymentu, zaś w drugim roku badań charakteryzującym się wysokimi temperaturami powietrza i małą ilością nierównomiernie rozłożonych opadów proces fotosyntezy najlepiej przebiegał w liściach komonicy nawożonej azotem w dawce 60 kg·ha⁻¹. Średnie wartości fotosyntezy z trzech lat badań wykazały, że komonica uprawiana w mieszance z kostrzewą łąkową lepiej asymilowała na obiektach nienawożonych azotem, zaś z *Festulolium* na obiektach nawożonych dawką 60 kg N·ha⁻¹. Wiąże się to z procentowym udziałem komonicy w runi. W mieszance z kostrzewą łąkową stanowiła ona większy udział w runi, szczególnie nienawożonej azotem, niż w uprawie z *Festulolium*. *Festulolium* okazała się gatunkiem bardziej konkurencyjnym w stosunku do komonicy niż kostrzewa łąkowa (rys. 1). Dużą agresywność tej trawy w stosunku do roślin motylkowatych potwierdzają badania Borowieckiego (1997), Domańskiego i Joksa (1999) oraz Ścibior i Gawel (2004).



Rys. 1. Średni udział komonicy zwyczajnej w runi badanych mieszanek
Fig. 1. Mean share of *Lotus corniculatus* in the sward of mixtures

Największą intensywność transpiracji z jednostki powierzchni liści komonicy stwierdzono w drugim roku badań (tab. 3).

Tabela 3

Intensywność transpiracji w latach 2004–2006 ($\text{m mol H}_2\text{O m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
Intensity of transpiration in 2004–2006 ($\text{m mol H}_2\text{O m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

Mieszanka Mixture	Nawożenie N N fertilization	2004	2005	2006	Średnia Mean
Komonica zwyczajna+kostrzewa łąkowa	0	4,48 b	6,50 e	5,47 d	5,48 e
	60	4,15 ab	5,48 cd	3,84 a	4,49 a
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festuca pratensis</i>	120	3,83 a	5,05 bc	4,29 ab	4,39 a
Komonica zwyczajna+ <i>Festulolium</i>	0	5,39 d	4,48 a	5,02 cd	4,96 c
	60	5,33 d	5,89 d	4,63 bc	5,28 d
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festulolium</i>	120	4,93 c	5,04 b	4,22 ab	4,73 b
Średnia dla mieszanek Mean for mixtures					
Komonica zwyczajna+ kostrzewa łąkowa		4,15 a	5,67 b	4,53 a	4,79 a
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festuca pratensis</i>					
Komonica zwyczajna+ <i>Festulolium</i>		5,22 b	5,14 a	4,62 a	4,99 b
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festulolium</i>					
Średnia dla nawożenia Mean for fertilization					
	0	4,94 b	5,49 b	5,24 b	5,22 c
	60	4,74 b	5,68 b	4,24 a	4,89 b
	120	4,38 a	5,04 a	4,26 a	4,56 a

Nawożenie azotem mineralnym w dawce $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ istotnie ograniczało parowanie wody. W odniesieniu do obiektów kontrolnych intensywność transpiracji komonicy została ograniczona o 20% w uprawie z kostrzewą łąkową i o 5% w uprawie z *Festulolium*. Azot jest pierwiastkiem regulującym transpirację roślin. Jak wykazały doświadczenia prowadzone na roślinach w warunkach suszy, dużą rolę odgrywa tu tlenek azotu, który stymuluje zamykanie aparatów szparkowych, przez co ogranicza transpirację i utratę wody pozwalając roślinom na przetrwanie w ekstremalnych warunkach wilgotnościowych (Garcia-Mata i Lamattina, 2001; Neill i in., 2002). Komonica uprawiana z kostrzewą łąkową najwięcej wody z jednostki powierzchni liści transpirowała na obiektach nie nawożonych azotem, natomiast uprawiana z *Festulolium* na obiektach nawożonych niższą dawką azotu. Średnie wartości transpiracji wykazały, że więcej wody transpirowały liście komonicy uprawianej z *Festulolium*, jednak dało się zauważyć, że w warunkach niedoboru wody komonica uprawiana z *Festulolium* transpirowała mniej wody niż uprawiana z kostrzewą łąkową. Wiąże się to bezpośrednio ze współczynnikiem wykorzystania wody. W warunkach wysokich temperatur powietrza i mniejszej dostępności wody w glebie komonica uprawiana w mieszance z *Festulolium* lepiej wykorzystywała wodę (tab. 4). Zarówno komonica zwyczajna, jak i *Festulolium* należą do roślin o mocnym systemie korzeniowym, czerpiącym wodę z głębszych warstw glebowych (Bukowiecki i in., 1997; Domański i Jokś, 1999), ponadto zastosowana w doświadczeniu odmiana Sulino *Festulolium* jest klasyfikowana przez COBORU (Lista Odmian Roślin Rolniczych, 1998) jako odporna na suszę. Przypuszczalnie stąd właśnie wynika mniejsza reakcja na deficyt wodny i lepsze wykorzystanie wody komonicy uprawianej z *Festulolium* niż z kostrzewą łąkową. Średnie wyniki trzyletniego okresu badań wykazały, że komonica najlepiej wykorzystuje wodę na obiektach nawożonych azotem w dawce $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, natomiast

różnice między komoniką nienawożoną i nawożoną większą dawką azotu nie zostały statystycznie potwierdzone.

Tabela 4

Współczynnik wykorzystania wody w latach 2004–2006 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m mol}^{-1}\text{H}_2\text{O}^{-1}$)**Water use efficiency in 2004–2006 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m mol}^{-1}\text{H}_2\text{O}^{-1}$)**

Mieszanka Mixture	Nawożenie N N fertilization	2004	2005	2006	Średnia Mean
Komonica zwyczajna+kostrzewa	0	3,20 c	0,77 a	3,90 a	2,62 a
łąkowa	60	3,19 c	1,54 b	3,72 a	2,82 b
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festuca pratensis</i>	120	3,03 c	1,40 b	3,78 a	2,74 a
Komonica zwyczajna+festulolium	0	2,18 b	2,80 d	3,73 a	2,90 b
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festulolium</i>	60	2,43 b	2,69 d	6,21 b	3,77 c
	120	1,62 a	1,97 c	5,50 b	3,03 b
Średnia dla mieszanek Mean for mixtures					
Komonica zwyczajna+ kostrzewa łąkowa		3,14 b	1,24 a	3,80 a	2,73 a
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festuca pratensis</i>					
Komonica zwyczajna+ <i>Festulolium</i>		2,07 a	2,48 b	5,15 b	3,23 b
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festulolium</i>					
Średnia dla nawożenia Mean for fertilization					
	0	2,69 b	1,78 b	3,81 a	2,76 a
	60	2,81 b	2,12 c	4,96 b	3,30 b
	120	2,32 a	1,78 b	4,64 b	2,88 a

Tabela 5

Indeks zieloności liści (SPAD) w latach 2004–2006**Leaf greenness index (SPAD) in 2004–2006**

Mieszanka Mixture	Nawożenie N N fertilization	2004	2005	2006	Średnia Mean
Komonica zwyczajna+kostrzewa	0	45,19 c	48,77 c	43,86 a	45,94 b
łąkowa	60	43,18 b	48,07 b	43,11 a	44,78 a
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festuca pratensis</i>	120	42,17 a	49,59 d	46,06 b	45,94 b
Komonica zwyczajna+festulolium	0	45,97 d	49,22 cd	43,35 a	46,18 bc
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festulolium</i>	60	47,13 e	46,43 a	46,08 b	46,54 c
	120	45,94 d	46,66 a	43,11 a	45,24 a
Średnia dla mieszanek Mean for mixtures					
Komonica zwyczajna+ kostrzewa łąkowa		43,51 a	48,81 b	44,34 a	45,56 a
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festuca pratensis</i>					
Komonica zwyczajna+ festulolium		46,34 b	47,43 a	44,18 a	45,99 b
<i>Lotus corniculatus</i> + <i>Festulolium</i>					
Średnia dla nawożenia Mean for fertilization					
	0	45,58 c	48,99 c	43,60 a	46,06 b
	60	45,15 b	47,25 a	44,59 b	45,66 a
	120	44,06 a	48,13 b	44,58 b	45,59 a

Gatunek trawy będący komponentem mieszanki istotnie wpływał na indeks zieloności liści komonicy zwyczajnej (tab. 5). Generalnie komonica uprawiana z *Festulolium*

charakteryzowała się większą zawartością chlorofilu w liściach. Na jego poziom duży wpływ miały warunki pogodowe. W okresie dobrego uwilgotnienia gleby komonica zwyczajna uprawiana w mieszance z *Festulolium* odznaczała się istotnie większymi wartościami SPAD, natomiast w warunkach niedoboru wilgoci większe wartości indeksu zieloności liści notowano u komonicy uprawianej z kostrzewą łąkową. Zawartość chlorofilu zmieniała się również w zależności od poziomu nawożenia azotem. Komonica uprawiana z kostrzewą łąkową najmniej chlorofilu gromadziła na obiektach z niższą dawką azotu, zaś w mieszance z *Festulolium* na obiektach nawożonych w ilości 120 kg N·ha⁻¹.

WNIOSKI

1. W warunkach niedoboru opadów komonica zwyczajna uprawiana w mieszance z *Festulolium* odznaczała się istotnie większą intensywnością fotosyntezy, mniejszą transpiracją i lepiej wykorzystywała wodę niż w mieszance z kostrzewą łąkową, gromadziła jednak mniej chlorofilu w liściach.
2. Nawożenie azotem mineralnym wpływało w większym stopniu na badane parametry u komonicy zwyczajnej uprawianej z *Festulolium* niż z kostrzewą łąkową.

LITERATURA

- Borawska-Jarmułowicz B. 2004. Wpływ 12-letniego użytkowania na trwałość odmian traw o późnym typie fenologicznym w mieszankach łąkowych. Łąkarstwo w Polsce 7: 45 — 53.
- Borowiecki J. 1997. Przydatność festulolium do uprawy w mieszankach z lucerną. Pam. Puł. 109: 34 — 44.
- Bukowiecki F. K., Paluch B., Antoniewicz A. 1997. Niektóre cechy morfologiczne koniczyny białej (*Trifolium repens* L.) i komonicy zwyczajnej (*Lotus corniculatus* L.) a zawartość białka ogólnego i włókna surowego w liściach i łodygach tych gatunków. Biul. Oc. Odm. 29: 127 — 131.
- Domański P., Jokś W. 1999. Odmiany *Festulolium* — efekt postępu biologicznego. Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, 220, Rolnictwo (44): 87 — 94.
- Garcia-Mata C., Lamattina L. 2001. Nitric oxide induces stomatal closure and enhances the adaptive plant responses against drought stress. Plant Physiol. 126: 1196 — 1204.
- Hejnák V., Křížková J. 2004. The effect of water stress on photosynthesis of spring barley. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 496: 241 — 249.
- Kalaji H. M., Żebrowski M. 2004. Intensywność fotosyntezy jedno — i dwuliściennych roślin C₃ i C₄ w różnych warunkach środowiska. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 496: 133 — 142.
- Lista Odmian Roślin Rolniczych. 1998. COBORU Słupia Wielka.
- Lu C. M., Zhang J. H. 1998. Effects of water stress on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and photo inhibition in wheat plants. Austr. J. Plant. Physiol. 25: 883 — 892.
- Łabędzki L. 2004. Problematyka susz w Polsce. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 4, 1 (10): 47 — 66.
- Neill S. J., Desikan R., Clarke A., Hancock J. T. 2002. Nitric oxide is a novel component of abscise acid signalling stomatal guard cell. Plant Physiol. 128: 13 — 16.
- Novoselova A., Frame J., 1992. The role of legumes in European grassland production. Proc. 14th Gen. Meeting EGF, Lahti, Finland: 87 — 96.
- Ściobior H., Gawel E. 2004. Plonowanie i wartość pokarmowa wielogatunkowych mieszanek koniczyny czerwonej z trawami. Pam. Puł. 137: 149 — 161.
- Wilczek M., Ćwintal M., Andruszczyszyn K., 1999. Plonowanie komonicy zwyczajnej w zależności od wybranych czynników agrotechnicznych na glebie lekkiej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 468: 255 — 264.

- Wojtasik D. 2004. Wpływ deszczowania i nawożenia mineralnego na plonowanie jęczmienia browarnego i pastewnego uprawianego na glebie lekkiej. Cz. I. Wzrost i rozwój roślin. Acta Sci. Pol., Agricultura, 3 (2): 119 — 129.

SŁAWOMIR PROŃCZUK

MARIA PROŃCZUK

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Ocena przydatności odmian życicy trwałej (*Lolium perenne* L.) na trawniki okresowo zacieniane

Evaluation of the response of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) cultivars to temporary shading in turf maintenance

W latach 2000–2003 badano osiem odmian życicy trwałej (*Lolium perenne* L.) pochodzenia krajowego i zagranicznego oraz jedną odmianę kostrzewy czerwonej kępowej (*Festuca rubra* L. ssp. *commutata* Gaud.) i jedną śmiałka darniowego (*Deschampsia caespitosa* (L.) P. Beauv.) jako wzorce. Ocenę odmian przeprowadzono w dwóch doświadczeniach zlokalizowanych w pełnym słońcu i w warunkach okresowego zacienienia powodowanego przez ścianę budynku. W doświadczeniach zastosowano intensywne użytkowanie trawnikowe. Oceniano następujące cechy: ogólny aspekt estetyczny i zadarnienie w sezonach: wiosna, lato, jesień oraz nasilenie pleśni śniegowej (*Microdochium nivale*) po zimie. Stwierdzono, że okresowe zacienienie wpłynęło na obniżenie wartości wszystkich badanych cech odmian w porównaniu do wartości uzyskanej w pełnym słońcu. Największy spadek wartości notowano w zadarnieniu trawników. Wartość tej cechy obniżyła się średnio o 14,5% w stosunku do stanowiska nasłonecznionego, a zakres u odmian zawierał się w przedziale od 5,2% u Barcampsia — odmiany śmiałka darniowego do 22,5% u Repell — odmiany życicy trwałej. Warunki świetlne wpłynęły na ujawnienie się różnic w podatności odmian na pleśń śniegową. Większość odmian życicy trwałej była bardziej podatna na tę chorobę w cieniu w porównaniu do pełnego oświetlenia. Wyjątkiem były takie odmiany życicy jak Taya i Stoper oraz odmiany wzorcowe: Barcampsia (śmiałek darniowy) i Nimba (kostrzewa czerwona), które były mniej porażane w cieniu niż w słońcu. Generalnie odmiany życicy trwałej bardziej reagowały na zacienienie i ustępowały pod względem badanych cech odmianom wzorcowym. Spośród odmian życicy najbardziej przydatna na trawniki okresowo zacieniane okazała się odmiana Sourire. Potwierdzono wysoką tolerancję na cień odmian śmiałka darniowego.

Słowa kluczowe: cechy trawników, kostrzewa czerwona kępowa (*Festuca rubra* ssp. *commutata*), odmiany, pleśń śniegowa, śmiełek darniowy (*Deschampsia caespitosa*)

Eight Polish and foreign cultivars of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) as well as one cultivar of chewing fescue (*Festuca rubra* L. ssp. *commutata* Gaud.) and one cultivar of tufted hairgrass (*Deschampsia caespitosa* (L.) P. Beauv.) used as standards were tested under temporary shading vs. full irradiance in the years 2000–2003. The experiments were conducted under intensive turf maintenance practices. The cultivars were evaluated for visual merit and sward density in spring, summer and autumn, and for their post-winter susceptibility to snow mould. It was found that temporary

shading, compared to full sunlight conditions, decreased the values of all the examined traits, but the greatest effect was seen in sward density. The decrease in a value of this trait depended on the grass cultivar, ranging from 5.2% in cv. Barcampia (*D. caespitosa*) to 22,5% in cv. Repell (*L. perenne*). The conditions of cultivation affected susceptibility of the cultivars to infestation by snow mould. Most of the perennial ryegrass cultivars were found to be more susceptible to this disease when cultivated in shade. Only cvs Taya and Stoper, and both standard cultivars, were less affected by snow mould in the shade than in full sunlight. In general, the response to shading of perennial ryegrass was more pronounced than that of the standard cultivars. The exception was cv. Sourire which showed satisfactory adaptability to temporary shading. High tolerance of cultivars of *D. caespitosa* to shading was also confirmed by the results obtained.

Key words: chewing fescue (*Festuca rubra* ssp. *commutate*), cultivars, snow mould, traits of lawn, tufted hairgrass (*Deschampsia caespitosa*)

WSTĘP

Trawy rosnące w cieniu narażone są na działanie wielu czynników wpływających niekorzystnie na ich wzrost i rozwój. Brak odpowiedniej ilości i jakości światła słonecznego powoduje osłabienie wigoru wzrostowego traw i zwiększa presję chorób (Dudeck i Peacock, 1992). Bell i Danneberger (1999) twierdzą, że uzyskanie trawnika o dobrej jakości darni w cieniu jest dużym wyzwaniem, a w niektórych warunkach może to być nawet niemożliwe. Te trudności inspirowały i nadal inspirują hodowców do poszukiwania gatunków i odmian tolerujących zacienienie (Coffey i Baltensperger, 1989; Bell i Danneberger, 1999; Prończuk i in., 2003; 2006). Pomimo intensyfikacji badań, szczególnie w USA, reakcja na cień zarówno gatunków jak i odmian traw nie jest dostatecznie poznana (Wood, 1969; Watschke i Schmidt, 1992). Niewątpliwy wpływ na to mają bardzo różne warunki dla wzrostu traw spotykane w naturalnym cieniu, jak też ograniczona powierzchnia o jednolitym zacienieniu dostępna do przeprowadzenia badań (Prończuk i in., 2001). Poza tym inna jest szkodliwość dla traw cienia wytwarzanego przez korony drzew, a inna cienia wytwarzanego przez ściany domów i inne obiekty architektury (Whitcomb i Roberts, 1973; Bell i in., 2000). Selekcja genotypów tolerujących cień jest jednak możliwa (Huylenbroeck i Bockstaele, 2000; Prończuk i in., 2003; Prończuk, 2004).

Życica trwała (*Lolium perenne*) jest jednym z głównych gatunków traw stosowanych na różne typy i rodzaje trawników. Odporność na deptanie predysponuje życicę na trawniki sportowe (Rutkowska i Hempel, 1986). Gatunek ten jest jednak zaliczany do traw dostatecznie lub nawet źle tolerujących zacienienie (Dudeck i Peacock, 1992; Fry i Huang, 2004). Cecha ta utrudnia utrzymanie dobrej jakości darni na nowoczesnych płytach boisk okresowo zacienianych przez trybuny (Rogers i in., 1994). Jako gatunek dobrze znoszący zacienienie, w piśmiennictwie, podawana jest kostrzewa czerwona (*Festuca rubra* L.) (Wood, 1969; Funk, 1981; Dudeck i Peacock, 1992). Ciekawym pod względem tolerancji na silne zacienienie jest śmiałek darniowy (*Deschampsia caespitosa* (L.) P. Beauv.) na co wskazują badania różnych autorów (Prończuk i in., 1996; 2001; Huylenbroeck i Bockstaele, 2001 cyt. za Schnotz, 2000).

Celem badań podjętych w 2000 roku była ocena reakcji na okresowe zacienienie odmian życicy trwałej w porównaniu do znanych z tolerancji na cień odmian: kostrzewy czerwonej kępowej i śmiałka darniowego.

MATERIAŁ I METODA

Badania przeprowadzono w latach 2000–2003. Materiałem do badań było osiem odmian życicy trwałej (*L. perenne*) pochodzenia krajowego i zagranicznego (tab. 4–6), oraz jedna odmiana kostrzewy czerwonej kępowej (*F. rubra* ssp. *commutata*) — Nimba i jedna odmiana śmiałka darniowego (*D. ceaspitosa*) — Barcampsia, traktowanych jako wzorce. Ocenę odmian przeprowadzono w dwóch niezależnych doświadczeniach (3 powtórzenia) założonych w 2000 roku na glebie pyłowo piaszczystej, drugiej klasy użyteczności rolniczej, w trzech powtórzeniach, metodą losowanych bloków. Powierzchnia poletka wynosiła 0,5 m².

Jedno doświadczenie założono na polu w warunkach pełnego słońca [1200 μmoli/m²/s PAR (Photosynthetically Active Radiation)], a drugie w okresowym cieniu powodowanym przez 4 metrową ścianę budynku symulującą cień powodowany przez trybuny na nowoczesnych stadionach. Światło dochodzące do roślin w cieniu budynku nie posiadało zmienionego spektrum, ale miało obniżoną jego intensywność. Rano — od wschodu słońca do południa intensywność światła wynosiła 200 μmoli/m²/s PAR. Po południu intensywność stopniowo wzrastała do pełnego nasłonecznienia po godz. 15⁰⁰ i wynosiła ok. 900 μmoli/m²/s PAR. W obydwu doświadczeniach zastosowano intensywne użytkowanie typu Sport (28–30 koszeń w roku na wysokość 3,5 cm, nawożenie: 260 kg N ha⁻¹, 60 kg P₂O₅ ha⁻¹, 190 kg K₂O ha⁻¹ w kilku dawkach, deszczowanie w okresach suszy).

Ocenę odmian przeprowadzano od 2001 do 2003 roku (okres pełnego użytkowania). Oceniano następujące cechy trawników: ogólny aspekt estetyczny, zadarnienie i nasilenie pleśni śniegowej (*Microdochium nivale*). Posługiwano się standardową skalą wizualnej oceny od 1 do 9, w której 1 oznaczał najgorszą wartość cechy, 6- stan zadawalający, a 9 najlepszą wartość (ideał) według metodyki IHAR (Prończuk, 1993). Obserwacje ogólnego aspektu i zadarnienia wykonywano w sezonach wiosna, lato, jesień, natomiast porażenie pleśnią śniegową w okresie przedwiośnia luty — marzec. Przy ocenie nasilenia pleśni śniegowej korzystano z opracowanego wcześniej diagramu, w którym poszczególnym stopniom skali przyporządkowano porażenie wyrażone w procentach uszkodzonej powierzchni poletka (Prończuk, 2000).

Wyniki oceny opracowano metodą analizy wariancji według modelu liniowego układu split-plot (Wójcik i Laudański, 1989). Do porównań szczegółowych wartości średnich zastosowano test Fishera.

WYNIKI I DYSKUSJA

Kompilując doświadczenia 1 i 2, porównano wyniki trzyletniej oceny cech odmian w pełnym słońcu i przy okresowym zacienieniu trawników. Analiza wariancji wykazała istotną zależność badanych cech od takich czynników jak: warunków pogodowych roku, w którym dokonywano ocenę, warunków świetlnych (słońce, cień) oraz ocenianej odmiany (tab. 1). Najściślejszy związek z tymi czynnikami miała cecha zadarnienie, o czym świadczą istotne i dość wysokie wartości ilorazu F_{emp} : 32,87** dla warunków roku, 38,84*** dla odmiany i 50,04*** dla warunków świetlnych (tab. 1). Ogólny aspekt

estetyczny trawników głównie zależał od odmiany i warunków świetlnych. Natomiast nasilenie pleśni śniegowej wiązało się przede wszystkim z warunkami pogodowymi roku oraz podatnością odmiany.

Tabela 1

Wartości F z analizy wariancji dla badanych cech odmian w relacji do warunków roku badań (głównie pogodowych), warunków świetlnych (słońce, cień) i badanych odmian
F – value from ANOVA for tested traits, in relation to year conditions (mainly environmental), light conditions (sun, shade) and cultivars tested

Cechy Traits	Czynniki Factors	F- value						
		powtórzenia bloks	warunki roku year conditions (A)	warunki świetlne light conditions (B)	odmiany cultivars (C)	Współdziałanie — interaction		
						A × B	A × C	B × C
Ogólny aspekt Visual merit		1,78	4,98	5,92*	11,41***	0,26	2,80***	2,52**
Zadarnienie Sward density		5,07	32,87**	50,04***	38,84***	0,58	3,41***	2,25*
Nasilenie pleśni śniegowej Snow mould prevalence		3,89	21,86**	1,56	8,42***	3,44	1,96**	7,79***

*, **, *** istotne przy $P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$

*, **, *** significant at $P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$

Analiza wskazała także na występowanie interakcji pomiędzy odmianą i warunkami pogodowymi roku oraz warunkami świetlnymi. To współdziałanie czynników dotyczyło wszystkich badanych cech, ale wartości ilorazów F_{emp} dla większości cech były dość niskie, co wskazuje na występowanie pewnej tendencji do interakcji cech z tymi czynnikami.

Warunki pogodowe w latach badań różniły się zarówno pod względem średniej temperatury jak i opadów deszczu — latem oraz zalegania śniegu na trawnikach podczas zimy (tab. 2). Zima i okres wegetacji roku 2001 i 2002 należały do ciepłych z temperaturami znacznie przekraczającymi średnią z wielolecia. Natomiast rok 2003 zaliczyć należy do chłodnych z ujemną średnią temperaturą podczas zimy (-1,7) i niższą od średniej wieloletniej temperaturą dla sezonu wegetacyjnego. Rok 2001 charakteryzował się krótko zalegającą pokrywą śniegu w miesiącach zimowych, ale obfitymi opadami deszczu podczas sezonu wegetacyjnego. Inna sytuacja pod tym względem była w dwóch następnych latach. Śnieg dłużej zalegał zimą, a w sezonie wegetacji występowały skąpe opady deszczu. Szczególne braki wody notowano w trzecim roku badań. Tak zmieniające się warunki miały niewątpliwy wpływ na kondycję roślin i ocenę cech, co wykazała analiza wariancji. Thorogood (2003) podaje, że życica trwała posiada dość szeroki zakres przystosowawczy do warunków środowiska. Wymaga jednak od 457 do 635 mm opadów rocznie. Takie ilości opadów rzadko występują w Polsce centralnej, a w 2002 i 2003 roku notowano nawet poważny deficyt wodny (tab. 2).

Tabela 2

Średnie temperatury i sumy opadów podczas zimy i w okresie sezonu wegetacji w latach 2001–2003 w porównaniu z danymi z wielolecia w Radzikowie

Mean temperatures and sum of precipitation during winter and season of vegetation in 2001–2003 at Radzików

Sezony Seasons	Średnie temperatury °C Mean temperatures °C				Opady ^{1,2)} Rainfall ^{1,2)}			
	2001	2002	2003	wielolecie long-term 1991-2000	2001	2002	2003	wielolecie long-term 1991-2000
Zima — Winter (XI–III)	2,6	1,8	-1,7	0,8	9 ¹⁾	35 ¹⁾	25 ¹⁾	19 ¹⁾
Sezon wegetacji Vegetation season (IV–X)	15,8	16,6	14,3	15,0	416,7 ²⁾	204,8 ²⁾	170,2 ²⁾	336,5 ²⁾

¹⁾ Dla zimy — liczba dni z pokrywą śniegu

¹⁾ For winter number of days with snow cover

²⁾ Dla sezonu wegetacji — suma opadów deszczu w mm

²⁾ For vegetation season - sum of rainfall in mm

Porównując średnie wyniki z oceny cech w latach (tab. 3) zaobserwowano tendencję do spadku wartości ogólnego aspektu estetycznego i zadarnienia wraz z rokiem użytkowania i warunkami środowiska (słońce, cień). Stwierdzono, że okresowe zacienienie bardziej wpływało na pogarszanie się zadarnienia niż ogólnego aspektu. Na obniżanie się wartości tych cech mogło mieć wpływ wiele czynników, wśród których wyliczyć należy: brak odpowiedniej ilości światła w cieniu i reakcja na użytkowanie trawnikowe. Wielu autorów podaje, że trawy rosnące w ograniczonym dostępie do światła mają obniżoną fotosyntezę, tworzą wydłużone liście i pędy (elongują), gorzej krzewią się i mają słabszy system korzeniowy (Smalley, 1981; Dudeck i Peacock, 1992; Bell i Danneberger, 1999). Częste i niskie koszenie zaś przyczynia się do spłykania systemu korzeniowego (Watschke i Schmidt, 1992). Wszystkie te czynniki oraz pogłębiający się deficyt wodny w latach (pomimo sporadycznego podlewania) mogły powodować osłabienie kondycji roślin i sukcesywny spadek wartości badanych cech.

Ta zależność nie występowała w przypadku oceny podatności na pleśń śniegową. Najwyższą wartość tej cech posiadały odmiany w drugim roku użytkowania, a najniższą w trzecim, co wiązało się ze zmiennymi warunkami zimowymi, które mniej lub bardziej sprzyjały rozwojowi patogena *M. nivale* powodującego pleśń śniegową. Wyniki oceny nasilenia choroby u odmian wskazują, że warunki podczas mroźnej zimy z długo zalegającą pokrywą śnieżną w 2002/2003 roku bardziej sprzyjały rozwojowi choroby niż podczas łagodnych zim w 2000/2001 i 2001/2002 (tab. 2 i 3) co potwierdza nasze wcześniejsze obserwacje (Prończuk i Zagdańska, 1993).

Tabela 3

Średnie wartości cech użytkowych dla badanych gatunków w zależności od warunków środowiska (słońce, cień) i lat użytkowania trawnikowego
Mean value of useful traits for tested species in relation to environment conditions (sunlight, shade) and year of turf maintenance

Rok Year	Gatunek Species	Cechy ¹⁾ — Traits ¹⁾					
		ogólny aspekt estetyczny visual merit		zadarnienie sward density		podatność na pleśń śniegową snow mould susceptibility	
		słońce sunlight	cień shade	słońce sunlight	cień shade	słońce sunlight	cień shade
2001	Życica trwała <i>Lolium perenne</i>	7,1	6,4	7,4	6,2	6,3	6,1
	Kostrzewa czerwona <i>Festuca rubra</i>	6,9	6,5	7,9	6,8	7,3	6,0
	Śmiałek darniowy <i>Deschampsia caespitosa</i>	6,8	6,8	8,0	8,2	6,0	8,0
	Średnia Mean	6,9	6,5	7,7	7,0	6,5	6,7
2002	Życica trwała <i>Lolium perenne</i>	6,7	6,2	6,6	5,6	6,8	6,9
	Kostrzewa czerwona <i>Festuca rubra</i>	7,3	7,3	7,6	6,3	6,0	7,0
	Śmiałek darniowy <i>Deschampsia caespitosa</i>	5,9	5,6	7,8	6,3	8,0	8,3
	Średnia Mean	6,6	6,3	7,3	6,1	6,9	7,4
2003	Życica trwała <i>Lolium perenne</i>	6,1	5,6	6,0	5,1	5,9	4,6
	Kostrzewa czerwona <i>Festuca rubra</i>	6,5	6,3	7,6	6,8	4,0	6,0
	Śmiałek darniowy <i>Deschampsia caespitosa</i>	5,8	6,7	7,3	7,3	6,7	8,0
	Średnia Mean	6,1	6,2	6,9	6,4	5,5	6,2

¹⁾ Ocena w skali 1–9, w której 9= najwyższa wartość cechy, w ocenie pleśni śniegowej 9= odporność

¹⁾ Score in scale 1–9, where 9= the best value of trait, in rating of snow mould 9= resistance

Powyższe tendencje zmian w wynikach oceny cech w latach najbardziej odnosiły się do średniej dla odmian życicy trwałej. U odmian wzorcowych: kostrzewy czerwonej i śmiałka darniowego także obserwowano reakcję na lata użytkowania i warunki środowiska, ale była ona zróżnicowana. Np. ogólny aspekt kostrzewy czerwonej w słońcu i cieniu był wyższy w drugim roku w porównaniu do pierwszego i nie wykazywał dużych różnic w wartości tej cechy w zależności od środowiska, natomiast trawnik śmiałka darniowego, w trzecim roku użytkowania, wyglądał lepiej w cieniu niż w słońcu. Podobne różnice obserwowano w ocenie zadarnienia. Generalnie zadarnienie odmian wzorcowych: Nimba (kostrzewa czerwona) i Barcampsia (śmiałek darniowy) było lepsze zarówno w słońcu jak i w cieniu w porównaniu do średniej dla odmian życicy trwałej i wartość tej cechy nie ulegała dużym zmianom w latach i stanowiskach. Także odporność na pleśń śniegową odmian wzorcowych była wyższa niż odmian życicy trwałej zwłaszcza w cieniu. Hofgaard (2003) oraz Thorogood (2003) podają, że życica trwała zaliczana jest do gatunków najbardziej podatnych na pleśń śniegową.

Życica trwała była reprezentowana przez 8 odmian. Wyniki oceny cech u niektórych z nich znacznie odbiegały od średniej dla gatunku. Po trzech latach użytkowania średni aspekt estetyczny trawników odmian życicy w słońcu wyniósł 6,6, a w cieniu 6,0 (tab. 4).

Tabela 4

Ogólny aspekt estetyczny trawników z różnych odmian traw w zależności od warunków świetlnych (słońce, cień), średnia z trzech lat użytkowania trawnikowego
Visual merit of cultivars lawn in relation to sunlight and shade conditions, mean for three years of turf maintenance

Lp. No.	Gatunek i odmiana Species and cultivar	Pochodzenie Origin	Ogólny aspekt ¹⁾ Visual merit ¹⁾	
			słońce— sunlight	cień — shade
Życica trwała (<i>Lolium perenne</i>)				
1	Taya	DK	6,3	5,9
2	Stoper	PL	7,0	6,5
3	Nira	PL	5,9	5,4
4	Stadion	PL	6,4	5,7
5	Sourire	F	6,7	6,5
6	Plaisir	F	7,0	6,2
7	Chaparral	USA	6,8	6,4
8	Repell	USA	6,9	5,8
$\bar{x}$ dla <i>L. perenne</i>			6,6	6,0
Kostrzewa czerwona kępowa (<i>Festuca rubra</i> ssp. <i>commutata</i>)				
9	Nimba	PL	6,9	6,7
Śmiałek darniowy (<i>Deschampsia caespitosa</i>)				
10	Barcampsia	NL	6,2	6,3
Średnia ogólna — General mean			6,6	6,1
NIR 0,05 — LSD 0,05			0,3	0,5

¹⁾ Ocena w skali 1-9, w której 9= najwyższa wartość cechy; Score in scale 1-9, where 9= the best value of trait

Te wartości wskazują, że zarówno w słońcu, jak i w okresowym cieniu stan trawników był przeciętny. Steinke i Stier (2003) uważają, że cecha oceniona na 6 w skali 9 stopniowej, wskazuje na stan zadawalający. Odmiany życicy trwałej różniły się pod względem tej cechy i zakres ogólnego aspektu w słońcu mieścił się w zakresie od 5,9 do 7,0, a w cieniu od 5,4 do 6,5. Takie odmiany, jak Stoper, Plaisir i Repell charakteryzowały się najlepszym aspektem estetycznym w słońcu, który był na poziomie odmiany wzorcowej Nimba (kostrzewa czerwona). W cieniu te relacje zmieniły się, ponieważ wygląd trawników w tych warunkach u niektórych odmian życicy znacznie się obniżył, np. u odmiany Repell (-16,0%), Plaisir (-12,4%) i Stadion (-11,0%). Najmniejszą zmianę wartości tej cechy w cieniu w porównaniu do słońca notowano u odmian wzorcowych Barcampsia (+1,6%) i Nimba (-3%) oraz u jednej odmiany życicy trwałej: Sourire (-3%) (tab. 4). Biorąc jednak pod uwagę ranking odmian pod względem aspektu estetycznego w cieniu, to powyżej średniej dla życicy lokowały się, oprócz Sourire, takie odmiany jak Stoper, Chaparral i Plaisir. Wysoka wartość odmiany Sourire w cieniu została zauważona we Francji. Odmiana ta została zastosowana, jako komponent mieszanki wysianej, na silnie zacienionej płycie boiska, na stadionie narodowym w Paryżu (informacja prywatna).

Pod względem zadarnienia wszystkie badane odmiany życicy trwałej były istotnie gorsze od odmian wzorcowych: Nimba i Barcampsia w obydwu środowiskach (tab. 5).

W warunkach pełnego oświetlenia, wśród odmian życicy, lepszym zadarnieniem odznaczały się odmiany: Plaisir (7,2), Repell (7,1) i Sourire (7,0). Najgorszy zaś stan darni zanotowano u odmiany Nira (5,7). Zacienienie spowodowało rozrzedzenie darni i wartość cechy zadarnienia obniżyła się średnio o 14,5% u odmian w porównaniu do warunków pełnego nasłonecznienia. Największy spadek tej cechy notowano u odmian życicy trwałej Repell (-22,5%) i Plaisir (-18,0%). Znaczne pogorszenie się zadarnienia w cieniu notowano także u odmiany wzorcowej Nimba (-14,3%), ale pomimo to odmiana ta odznaczała się istotnie lepszym zadarnieniem w porównaniu do większości odmian życicy (tab. 5). Najwyższą ocenę dla zadarnienia w cieniu uzyskała odmiana wzorcowa Barcampsia (7,3), u której notowano tylko niewielki spadek zadarnienia (-5,2%) w porównaniu do oceny w słońcu.

Tabela 5

**Zadarnienie trawników z różnych odmian traw w zależności od warunków świetlnych (słońce, cień),
średnia z trzech lat użytkowania trawnikowego**
**Sward density of cultivars in relation to sunlight and shade conditions, mean for three years of turf
maintenance**

Lp. No.	Gatunek i odmiana Species and cultivar	Pochodzenie Origin	Zadarnienie ¹⁾ — Sward density ¹⁾	
			słońce — sunlight	cień — shade
Życica trwała (<i>Lolium perenne</i>)				
1	Taya	DK	6,4	5,4
2	Stoper	PL	6,9	6,0
3	Nira	PL	5,7	4,9
4	Stadion	PL	6,4	5,5
5	Sourire	F	7,0	6,2
6	Plaisir	F	7,2	5,9
7	Chaparral	USA	6,8	5,9
8	Repell	USA	7,1	5,5
$\bar{x}$ dla <i>L. perenne</i>			6,6	5,6
Kostrzewa czerwona kępowa (<i>Festuca rubra</i> ssp. <i>commutata</i>)				
9	Nimba	PL	7,7	6,6
Śmiałek darniowy (<i>Deschampsia caespitosa</i>)				
10	Barcampsia	NL	7,7	7,3
Średnia ogólna — General mean			6,9	5,9
NIR 0.05 — LSD 0.05			0.3	0.5

¹⁾ Ocena w skali 1-9, w której 9= najwyższa wartość cechy; Score in scale 1-9, where 9= the best value of trait

Trzyletnia ocena porażenia trawników przez pleśń śniegową (*M. nivale*) wykazała małe zróżnicowanie odmian pod względem podatności. Ujawniły się jednak różnice w ich reakcji na pleśń w zależności od warunków świetlnych. Badania wielu autorów wskazują, że pod wpływem cienia może ulegać zmianie wiele cech fizjologicznych i użytkowych odmian, a szczególnie podatność na choroby (Wilkinson i Beard, 1975; Dudeck i Peacock, 1992; Zarlengo i in., 1994). W doświadczeniu zlokalizowanym w słońcu mniej podatne na pleśń śniegową były np.: odmiana francuska Plaisir i amerykańska Repell w porównaniu do pozostałych odmian (tab. 6).

Tabela 6

Podatność odmian na pleśń śniegową w zależności od warunków świetlnych (słońce, cień), średnia z trzech lat użytkowania trawnikowego
Snow mould susceptibility of cultivars in relation to sunlight and shade conditions, mean of three years of turf maintenance

Lp. No	Gatunek i odmiana Species and cultivar	Pochodzenie Origin	Podatność na pleśń śniegową ¹⁾ Snow mould susceptibility ¹⁾	
			słońce — sunlight	cień — shade
Życica trwała (<i>Lolium perenne</i>)				
1	Taya	DK	6,2	6,6
2	Stoper	PL	5,8	6,1
3	Nira	PL	6,3	6,0
4	Stadion	PL	6,3	5,6
5	Sourire	F	6,1	6,0
6	Plaisir	F	6,9	5,7
7	Chaparral	USA	6,4	5,7
8	Repell	USA	6,9	5,7
$\bar{x}$ dla <i>L. perenne</i>			6,3	5,9
Kostrzewa czerwona kępowa (<i>Festuca rubra</i> ssp. <i>commutata</i>)				
9	Nimba	PL	5,7	6,5
Śmiałek darniowy (<i>Deschampsia caespitosa</i>)				
10	Barcampsia	NL	6,8	8,1
Średnia ogólna — General mean			6,4	6,2
NIR 0,05 — kLSD 0.05			0,7	0,7

¹⁾ Ocena w skali 1-9, w której 1= podatność, a 9= odporność; Score in scale 1-9, where 1= susceptibility and 9=resistance

W warunkach okresowego zacielenia ranking odmian życicy pod względem tej cechy zmienił się. Istotnie mniejszą podatnością charakteryzowała się odmiana duńska Taya, a bardziej podatne okazały się odmiany francuskie Plaisir, i Chaparral, amerykańska Repell i polski Stadion. Odmiana kostrzewy czerwonej Nimba w słońcu należała do dość podatnych (5,7) zaś w cieniu zaliczona została do najodporniejszych (6,5) podobnie jak odmiana życicy trwałej Taya (6,6). Wzrost odporności na pleśń w cieniu w porównaniu do słońca notowano także u odmiany Barcampsia (śmiałek darniowy). Odmiana ta uzyskała ocenę 8,1, co świadczy o jej wysokiej odporności na tę chorobę w warunkach okresowego zacielenia. Wysoka odporność śmiałka na pleśń śniegową znajduje potwierdzenie w wynikach uzyskanych w Czeskiej Republice (Našinec, 2003).

WNIOSKI

1. Okresowe zacielenie trawników wpłynęło na obniżenie wartości wszystkich badanych cech użytkowych odmian w porównaniu do wartości uzyskanej w pełnym słońcu. Spośród ocenianych cech największemu spadkowi uległo zadarnianie.
2. Stwierdzono, że warunki świetlne mogą wpływać na zmianę podatności odmian na pleśń śniegową.
3. Odmiany życicy trwałej bardziej reagowały na zacielenie i ustępowały odmianom wzorcowym: Barcampsia (śmiałek darniowy) i Nimba (kostrzewa czerwona kępowa). Spośród badanych odmian życicy trwałej najbardziej przydatna na trawniki okresowo zacieleniane okazała się odmiana francuska Sourire.

LITERATURA

- Bell G., Danneberger K. 1999. Managing creeping bentgrass in shade. Golf course management 67/11:56 — 60.
- Bell G. E., Danneberger T. K., McMahon M. J. 2000. Spectral irradiance available for turfgrass growth in sun and shade. Crop Sci. 40: 189 — 195.
- Fry J., Huang B. 2004. Applied turfgrass science and physiology. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey: 310 pp.
- Coffey B. N., Baltensperger A. A. 1989. Heritability estimates for selected turfgrass characteristics of bermudagrass evaluated under shade. Proc. of the 6th Inter. Turfgrass Res. Conf. Tokyo: 117 — 119.
- Dudeck A. E., Peacock C. H. 1992. Shade and turfgrass, culture. In: Turfgrass. Waddington R.N et al., (eds.). Agronomy Monograph 32: 271 — 282.
- Funk C. R. 1981. Perspectives in turfgrass breeding and evaluation. Proc. of IV Inter. Turfgrass Research Conf. Guelph, Canada: 3 — 10.
- Hofgaard I. S. 2003. Resistance to pink snow mould (*Microdochium nivale*) in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Agricultural University of Norway. Doctor scientiarum thesis [online <http://www.umb.no/>].
- Van Huylenbroeck J. M., Van Bockstaele E. 2001. Effects of shading on photosynthetic capacity and growth of turfgrass species. International Turfgrass Society Research Journal 9: 353 — 359.
- Našinec I. 2003. Turf varieties for stress situations — results of breeding. Proc. of XXXIII Inter. Turfmeeting, Plzeň, Czech Republic: 7 — 10.
- Prończuk S. 1993. System oceny traw gazonowych. Biul. IHAR.186:127 — 132.
- Prończuk M., Zagdańska B. 1993. Effect of *Microdochium nivale* and low temperature on winter survival of perennial ryegrass. J. Phytopathology 138: 1 — 8.
- Prończuk S., Prończuk M., Żyłka D. 1996. Comparison of aesthetic aspects of turfgrasses in sun and shade conditions at Radzików. Proc. of 20th Eucarpia Fodder Crops and Amenity Grasses Section, Radzików, Poland: 237 — 242.
- Prończuk M. 2000. Choroby traw – występowanie i szkodliwość w uprawie na nasiona i użytkowaniu trawnikowym. Monografie i rozprawy naukowe IHAR: 183 ss.
- Prończuk S., Prończuk M., Żyłka D., Żebrowski J. 2001. Reakcja traw gazonowych na zacinienie. Zesz. Prob. Post. Nauk. Rol. 474: 91 — 101.
- Prończuk S., Żurek G., Żyłka D., Prończuk M. 2001. Ocena śmiałka darniowego (*Deschampsia caespiosa* (L.) P. Beauv.) w różnym użytkowaniu trawnikowym. Zesz. Nauk. Post. Nauk. Rol. 474: 113 — 121.
- Prończuk M., Prończuk S., Żebrowski J. 2003. Response of *Lolium perenne* cultivars and ecotypes to artificial and natural shade conditions. Czech J. Genet. Plant Breed. 39: 363 — 366.
- Prończuk S. 2004. Ocena śmiałka darniowego (*Deschampsia caespitose* L.) Brok w mieszankach trawnikowych z wiechliną łąkową (*Poa pratensis* L.) w warunkach intensywnego użytkowania i zacinienia. Biul. IHAR 233: 211 — 217.
- Prończuk M., Prończuk S. 2006. Cechy użytkowe odmian *Poa pratensis* przeznaczonych na trawniki zacinione. Zesz. Nauk. Uniw. Przyrod. we Wrocławiu nr 545, Seria Rolnictwo LXXXVIII: 229 — 240.
- Rogers J. N., Stier J., Crum J. R. 1994. Silverdome's real turf withstands 4 majorathletic events in 12 days. Florida Turf Digest 11 (2): 25 — 26.
- Rutkowska B., Hempel A. 1986. Trawniki. PERiL., Warszawa: 247 pp.
- Smalley R. R. 1981. Tillering response of five fine fescue cultivars to variations of light intensity. Proc. of IV Inter. Turfgrass Research Conf. Guelph, Canada: 487 — 492.
- Steinke K., Stier J.C. 2003. Nitrogen selection and growth regulator applications for improving shaded turf performance. Crop Sci. 43: 1399 — 1406.
- Thorogood D. 2003. Perennial ryegrass (*Lolium perenne*). In: Turfgrass biology, genetics and breeding. M.D. Casler, R. R. Duncan (eds.) John Wiley & Sons Inc USA. New Jersey: 75 — 106.
- Watschke T. L., Schmidt R. E., 1992. Ecological aspects of turf communities Turfgrass. In: Turfgrass Science. Waddington D.V. et al. (eds.). ASA, CSSA and SSSA Madison, WI. Agronomy Monograph 32: 129 — 162.

- Whitcomb C. E., Roberts E. C. 1973. Competition between established tree roots and newly seeded Kentucky bluegrass. *Agronomy J.* 65: 126 — 129.
- Wilkinson J. F., Beard J. B. 1975. Anatomical response of Merion Kentucky bluegrass and Pennlawn red fescue at reduced light intensities. *Crop Sci.* 15: 189 — 194.
- Wood G. M. 1969. Evaluating turfgrasses for shade tolerance. *Agronomy J.* 61: 347 — 352.
- Wójcik A. R., Laudański Z. 1989. *Planowanie i wnioskowanie statystyczne w doświadczałnictwie*. PWN. Warszawa: 318 ss.
- Zarlengo P. J., Rothrock C. S., King J. W. 1994. Influence of shading on the response of tall fescue cultivars to *Rhizoctonia solani* AG-1 IA. *Plant Dis.* 78: 126 — 129.

MARIA PRONCZUK
SŁAWOMIR PRONCZUK

Zakład Traw, Roślin Motylkowatych i Energetycznych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Ocena przydatności odmian i ekotypów wiechliny łąkowej (*Poa pratensis*) na trawniki niskonakładowe (ekstensywne)

Search of Kentucky bluegrass (*Poa pratensis*) cultivars and ecotypes for low maintenance turf

W latach 2003–2005 oceniano zmienność wśród odmian i ekotypów wiechliny łąkowej (*Poa pratensis* L.) w reakcji na ekstensywne użytkowanie trawnikowe. Materiałem do badań były: 33 odmiany z Europy i USA oraz 50 ekotypów zebranych w Polsce. Oceniano następujące cechy: ogólny aspekt estetyczny i zadarnienie w sezonach wiosna, lato, jesień, odporność na naturalną infekcję grzybów powodujących choroby oraz trwałość po trzech latach użytkowania. Wykonywano pomiary szerokości liścia flagowego (cm), wysokości odrastania po koszeniu (cm) i powierzchnię zajęta przez genotypy wraz z rozprzestrzenionymi rozłogami (cm²) jesienią. Potwierdzono, że wiechlina łąkowa jest gatunkiem mało przydatnym na trawniki ekstensywnie pielęgnowane. Odmiany i ekotypy różniły się znacznie pod względem cech użytkowych i reakcją na ekstensywną pielęgnację. Wybrano kilka genotypów dających zadowalający aspekt estetyczny trawników (od 6,6 do 7,2 w skali 1–9). Na walory estetyczne trawników oraz ich trwałość największy wpływ miały takie cechy jak: odporność na choroby, szczególnie na rdzę żółtą (*Puccinia striiformis*), zadarnianie (zagęszczenie darni) i zdolność do rozprzestrzeniania się przez rozłogi. Najmniej trwałe okazały się genotypy szybko i wysoko odrastające po koszeniu.

Słowa kluczowe: cechy trawników, choroby, wiechlina łąkowa, rdza żółta, rdza żółtobłowa, użytkowanie trawnikowe ekstensywne

Thirty-three cultivars of Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) originating from Europe and US and fifty ecotypes from Poland were tested under low maintenance turf in the years 2003–2005. They were evaluated for: visual merit, sward density in three seasons (spring, summer and autumn), resistance to natural infection by fungi and persistence after three years of turf maintenance. It was measured: width of leaf, re-growth rate after cutting and area occupied by rhizomes. Low usefulness of Kentucky bluegrass species for low input turf maintenance was confirmed. Great variability was found among cultivars and ecotypes in useful traits and response to extensive maintenance. Genotypes with accepted visual merit of turf (6.6–7.7 in score 1–9) were selected. Aesthetic turf value was affected by the following traits: resistance to diseases, mainly to yellow rust, shoot density and extensive spreading by rhizomes. Low persistence was noted for genotypes with rapid and high re-growth after cutting.

Key words: diseases, Kentucky bluegrass, lawn traits, low maintenance turf, stem rust, yellow rust

WSTĘP

Wiechlina łąkowa (*Poa pratensis* L.) jest jednym z gatunków traw stosowanych w mieszkankach nasion na trawniki. Trawniki w zależności od przeznaczenia, stawianych wymagań estetycznych i lokalizacji różnią się intensywnością użytkowania, czyli pielęgnacją (nawożeniem, liczbą koszeń, wysokością koszenia i itp.). W metodyce badań nad trawami gazonowymi w Polsce wyróżniono cztery typy użytkowania trawników: „Eko” — bez nawożenia mineralnego, „Park” — niskonakładowe (ekstensywne), nawożenie do 60 kg N ha⁻¹, „Relaks” — umiarkowanie intensywne, nawożenie do 240 kg N·ha⁻¹ i „Sport” — intensywne, nawożenie do 400 kg N ha⁻¹ (Domański, 1996; Prończuk, 2002). Najwyższe walory estetyczne osiągają trawniki intensywnie pielęgnowane (Prończuk, 2002). Jednak ze względów ekologicznych coraz częściej zalecana jest pielęgnacja ekstensywna bez podlewania i wspomagania nawozami sztucznymi lub z ich ograniczeniem (Dokument 1). Obecnie w Danii i Holandii istnieje zakaz stosowania nawozów mineralnych i pestycydów na trawnikach komunalnych (Nyholt, 2004). Takie trawniki dominują w aglomeracjach miejskich, w parkach, na trawnikach krajobrazowych, wielkoobszarowych, gdzie nakłady muszą być minimalizowane ze względów ekonomicznych (Wysocki, 1994). Cook (2005) szacuje, że około 70% przydomowych trawników także nie jest nawożonych i tylko sporadycznie koszonych. Jako najbardziej nadające się na trawniki ekstensywne, uważane są gatunki *Festuca*: kostrzewa czerwona (*F. rubra*), kostrzewa owcza (*F. ovina*) i kostrzewa trzcinowa (*F. arundinacea*) (Dernoeden i in., 1994; Golińska i Goliński, 2006). Na temat przydatności wiechliny łąkowej (*Poa pratensis* L.) w piśmiennictwie opinie są podzielone. Wielu autorów zalicza ten gatunek do grupy mało przydatnych na trawniki ekstensywne ze względu na duże wymagania pokarmowe i wrażliwość na susze (Minner i Butler, 1985; Diesburg i in. 1997; Żurek, 2006). Brede (2000) podaje, że wśród odmian i ekotypów wiechliny występują duże różnice w reakcji na ubogie warunki. Autor twierdzi, że takie cechy jak: tworzenie silnych rozłogów, odporność na chłód oraz zdolność do przechodzenia w stan spoczynku podczas suszy latem predysponują wiechlinę na trawniki ekstensywne. W doświadczeniach przeprowadzonych w USA niektóre odmiany wiechliny łąkowej dawały zadowalający wygląd trawników, zarówno przy braku nawożenia, jak i przy niewielkim wspomaganiu nawozami (Brede, 2000).

Celem podjętych w 2003 roku badań była ocena zmienności wśród odmian i ekotypów *Poa pratensis* w reakcji na ekstensywne użytkowanie trawnikowe, ze szczególnym zwróceniem uwagi na choroby powodowane przez grzyby i ich wpływ na aspekt estetyczny i trwałość trawników.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2003–2005 w Radzikowie. Materiałem do badań były 83 obiekty wiechliny łąkowej wśród nich: 33 odmiany pochodzące z Europy i USA oraz 50 ekotypów zebranych w Polsce (zbiory własne i Ogrodu Botanicznego IHAR

w Bydgoszczy). Obiekty do oceny przygotowano w szklarni wysadzając po 5 roślin do doniczki o średnicy 10 cm w trzech powtórzeniach. Po czterech miesiącach wzrostu rozkrzewione rośliny przeniesiono na pole wysadzając zawartość doniczki w rozstawie 40 × 40 cm metodą losowanych bloków. W doświadczeniu zastosowano pielęgnację ekstensywną według typu użytkowania Park z niewielkim nawożeniem wiosną i jesienią (po 30 kg N·ha⁻¹), podlewano sporadycznie latem (w okresach długotrwałej suszy), kosząco co 2–3 tygodnie na wysokość 7 cm.

Wykonywano następujące pomiary na roślinach odmian i ekotypów: szerokość liścia flagowego (cm), wysokość odrastania po koszeniu (cm) i powierzchnię zajętą przez rośliny wraz z rozprzestrzensionymi rozłogami (cm²) jesienią. Oceniano następujące cechy trawników: ogólny aspekt estetyczny i zadarnienie (zagęszczenie darni) w sezonach: wiosna, lato, jesień, odporność na naturalną infekcję grzybów powodujących choroby oraz trwałość po trzech latach użytkowania. Przy ocenie cech posługiwano się standardową skalą 1–9, w której 1 oznaczał najgorszą wartość cechy, a 9 wartość najwyższą, według metodyki IHAR (Prończuk, 1993). Przy ocenie uszkodzeń przez choroby korzystano z opracowanych wcześniej diagramów, w których poszczególnym stopniom skali przyporządkowano porażenie wyrażone w procentach uszkodzonej powierzchni poletka (Prończuk, 2000). Wyniki opracowano metodą analizy wariancji. Do porównań wartości średnich zastosowano test Fishera. Zależności pomiędzy cechami odmian i ekotypów określono metodą korelacji prostej.

WYNIKI I DYSKUSJA

Trzyletnia ocena i obserwacje wykazały, że zgromadzone obiekty różnią się znacznie pod względem wszystkich badanych cech (tab. 1), co potwierdza opinię Brede (2000) oraz wielu innych autorów o występowaniu dużej zmienności w gatunku *Poa pratensis* (Żurek i Prończuk, 1997; Żyłka i Prończuk, 1998; Żurek, 2007). Niektóre cechy i różnice między genotypami zaobserwowano już w pierwszym roku badań, inne ujawniły się dopiero w następnych latach użytkowania. W pierwszym roku np. zwrócono uwagę na duże różnice w szerokości liści. Stwierdzono, że zakres tej cechy u genotypów był dość szeroki i zawierał się w przedziale od 0,2 cm do 0,5 cm. Bardzo wąskie liście (2–3 mm) posiadały niektóre ekotypy oraz takie odmiany jak Cyntia, Sobra AP, Skrzyszowicka, Beata i Baronie. Bardzo szerokimi liśćmi charakteryzowały się takie odmiany jak Miracle, Coventry, Bristol, Duna oraz niektóre ekotypy. W następnych latach, gdy darni zagęściła się, szerokość liści uległa zwężeniu i różnice między genotypami pod względem tej cechy nie były już tak wyraźne. Także w pierwszym roku ujawniły się różnice w wysokości odrastania po koszeniu. Po trzech latach oceny stwierdzono, że zakres tej cech był szerszy u ekotypów niż u odmian i mieścił się w przedziale od 10,7 cm do 25,1 cm (u odmian od 12,2–23,2) (tab. 1). Wśród wysoko odrastających znalazły się odmiany znane z wartości pastewnych takie jak: Beata, Balin, Skrzyszowicka, Duna, Haga i większość ekotypów. Natomiast nisko odrastały odmiany gazonowe np. Alicja, Midnight, Ani, Barzan, Conni, Miracle oraz także niektóre ekotypy.

Tabela 1

Średnia wartość i zakres zmienności cech u odmian i ekotypów *Poa pratensis* ocenianych w użytkowaniu trawnikowym ekstensywnym w latach 2003–2005 w Radzikowie
Mean value and range of traits in cultivars and ecotypes of *Poa pratensis* assessed under low input turf maintenance in 2003–2006 at Radzików

Cechy Traits	Wartość średnia Mean value	Zakres — Range	
		u odmian in cultivars	u ekotypów in ecotypes
Szerokość liścia (cm) Width of leaf (cm)	0,4	0,3–0,5	0,2–0,5
Wysokość odrastania po koszeniu (cm) Height of re-growth (cm)	17,2	12,2–25,0	10,7–25,1
Rozprzestrzenienie jesienią po trzech latach użytkowania (cm ²) Area occupation in autumn after three years of turf maintenance (cm ²)	1259	721–1973	551–1894
Zadarnienie ¹⁾ Sward density ¹⁾	5,5	4,2–6,7	4,6–6,7
Odporność na infekcję <i>M. nivale</i> ¹⁾ Resistance to <i>M. nivale</i> infection ¹⁾	6,2	4,3–7,0	4,3–8,0
Odporność na infekcję <i>P. striiformis</i> ¹⁾ Resistance to <i>Puccinia striiformis</i> infection ¹⁾	5,5	3,7–6,4	4,0–8,3
Odporność na infekcję <i>P. graminis</i> ¹⁾ Resistance to <i>P. graminis</i> infection ¹⁾	7,4	3,3–9,0	4,7–9,0
Odporność na infekcję <i>P. poae nemoralis</i> ¹⁾ Resistance to <i>P. poae nemoralis</i> infection ¹⁾	8,2	5,3–9,0	7,0–9,0
Odporność na infekcję <i>E. graminis</i> ¹⁾ Resistance to <i>Erysiphe graminis</i> infection ¹⁾	8,6	7,0–9,0	6,3–9,0
Ogólny aspekt estetyczny ¹⁾ General visual merit ¹⁾	5,5	4,0–7,2	4,5–7,2
Trwałość po 3 latach użytkowania Persistence after 3 years of turf maintenance	3,9	2,7–6,0	2,3–6,3

¹⁾ Ocena w skali 1–9, w której 9 = najwyższa wartość cechy

¹⁾ Rating in scale 1–9, where 9 = the best value of trait

Duże różnice notowano w rozkrzewianiu i rozprzestrzenianiu się za pomocą rozłogów. Cecha zdolności do krzewienia ujawniła się już podczas wysadzania roślin (po czterech miesiącach wzrostu w doniczkach). Takie odmiany jak Limousine, Jarotka, Nandu i niektóre ekotypy krzewiły się obficie wypełniając całą powierzchnię doniczki (100cm²), podczas gdy takie odmiany jak: Balin, Skrzyszowicka, Primo, Fortuna krzewiły się słabo wytwarzając w tym okresie tylko kilka pędów. Wraz z latami użytkowania wzrastało wyraźnie rozprzestrzenianie się roślin na poletkach za pomocą rozłogów. Ta cecha wiechliny oceniana jest przez wielu autorów jako bardzo korzystna w uprawach trawnikowych, ponieważ za pomocą rozłogów następuje rozwój nowych roślin, które umożliwiają szybką regenerację po uszkodzeniach spowodowanych przez stresy biotyczne i abiotyczne (Bara i in., 1993; Bonos i in., 2000). W powyższym doświadczeniu pomiary zajętej powierzchni przez genotypy wykonywano w każdym roku jesienią. W pierwszym roku średnie rozprzestrzenienie wyniosło 131 cm², w drugim 779 cm², a w trzecim 1259 cm². Liczby te wskazują, że największy (trzykrotny) przyrost zajętej przez genotypy powierzchni nastąpił w drugim roku użytkowania. Niewątpliwy wpływ na rozrost odmian i ekotypów w latach miały warunki pogodowe, a szczególnie opady. Sumy opadów w 2003

i 2005 roku były bardzo niskie, stanowiące zaledwie od 50 do 60% średniej z wielolecia (tab. 2.).

Tabela 2

Średnie temperatury i sumy opadów w sezonach wegetacji 2003-2005 na tle danych z wielolecia w Radzikowie
Monthly mean temperatures and sums of rainfall during vegetation seasons 2003-2005 in comparison with long term averages at Radzików

Miesiąc Month	Średnia dobową temperatura (°C) Mean daily temperature (°C)				Suma opadów (mm) Sum of rainfall (mm)			
	2003	2004	2005	Wielolecie (1971–2000) Long term (1971–2000)	2003	2004	2005	Wielolecie (1971–2000) Long term (1971–2000)
Kwiecień April	7,3	8,7	9,3	8,2	7,5	66,6	22,4	30,3
Maj May	15,7	12,0	14,1	14,2	21,0	67,0	46,2	46,0
Czerwiec June	18,0	15,8	16,5	16,9	25,4	56,4	18,2	62,9
Lipiec July	20,2	17,9	20,7	18,5	61,9	102,5	44,6	74,3
Sierpień August	18,7	19,0	18,0	18,2	35,3	54,1	41,8	51,8
Wrzesień September	13,8	13,5	16,0	13,3	4,3	78	23,8	43,6
Październik November	5,4	10,0	9,5	8,3	14,8	2,2	3,6	31,5
Średnia i suma Mean and sum	$\bar{x}$ 14,1	13,8	14,9	13,9	Σ 170,2	356,6	200,6	340,4

Tylko w drugim roku badań (w roku 2004) opady były obfitsze (na poziomie średniej z wielolecia) stąd ten dynamiczny rozrost roślin. Żurek (2006) podaje, że wiechliną łąkową jest gatunkiem, którego kondycja jest najsilniej (w porównaniu do życicy trwałej i kostrzewy czerwonej) związana z wilgotnością podłoża. Jednak nie tylko opady decydowały o rozprzestrzenianiu się roślin, ponieważ odmiany i ekotypy różniły się znacznie pod względem tej cechy, co wskazuje na genetyczne uwarunkowania. Niektóre odmiany w trzecim roku użytkowania rozrosły się tak szeroko, że przekroczyły przeznaczoną dla nich powierzchnię poletka (1600cm²) i zajmowały nawet część sąsiedniego np. Bristol (1973 cm²), Parade (1756 cm²), Skrzyszowicka (1751 cm²), Beata (1738 cm²), Nandu (1700 cm²), a inne odmiany takie jak Midnight, Opal, Duna, Fortuna i niektóre ekotypy zajęły w tym czasie jedynie część przeznaczonej powierzchni (od 550 do 900 cm²).

Zdolność do rozprzestrzenienia się genotypów za pomocą rozłogów nie zawsze łączyła się ze zdolnością do zagęszczania darni trawnika. Takie odmiany pastewne jak Beata czy Balin szeroko rozprzestrzeniające się znalazły się w grupie o najgorszym zadarnieniu wśród ocenianych odmian, natomiast takie jak np. Bristol, Parade, Coventry, znane jako trawnikowe, dawały trawnik rozprzestrzeniony i zadawałająco zagęszczony (tab. 3).

Tabela 3

Cechy użytkowe najlepszych (1–10) i najgorszych (74–83) odmian i ekotypów *Poa pratensis* ocenianych w ekstensywnym użytkowaniu trawnikowym w latach 2003–2005 w Radzikowie
Useful traits of the best (1–10) and the worst (74–83) cultivars and ecotypes of *Poa pratensis* assessed in turf under low maintenance in 2003–2005 at Radzików

Lp. No.	Odmiana, ekotyp ¹⁾ Cultivar, ecotype ¹⁾		Ogólny aspekt ² Visual merit ²	Zadarnienie ² Sward density ²	Rozprze- strzenie (cm ²) Area occupation (cm ²)	Trwa- łość ² Persi- stence ²	Odporność na polową infekcję ² Resistance to field infection ²				
							<i>Puccinia</i> <i>striiformis</i>	<i>M.</i> <i>nivale</i> + <i>D. poae</i>	<i>P. poae</i> <i>nemora-</i> <i>lis</i>	<i>Puccinia</i> <i>graminis</i>	<i>Erysiphe</i> <i>graminis</i>
1	Slawniów	E	7,2	6,7	1355	6,0	5,8	6,3	8,7	8,7	8,0
2	Coventry	O	7,2	6,3	1556	6,0	5,5	7,0	8,3	5,0	9,0
3	Conni	O	7,0	6,2	1239	5,7	5,8	5,3	8,7	8,7	9,0
4	Jarotka	O	6,7	6,7	943	4,3	5,2	5,3	9,0	3,7	9,0
5	25k	E	6,7	6,1	1844	5,0	7,1	7,7	8,3	6,7	7,3
6	Princeton –Tiger	O	6,6	6,2	1146	5,0	6,0	6,3	9,0	7,3	9,0
7	32k	E	6,6	5,9	1721	6,3	6,1	6,7	9,0	8,3	9,0
8	Barzan	O	6,6	5,7	1218	6,0	5,8	6,3	8,3	9,0	9,0
9	Miracle	O	6,5	5,8	1409	5,0	6,2	7,3	9,0	8,0	9,0
10	11k	E	6,5	6,0	1475	5,0	6,2	6,7	8,3	6,3	9,0
....											
74	Baronie	O	4,7	5,6	1119	3,0	6,0	6,0	8,3	7,7	7,7
75	12k	E	4,7	5,3	737	2,7	4,9	6,3	7,7	8,7	8,7
76	33k	E	4,7	5,4	751	4,3	5,2	6,3	8,7	6,7	9,0
77	36k	E	4,7	4,8	1332	3,3	6,7	6,3	7,0	9,0	9,0
78	Opal	O	4,7	5,4	791	3,3	4,1	5,0	9,0	6,7	9,0
79	4k	E	4,5	5,4	1127	3,0	4,3	5,7	7,7	8,0	9,0
80	Enprima	O	4,5	4,7	1041	3,0	4,9	4,3	7,7	7,7	9,0
81	Przełęcz	E	4,5	5,2	1056	3,0	4,4	6,3	8,7	5,7	9,0
82	Midnight	O	4,3	4,6	721	3,3	3,7	6,0	9,0	8,3	7,0
83	Balin	O	4,0	4,2	1521	3,0	4,9	5,3	7,7	8,3	7,0
Średnia; Mean			5,5	5,5	1259	3,9	5,5	6,2	8,2	7,4	8,6
NIR _{0,05} LSD _{0,05}			0,7	0,9	480	0,9	1,0	1,2	1,3	1,7	1,2

¹⁾ O — odmiana — cultivar E — ekotyp — ecotype

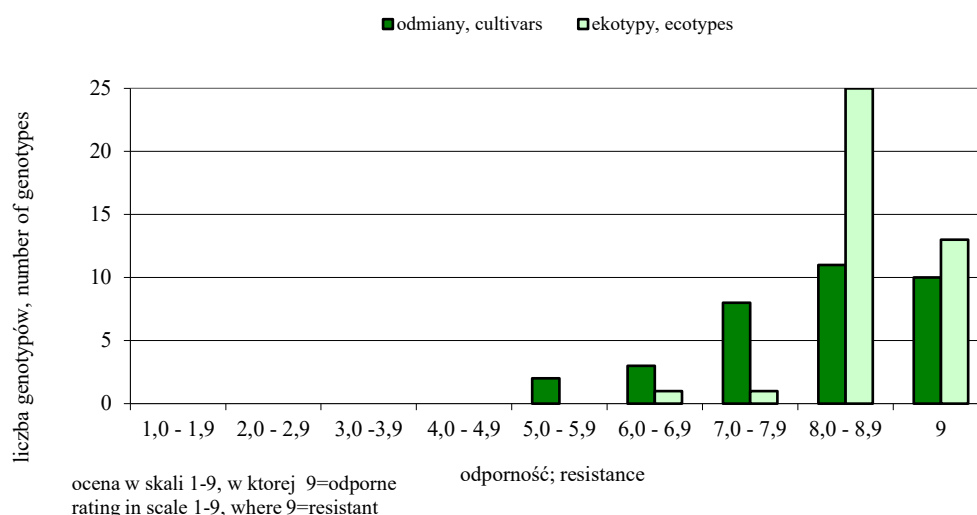
²⁾ Ocena w skali 1–9, w której 9 = najwyższa wartość cechy

²⁾ Rating in scale 1–9, where 9 = the best value of traits

Wyniki te potwierdzają spostrzeżenia wielu autorów, że zdolność do zagęszczania darni jest jedną z ważniejszych cech odmian przeznaczonych na użytkowanie trawnikowe (Golińska, 2002; Prończuk i Prończuk, 2003).

Podczas trzech lat badań zaobserwowano wystąpienie kilku chorób na roślinach. Głównymi sprawcami tych chorób były grzyby z rodzaju *Puccinia*, które powodowały następujące choroby: *P. poae nemoralis* — rdzę wiechlinową, *P. striiformis* — rdzę żółtą i *P. graminis* ssp. *graminicola* — rdzę żdźbłową. Zdaniem wielu autorów rdze nie mają dużego wpływu na wygląd trawników intensywnie pielęgnowanych, ale są groźne dla trawników ekstensywnych — rzadko koszonych i nienawożonych (Smiley i in., 1992; Vargas, 1994; Prończuk i Prończuk, 2003). Ponieważ powyższe badania przeprowadzono w warunkach pielęgnacji ekstensywnej, dlatego szczególną uwagę zwrócono na reakcję ocenianych genotypów na naturalną infekcję przez populacje tych patogenów.

Najwcześniej, bo już na początku maja zauważano porażenie dolnych liści roślin przez rdzę wiechlinową. Choroba wystąpiła w pierwszym roku użytkowania trawnikowego. Nasilenie infekcji nie było duże (tab. 1), ale niektóre odmiany okazały się szczególnie podatne np. Beata, Nimbus, Baron, Contra, Limousine, Cyntia, Barvictor, Balin, Fortuna i Nandu. Większość ekotypów była odporna lub notowano u nich tylko ślad porażenia (rys. 1).

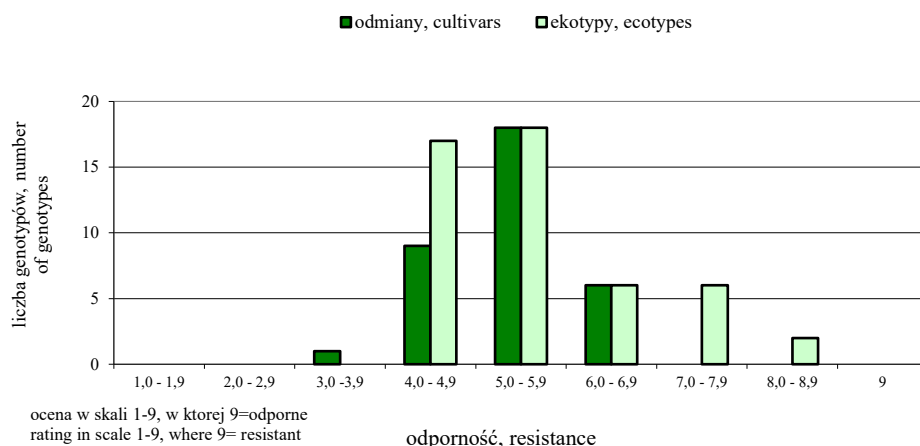


Rys. 1. Częstotliwość występowania odmian i ekotypów *Poa pratensis* o podobnej odporności na rdzę wiechlinową (*Puccinia poae nemoralis*)

Fig. 1. Frequency distribution of *Poa pratensis* cultivars and ecotypes with similar resistance to *Puccinia poae nemoralis*

Rdza żółta występowała corocznie, ale oznaki etiologiczne choroby w postaci uredyniów spostrzegano, na czubkach liści, w różnych okresach sezonu wegetacyjnego. W roku 2003 zauważono je we wrześniu, w 2004 notowano już w maju, a w 2005 roku w połowie czerwca. Największe nasilenie choroby obserwowano w 2004 roku, kiedy objawy choroby wystąpiły najwcześniej. Dość silne porażenie wystąpiło także w 2005. Porażone liście zmieniały zabarwienie najpierw na żółte, gdy pojawiały się „pyłące” uredinia, a potem na brunatne, gdy liście przedwcześnie zamierały. To spowodowało, że większość trawników jesienią była pozbawiona zieleni, darń przerzedzona i zaczęły pojawiać się chwasty takie jak mniszek, rogownica i inne. Obserwacje te potwierdzają nasze wcześniejsze spostrzeżenia, że wczesne pojawienie się rdzy żółtej na wiechlinie może spowodować duże szkody (Prończuk i Prończuk, 2003). Przy późnym pojawieniu się choroby, jak np. w 2003 roku porażeniu uległy tylko czubki liści, co po skoszeniu trawników nie miało wpływu na ich wygląd. W każdym roku niezależnie od nasilenia choroby obserwowano różnice między genotypami w porażeniu przez rdzę żółtą. Przy małym nasileniu różnice były bardziej widoczne, ponieważ więcej genotypów było wolne

od rdzy. Epifitoza choroby, która wystąpiła w 2004 roku wykazała, że w badanym zestawie odmian i ekotypów brak było genotypów odpornych. U 8 ekotypów obserwowano jednak tylko ślad porażenia, co świadczyć może o ich zdolnościach do tolerowania infekcji *P. striiformis* (rys. 2). Wśród odmian w mniejszym stopniu porażanych przez rdzę żółtą (6,0–6,9 stosowanej skali) były: Primo, Barcelona, Miracle, Skrzyszowicka, Baronie, Sobra AP i Star Chateau. Na podwyższoną odporność odmian: Miracle i Barcelona zwrócono uwagę już we wcześniejszych badaniach (Prończuk i Prończuk, 2003).



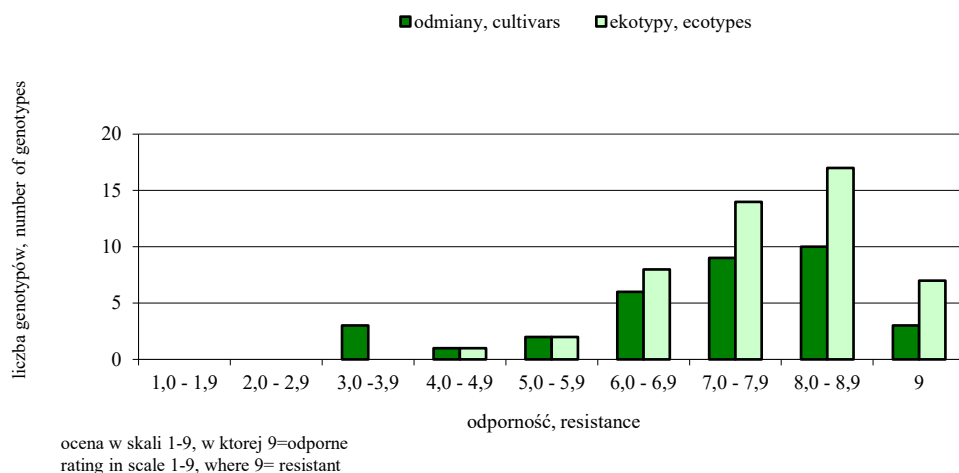
Rys. 2. Częstotliwość występowania odmian i ekotypów *Poa pratensis* o podobnej odporności na rdzę żółtą (*Puccinia striiformis*)

Fig. 2. Frequency distribution of *Poa pratensis* cultivars and ecotypes with similar resistance to yellow rust (*P. striiformis*)

Rdza żółtobłowa wystąpiła dopiero w trzecim roku badań (2005), chociaż oznaki etiologiczne w postaci uredyniów na liściach zauważono już jesienią w 2004 roku. Obserwowano je tylko na jednej odmianie — Primo. W 2005 roku objawy choroby notowano dużo wcześniej — na początku sierpnia, ale też na odmianie Prima, co wskazuje, na dużą podatność tej odmiany na infekcję *P. graminis*. Później choroba rozprzestrzeniła się na więcej odmian i ekotypów. Ocena wykonana pod koniec września wykazała dużą podatność takich odmian jak: Limousine, Jarotka, Barcelona, Coventry, Barvictor oraz niektórych ekotypów. Większość jednak odmian i ekotypów była porażona w niewielkim stopniu (rys. 3), a siedem ekotypów i trzy odmiany (Barzan, Alicja i Conni) były wolne od tej rdzy.

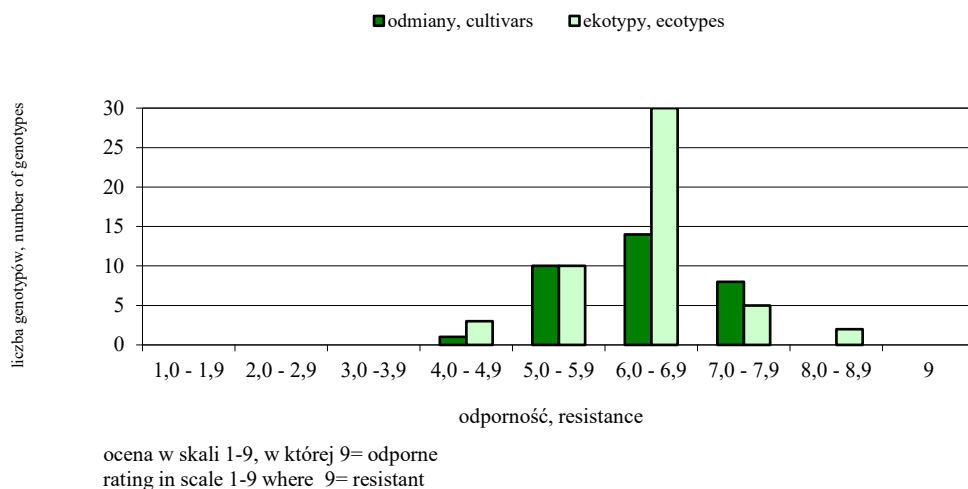
Choroby powodowane przez grzyby rdzawnikowe, a zwłaszcza przez *P. striiformis* i *P. graminis* znacznie osłabiały rośliny odmian i ekotypów wiechliny łąkowej przed zimą, co mogło mieć wpływ na większą ich podatność na pleśń śniegową, która wystąpiła wiosną 2005 roku ze znacznym nasileniem. Wiechlina łąkowa zaliczana jest do gatunków dobrze zimujących i rzadko atakowanych przez głównego patogena pleśni *Microdochium nivale*

(Brede, 2000; Prończuk, 2000). Ocena wykonana w kwietniu 2005 roku wykazała, że większość genotypów uległa porażeniu (rys. 4).



Rys. 3. Częstość występowanie odmian i ekotypów *Poa pratensis* o podobnej odporności na rdzę źdźbłową (*Puccinia graminis*)

Fig. 3. Frequency distribution of *Poa pratensis* cultivars and ecotypes with similar resistance to stem rust (*P. graminis*)



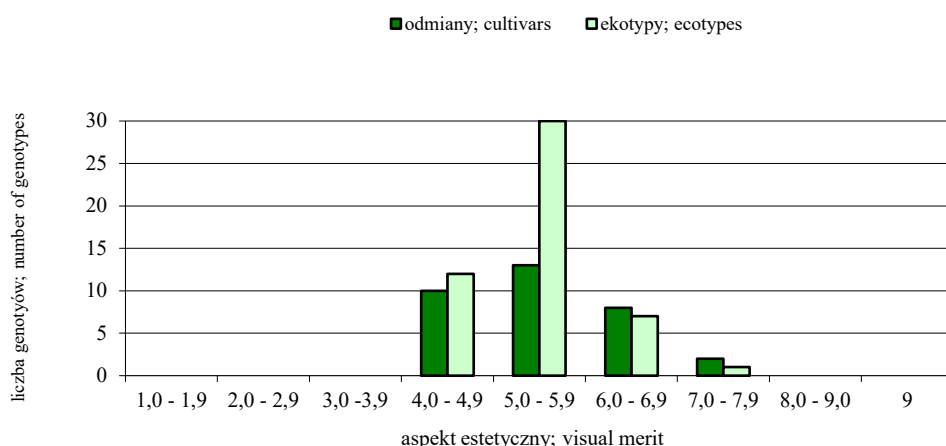
Rys. 4. Częstość występowania odmian i ekotypów *Poa pratensis* o podobnej odporności na pleśń śniegową

Fig. 4. Frequency distribution of *Poa pratensis* cultivars and ecotypes with similar resistance to snow mould

Niewielkie nasilenie choroby notowano u kilku ekotypów oraz u takich odmian jak: Miracle, Nimbus, Bristol, Coventry, Cyntia i Ani. Natomiast 3 ekotypy i odmiana Engina były silnie porażone pleśnią.

Oprócz rdzy i pleśni śniegowej na genotypach wiechliny notowano objawy mączniaka prawdziwego (*Erysiphe graminis*) i brunatnej plamistości liści (*Drechslera poae*). Mączniak prawdziwy wystąpił tylko w pierwszym roku użytkowania, jesienią i to z niewielkim nasileniem na takich odmianach, jak: Balin, Nimbus, Baronie i Midnight oraz na niektórych ekotypach. Choroba ta rzadko występuje na trawnikach nasłonecznionych. Jest natomiast główną chorobą wiechliny w warunkach zacienionych (Prończuk i Prończuk, 2006). Także z niewielkim nasileniem występowała brązowa plamistość liści tworząc pojedyncze plamy na liściach niektórych odmian, które szczególnie nasilały się jesienią w drugim roku badań. Brunatna plamistość liści należy do groźnych chorób wiechliny przy użytkowaniu intensywnym trawników (Relaks i Sport) (Vargas, 1994; Prończuk, 2000). Powyższe wyniki wskazują, że choroba ta w użytkowaniu ekstensywnym nie ma dużego znaczenia lub infekcja nierozprzestrzenia się ze względu na wcześniejsze porażenie liści przez rdze.

Ogólny aspekt estetyczny trawników odmian i ekotypów zmieniał się w sezonach roku. Najgorzej wyglądały trawniki jesienią, gdy były porażone przez rdze, natomiast wiosną ich stan poprawiał się. Biorąc pod uwagę średnią z oceny genotypów z lat i sezonów to większość z nich dawała trawnik o średnim aspekcie estetycznym. Tylko niektóre wyróżniały się lepszym wyglądem (ocena 6–8) (rys. 5).

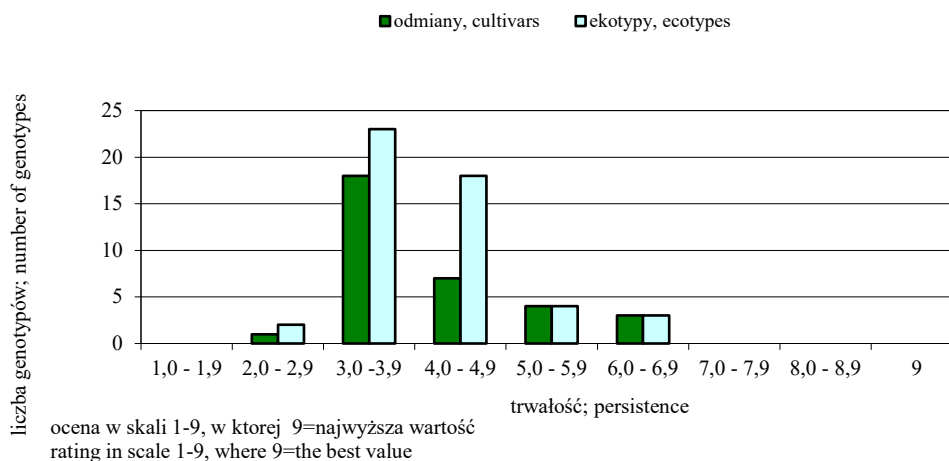


w skali 1-9, w której 9 = wartość najwyższa
rating in scale 1-9 where 9= the best value

Rys. 5. Częstotliwość występowania odmian i ekotypów *Poa pratensis* o podobnym aspekcie estetycznym

Fig. 5. Frequency distribution of *Poa pratensis* cultivars and ecotypes with similar visual merit

Do takich odmian należały: Coventry, Conni, Jarotka, Princeton-Tiger, Barzan, Miracle oraz niektóre ekotypy (tab. 3). Znacznie gorzej przedstawiał się ogólny aspekt estetyczny trawników jesienią, po trzech latach użytkowania (rys. 6).



Rys. 6. Częstość występowania odmian i ekotypów *Poa pratensis* o podobnej trwałości
Fig. 6. Frequency distribution of *Poa pratensis* cultivars and ecotypes with similar persistency

Tabela 4

Współczynniki korelacji pomiędzy aspektem estetycznym i trwałością a innymi badanymi cechami odmian i ekotypów wiechliny łąkowej w użytkowaniu trawnikowym ekstensywnym (n = 83)
Correlation coefficients between visual merit and persistency and other tested traits of cultivars and ecotypes of Kentucky bluegrass in turf under low maintenance (n = 83)

Cechy Traits	Aspekt estetyczny Visual merit	Trwałość Persistence
Szerokość liścia Width of leaf	0,180	0,214
Wysokość odrastania po koszeniu Height of re-growth after cutting	-0,154	-0,306**
Rozprzestrzenienie po 3 latach użytkowania trawnikowego Area occupation after three years of turf maintenance	0,307**	0,331**
Zadarnienie Sward density	0,691***	0,422***
Odporność na infekcję <i>Microdochium nivale</i> Resistance to <i>M. nivale</i> infection	0,271*	0,213
Odporność na infekcję <i>Puccinia striiformis</i> Resistance to <i>P. striiformis</i> infection	0,406***	0,399***
Odporność na infekcję <i>P. poae nemoralis</i> Resistance to <i>P. poae nemoralis</i> infection	0,240*	0,148
Odporność na infekcję <i>P. graminis</i> Resistance to <i>P. graminis</i> infection	0,267*	0,274*
Odporność na infekcję <i>E. graminis</i> Resistance to <i>Erysiphe graminis</i> infection	0,054	0,071
Istotne przy *P = 0,05; **P = 0,01; ***P = 0,001 Significant at *P = 0.05; **P = 0.01; ***P = 0.001		

Cechę tę nazwano trwałością trawnika. Trawniki większości genotypów wyglądały źle, przeredzone, pozbawione zieleni i zachwaszczone. Tylko 7 odmian i 7 ekotypów posiadało zadawalający wygląd i można było zaliczyć je do nadających się na trawniki ekstensywne. Wśród nich znalazły się odmiany i ekotypy charakteryzujące się wyrównanym w latach, dobrym aspektem estetycznym (tab. 3). Źle tolerowały ekstensywne użytkowanie takie odmiany jak Julia, Beata, Balin, Skrzyszowicka, Haga, Primo, Baronie i niektóre ekotypy. Większość tych odmian znana jest jako odmiany pastewne, ale stosowane w mieszankach trawnikowych znajdujących się na polskim rynku. Przeprowadzone badania potwierdzają opinie wielu autorów, że wiechlina łąkowa, źle toleruje użytkowanie trawnikowe ekstensywne (Prończuk i Prończuk 2006; Fei i in., 2006; Żurek, 2007).

Analiza korelacji pomiędzy cechami genotypów wykazała istotną, dodatnią zależność aspektu estetycznego i trwałości trawników od zagęszczenia darni (zadarnienia), zdolności rozprzestrzeniania się i odporności na choroby, a szczególnie na rdzę żółtą (tab. 4). Analiza wskazała także na ujemną zależność pomiędzy wysokością odrastania roślin i trwałością trawników.

WNIOSKI

1. Wiechlina łąkowa jest gatunkiem mało przydatnym na trawniki ekstensywne.
2. Odmiany i ekotypy wiechliny łąkowej różnią się znacznie pod względem cech użytkowych w warunkach ekstensywnej pielęgnacji.
3. Przeprowadzone badania pozwoliły wybrać genotypy dające zadowalający aspekt estetyczny trawników (od 6,6 do 7,2 w skali 1–9).
4. Największy wpływ na walory estetyczne trawników i ich trwałość miały takie cechy genotypów jak: odporność na choroby, szczególnie na rdzę żółtą (*Puccinia striiformis*), zagęszczenie darni (zadarnienie) oraz zdolność do rozprzestrzeniania się przez rozłogi. Wytwarzanie rozłogów miało duże znaczenie przy regeneracji trawników po uszkodzeniach przez choroby. Najmniej trwale okazały się genotypy szybko i wysoko odrastające po koszeniu.

LITERATURA

- Bara R. F., Dickson W. K., Murphy J. A., Smith D. A., Funk C. E. 1993. Performance of Kentucky bluegrass cultivars and selections in New Jersey turf trials. Rutgers Turfgrass Proc. of the New Jersey turfgrass Expo, Atlantic City: 40 — 93.
- Bonos S. A., Meyer W. A., Murphy J. A. 2000. Kentucky bluegrasses make comeback on fairways, roughs. Golf Course Management 68/10: 59 — 64.
- Brede D. 2000. Turfgrass maintenance. Reduction Handbook: Sports, lawns and golf. Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan USA: 374 pp.
- Cook T. 2005. Low maintenance turf?. [On line <http://oregonstate.edu/dept/hort/turf/ecolawns.pdf>].
- Dernoeden P. H., Carroll M. J., Krouse M. J. 1994. Mowing of three Fescue species for low maintenance turf sites. Crop Sci. 34: 1645 — 1649.
- Diesburg K., L., Christians N. E., R. Moore, B. Branham T., Danneberger K., Reicher J., Voigt T., Minner D. D., Newman R. 1997. Species for low-input sustainable turf in the U.S. upper Midwest. Agron. J. vol. 89, no. 4: 690 — 694.

- Document 1 Water right — conserving our water preserving our environment. International Turf Producers Foundation: 64 pp.
- Domański P. 1998. Metodyka badania wartości gospodarczej odmian (WGO) traw darniowych (gazonowych). COBORU Słupia Wielka: 33 ss.
- Fei S. Z., Blume Ch., Minner D. D., Christians N. E. 2006. Low — input sustainable turfgrass: A regional cooperative research project. [On line <http://hort.iastate.edu/turfgrass/pubs/turtropt/2006/pdf>].
- Golińska B. 2002. Ocena przydatności wybranych odmian hodowlanych *Festuca rubra* i *Festuca ovina* do ekstensywnego użytkowania trawnikowego. Przegląd Naukowy Inżynierii i Kształtowania Środowiska R.XI z.1 (24): 123 — 129.
- Golińska B., Goliński P. 2006. Zróżnicowanie odmian *Festuca rubra* w warunkach ekstensywnego użytkowania trawnikowego. Zesz. Nauk. Univ. Przyrodniczego we Wrocławiu, Rolnictwo LXXXVIII 545: 87 — 94.
- Mehall B. J., Hull R. J., Skogley C. R. 1983. Cultivar variation in Kentucky Bluegrass: P and K nutritional factors. Agron. J. 75: 767 — 772.
- Minner D. D., Butler J.D. 1985. Drought tolerance of cool season turfgrasses. Proc. of the Fifth Int. Turfgrass Res. Conf., Avignon, France 1–15.July,1985, INRA: 199 — 212.
- Nyholt A. 2004. Turfgrass in Denmark — consumption and environmental legislation. Proc of XXXIV International Turf meeting 2004 from September 1st to September 4th in Roskilde: 8 — 13.
- Prończuk S. 1993. System oceny traw gazonowych. Biul. IHAR186: 127 — 132.
- Prończuk M. 2000. Choroby traw — występowanie i szkodliwość w uprawie na nasiona i użytkowaniu trawnikowym. Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR 4: 185 ss.
- Prończuk S. 2002. Uwarunkowania technologiczne w uprawie i ocenie trawników. Przegląd Naukowy Inż. Kształt. Środow. SGGW XI/24: 70 — 78.
- Prończuk S., Prończuk M. 2003. Zmienność cech u odmian *Poa pratensis* L. w umiarkowanie intensywnym użytkowaniu trawnikowym. Biul. IHAR 225: 265 — 276.
- Prończuk M., Prończuk S. 2003 a. Rdza żółta — nowe zagrożenie wiechliny łąkowej w użytkowaniu trawnikowym i uprawie na nasiona w Polsce. Biul. IHAR 225: 339 — 352.
- Prończuk S., Prończuk M. 2006. Poszukiwanie gatunków i odmian traw na trawniki ekologiczne. Zesz. Nauk. Univ. Przyrod. we Wrocławiu, Seria Rolnictwo LXXXVIII nr 545: 241 — 248.
- Prończuk M., Prończuk S. 2006 a. Cechy użytkowe odmian *Poa pratensis* przeznaczonych na trawniki zacienione. Zesz. Nauk. Univ. Przyrod. We Wrocławiu, Seria Rolnictwo LXXXVIII nr 545: 230 — 239.
- Smiley R. W., Demoeden P. H., Clarke B. B. 1992. Compendium of turfgrass diseases. The American Phytopath. Society, Minnesota: 98 pp.
- Wysocki Cz. 1994. Studia nad funkcjonowaniem trawników na obszarach zurbanizowanych (na przykładzie Warszawy), Wydaw. SGGW: 96 ss.
- Vargas J. M. 1994. Management of turfgrass diseases. Lewis Publ. CRC Press, Inc.: 294 pp.
- Żyłka D., Prończuk S. 1998. Zmienność cech morfologicznych i biologicznych ekotypów wiechliny łąkowej wybranych z zasobów genowych IHAR na użytkowanie trawnikowe. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 463: 499 — 507.
- Żurek G. 2006. Reakcja traw na niedobory wody — metody oceny i ich zastosowanie dla gatunków trawnikowych. Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR 25. 106 ss.
- Żurek G. 2007. Ocena krajowych odmian trawnikowych w użytkowaniu. Biul. IHAR 243: 119 — 131.
- Żurek G., Prończuk S. 1997. Efektywność ekotypów jako materiału w hodowli traw gazonowych. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 451: 161 — 166.

SPIS TREŚCI — CONTENTS

Krzysztof Klimont	Wpływ herbicydów na zachwaszczenie łąki pszenicy ozimej i jarej The effects of different herbicides on weeds in winter and spring wheat crops	3
Krzysztof Kowalczyk Agnieszka Jakubczak	Wpływ chlorku chlormekwatu na plon i komponenty plonu linii izogenicznych pszenicy zwyczajnej cv. Bezostnaja z genami <i>Rht</i> The influence of chlormekquat chloride on yield and yield components of common wheat cv. Bezostaya isogenic lines with <i>Rht</i> genes	13
Dariusz Gozdowski Wiesław Mądry Zdzisław Wyszniński	Analiza korelacji i współczynników ścieżek w ocenie współzależności plonu ziarna i jego składowych u dwóch odmian jęczmienia jarego Analysis of correlation and path coefficients in evaluation of relationships between grain yield and its components of two spring barley cultivars	23
Henryk J. Czembor	Odporność na mączniaka prawdziwego (<i>Blumeria graminis</i> f.sp. <i>hordei</i>) odmian jęczmienia włączonych do badań rejestrowych w Polsce w latach 2004–2006 Resistance to powdery mildew (<i>Blumeria graminis</i> f.sp. <i>hordei</i>) in barley cultivars included in 2004–2006 in registration trials in Poland	33
Aneta Kramek	Wykorzystanie markerów RAPD do oceny zróżnicowania genotypowego polskich odmian pszenżyta ozimego The application of RAPD markers to estimation of genotypic diversity of Polish winter triticale cultivars	43
Krystyna Zarzyńska	Wpływ sposobu przygotowania sadzeniaków na liczbę łodyg w roślinie, plon bulw i jego strukturę The influence of seed potato preparation method on stem number, tuber yield and yield structure	53
Mariusz Kucharski Janusz Urbanowicz	Badanie pozostałości linuronu i MCPA w glebie i roślinach ziemniaka Determination of linuron and MCPA residues in soil and potato plants	61
Jarosław Przetakiewicz	Porównanie dwóch metod oceny stopnia porażenia kielków ziemniaka patotypem 1(D1) grzyba <i>Synchytrium endobioticum</i> (Schilb.) Perc. Comparison of two methods for assessing the rate of infection of potato sprouts by pathotype 1(D1) of <i>Synchytrium endobioticum</i> (Schilb.) Perc.	67
Piotr Mirosław Szulc Mirosław Kobierski Mirosław Nowakowski Kazimierz Kubicki	Wpływ nawożenia sodem na plon i parametry jakości korzeni buraka cukrowego The effect of sodium fertilization on the yield and quality parameters of sugar beet roots	77
Agnieszka Barnyk Jerzy Lewosz Krzysztof Treder Włodzimierz Przewodowski Tomasz Pilecki	Zastosowanie chromatografii tiofilnej do izolacji przeciwciał poliklonalnych z surowicy krwi królików Application of thiophilic chromatography for purification of polyclonal antibodies from rabbit serum	87

Aleksandra Głowacka	Wpływ dolistnego nawożenia mikroelementami i środków ochrony roślin na plonowanie fasoli zwyczajnej (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) The effects of foliar micronutrients fertilization and of means of plant protection on yielding of common bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	97
Janusz Prusiński Magdalena Borowska Ewa Kaszkowiak	Wybrane wskaźniki produktywności roślin bobiku w warunkach wzrastającego nawożenia azotem Chosen productivity indexes of faba bean fertilized with increasing N doses	105
Marian Flis	Procedura szacowania szkód wyrządzonych przez zwierzęta w uprawach rolniczych Procedure for estimation of damage inflicted by wild animals in agricultural crop stands	117
Marzenna Olszewska Stefan Grzegorzczuk	Intensywność fotosyntezy i transpiracji liści <i>Lotus corniculatus</i> L. uprawianej w mieszankach z <i>Festulolium braunii</i> (K. Richt.) A. Camus i <i>Festuca pratensis</i> L. w zależności od nawożenia azotem i pogody Intensity of photosynthesis and transpiration of leaves of <i>Lotus corniculatus</i> L. grown in mixtures with <i>Festulolium braunii</i> (K. Richt.) A. Camus and <i>Festuca pratensis</i> L. depending on multiple nitrogen fertilization and weather conditions	125
Sławomir Prończuk Maria Prończuk	Ocena przydatności odmian życicy trwałej (<i>Lolium perenne</i> L.) na trawniki okresowo zacieniane Evaluation of the response of perennial ryegrass (<i>Lolium perenne</i> L.) cultivars to temporary shading in turf maintenance	135
Maria Prończuk Sławomir Prończuk	Ocena przydatności odmian i ekotypów wiechliny łąkowej (<i>Poa pratensis</i>) na trawniki niskonakładowe (ekstensywne) Search of Kentucky bluegrass (<i>Poa pratensis</i>) cultivars and ecotypes for low maintenance turf	147