



Owies czarnoziarnisty

Fot. Bogusław Łapiński

BIULETYN
INSTYTUTU HODOWLI
I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
Nr 270/2013



Owies czarnoziarnisty. Fot. Bogusław Łapiński

RADZIKÓW 2013
INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY — RADZIKÓW
05-870 BŁONIE pod WARSZAWĄ

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

Komitet Redakcyjny:

Editorial Committee:

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)

Redaktor Statystyczny — WIESŁAW MĄDRY

CZASOPISMO UKAZUJE SIĘ OD 1951 ROKU

Redaktor techniczny i skład komputerowy
GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA

Druk: CENTRUM POLIGRAFII Sp. z o.o.

TADEUSZ DRZAZGA¹**PAWEŁ KRAJEWSKI**²**EWA ŚMIAŁEK**³² Instytut Genetyki Roślin PAN w Poznaniu¹ Małopolska Hodowla Roślin HBP — Oddział Nasiona Kobierzyc³ COBORU — Stacja Oceny Odmian Zybiszów

Wykorzystanie różnych poziomów intensywności agrotechniki w hodowli pszenicy ozimej

Usefulness of different input level environments in selection of winter wheat

Przy wprowadzaniu różnych poziomów agrotechnicznych do metodyki doświadczeń hodowlanych należy wybrać strategię selekcji odnoszącą się do różnych systemów produkcyjnych. Wybór bezpośredniej lub pośredniej selekcji w ramach dwóch systemów uprawy zależy od genetycznej korelacji cechy między systemami oraz od jej odziedziczalności. Do oceny efektywności selekcji wykorzystano wyniki plonowania odmian pszenicy ozimej w doświadczeniach PDO w latach 2005–2009, przeprowadzonych na dwóch poziomach agrotechnicznych: standardowym i intensywnym (z pełną ochroną i dodatkowym nawożeniem N). Oceniono osobno dla obu poziomów wariancje fenotypowe, współczynniki powtarzalności, współczynniki zmienności genotypowej i fenotypowej oraz stopień stresu. Wyznaczone współczynniki korelacji genetycznej pomiędzy plonem z poziomu standardowego i intensywnego były dość zróżnicowane (od 0,60 do 0,97). Ocena efektywności selekcji pośredniej dla środowisk uczestniczących w doświadczeniach PDO wskazuje na różne możliwości prowadzenia skutecznej selekcji w ramach dwóch poziomów intensywności zabiegów agrotechnicznych.

Słowa kluczowe: selekcja pośrednia, komponenty wariancyjne, odziedziczalność w szerokim sensie, stopień stresu, hodowla odmian

Introduction of varying agronomic treatments into breeding experiments calls for the choice of a selection strategy which takes into account the production systems. Decisions concerning direct or indirect selection depend on the genetic correlation and on the heritability of the traits. To assess the selection efficiency, we used yield data from 2005–2009 PDO experiments performed at two agronomic levels: standard and intensive (with full protection and additional N fertilization). For both levels, we estimated phenotypic variances, repeatability coefficients, phenotypic and genotypic variation coefficients and stress degree coefficients. The computed genetic correlation coefficients were

relatively variable (from 0.60 to 0.97). The obtained results concerning selection efficiency indicated some possibilities of the effective selection at two levels of agronomic treatments.

Key words: indirect selection, variance components, broad-sense heritability, stress intensity, variety breeding

WSTĘP

Hodowcy roślin rozważają problem optymalnego środowiska, w którym prowadzi się selekcję na plon w kontekście maksymalizacji skuteczności i efektywności programu hodowlanego w dłuższym okresie czasu (Hill i in., 1998). Efekty selekcji w tym środowisku dla innego środowiska są duże wtedy, kiedy z każdy z czterech czynników: genetyczna wariancja, intensywność selekcji, odziedziczalność w środowisku selekcji i genetyczna korelacja między tymi środowiskami są wysokie (Falconer, 1989). Wymagania dotyczące efektywności selekcji dla danej cechy są określone w teorii selekcji (Atlin i in., 2001; van Eeuwijk i in., 2001).

Wpływ interakcji genotypowo-środowiskowej (GE) na uszeregowanie genotypów pod względem plonu powoduje, że wnioskowanie dotyczące efektywności środowiska selekcji opiera się na oszacowaniu odziedziczalności lub współczynnika korelacji genetycznej między środowiskami (Ceccarelli i in., 1994; Banziger i in., 1997). Odziedziczalność dla plonu jest zwykle wyższa w warunkach intensywnego poziomu agrotechniki, dlatego pośrednia selekcja w środowiskach o wysokiej produktywności przyczynia się do szybkiego postępu w poprawianiu plonowania w środowiskach o niskiej produktywności. Podwyższenie odziedziczalności w warunkach wysokiego plonowania jest powiązane z wzrostem wariancji genotypowej względem wariancji błędu. Przy wyborze rodzaju selekcji pomocne są analizy komponentów wariancji, ocena korelacji genetycznej i współczynnika odziedziczalności (Annicchiarico i in., 2005).

Informacje o interakcji GE są istotne dla programów hodowlanych i mogą być wykorzystane dla opracowania strategii selekcji genotypów (Gauch i Zobel, 1997; Cooper i in., 1999; Padi, 2004). Strategia ta również obejmuje problem selekcji bezpośredniej lub pośredniej. Na przykład można selekcjonować genotypy w warunkach wysoko produktywnych dla nisko produktywnych lub prowadzić wybór odmian dla produkcji intensywnej w warunkach stosowania agrotechniki o niższym poziomie intensywności.

Przykładem wyboru metody selekcji jest strategia programu hodowlanego dla rolnictwa ekologicznego: czy stosować selekcję bezpośrednią czy pośrednią w ramach hodowli konwencjonalnej. Większość badań przedstawia wysoką korelację genetyczną dla plonu między tymi systemami uprawy i wysoką odziedziczalność tej cechy w obu systemach. Linie wysokoplonujące w warunkach systemu konwencjonalnego wykazały się również wysoką plennością w warunkach uprawy organicznej. Większa efektywność selekcji pośredniej może wynikać z wyższego współczynnika powtarzalności (odziedziczalności w szerokim sensie) i niższej wariancji błędu (Murphy i in., 2007; Lorenzana i Bernardo, 2008; Burger i in., 2008; Przystalski i in., 2008).

Z podobnymi aspektami mamy do czynienia w ramach hodowli odmian tolerancyjnych np. na suszę. Hodowcy często selekcjonują dla warunków stresowych w warunkach nie

stresowych, kierując się korzystnymi związkami między tymi środowiskami. Wystąpienie stosunkowo niskiej korelacji genetycznej między środowiskiem selekcji bezstresowym a stresowym wskazuje, że otrzymane różnice w tolerancji na suszę nie są ściśle związane z różnicami potencjału plonowania. Genotypy z wysokim potencjałem w warunkach bezstresowych nie wykazują tych możliwości w warunkach stresowych i odwrotnie (Verulkar i in., 2010). Selekcja dla plonu w warunkach sprzyjających plonowaniu prowadzi do strat pod kątem specyficznej adaptacji do środowisk stresowych, podczas gdy selekcja dla wysokiego plonu w warunkach stresowych niekoniecznie prowadzi do strat w potencjale plonowania (Ceccarelli i in., 1998). Selekcja w stresowych środowiskach jest korzystna dla cech adaptacyjnych, podczas gdy wybór w sprzyjających warunkach preferuje selekcję pod względem cech sprzężonych z potencjałem plonowania.

Bardzo ważną przesłanką do modyfikacji strategii hodowli powinny być wyniki analizy postępu genetycznego dla plonu przedstawione w pracy Brancourt-Hulmel i in. (2005). Postęp genetyczny oceniony na podstawie doświadczeń z zastosowaniem wysokiego nawożenia N w połączeniu z fungicydami był wyższy w porównaniu do oceny w oparciu o eksperymenty z nawożeniem wysokim lub niskim lecz bez stosowania fungicydów. W tej sytuacji istnieje konieczność prowadzenia selekcji w warunkach środowisk wysoko i nisko produktywnych włączając podwyższone nawożenie N i zastosowanie ochrony (fungicydy i retardant). Znaczenie interakcji genotyp $\times$ agrotechnika w modulowaniu środowiska selekcji zostało uwzględnione w badaniach nad ryżem (Fukai i in., 1999), owsem (Atlin i Frey, 1989) i jęczmieniem (Ceccarelli, 1994, 1996).

W krajowej hodowli zbóż jeszcze do początkowych lat tego wieku podstawą wnioskowania przy selekcji genotypów były wyniki doświadczeń zakładanych przy zastosowaniu tzw. standardowej agrotechnice stosowanej w miejscowym gospodarstwie bez wykorzystania fungicydów i retardantów. W związku ze stopniowym wprowadzaniem do metodyki doświadczeń z dwoma poziomami intensywności, istnieje potrzeba przeanalizowania wpływu wprowadzenia tego dodatkowego czynnika na decyzje dotyczące wyboru środowiska selekcji. Ze względu na brak danych pochodzących z doświadczeń hodowlanych prowadzonych przy wykorzystaniu różnych poziomów agrotechniki, do wnioskowania wykorzystano wyniki plonowania odmian pszenicy ozimej w doświadczeniach PDO przeprowadzonych na dwóch poziomach agrotechniki: standardowym — A1 i intensywnym — A2. Celem pracy było przedstawienie wyników dotyczących parametrów o istotnym znaczeniu dla wyboru środowiska selekcji, a więc wariacji fenotypowej i genotypowej oraz współczynników korelacji genotypowej.

MATERIAŁ I METODY

Do analiz wykorzystano wyniki plonowania odmian pszenicy ozimej z serii doświadczeń PDO (seria L) przeprowadzonych w latach 2005–2009. Liczba badanych odmian w kolejnych latach wynosiła od 36 do 41, natomiast liczba analizowanych doświadczeń wynosiła 18. Doświadczenia zakładano w układzie split-blok o blokach niekompletnych. Stosowano dwa poziomy agrotechniczne:

- poziom A1 — standardowy — agrotechnika uprawy i nawożenia podobna do przyjętej w produkcji w warunkach danej stacji-punktu doświadczalnego,
- poziom A2 — intensywny — nawożenie azotowe zwiększone o 40 kg/ha w porównaniu do poziomu A1, ochrona przed chorobami i wyleganiem.

Dane z każdego doświadczenia poddano analizie wariancji w modelu mieszanym zawierającym stały efekt agrotechniki oraz losowe efekty obiektów, interakcji obiekty $\times$ agrotechnika oraz bloków. W strukturze kowariancji modelu uwzględniono dwa komponenty wariancyjne określające wariancje genetyczne dla dwu poziomów agrotechniki oraz parametr określający kowariancję genetyczną pomiędzy poziomem A1 i A2; oceny tych parametrów dokonane metodą REML posłużyły do oceny korelacji genotypowej pomiędzy dwoma poziomami agrotechniki. Ponieważ założono, że wariancje genetyczne dla obu poziomów agrotechniki mogą być różne, oceniono także osobno dla obu poziomów wariancje fenotypowe, współczynniki powtarzalności oraz współczynniki zmienności genotypowej i fenotypowej. Obliczenia wykonano programem Genstat 13 (VSN International Ltd).

Dla każdego ze środowisk (doświadczeń) obliczono stopień stresu według formuły

$$D = 1 - \frac{X}{X_p}$$

gdzie X oznacza średni plon z doświadczenia, zaś X_p najwyższy średni plon z doświadczenia w ramach serii.

Do przewidywania reakcji genotypu w środowisku docelowym w wyniku selekcji prowadzonej w środowisku wyboru wykorzystano wskaźnik CR_Y (plon w warunkach środowiska wyboru)/ DR_Y (plon w warunkach środowiska docelowego) (Falconer, 1989; Kumar i in., 2008). Wskaźnik ten świadczy o możliwości prowadzenia selekcji pośredniej w ramach tych środowisk. W pracy wskaźnik wykorzystano do oceny skuteczności selekcji pośredniej w ramach dwóch systemów uprawowych (A1 i A2) korzystając z formuły:

$$\frac{CR_Y}{DR_Y} = r_G \sqrt{\left(\frac{H_C}{H_S}\right)}$$

gdzie r_G jest współczynnikiem korelacji genetycznej, H_C jest współczynnikiem powtarzalności (odziedziczalności w szerokim sensie) dla plonu w warunkach środowiska wyboru, zaś H_S jest współczynnikiem powtarzalności (odziedziczalności w szerokim sensie) dla plonu w warunkach środowiska docelowego. Użyte wcześniej pojęcie środowiska docelowego należy rozumieć jako te środowisko, dla którego jest prowadzony wybór w środowisku selekcji. Pojęcie te może obejmować określony obszar geograficzny lub zastosowanie określonych poziomów agrotechniki.

OMÓWIENIE WYNIKÓW I DYSKUSJA

Porównanie strategii hodowli, np. takich jak selekcja bezpośrednia w warunkach uprawy organicznej czy selekcja pośrednia dla tego systemu przy zastosowaniu uprawy konwencjonalnej, wymaga nie tylko oszacowania korelacji genetycznej danej cechy pomiędzy systemami, ale również jej odziedziczalności w tych dwóch systemach (Annicchiarico i in., 2010). Dla przykładu, selekcja dla systemu organicznego może być

bardziej skuteczna w warunkach uprawy konwencjonalnej, jeżeli współczynnik korelacji genetycznej r_G jest duży, a współczynnik odziedziczalności H dla pierwszego systemu jest większy niż dla drugiego systemu. Poczynienie określonych stwierdzeń dotyczących strategii selekcji wymaga ponadto przedstawienia rzeczywistego lub przewidywanego postępu genetycznego tej cechy w każdym systemie uprawy.

Podstawy teoretyczne selekcji na podstawie przypuszczalnej oceny w środowisku docelowym (innym systemie uprawy, na innym poziomie agrotechniki lub w innej metodzie hodowli) w wyniku selekcji przeprowadzonej w środowisku wyboru zostały przedstawione w pracach Falconera (1989) i Falconera i Mackay (1996). Według tych autorów, kiedy interakcja genotyp $\times$ poziom uprawy przeważa, sukces pośredniego wyboru w warunkach wysokiego nawożenia dla środowiska o niższym nawożeniu jest funkcją korelacji genetycznej. Gdy współczynniki odziedziczalności są podobne, maksymalna wartość CR_Y/DR_Y jest równa 1 przy współczynniku korelacji równym 1. Ponadto, aby wybór był bardziej efektywny w środowisku selekcji, współczynnik H dla tego środowiska powinien być wyższy niż dla środowiska docelowego. Wykorzystanie współczynnika powtarzalności (odziedziczalności w szerokim sensie) nie zawsze jest skuteczne do określenia optymalnej strategii selekcji, w szczególności przy niższych wartościach r_G (Cecarelli i in., 1994).

W badaniach własnych, otrzymane wartości współczynnika korelacji genetycznej pomiędzy plonem z obu poziomów agrotechnicznych dla stacji uczestniczących w doświadczeniach porejestrowych były zróżnicowane (tab. 1). Najniższe uśrednione wartości współczynnika korelacji za lata 2005-09 otrzymano dla stacji: Nowa Wieś Ujska ($r_G = 0,60$) i Krościna Mała ($r_G = 0,69$), a najwyższe dla stacji: Marianowo ($r_G = 0,94$), Zybiszów ($r_G = 0,95$) i Tarnów ($r_G = 0,97$). Dla większości środowisk obserwowano bardzo dużą zmienność tego współczynnika w latach. Dla przykładu, w warunkach miejscowości Krościna Mała minimalna wartość tego współczynnika była bardzo niska ($r_G = 0,40$), natomiast maksymalna wartość tego związku była na poziomie 1. Relatywnie niska korelacja genetyczna pomiędzy plonem z poziomu A1 i A2 wskazuje, że otrzymane różnice w plonowaniu badanych odmian nie są ściśle związane z potencjałem plonowania, co świadczy o znacznym wpływie innych niż genetycznych, głównie środowiskowych czynników na wysokość plonowania odmian (Ukalski i in., 2008). Przykładowo, współczynnik $r_G = 0,95$ między plonem z poziomów A1 i A2 dla stacji Zybiszów wskazuje, że duża część wariancji genetycznej była wyjaśniana przez wspólne czynniki z obu poziomów.

Tabela 1

**Współczynniki korelacji genetycznej pomiędzy poziomem A1 i A2 w miejscowościach testowych
uzyskane w latach 2005–2009**

**Genetic correlation coefficients between A1 and A2 in test stations, obtained during the years
2005–2009**

Doświadczenie Trial (test station)	Współczynnik korelacji genetycznej Genetic correlation coefficients		
	średni w latach 2005–2009 average in years 2005–2009	min.	max.
Nowa Wieś Ujska	0,60	0,44	0,72
Krościna Mała	0,69	0,40	1,00
Masłowice	0,76	0,62	0,90
Głubczyce	0,79	0,59	1,00
Zadąbrowie	0,80	0,73	0,87
Seroczyn	0,82	0,73	0,95
Czesławice	0,83	0,62	0,94
Radostowo	0,83	0,74	0,88
Cicibór	0,84	0,45	0,98
Wyczechy	0,87	0,77	0,95
Słupia	0,88	0,67	0,99
Głębokie	0,89	0,73	1,00
Pawłowice	0,91	0,77	1,00
Węgrzce	0,93	0,82	1,00
Rychliki	0,93	0,83	1,00
Marianowo	0,94	0,78	1,00
Zybiszów	0,95	0,83	1,00
Tarnów	0,97	0,90	1,00

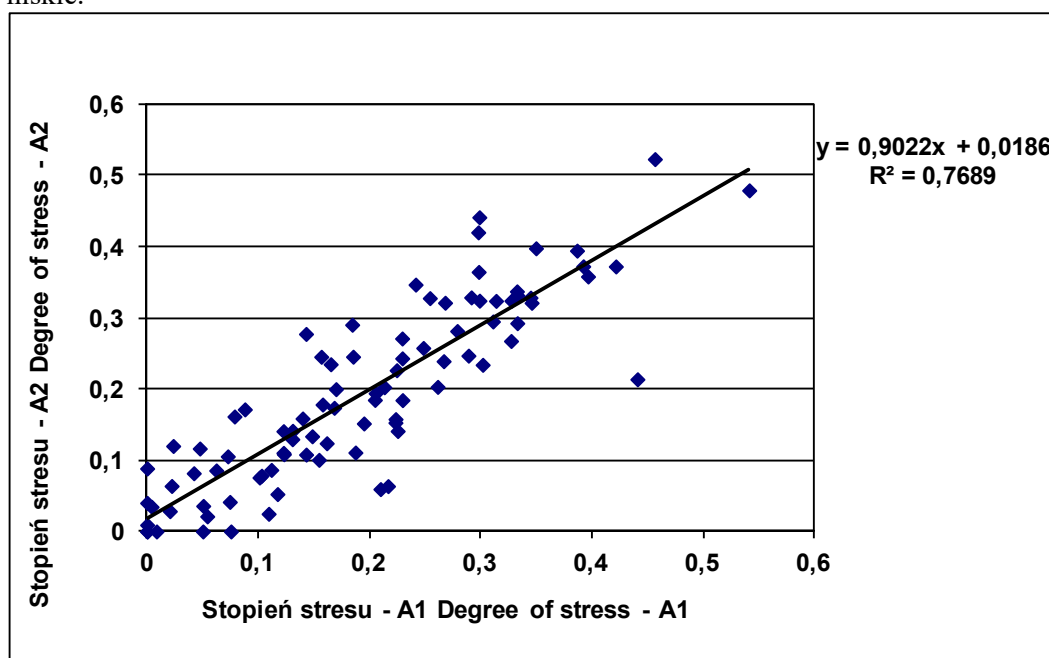
Skuteczność pośredniej selekcji została porównywana ze skutecznością selekcji bezpośredniej w ramach zastosowanych poziomów A 1 i A 2 dla każdego środowiska (tab. 2).

Tabela 2

**Efektywność selekcji pośredniej na podstawie poziomu A1 dla A2 oraz na podstawie poziomu A2 dla A1
Efficiency of indirect selection under A1 for A2, and under A2 for A1**

Stacja Station	CR_{A2}/DR_{A1} A1→A2	CR_{A1}/DR_{A2} A2→A1
Nowa Wieś Ujska	0,60	0,60
Krościna Mała	0,69	0,70
Masłowice	0,76	0,76
Głubczyce	0,79	0,80
Zadąbrowie	0,79	0,80
Seroczyn	0,83	0,82
Radostowo	0,83	0,83
Czesławice	0,83	0,82
Cicibór	0,83	0,84
Wyczechy	0,87	0,87
Słupia	0,87	0,89
Głębokie	0,88	0,89
Węgrzce	0,89	0,97
Rychliki	0,90	0,97
Pawłowice	0,92	0,90
Tarnów	0,96	0,98
Zybiszów	0,96	0,95
Marianowo	0,97	0,91

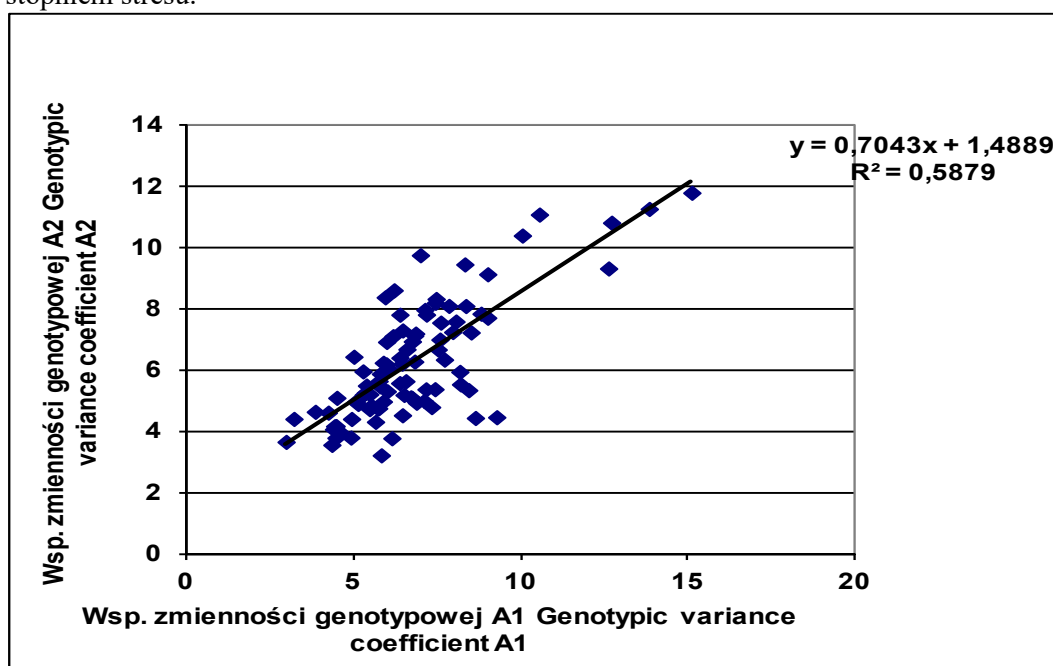
Wysokie oceny efektywności selekcji dla tej miejscowości (CR_Y/DR_Y : $A1 \rightarrow A2 = 0,96$; $A2 \rightarrow A1 = 0,95$), upoważnia do stwierdzenia, że pośrednia selekcja na poziomie A2 jest prawie tak samo efektywna jak bezpośrednia na A1. Dla większości stacji oceny efektywności selekcji pośredniej w ramach tych poziomów są zbliżone. Nieco większe rozbieżności w ocenie tej efektywności otrzymano dla środowisk: Węgrzce i Rychliki. Z praktycznego punktu widzenia, niższa efektywność pośredniej selekcji oznacza również, że intensywność selekcji musi być mniejsza (Brancourt-Hulmel i in., 2005). W takim układzie, odsetek linii zachowanych musi być odpowiednio wysoki, aby je później sprawdzić powtórnie w innych środowiskach. Spośród analizowanych środowisk, uśrednioną niską efektywność pośredniej selekcji w latach 2005–2009 otrzymano dla stacji Nowa Wieś Ujska i Krościna Mała. Z uwagi na to, że współczynniki odziedziczalności oszacowane na obu poziomach agrotechniki były wysokie (od 0,85 do 0,95), niska efektywność selekcji pośredniej wynikała z obniżonej wartości współczynnika korelacji genetycznej pomiędzy plonem z poziomu A1 i A2. Dlatego bazowanie wyłącznie na oszacowaniu współczynników odziedziczalności nie zawsze jest skuteczne do określenia optymalnej strategii selekcji, w szczególności gdy współczynniki korelacji genetycznej są niskie.



Rys. 1. Zależność między stopniem stresu na poziomie A1 i A2, lata 2005–2009
Fig. 1. Relationship between the degrees of stress under agronomic treatments A1 and A2, years 2005–2009

Genetyczna wariancja i odziedziczalność dla plonu ziarna zwykle obniża się przy przejściu z warunków wysokiego do niższego plonowania (Atlin i Frey, 1990; Banziger

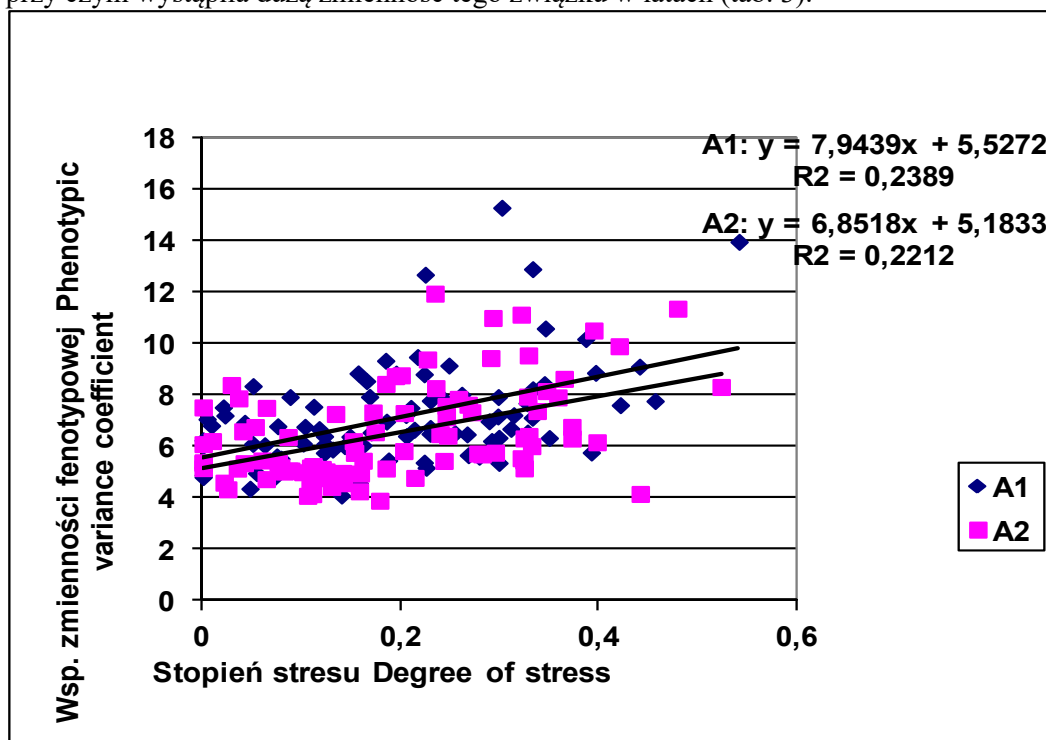
i in., 1997). Niższa wariancja genetyczna w warunkach niskiego plonowania przyczynia się do tego, że postęp hodowlany jest potencjalnie niższy niż w warunkach wysokiego plonowania. W celu poznania trendów zmian wyżej wymienionych parametrów w zależności od wysokości plonowania w ramach zastosowanych poziomów agrotechniki, średnie plonu z analizowanych doświadczeń w ramach serii wykorzystano do obliczenia stopnia stresu, zdefiniowanego jako względna redukcja plonu w poszczególnych miejscowościach w porównaniu do środowiska o najwyższym plonie. Wartość tego współczynnika świadczy o intensywności występowania czynników stresowych biotycznych i abiotycznych w sezonie wegetacyjnym ograniczających plonowanie badanych odmian w danym środowisku. Oceniony w badaniach stopień stresu nie zależał od poziomu agrotechniki, o czym świadczy liniowy przebieg zależności pomiędzy wartościami tego parametru z poziomów A1 i A2 oszacowanymi dla każdego środowiska (rys. 1). Pomimo różnorodności warunków glebowo-klimatycznych, stwierdzono brak zależności współczynnika odziedziczalności H dla plonu od stopnia stresu. Nieistotny związek między tym parametrami dotyczył standardowego, jak i intensywnego poziomu uprawy. W analizowanych seriach PDO z pszenicą ozimą nie stwierdzono obniżenia wartości współczynnika H z warunków korzystnych do mniej sprzyjających plonowaniu. To się przyczyniło do braku istotnych zależności między wariancją genotypową i fenotypową a stopniem stresu.



Rys. 2. Zależność pomiędzy współczynnikiem zmienności genotypowej na poziomie A1 i A2, lata 2005–2009

Fig. 2. Relationship between the genotypic variance coefficients under agronomic treatments A1 and A2, years 2005–2009

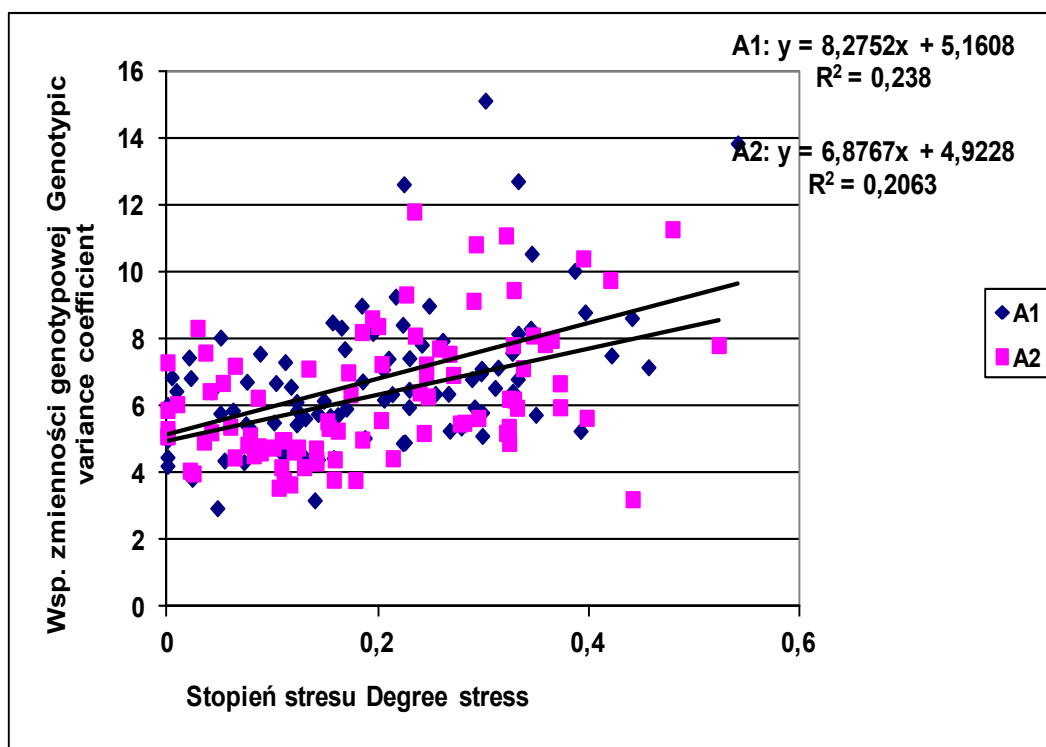
W przedstawionych analizach wystąpiła dość ścisła zależność liniowa między współczynnikami zmienności genotypowej dla plonu oszacowanymi w różnych warunkach (rys. 2). Świadczy to o tym, że oszacowane komponenty zmienności genotypowej nie zależały od wprowadzonego do metodyki doświadczeń dodatkowego czynnika, czyli poziomów agrotechniki. Na obu poziomach nie stwierdzono silnego związku pomiędzy współczynnikami zmienności fenotypowej i genotypowej a stopniem stresu (rys. 3 i 4), przy czym wystąpiła duża zmienność tego związku w latach (tab. 3).



Rys. 3. Zależność między stopniem stresu a współczynnikiem zmienności fenotypowej dla poziomu A1 i A2, lata 2005–2009

Fig. 3. Relationship between the degree of stress and the phenotypic variance coefficient under agronomic treatments A1 and A2, years 2005–2009

Dla porównania, w badaniach Sinebo i in. (2002) komponenty wariancji genetycznej i współczynniki odziedziczalności w szerokim sensie były wysoce istotne i ujemnie skorelowane z stopniem stresu. Wraz ze wzrostem stresu następowało podwyższenie współczynników zmienności genotypowej i fenotypowej, jak również obniżenie stosunku wariancji genotypowej do błędu, co obniżało precyzję oceny plonu badanych genotypów (Padi, 2002). Przy niskich poziomach stresu zmienność genotypowa zbliżała się do zmienności fenotypowej.



Rys. 4. Zależność między stopniem stresu a współczynnikiem zmienności genotypowej na poziomie A1 i A2 - lata 2005–2009

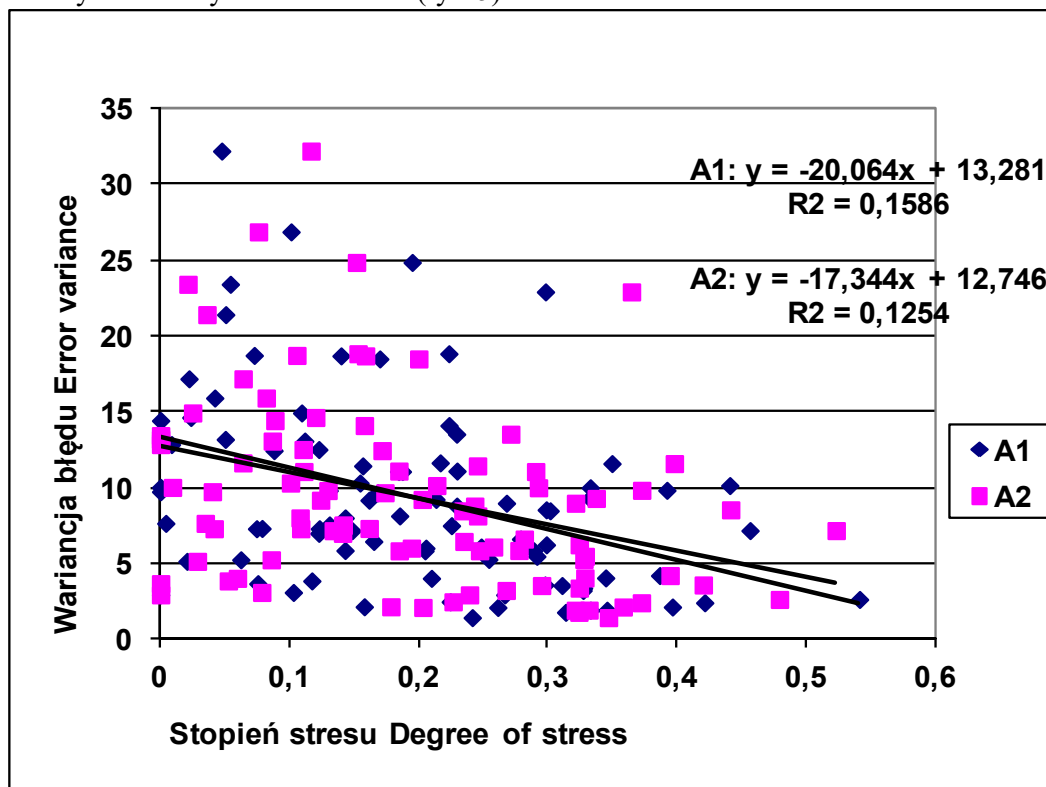
Fig. 4. Relationship between the degree of stress and the genotypic variance coefficient under agronomic treatments A1 and A2, years 2005–2009

Tabela 3

Zależność między stopniem stresu w miejscowościach a współczynnikiem zmienności genotypowej przy intensywności agrotechniki A1 i A2 w poszczególnych sezonach
Relationship between degree of stress and genotypic variance coefficient under A1 and A2 in consecutive seasons

Sezon Season		Regresja Regression	Współczynnik determinacji R ² Determination coefficient R ²	Wartość P P-value
2004/2005	A1	y= 4,53x + 5,21	0,14	ns
	A2	y=9,65x + 3,72	0,51	0,001
2005/2006	A1	y=5,94x + 5,95	0,12	ns
	A2	y=4,93x + 5,37	0,12	ns
2006/2007	A1	y=12,1x + 4,04	0,51	0,001
	A2	y=8,47x + 4,40	0,35	0,01
2007/2008	A1	y=9,07x + 5,38	0,28	0,03
	A2	y=8,28x + 4,99	0,24	0,05
2008/2009	A1	y=14,5x + 4,25	0,27	0,01
	A2	y=7,03x + 5,38	0,17	0,05

Obniżenie precyzji oceny badanych genotypów nie zawsze musi być połączone ze wzrostem stopnia stresu. Potwierdzeniem tego wniosku jest uzyskany w badaniach własnych brak związku pomiędzy wariancją błędu wspólną dla obu poziomów intensywności a tym wskaźnikiem (rys. 5).



Rys. 5. Zależność między stopniem stresu a wariancją błędu (wspólna dla A1 i A2), lata 2005–2009
Fig. 5. Relationship between the degree of stress and the error variance (common for A1 and A2), years 2005–2009

Przy braku zależności komponentów wariancji od stopnia stresu, trudno oceniać problem optymalnego środowiska, w którym prowadzi się selekcję bez określenia wartości CR_Y/DR_Y . Dla przykładu wykonana ocena efektywności selekcji pośredniej dla środowisk uczestniczących w doświadczeniach PDO, wskazuje na bardzo duże zróżnicowanie możliwości prowadzenia skutecznej selekcji w ramach tych dwóch poziomów. W praktyce testowanie linii hodowlanych w początkowych etapach hodowli często odbywa się na poziomie A1 z pominięciem poziomu A2. Doświadczenia rejestrowe COBORU są prowadzone na obu poziomach agrotechniki. Jeżeli w skład serii doświadczeń hodowlanych wchodzi miejscowości o niskiej efektywności selekcji pośredniej na podstawie A1 dla A2, to możemy się spodziewać obniżonej skuteczności pracy hodowlanej ukierunkowanej na tworzenie odmian dostosowanych do warunków intensywnej

technologii uprawy. Prowadzenie wyboru w warunkach intensywnej agrotechniki preferuje selekcję pod względem cech sprzężonych z potencjałem plonowania. Hodowcy powinni prowadzić też selekcję genotypów przystosowanych do warunków o niższej agrotechnice co prowadzi do maksymalizacji postępu selekcyjnego. Ujęcie takiego podejścia w strategii selekcji oczywiście musi być sprzężone z możliwością rejestracji takich odmian oraz z korzystnymi efektami ekonomicznymi wynikającymi z ich reprodukcji dla hodowcy.

W tej sytuacji strategia programu hodowlanego powinna uwzględniać szeroki wybór systemów, poziomów intensywności uprawy i metod hodowli, ich zmienność, możliwość wprowadzenia pośredniej selekcji i jej spodziewany postęp selekcyjny. Takie podejście pozwala również na uzyskanie wiarygodnych prognoz koniecznych do wyjaśnienia genetycznej kontroli cech adaptacyjnych, ich udziału w tworzeniu plonu i stabilności plonowania, a w dalszym etapie ich wdrażanie do praktyki hodowlanej.

WNIOSKI

1. Otrzymane wysokie dodatnie wartości współczynników korelacji genetycznej pomiędzy plonem z różnych poziomów intensywności agrotechniki i odziedziczalności tej cechy pozwalają wnioskować o możliwości prowadzenia efektywnej selekcji pośredniej w warunkach poziomu A1 dla A2, i odwrotnie przy A2 dla A1 w niektórych miejscowościach uczestniczących w serii PDO z pszenicą ozimą.
2. Stwierdzono wysokie podobieństwo oszacowanych współczynników zmienności genetycznej i stopnia stresu w ramach analizowanych poziomów agrotechniki A1 i A2, lecz ich zbyt duża zmienność nie pozwala na wnioskowanie o istotności zależności regresyjnej między nimi.
3. Przy zróżnicowanych warunkach glebowo-klimatycznych środowisk testowania, nie stwierdzono istotnego związku pomiędzy współczynnikiem odziedziczalności w szerokim sensie dla plonu a stopniem stresu w warunkach zastosowania standardowego, jak i intensywnego poziomu agrotechniki.

LITERATURA

- Atlin G. N., Frey K. J. 1989. Predicting the relative effectiveness of direct versus indirect selection for oat yield in three types of stress environments. *Euphytica* 44: 137 — 142.
- Atlin G. N., Frey K. J. 1990. Selecting oat lines for yield in low productivity environments. *Crop Sci.* 30: 556 — 561.
- Atlin, G. N., Cooper M., Bjørnstad F. A. 2001. A comparison of formal and participatory breeding approaches using selection theory. *Euphytica* 122: 463 — 475.
- Annicchiarico, P., Bellah, F., Chiari, T. 2005. Defining subregions and estimating benefits for a specific-adaptation strategy by breeding programs: a case study. *Crop Sci.* 45: 1741 — 1749.
- Annicchiarico, P., Chiapparino, E., Perenzin M. 2010. Response of common wheat varieties to organic and conventional production systems across Italian locations, and implications for selection. *Field Crops Research* 116: 230 — 238.
- Brancourt-Hulmel M., Heumez E., Pluchard P., Beghin D., Depatureaux C., Giraud A., Le Gouis J. 2005. Indirect versus direct selection of winter wheat for low-input or high-input levels. *Crop Science*. 45: 1427 — 1431.

- Banziger, M., Betran F. J., Lafitte H. R. 1997 a. Efficiency of high-nitrogen selection environments for improving maize for low-nitrogen target environments. *Crop Sci.* 37: 1103 — 1109.
- Burger H., Schloen M., Schmidt W., Geiger H. H. 2008. Quantitative genetic studies on breeding maize for adaptation to organic farming. *Euphytica* 163: 501 — 510.
- Ceccarelli S. 1994. Specific adaptation and breeding for marginal conditions. *Euphytica* 77: 205 — 219.
- Ceccarelli S. 1996. Adaptation to low/high input conditions. *Euphytica* 92: 203 — 214.
- Ceccarelli S., Grando S., Impiglia A. 1998. Choice of selection strategy in breeding barley for stress environments. *Euphytica* 103: 307 — 318.
- Cooper M., Rajatasereekul S., Somrith B., Sriwisut S., Immark S., Boonwite C., Suwanwongse A., Ruangsook S., Hanviriyapant P., Romyen P., Porn-uraisanit P., Skulkhu E., Fukai S., Basnayake J., Podlich D. W. 1999. Rainfed lowland rice breeding strategies for Northeast Thailand II. Comparison of intrastation and interstation selection. *Field Crop Res.* 64: 153 — 176.
- Fukai S., Inthapanya P., Blamey F. B. C., Khuntasuvon S. 1999. Genotypic variation in rice grown in low fertile soils and drought-prone, rainfed lowland environments. *Field Crops Res.* 64: 121 — 130.
- Falconer, D. S. 1989. *Introduction to Quantitative Genetics*, third ed. Longman, London.
- Falconer, D.S., Mackay T. F. C. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*, 4th ed. Longman, Harlow, London.
- Gauch H. G., Zobel R.W. 1997. Identifying mega-environments and targeting genotypes *Crop Sci.* 37: 311 — 326.
- Hill J., Becker H. C., Tigerstedt P. M. A. 1998. *Quantitative and ecological aspects of plant breeding*. Chapman & Hall, London, UK.
- Kumar A., Bernier, J., Verulkar S. B., Lafitte H. R., Atlin G. N. 2008. Breeding for drought tolerance: direct selection for yield, response to selection and use of drought-tolerant donors in upland and lowland-adapted populations. *Field Crops Res.* 107: 221 — 231.
- Lorenzana E. R., Bernardo R. 2008. Genetic correlation between corn performance in organic and conventional production systems *Crop Sci.* 48: 903 — 910.
- Murphy K. M., Campbell K. G., Lyon S. R., Jones S. S. 2007. Evidence of varietal adaptation to organic farming systems. *Field Crops Res.* 102: 172 — 177.
- Padi F. K. 2004. Relationship between stress tolerance and grain yield stability in cowpea. *Journal of Agricultural Science.* 142: 431 — 443.
- Przystalski M., Osman A., Thiemt E. M., Rolland B., Ericson L., Ostergard H., Levy L., Wolfe M., Buchse A., Piepho H. P., Krajewski P. 2008. Comparing the performance of cereal varieties in organic and non-organic cropping systems in different European countries. *Euphytica* 163: 417 — 433.
- Sinebo W., Gretzmacher R., Edelbauer A. 2002. Environment of selection for grain yield in low fertilizer input barley. *Field Crops Res.* 74: 151 — 162.
- van Eeuwijk F. A., Cooper M., DeLacy I. H., Ceccarelli S., Grando S. 2001. A vocabulary and grammar for comparing PPB and FPB trials. *Euphytica* 122: 470 — 490.
- Verulkar S. B., Mandal N. P., Dwivedi J. L., Singh B. N., Sinha P. K., Mahato R. N., Dongre P., Singh O. N., Bose L. K., Swain P., Robin S., Chandrababu R., Senthil S., Jain A., Shashidhar H. E., Hittalmani S., Vera Cruz C., Paris T., Raman A., Haefele S., Serraj R., Atlin G., Kumar A. 2010. Breeding resilient and productive genotypes adapted to drought-prone rainfed ecosystem of India. *Field Crops Research* 117: 197 — 208.
- Ud-Din N., Carver B. F., Clutter A. C. 1992. Genetic analysis and selection for wheat yield in drought-stressed and irrigated environments. *Euphytica* 62: 89 — 96.
- Ukalski K., Ukalska J., Śmiałowski T., Mądry W. 2008. Badanie zmienności i współzależności cech użytkowych w kolekcji roboczej pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.) za pomocą metod wielowymiarowych. Część I. Korelacje fenotypowe i genotypowe. *Biul. IHAR* 249: 35 — 43.

OLGA DORACZYŃSKA¹**JERZY H. CZEMBOR¹****HENRYK J. CZEMBOR****MARJA JALLI²**¹ Pracownia Genetyki Stosowanej, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie² MTT Agrifood Research Finland, Plant Protection, FI-31600 Jokioinen, Finlandia

Nowe źródła odporności na plamistość siatkowaną (*Pyrenophora teres* f. sp. *teres*) w kolekcji odmian miejscowych jęczmienia*

New sources of resistance to net blotch (*Pyrenophora teres* f. sp. *teres*) in collection of barley landraces

Jęczmień należy do ważnych gospodarczo gatunków zbóż a plamistość siatkowana powodowana przez *Pyrenophora teres* f. sp. *teres* jest chorobą, która w sposób istotny wpływa na wielkość i jakość plonu ziarna. Dlatego celem badań było zidentyfikowanie źródeł odporności na plamistość siatkowaną jęczmienia w kolekcji odmian miejscowych po zakażeniach sztucznych izolatami o zróżnicowanej wirulencji i awirulencji w stosunku do odmian o znanym stopniu odporności na tego patogena. Badania prowadzono w warunkach kontrolowanych — na fragmentach liści (oceny w skali 1–4) oraz w warunkach szklarniowych i polowych (oceny w skali 1–10). W pierwszym etapie badań zróżnicowano 32 izolaty wyosobnione z prób liści zebranych w różnych rejonach Polski i do dalszych prac wytypowano 15 izolatów. Materiałem roślinnym były 34 odmiany miejscowe pochodzące z Egiptu, Nepalu, Jordanii, Turcji, Portugalii i Grecji. Stopień odporności na pojedyncze izolaty osobno oceniono na fragmentach liści, a następnie w warunkach szklarniowych i polowych zakażano mieszaniną wszystkich izolatów pochodzących z Polski oraz jednym, reprezentującym populację *P. teres* f. sp. *teres* występującą na terenie Finlandii. Stwierdzono, że jedna odmiana pochodząca z Turcji oraz jedna odmiana pochodząca z Jordanii są szczególnie cennymi źródłami odporności na plamistość siatkowaną jęczmienia (odporność wyższa w stosunku do wysoko odpornej odmiany wzorcowej CI9819). Jako źródła odporności mogą zostać wykorzystane również trzy odmiany z Nepalu, których odporność była oceniona na poziomie odmiany CI9819.

Słowa kluczowe: jęczmień, odmiany miejscowe, plamistość siatkowana, *Pyrenophora teres* f. sp. *teres*

* Wyniki badań uzyskane w ramach projektu finansowanego przez MRiRW w zakresie badań podstawowych na rzecz postępu biologicznego w produkcji roślinnej (PBwPR)

Barley is one of the economically important crop species and net blotch caused by *Pyrenophora teres* f. sp. *teres* has a significant impact on the quantity and quality of grain yield. Therefore the aim of the current study was identify sources of resistance to barley net blotch in the collection of landraces. The resistance was assessed after inoculation using isolates with different spectrum of virulence and avirulence, in relation to differential set of genotypes with known level of resistance. The study was carried out under controlled conditions — as detached-leaf test (scale ratings: 1–4) and in a greenhouse and field (scale ratings: 1–10). In the first stage of the study the virulence of 32 isolates was characterized. They were isolated from leaf samples collected in different regions of Poland and for further work 15 isolates were chosen. As a plant material 34 local varieties originating from Egypt, Nepal, Jordan, Turkey, Portugal and Greece were used. Their levels of resistance to specific isolates were evaluated on detached-leaf fragments and then under greenhouse and field conditions using mixture of all Polish isolates and one isolate, representing Finnish *P. teres* f. sp. *teres* population. Based on the obtained results it was found, that one landrace originating from Turkey and one landrace originating from Jordan are especially valuable sources of resistance to net blotch of barley (resistance level higher than resistant control cultivar CI9819). Three landraces from Nepal can be also used as sources of resistance. Their levels of resistance were assessed at the level of cultivar CI9819.

Key words: barley, landraces, net blotch, *Pyrenophora teres* f. sp. *teres*

WSTĘP

Jęczmień należy do ważnych gospodarczo gatunków zbóż zarówno w Polsce, jak i na świecie. Plamistość siatkowana jęczmienia jest ważną chorobą, która w sposób istotny wpływa na wielkość i jakość plonu ziarna. Choroba ta powodowana jest przez dwa patogeny: *Pyrenophora teres* Drechs. f. *teres* Smedeg. oraz *P. teres* f. sp. *maculata* Smedeg. (Smedegaard-Petersen, 1971). W Polsce sprawcą tej choroby jest *P. teres* f. sp. *teres*. Straty w plonie przy dużym nasileniu choroby mogą sięgać nawet 40% (Steffenson i in., 1991; Robinson i Jalli, 1997 a; Grewal i in., 2008). Na liście odmian wpisanych do rejestru brak jest odmian odpornych lub o podwyższonej odporności na plamistość siatkową (Czembor, 1972; Gacek, 1979).

Zestaw odmian i linii różnicujących posiadających znane geny odporności na *P. teres* f. sp. *teres*, opracowany przez Afanasenko i in. (2009), umożliwia porównywanie wyników badań prowadzonych w różnych ośrodkach naukowych. Genotypy włączone do tego zestawu pochodzą z różnych rejonów świata i zostały opisane we wcześniejszych badaniach (Bockelman i in., 1983; Robinson i Jalli, 1996; Afanasenko i in., 2009).

Badanie struktury populacji jest niezbędne w celu wytypowania właściwych izolatów do prac, których celem jest poszukiwanie nowych źródeł odporności. Źródła te są wykorzystywane w hodowli odpornościowej, która jest przyjazną środowisku metodą ochrony roślin przed chorobami. Metoda ta nie naraża producentów na dodatkowe koszty związane z zakupem środków ochrony i jest efektywna również w przypadku plamistości siatkowanej. Wstępne testy mające na celu poszukiwanie nowych źródeł odporności mogą być prowadzone już w stadium siewki (Legge i in., 1996; Steffenson i in., 1996). Uzasadnia to fakt, że dotychczasowe badania wykazały, że odporność na plamistość siatkową może być warunkowana jednym lub dwoma dominującymi genami odporności (Bockelman i in., 1977; Afanasenko i Kushnienko, 1989). Jednak istnieją również doniesienia o poligenicznym uwarunkowaniu odporności (Harrabi i in., 1993; Steffenson i Webster, 1992 b). Dlatego podczas selekcji materiałów, które mogą być potencjalnymi źródłami

odporności na tego patogena należy prowadzić dokładne pomiary powierzchni porażonej przez patogena oraz opis objawów choroby uwzględniając: fazę rozwojową roślin (Steffenson i Webster, 1992; Steffenson i in., 1996; Grewal i in., 2008), długość okresu inkubacji po zakażeniach (Arabi i in., 1990), wilgotność i temperaturę powietrza od czasu zakażeń do oceny (Nutter i in., 1985; Shaw, 1986; Berg i Rossnagel, 1991) czy położenie liścia na roślinie (Tekauz, 1986).

Odmiany miejscowe jęczmienia są powszechnie wykorzystywane w badaniach nad identyfikacją nowych źródeł odporności na stresy biotyczne i abiotyczne (Newton i in., 2010). Badania mające na celu znalezienie nowych źródeł odporności jęczmienia na *P. teres* f. sp. *teres* zostały opisane przez Robinson i Jalli (1996), Johnson i in. (1997), Yitbarek i in. (1998) i Afanasenko i in. (2009).

Celem głównym prac było znalezienie źródeł odporności na plamistość siatkowaną jęczmienia w kolekcji odmian miejscowych po zakażeniach izolatami o zróżnicowanej wirulencji i awirulencji w stosunku do genów odporności obecnych w zestawie odmian różnicujących. Celem dodatkowym była charakterystyka populacji *P. teres* f. sp. *teres* występującej na terenie Polski.

MATERIAŁY I METODY

Badania stopnia odporności odmian miejscowych jęczmienia na *P. teres* f. sp. *teres* prowadzono trzema metodami w ramach współpracy pomiędzy Instytutem Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB (IHAR — PIB) w Radzikowie a MTT Agrifood Research, Jokioinen w Finlandii w latach 2009–2010. Testy na fragmentach liści pobranych z siewek w fazie 3 liścia (tzw. test listkowy) wykonano w IHAR — PIB, testy szklarniowe i polowe prowadzono w MTT Agrifood Research, Jokioinen, Finlandia.

Material roślinny

Do charakterystyki populacji *P. teres* f. sp. *teres* występującej na terenie Polski i określenia genów wirulencji w niej występujących wykorzystano zestaw odmian jęczmienia o znanych genach odporności (Afanasenko i in., 1995; Afanasenko i in., 2009; tab. 1).

Tabela 1

Zestaw odmian różnicujących wykorzystany w charakterystyce populacji *Pyrenophora teres* f. sp. *teres* występującej na terenie Polski

Set of differential cultivars used to describe *Pyrenophora teres* f. sp. *teres* population occurring in Poland

L.p. No.	Zestaw odmian różnicujących Differential set	Stopień odporności / gen odporności Resistance level / resistance gene	Źródło Reference
1	2	3	4
1	Beecher	prawdopodobnie jeden R gen likely a single R gene	Selim et al., 1973
2	(CLS) Canadian Lake Shore CI2750	<i>Pt2</i> , <i>Pt3</i>	Mode & Schaller, 1957
3	CI5791	<i>Pta</i>	Khan & Boyd, 1971; Selim et al., 1973
4	CI9214	prawdopodobnie jeden R gen likely a single R gene	Selim et al., 1973

c. d. Tabela 1

1	2	3	4
5	CI9819	<i>Rpt1b, Rpt2c, Rpt5, Pta</i>	Khan & Boyd, 1971; Bockelman & Sharp, 1977; Manninen et al., 2006
6	CI9825	1 dominujący gen 1 dominating gene	Mode & Schaller, 1957
7	CI11458	2 dominujące podwójne geny 2 dominating double genes	Selim et al., 1973
8	Corvette	prawdopodobnie jeden R gen likely a single R gene	Selim et al., 1973
9	Harbin CI 4929	<i>Pt2</i>	Mode & Schaller, 1957
10	K8755/c-8755	prawdopodobnie jeden R gen likely a single R gene	Afanasenko et al., 2007
11	K20019/c-20019	prawdopodobnie 1-4 R geny likely 1-4 R genes	Afanasenko et al., 1999
12	Manchurian CI 739	<i>Pt2</i>	Mode & Schaller, 1957
13	Prior	prawdopodobnie jeden R gen likely a single R gene	Selim et al., 1973
14	Skiff	prawdopodobnie jeden R gen likely a single R gene	Selim et al., 1973
15	Tifang CI4407-1	<i>Pt1a, Pta</i>	Mode & Schaller, 1957; Khan & Boyd, 1971; Bockelman & Sharp, 1977
16	Harrington	wzorzec – podatny susceptible standard	Tekauz, 1990
17	Haruna Nijo	wzorzec – podatny susceptible standard	Tekauz, 1990
18	Pirkka	wzorzec – podatny susceptible standard	Afanasenko et al., 1995

Badane formy miejscowe jęczmienia pochodziły z Nepalu (22 genotypy; przekazane przez INRA — Institut National de la Recherche Agronomique, Francja), Portugalii (3 genotypy; przekazane przez Bank Genów Portugalii) oraz odmiany należące do kolekcji International Center for Agricultural Research in the Dry Areas: Jordanii (2 genotypy), z Turcji (2 genotypy), z Grecji (2 genotypy) i z Egiptu (1 genotyp). We wszystkich testach: na fragmentach liści, szklarniowym i polowym jako odmianami wzorcowymi były Pirkka (podatna) i CI9819 (o wysokiej odporności).

Charakterystyka populacji *Pyrenophora teres* f. *sp. teres*

Obecność genów wirulencji występujących w kolekcji izolatów *P. teres* f. *sp. teres* (*Ptt*) określano na fragmentach liści zgodnie z metodyką opisaną przez Afanasenko i in. (1995).

Do badań włączono 32 izolaty wyosobnione z próby liści z widocznymi objawami choroby które pobierano w 12 lokalizacjach Polski w latach 2008 i 2009. Fragmenty liści o długości 0,5–1,0 cm były odkażane przez 15 s w 50% etanolu oraz przez 30 s w NaOCl. Następnie opłukiwano je dwukrotnie destylowaną wodą, osuszano na bibule filtracyjnej i wykładano na pożywkę V8PDA wylaną do szalek Petriego (zawartość każdego ze składników w litrze pożywki: 200 ml soku jarzynowego Fortuna®, 3 g CaCO₃, 10 g Difco PDA i 18 g agaru). Szalki trzymano w temp. 20°C w ciemności i po 3–7 dniach pojedyncze konidia *Ptt* przenoszono na pożywkę V8PDA pod binokulem za pomocą sterylnej igły preparacyjnej. Jednozarodnikowe kultury przechowywano w temp. 4°C do czasu przygotowania zawiesiny zarodników (inokulum) wykorzystywanej do określenia ich

wirulencji w stosunku do zestawu odmian różnicujących, posiadających znane geny odporności. Przygotowując inokulum, izolaty po odszczepieniu na szalki z pożywką V8PDA inkubowano w temp. 20°C przy braku światła przez okres 14 dni. Następnie grzybnie zmywano i rozcieńczano wodą destylowaną kontrolując liczbę zarodników w powstałej zawieszynie. Docelowe stężenie to 1×10^4 zarodników / ml. Zawiesina zarodników wykorzystywana była do zakażeń sztucznych w teście listkowym i w szklarni.

Siewki roślin odmian i linii o zróżnicowanym stopniu odporności (zestaw różnicujący) rosły w doniczkach o średnicy 10 cm, w warunkach sztucznego doświetlania (długość dnia 16 h) i temperaturze w zakresie 16–22°C przez okres ok. 2 tygodni. Następnie z trzeciego w pełni wykształconego liścia pobierano 2,5 cm fragmenty, które umieszczano na pożywce benzimidazolowej (skład pożywki: 1 l H₂O, 5 g agaru, 30 ppm benzimidazolu) wylanej do szalek Petriego składającej się z 28 osobnych komórek (rozmiar szalki: 12,5 cm × 12,5 cm; 1,7 cm wysokość). W każdej komorze wykładano po 3 fragmenty liści pobrane z osobnych siewek, ale reprezentujące jeden genotyp.

Tabela 2

Reakcja odmian różnicujących jęczmienia na zakażenie 32 izolatami *Pyrenophora teres*
Reaction of differential barley varieties after inoculation with 32 isolates of *Pyrenophora teres*

Odmiana Variety	Izolat — Isolate (<i>Ptt</i>)																$\bar{x}$	izol. awirul.*
	4.2	2.1	9.3	1.3	5.3	7.1	4.1	7.4	4.3	2.2	11.6	5.4	10.5	1.1	10.2	3.3		
Beecher	1	1	1	2	3	4	3	2	3	1	2	2	3	3	4	3	1,5	8
CI2330	1	1	0	3	1	4	2	3	3	2	3	3	4	3	4	3	1,5	6
CI2750 (CLS)	2	1	2	3	0	3	3	4	2	4	3	4	3	3	4	2	1,5	6
CI5791	1	1	1	1	4	1	3	1	1	1	2	3	1	2	3	1	2,1	21
CI9214	1	3	1	3	3	2	1	2	2	3	3	4	2	3	1	4	1,7	9
CI9819	1	2	1	2	0	2	1	3	2	2	4	2	3	3	1	3	2,3	14
CI9825	0	1	1	1	0	1	2	2	2	2	0	0	3	1	4	2	2,3	22
CI11458	1	1	1	3	3	2	2	3	1	1	3	3	4	3	4	4	2,7	10
Corvette	4	2	3	1	1	4	4	4	4	4	3	2	2	3	2	4	2,5	8
Harbin	1	1	1	2	1	1	3	2	3	3	0	1	1	3	1	4	2,4	11
Harrington	2	3	0	2	3	3	3	2	4	3	2	3	2	0	4	4	2,3	8
Haruna Nijo	4	1	3	2	4	1	4	4	4	1	1	2	4	4	4	4	2,5	8
K8755/ c-8755	1	1	1	1	1	3	1	2	3	4	3	4	4	3	3	4	2,6	8
K20019/ c-20019	0	0	1	3	1	1	1	1	0	1	0	3	2	3	1	1	2,7	22
Manchurian	1	1	3	3	1	2	3	4	1	3	2	3	1	2	2	4	2,9	12
Pirkka	4	1	4	2	1	1	1	4	1	3	2	2	1	2	1	4	3,1	14
Prior	1	3	3	1	1	4	1	4	4	2	1	1	1	2	3	4	3,0	11
Skiff	0	3	1	3	2	1	3	1	4	3	4	4	4	4	4	1	3,1	8
Tifang	3	1	1	2	2	2	2	3	3	3	4	1	3	4	3	1	3,1	9
Turig	1	2	0	2	1	3	3	2	2	2	4	3	4	2	4	4	3,2	14
Złożoność wirulencji	4	4	5	6	6	8	10	10	10	10	10	11	11	13	13	14		
Complexity**	+	+	+												+			

c. d Tabela 2

Odmiana Variety	Izolat — Isolate (<i>Ptt</i>)																$\bar{x}$	izol. awirul.* avirul.
	11.4	11.5	3.1	11.1	11.3	7.5	11.2	5.2	6.4	5.1	7.2	3.2	2.3	5.5	1.2	6.3		
Beecher	4	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	1,5	8
CI2330	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	4	4	1,5	6
CI2750 (CLS)	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	3	4	4	4	4	4	1,5	6
CI5791	1	1	2	2	2	1	1	1	4	4	1	4	0	4	4	3	2,1	21
CI9214	4	2	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	1,7	9
CI9819	4	3	2	3	3	3	4	4	3	4	3	2	2	4	4	3	2,3	14
CI9825	0	1	2	1	3	2	1	4	2	3	1	4	3	3	3	3	2,3	22
CI11458	4	3	2	4	3	3	3	3	4	4	1	3	3	4	4	2	2,7	10
Corvette	4	4	4	4	2	4	4	4	4	2	3	4	4	3	4	4	2,5	8
Harbin	4	1	4	4	3	3	3	4	4	4	3	4	4	3	3	3	2,4	11
Harrington	4	2	3	4	4	4	3	3	3	4	4	3	3	4	4	4	2,3	8
Haruna Nijo	4	4	3	2	3	4	3	3	3	3	4	3	4	2	4	3	2,5	8
K8755/ c-8755	4	4	4	4	1	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	2,6	8
K20019/ c-20019	2	4	3	1	3	2	1	3	3	1	3	2	1	2	2	3	2,7	22
Manchurian	1	4	2	4	4	3	3	2	3	4	4	4	4	3	4	4	2,9	12
Pirkka	3	4	4	1	4	3	4	1	2	4	4	3	3	4	4	4	3,1	14
Prior	3	4	4	3	3	2	4	1	4	3	3	4	4	4	4	4	3,0	11
Skiff	3	4	4	4	3	3	4	4	2	2	4	4	4	3	4	4	3,1	8
Tifang	2	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	3	3	4	4	4	3,1	9
Turig	1	2	3	4	1	3	2	4	4	4	4	2	3	4	3	3	3,2	14
Złożoność wirulencji Complexity	14	14	15	15	16	16	16	16	17	17	17	17	17	18	19	19		
**						+	+	+		+	+	+	+	+	+	+		

* Liczba izolatów awirulentnych / numer of avirulent isolates

** + - izolat uwzględniony w badaniach laboratoryjnych (test listkowy) / isolat used for detachet-leaf test under lab. conditions

Następnie fragmenty liści były zakażane sztuczne — 1 kroplą zawiesiny zarodników *P. teres* f. sp. *teres* każdego izolatu osobno. Szalki umieszczano w komorze fitotronowej dla zapewnienia optymalnych warunków wzrostu grzyba (fotoperiod 16 h światła o natężeniu ok. 10 $\mu\text{E}/\text{m}^2$ i 8 h nocy oraz w temperaturze 19°C dzień i 15°C nocy). Po 4 dniach prowadzono ocenę fenotypową wykorzystując skalę 1–4 (Afanasenko i in., 2007): 1 = punktowe, nekrotyczne plamy, brak chloroz (wysoko odporne), 2 = brązowe nekrotyczne plamy wielkości kropli zawiesiny zarodników, brak lub bardzo niewielkie chlorozy (odporne), 2/3 = powiększające się nekrotyczne plamy, brak lub niewielkie chlorozy (genotypy pośrednie), 3 = brązowe nekrozy dobrze rozwinięte i otoczone chlorozami (podatne), 4 = nekrozy i chlorozy pokrywają całą powierzchnię liścia (wysoko podatne).

Izolaty wytypowane do badań mających na celu charakterystykę zmienności genetycznej dla stopnia odporności na plamistość siatkowaną w kolekcji form miejscowych jęczmienia różniły się pod względem układu wirulencji i awirulencji w stosunku do genów odporności obecnych w zestawie odmian różnicujących (tab. 2).

Testy odpornościowe odmian miejscowych

Test listkowy

Uwarunkowanie genetyczne odporności odmian miejscowych na fragmentach liści testem listkowym badano zgodnie z metodyką wykorzystaną w badaniach obecności genów wirulencji występujących w kolekcji izolatów *P. teres* f. sp. *teres* (Afanasenko i in., 1995). Stopień odporności wszystkich odmian miejscowych oraz wzorców oceniono po zakażeniach sztucznych 15 izolatami osobno. Badania prowadzono zgodnie z procedurą opisaną poprzednio — siewki odmian miejscowych oraz odmian wzorcowych rosły w doniczkach, fragmenty liści pobierano w fazie trzeciego liścia i wykładano je na pożywkę benzimidazolową. Następnie fragmenty liści były zakażane sztucznie — 1 kroplą zawiesiny zarodników każdego izolatu osobno. Szalki umieszczano w komorze fitotronowej i po 4 dniach oceniano wykorzystując skalę 1–4 (Afanasenko i in., 2007).

Test szklarniowy

Testy szklarniowe prowadzono w MTT Agrifood Research Jokioinen, Finlandia. Dwutygodniowe siewki odmian miejscowych (po 6 w doniczce) zakażano opryskując zawiesiną zarodników izolatu V278 wyosobnionego z odmiany Arve w 2000 roku (średnio 0,5 ml / doniczkę) za pomocą kompresora pneumatycznego. Izolat ten został opisany w trakcie wcześniejszych badań i reprezentował układ wirulencji najbardziej powszechnie występujący na terenie Finlandii (Marja Jalli, inf. ustna). Kontrolę stanowiły siewki wszystkich genotypów spryskane destylowaną wodą. Po zakażeniach rośliny rosły w ciemności przez 24 h i wilgotności powietrza ok. 100%. Ocena fenotypowa prowadzona była 10 dni po zakażeniach sztucznych wykorzystując skalę Tekauza (1985). Genotypy ocenione w zakresie 1–5 tworzyły grupę odpornych, natomiast ocenione w zakresie 6–10 grupę podatnych.

Test polowy

Doświadczenia polowe prowadzono na poletkach doświadczalnych MTT Agrifood Research Jokioinen, Finlandia, w 2010 roku. Warunki klimatyczne występujące na terenie Finlandii są bardzo sprzyjające rozwojowi plamistości siatkowanej, zapewniając dużą presję selekcyjną ze strony patogena, *P. teres* f. sp. *teres*. Doświadczenia założono metodą losowanych bloków, w trzech powtórzeniach. Zakażenia sztuczne prowadzono dwa tygodnie po wysiewie rozsypując wokół badanych materiałów wysuszone i rozdrobnione liście z objawami porażenia pobrane z odmiany podatnej Rolfi. Nasiona odmiany Rolfi były wysiewane w szklarni, po dwóch tygodniach siewki zakażano mieszaniną zarodników izolatów polskich wykorzystywanych do badań testem listkowym oraz izolatu V278. Ocenę fenotypową stopnia porażenia roślin prowadzono w trzech terminach: pierwszą, gdy na odmianie podatnej były widoczne pierwsze objawy (średnio w fazie kłoszenia się roślin, BBH 21) — 30 dni, druga ocena 10 dni po pierwszej (40 dni od zakażeń sztucznych) a trzecia 20 dni po pierwszej (50 dni od daty zakażeń sztucznych). Do oceny fenotypowej wykorzystano skalę 1–10, tak jak w teście szklarniowym (Tekauz, 2010).

Analizy statystyczne

Do oceny istotności różnic pomiędzy badanymi obiektami pod względem odporności na plamistość siatkowaną w teście szklarniowym i polowym zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Po odrzuceniu hipotezy, o braku różnic

między obiektami, dokonano szczegółowego porównania obiektów pod względem badanych cech przy użyciu testu najmniejszej istotnej różnicy Fishera. Analizy danych przeprowadzono za pomocą programu InfoStat 1.6.

WYNIKI I DYSKUSJA

Charakterystyka populacji *Pyrenophora teres* f. sp. *teres*

Scharakteryzowano 32 izolaty *P. teres* f. sp. *teres* zebrane na terenie Polski w latach 2008–2009 (tab. 2). Stwierdzono duże zróżnicowanie dla stopnia złożoności ich wirulencji w stosunku do zestawu 20 odmian różnicujących posiadających znane geny odporności. Izolaty były wirulentne w stosunku do 4–19 genotypów. Rozkład liczebności złożoności wirulencji był przesunięty w stronę form, które były wirulentne w stosunku powyżej 10 odmian różnicujących (na 32 badane izolaty 6 z nich było wirulentnych w stosunku do 4–8 odmian różnicujących, a 24 w stosunku do 10–19 odmian różnicujących). Odmiany należące do zestawu różnicującego, w stosunku do których najwięcej było izolatów awirulentnych to CI9825, posiadająca jeden dominujący gen odporności na plamistość siatkowaną (22 izolaty wirulentne), K20019/c-20019, posiadająca 1–4 geny dominujące odporności na plamistość siatkowaną (22 izolaty awirulentne, CI5791 (21 izolatów awirulentnych). Potwierdza to wyniki uzyskane przez Afanasenko i in. (2009), którzy opracowując zestaw odmian różnicujących stwierdzili, że formy te są najbardziej odporne, a odmiany CI5791 i CI9819 są prawie identyczne pod względem reakcji na wszystkie badane izolaty (włączono do badań 174 izolaty). W bieżących badaniach pięć odmian było odpornych na porażenie od 10 do 14 izolatami. Badania prowadzone przez Rickarda i in. (1997) wykazały dużą zmienność dla patotypów *P. teres* f. sp. *teres* występujących na terenie Szwecji. Jednak brak było jednoznacznego związku pomiędzy rejonem kraju a częstotliwością występowania określonego patotypu. Podobne wyniki uzyskali Steffenson i Webster (1992 a) badając populację występującą w Kalifornii, Tekauz (1990) badając populację występującą we wschodniej Kanadzie, Brandl i Hoffman (1991) badając populację występującą w Niemczech, Jones i Clifford (1995) badając populację występującą w Wielkiej Brytanii oraz Robinson i Jalli (1996) badając populację występującą w Finlandii. Jednak uprawa na dużych obszarach odmian o określonej odporności może z czasem mieć istotny wpływ na populację *P. teres* f. sp. *teres*. Karki i Sharp (1986) wykazali różnice dla morfologii objawów powodowanych przez izolaty zebrane w Montanie, USA oraz w Maroko i Tunezji. Steffenson i Webster (1992 a) zebrali izolaty *P. teres* f. sp. *teres* z Wielkiej Brytanii, Meksyku oraz USA — Minnesoty i Kalifornii. Wykazali, że spektrum wirulencji patotypów zebranych w Kalifornii jest zbliżone do patotypów pochodzących z Meksyku. Bieżące badania nie obejmowały dużej liczby izolatów, dlatego mogą być podstawą do wstępnego wnioskowania o epidemiologii tego patogena i patotypów występujących na terenie Polski.

Do dalszych badań, których celem była charakterystyka odmian miejscowych, wytypowana 15 izolatów o zróżnicowanym stopniu wirulencji. Były to: 2 izolaty wirulentne w stosunku do 4 odmian zestawu różnicującego, jeden izolat wirulentny w

stosunku do 5 odmian, trzy wirulentne w stosunku do 16 odmian, 5 wirulentnych w stosunku do 17 odmian oraz jeden wirulentny w stosunku do 18 odmian.

Charakterystyka populacji miejscowych jęczmienia

Tabela 3

Reakcja odmian miejscowych jęczmienia na zakażenie 15 izolatami *Pyrenophora teres* w teście listkowym

Reaction of barley landraces after inoculation with 15 isolates of *Pyrenophora teres* in detached-leaf test

Nr w kolekcji PGS No. in the PGS collection	Poch. Origin	Izolat — Isolate															$\bar{x}$	Liczba izolatów awirul. Number of avirulent isolates
		Pt4.2	Pt2.1	Pt9.3	Pt10.2	Pt11.3	Pt7.5	Pt11.2	Pt6.4	Pt5.1	Pt7.2	Pt3.2	Pt2.3	Pt5.5	Pt1.2	Pt6.3		
970	Egipt	2	1	4	1	1	4	1	3	2	3	1	1	4	2	2	2,1	10
971	Jordania	2	4	3	1	1	4	3	3	2	2	2	1	3	2	1	2,3	9
2288	Portugalia	1	2	3	1	1	3	2	2	3	2	2	4	4	2	3	2,3	9
2290	Portugalia	3	4	3	2	1	2	2	3	4	3	3	3	3	2	3	2,7	5
2291	Portugalia	3	2	2	2	3	4	1	4	1	3	2	3	4	3	3	2,7	6
2293	Nepal	2	3	3	1	1	3	2	3	3	1	2	1	3	3	1	2,1	8
2296	Nepal	2	2	4	3	3	1	3	4	3	1	3	2	4	3	3	2,7	5
2297	Nepal	3	4	4	3	2	2	3	3	3	2	4	2	4	3	3	3,0	4
2299	Nepal	3	3	3	3	1	2	4	3	3	1	3	4	3	3	3	2,8	3
2300	Nepal	4	3	3	1	2	3	3	3	1	3	4	3	2	3	2	2,7	5
2302	Nepal	3	1	3	1	2	4	2	1	3	3	1	3	3	4	3	2,5	6
2303	Nepal	3	3	3	1	2	2	3	2	3	3	2	2	2	3	3	2,5	7
2304	Nepal	4	4	4	3	4	4	3	4	2	4	3	3	3	4	3	3,5	1
2305	Nepal	4	4	3	2	4	3	3	1	3	3	4	1	3	3	3	2,9	3
2307	Nepal	4	1	3	1	2	2	4	3	3	3	3	2	3	4	3	2,7	5
2310	Nepal	1	3	4	1	3	4	3	3	4	2	3	2	3	3	3	2,8	4
2311	Nepal	4	3	3	3	3	3	2	3	1	3	4	3	4	4	4	3,1	2
2313	Nepal	3	3	3	1	1	3	3	2	3	3	4	4	3	1	3	2,7	4
2316	Nepal	3	2	3	2	3	4	4	2	3	4	4	4	3	4	3	3,2	3
2317	Nepal	1	3	1	3	4	4	4	2	3	3	2	3	3	3	3	2,8	4
2319	Nepal	2	3	3	1	3	1	3	3	1	4	2	2	4	2	3	2,5	7
2320	Nepal	1	3	4	1	2	4	2	3	3	2	2	3	3	1	2	2,4	8
2321	Nepal	3	3	3	1	2	1	3	2	1	1	1	2	3	3	1	2,0	9
2323	Nepal	2	3	3	1	3	4	2	4	3	3	3	4	3	4	2	2,9	4
2325	Nepal	4	3	3	2	1	3	4	3	4	2	3	4	4	4	3	3,1	3
2327	Nepal	3	3	3	1	2	4	2	3	3	2	2	3	3	1	2	2,5	7
2328	Nepal	4	4	2	2	2	4	4	3	2	4	4	4	3	4	3	3,3	4
5434	Jordania	2	4	3	1	2	3	2	4	3	3	2	4	3	2	3	2,7	6
5451	Turcja	4	2	4	1	2	3	3	2	3	2	3	4	3	3	3	2,8	5
5497	Turcja	3	2	2	1	4	2	3	1	4	1	2	2	2	1	2	2,1	11
5545	Grecja	4	2	4	1	2	4	3	4	3	1	2	4	3	1	3	2,7	6
5565	Grecja	2	4	4	1	1	3	4	4	3	1	3	2	3	1	3	2,6	6
Pirkka	podatny	4	4	4	2	4	3	3	3	2	3	4	3	3	3	3	3,2	2
Pirkka	susceptible	4	3	4	2	3	2	3	2	3	3	4	3	3	3	3	3,0	3
CI9819	<i>Rpt1b</i> ,	1	3	2	2	4	2	3	4	2	2	2	2	2	2	2	2,3	11
CI9819	<i>Rpt2c</i> ,																	
CI9819	<i>Rpt5</i> , <i>Pta</i>	1	3	2	3	3	3	3	3	1	2	2	2	2	2	2	2,3	9

Stwierdzono statystycznie istotne zróżnicowanie pomiędzy badanymi genotypami dla stopnia odporności na plamistość siatkowaną (tab. 4). Różnice te były statystycznie istotne zarówno w warunkach kontrolowanych — teście listkowym (tab. 3), szklarniowym jak i w teście polowym (tab. 4, 5).

Tabela 4

Analiza wariancji dla stopnia odporności na plamistość siatkowaną odmian miejscowych jęczmienia po zakażeniu sztucznym siewek w warunkach szklarniowych oraz po zakażeniach sztucznych roślin na podstawie doświadczeń prowadzonych w warunkach polowych 2010

Fixed model analysis of variance of the barley landraces levels of resistance to net blotch after inoculation under greenhouse conditions and under field conditions based on data from the trial carried out in 2010

Źródło zmienności Source of variation		Liczba stopni swobody DF	Średni kwadrat odchyleń MS	Wartość F F value	Wartość P P value
Test szklarniowy Greenhouse test	odporność resistance	33	2,58	1,43	0,1617
	błąd error	31	1,81		
Test polowy Field test	1 ocena* 1 st assessment	odporność resistance	33	7,4	7,37
		błąd error	80	1	<0,0001
	2 ocena** 2 nd assessment	odporność resistance	33	4,36	4,78
		błąd error	80	0,91	<0,0001
	3 ocena*** 3 rd assessment	stopień odporności resistance	33	4,54	8,78
		leveled	błąd error	80	0,52
		odporność resistance	33	1103,98	1710,94
		BBCH	błąd error	80	0,65
		odporność resistance	33	1103,98	1710,94
		błąd error	80	0,65	<0,0001

*, **, ***, odpowiednio: 30, 40 i 50 dni po zakażeniu sztucznym (44, 54 i 64 dni po wysiewie) / 30, 40 and 50 days after inoculation (44, 54 and 64 days after sowing)

Prowadzenie ocen stopnia odporności jęczmienia na *P. teres* f. *sp. teres* jest trudne. Ze względu na fakt, że cecha ta uwarunkowana jest w większości wypadków poligenicznie, różnice pomiędzy zmianami chorobowymi przypisanymi poszczególnym stopniom w skali 1–4 lub 1–10 są często trudne do uchwycenia (Steffenson i in., 1996, Grewal i in., 2008). Przykładem tego jest reakcja odmiany wzorcowej CI9819, włączona do zestawu odmian różnicujących. W pierwszym etapie badań była ona scharakteryzowana jako średnio podatna lub podatna na porażenie izolatami *Ptt5.5*, *Ptt5.1* i *Ptt7.2*, a podczas badań mających na celu poszukiwanie źródeł odporności była średnio odporna na porażenie przez te izolaty. Odmiana ta prawdopodobnie posiada geny odporności takie jak *Rpt1b*, *Rpt2c*, *Rpt5*, *Pta* (tab. 1). Również inne zespoły badawcze mają problemy z końcowym ustaleniem stopnia wirulencji określonego izolatu, lub cecha ta zmienia się na przestrzeni czasu (nawet jeżeli izolaty przechowywane zgodnie z ogólnie przyjętą procedurą).

Tabela 5

Reakcja odmian miejscowych jęczmienia na zakażenie mieszaniną zarodników izolatów reprezentujących populację *Pyrenophora teres* występującą na terenie Polski oraz izolatami reprezentującym populację występującą na terenie Finlandii polskich w warunkach szklarniowych i polowych

Reaction of barley landraces to inoculation with spore mixture of isolates which represents population of *Pyrenophora teres* occurring in Poland and Finland under greenhouse and field conditions

Numer w kolekcji PGS No. in the PGS collection	Test szklarniowy — stopień odporności Greenhouse test — level of resistance	Test polowy — Field test			
		1. ocena* stopień odporności / 1. score - level of resistance	2. ocena* stopień odporności / 2. score level of resistance	3. ocena***	
				stopień odporności level of resistance	faza fenologiczna roślin BBCH
970	1,5	1,3	4,3	5,0	73,7
971	2,0	1,7	3,7	3,7	74,0
2288	2,0	4,0	5,3	5,7	75,3
2290	3,5	4,0	5,3	5,3	74,0
2291	2,0	4,3	5,3	5,7	75,7
2293	2,0	4,0	6,5	7,0	79,0
2296	3,0	2,7	6,0	6,3	78,3
2297	5,0	5,3	5,7	6,7	39,0
2299	3,0	3,0	4,3	5,0	39,0
2300	4,0	3,3	5,3	5,7	79,0
2302	3,0	3,0	5,7	6,3	79,0
2303	3,0	2,7	5,7	6,3	79,0
2304	4,5	4,0	5,7	6,0	74,7
2305	3,5	3,7	5,3	5,7	74,0
2307	4,0	3,7	5,3	6,0	76,0
2310	4,0	4,3	6,3	7,0	76,0
2311	3,5	2,3	4,7	5,0	73,3
2313	4,5	3,3	5,0	5,0	74,0
2316	4,5	3,3	5,7	6,0	78,0
2317	2,0	2,7	4,7	5,0	73,7
2319	3,0	3,0	4,3	5,0	76,0
2320	2,0	3,3	4,7	5,0	74,7
2321	2,0	2,7	4,7	5,0	74,7
2323	4,0	4,7	5,3	5,7	72,3
2325	6,0	4,0	5,0	5,3	72,7
2327	4,0	5,3	6,3	7,0	76,0
2328	4,0	5,0	7,0	7,7	74,0
5434	3,0	3,3	4,0	4,7	18,7
5451	3,5	1,7	4,0	4,0	18,7
5497	3,0	2,7	4,3	4,3	72,7
5545	3,0	2,7	3,3	3,7	18,3
5565	4,0	1,5	3,0	3,0	19,0
Pirkka	6,0	7,6	8,0	8,0	78,9
CI9819	1,0	3,9	5,4	5,5	78,0
NIR Fisher LSD					
Fischer ****	2,740	1,596	1,519	1,137	1,283

*, **, ****, odpowiednio: 30, 40 i 50 dni po zakażeniu sztucznym (44, 54 i 64 dni po wysiewie) / 30, 40 and 50 days after inoculation (44, 54 and 64 days after sowing)

**** - na poziomie istotności 0,05; at the significance level 0.05

Jest to dyskutowane również w pracach Robinson i Jalli (1996), Afanasenko i in. (2009), Konig i in. (2013). Dlatego badania na siewkach powinny obejmować wiele izolatów reprezentujących zróżnicowany stopień wirulencji na zestawach różnicujących, a następnie

powinny być powtarzane w warunkach polowych, przy odpowiednio dużej presji ze strony patogena.

Oceniając stopień odporności 34 odmian miejscowych testem listkowym, 9 z nich było odpornych na porażenie przez minimum 8 izolatów o zróżnicowanej wirulencji i awirulencji w stosunku do genów odporności obecnych w zestawie odmian różnicujących (z grupy 15 izolatów wytypowanych do badań na podstawie badań nad strukturą populacji *P. teres* f. sp. *teres*, występującą na terenie Polski) (tab. 4). Na szczególną uwagę zasługuje odmiana o numerze 5497 (pochodząca z Turcji) w stosunku do której 11 izolatów było awirulentnych (stopień odporności tej odmiany na 4 izolaty oceniono na 1, co świadczy o jej wysokiej odporności). Układ wirulencji i awirulencji izolatów włączonych do badań mających na celu poszukiwanie nowych źródeł odporności w stosunku do tej odmiany był bardzo zbliżony do odmiany wzorcowej CI9819, posiadającej gen *Rpt1b*, *Rpt2c*, *Rpt5* i *Pta* (opisanej przez Bockelman i in., 1977 i Manninen i in., 2006). Odmiana miejscowa o numerze 970 pochodząca z Egiptu była odporna na porażenie przez 10 izolatów (w tym na 6 izolatów wysoko odporna), odmiana 2321 (pochodząca z Nepalu) była odporna na 9 izolatów (w tym na 6 wysoko odporna). Odmiany o numerach 971 (pochodząca z Jordanii) i 2288 (pochodząca z Portugalii) były odporne na 9 izolatów. Osiem izolatów było wirulentnych w stosunku do odmian o numerach 2293 i 2320. Odmianą najbardziej podatną była forma o numerze 2304 (tylko 1 izolat awirulentny w stosunku do tego genotypu).

W testach szklarniowych i polowych do zakażeń sztucznych wykorzystano zawieszinę zarodników 15 izolatów pochodzących z Polski, włączonych do badań w teście listkowym, oraz jeden izolat reprezentujący populację *P. teres* f.sp. *teres* występującą na terenie Finlandii. Większość odmian scharakteryzowano jako średnio odporne (zakres ocen 3–5 w skali 1–10) lub średnio podatne (zakres ocen 6–7) (tab. 5). W teście polowym, termin oceny w sposób istotny wpływał na nasilenie choroby. W pierwszym terminie (30 dni po zakażeniach sztucznych, gdy objawy na podatnej odmianie kontrolnej były wyraźnie widoczne i ocenione zostały na 7,6) większość odmian miejscowych scharakteryzowano jako formy o podwyższonej odporności lub średnio odporne. W drugim terminie (40 dni od zakażeń sztucznych) oraz w trzecim terminie oceny (50 dni od daty inokulacji) nasilenie choroby było znacznie większe. Świadczą o tym oceny odmiany CI9819, włączonej do badań jako forma o podwyższonej odporności. W terminach tych została ona scharakteryzowana na granicy średnio podatnej (ocena fenotypowa 5,4 w drugim i 5,5 w trzecim terminie). Ocena trzecia prowadzona była gdy większość odmian zawiązywały ziarniaki: fazy fenologiczne wahały się od 72 do 79 (od dojrzałości wodnistej do dojrzałości późno mleczej). Niektóre formy były późne, nie kłosiły się i nie zawiązywały ziarniaków (odmiany o numerach 2297, 2299, 5434, 5451, 5545, 5565). Na szczególną uwagę zasługują genotypy o numerach 971 (Jordania), 2313, 2317, 2319, 2320, 2321 (Nepal) i 5497 (Turcja). Zostały one włączone do grupy średnio odpornych (odporność oceniona powyżej 5). Formy bardzo późne (oprócz odmiany 2297) scharakteryzowano również jako średnio odporne.

Na podstawie testów listkowych, szklarniowych i polowych można stwierdzić, że odmiana o numerze 5497 (pochodzenie Turcja; 11 izolatów awirulentnych na 15 włączonych do badań; oceny polowe w drugim i trzecim terminie — 3,0) oraz odmiana

971 (pochodzenie Jordania; 9 izolatów awirulentnych; oceny polowe w drugim i trzecim terminie — 3,7) są szczególnie cennymi źródłami odporności na plamistość siatkowaną jęczmienia. Jako źródła odporności mogą zostać wykorzystane również trzy odmiany z Nepalu, w stosunku do których w teście listkowym awirulentnych było 7–9 izolatów, a odporność w warunkach polowych oceniona została na 5,0 w trzecim terminie (2321, 2320 i 2319).

Przedstawione badania potwierdziły, że odmiany miejscowe są źródłem odporności na *P. teres* f. sp. *teres* (Robinson i Jalli, 1996; Afanasenko i in., 2009; Jonsson i in., 1997; Yitbarek i in., 1998; Afanasenko i in., 2009). Pojawiają się również doniesienia literaturowe dotyczące badań prowadzonych z wykorzystaniem markerów molekularnych, które w sposób istotny mogą wspomagać hodowlę odpornościową jęczmienia na plamistość siatkowaną (Manninen i in., 2000, 2006; Köning i in., 2013, Lu i in., 2013).

WNIOSKI

1. Patotypy *Pyrenophora teres* f. sp. *teres* występujące na terenie Polski charakteryzują się dużym stopniem wirulencji w stosunku do znanych i opisanych genów odporności na tego patogena.
2. Formy miejscowe mogą stanowić potencjalne źródła odporności na plamistość siatkowaną jęczmienia.

LITERATURA

- Afanasenko O. S., Kushnierenko I. Yu. 1989. Inheritance of resistance to the causative agent of net blotch in some barley varieties. *Genetika* 25: 1194 — 2000.
- Afanasenko O. S., Hartleb H., Guseva N. N., Minarikova V., Janosheva M. 1995. A set of differentials to characterize populations of *Pyrenophora teres* Drechs. for international use. *Journal of Phytopathol.* 143: 501 — 507.
- Afanasenko O., Mironenko N., Filatova O., Kopahnke D., Krämer I., Ordon F. 2007. Genetics of host-pathogen interactions in the *Pyrenophora teres* f. sp. *teres* (net form) barley (*Hordeum vulgare*) pathosystem. *European Journal of Plant Pathology* 117: 267 — 280.
- Afanasenko O. S., Jalli M., Pinnschmidt H. O., Filatova O., Platz G. J. 2009. Development of an international standard set of barley differential genotypes for *Pyrenophora teres* f. sp. *teres*. *Plant Pathology* 58: 665 — 676.
- Arabi, M.I., Barrault G., Serrafi A., Albertini L. 1990. Inheritance of partial resistance to net blotch in barley. *Plant Breed* 105: 150 — 155.
- Berg C. G. J., Rossnagel B. G. 1991. Epidemiology of spot-type net blotch on spring barley in Saskatchewan. *Phytopathol* 81: 1446 — 1452.
- Bockelman H.E., Sharp E. L., Bjarko M.E. 1983. Isolates of *Pyrenophora teres* from Montana and Mediterranean regions that produce spot-type lesions on barley. *Plant Disease* 67: 696 — 697.
- Bockelman H. E., Sharp E. L., Eslick R. F. 1977. Trisomic analysis of genes for resistance to scald and net blotch in several barley cultivars. *Can. J. Bot.* 55: 2142 — 2148.
- Brandl F., Hoffman G. M. 1991. Differentiation of physiological races of *D. teres* (Sac.) Schoem. Pathogen of net blotch of barley. *J. Plant Disease and Plant Prot* 98: 47 — 66.
- Czembor H. J. 1972. Badania odporności odmian jęczmienia na plamistość siatkową powodowaną przez *Pyrenophora teres* (Died./Drechs.) stad. konid. (*Helminthosporium teres* Sacc.). *Biul. IHAR* (3/4): 41 — 50.

- Gacek E. 1979. Studies on resistance of barley to net blotch caused by *Pyrenophora teres* (Died.) Drechs. Hod. Rośl. Aklim i Nasien. 23:73 — 83.
- Grewal T.S., Rossnagel B. G., Pozniak C. J., Scoles G. J. 2008. Mapping quantitative trait loci associated with barley net blotch resistance. Theor Appl Genet 116: 529 — 539.
- Harrabi M., Cherif M., Slama O. 1993. Evidence for race non-specific resistance and transgressive segregation to net blotch in barley. W: Th. Jacobs, J. E. Parlevliet (eds.) Durability of Disease resistance, Kluwer Acad Publishers: 231 — 234.
- Jones E. R. L., Clifford B. C. 1995. Net blotch of barley. UK Cereal Pathogen Virulence Survey, 1994 Annual Report: 61 — 66.
- Jonsson R., Bryngelsson T., Gustafsson M. 1997. Virulence studies of Swedish net blotch isolates (*Drechslera teres*) and identification of resistant barley lines. Euphytica 94: 209 — 218.
- Karki C. B., Sharp E.L. 1986. Pathogenic variation in some isolates of *Pyrenophora teres* f. sp. *maculata* on barley. Plant Dis. 70: 684 — 687.
- Khan T. N. 1982. Changes in pathogenicity of *Drechslera teres* relating to changes in barley cultivars grown in Western Australia. Plant Disease 66: 655 — 656.
- König J., Perovic D., Kopahnke D., Ordon F. 2013. Development of an efficient method for assessing resistance to the net type of net blotch (*Pyrenophora teres* f. sp. *teres*) in winter barley and mapping of quantitative trait loci for resistance. Mol. Breed. 32: 641 — 650.
- Legge W. G., Metcalfe D. R., Chiko A. M., Martens J. W., Tekauz A. 1996. Reaction of Turkish barley accessions to canadian barley pathogens. Can. J. Plant Sci. 76: 927 — 931.
- Lu S., Edwards M. C., Friesen T. L. 2013. Genetic variation of single nucleotide polymorphisms identified at the mating type locus correlates with form specific disease phenotype in the barley net blotch fungus *Pyrenophora teres*. Eur J. Plant Pathol. 135: 49 — 65.
- Manninen O., Kalendar R., Robinson J., Schulman A. H. 2000. Application of BARE-1 retrotransposon markers to the mapping of a major resistance gene for net blotch in barley. Mol Gen Genet 264: 325 — 334.
- Manninen O. M., Jalli M., Kalendar R., Schulman A., Afanasenko O., Robinson J. 2006. Mapping of major spot-type and net-type net blotch resistance genes in the Ethiopian barley line CI 9819. Genome 49: 1564 — 1571.
- Newton A. C., Akar T., Baresel J. P., Bebeli P. J., Bettencourt E., Bladenopoulos K. V., Czembor J. H., Fasoula D. A., Katsiotis A., Koutis K., Koutsika-Sotiriou M., Kovacs G., Larsson H., Pinheiro de Carvalho M. A. A., Rubiales D., Russell J., Dos Santos T. M. M., Vaz Patto M. C. 2010. Cereal landraces for sustainable agriculture. A review. Agronomy for Sustainable Development 30 (2): 237 — 269.
- Nutter F. W., Pederson V. D., Foster A. E. 1985. Effect of inoculations with *Cochliobolus sativus* at specific growth stages on grain yield and quality of malting barley. Crop Sci. 25: 933 — 938.
- Rickard J., Bryngelsson T., Gustafsson M. 1997. Virulence studies of Swedish net blotch isolates (*Drechslera teres*) and identification of resistant barley lines. Euphytica 94: 209 — 218.
- Robinson J., Jalli M. 1996. Diversity among Finnish net blotch isolates and resistance in barley. Euphytica 92: 81 — 87.
- Robinson J., Jalli M. 1997. Quantitative resistance to *Pyrenophora teres* in six Nordic spring barley accessions. Euphytica 94: 201 — 208.
- Smedegard-Petersen V. 1971. *Pyrenophora teres* f. *maculate* now and *Pyrenophora teres* f. *teres* on barley in Denmark. Yearbook 1971., Royal Veterinary and Agricultural University Copenhagen, Denmark: 124 — 144.
- Shaw M.W. 1986. Development of barley net blotch from infested straw and seed. Can. J. Plant Sci. 48: 623 — 625.
- Steffenson B. J., Webster R. K. 1992. Pathotype diversity of *Pyrenophora teres* f. *teres* on barley. Phytopathol. 82: 170 — 177.
- Steffenson B. J., Hayes P. M., Kleinhofs A. 1996. Genetics of seedling and adult plant resistance to net blotch (*Pyrenophora teres* f. sp. *teres*) and spot blotch (*Cochliobolus sativus*) in barley. Theor. Appl. Genet. 92: 552 — 558.

- Steffenson B.J., Webster R. K., Jackson L. F. 1991. Reduction in yield loss using incomplete resistance to *Pyrenophora teres* f. *teres* in barley. Plant Dis. 75: 96 — 100.
- Tekauz A. 1985. A numerical scale to classify reactions of barley to *Pyrenophora teres*. Can. J. Plant Pathol. 7: 181 — 183.
- Tekauz A. 1986. Effect of plant age and leaf position on the reaction of barley to *Pyrenophora teres*. Can. J. Plant Pathol. 8: 380 — 386.
- Tekauz A. 1990. Characterization and distribution of pathogenic variation in *Pyrenophora teres* f. *teres* and *P. teres* f. *maculata* from Western Canada. Can. J. Plant Pathol. 12: 141 — 148.
- Yitbarek S., L. Berhane L., Fikadu A., Van Leur J. A. G., Grando S. Ceccarelli S. 1998. Variation in Ethiopian barley landrace populations for resistance to barley leaf scald and net blotch. Plant Breed. 117: 419 — 423.

GRZEGORZ CZAJOWSKI**KATARZYNA KARSKA****ANNA STRZEMBICKA**

Zakład Roślin Zbożowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Kraków

Charakterystyka genotypów owsa pod względem odporności na rdzę koronową *Puccinia coronata* i mączniaka prawdziwego *Blumeria graminis* f. sp. *avenae*

Characteristic of oat genotypes in terms of the resistance to *Puccinia coronata* and *Blumeria graminis* f. sp. *avenae*

W latach 2010–2013 badano odporność 297 genotypów owsa, w tym 250 form oplewionych i 47 nagonasiennych na porażenie przez rdzę koronową (*Puccinia coronata*) i mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f.sp. *avenae*). Badania prowadzono w stadium siewki w szklarni i w stadium rośliny dorosłej w polu przy zastosowaniu sztucznej inokulacji zarodnikami *P. coronata* w Grodkowicach i Kopaszewie. W trzeciej miejscowości Strzelce, genotypy badano w warunkach naturalnej infekcji. W przypadku mączniaka prawdziwego we wszystkich miejscowościach doświadczenia prowadzono w warunkach naturalnej inokulacji. Przeprowadzone badania wskazują na zróżnicowanie badanego materiału pod względem odporności na porażenie przez *P. coronata* zarówno w stadium siewki w szklarni jak i rośliny dorosłej w polu. Wszystkie badane genotypy były wrażliwe w stadium siewki na porażenie przez *B. graminis* f.sp. *avenae*. W warunkach polowych mączniak występował corocznie jedynie w Strzelcach i przez dwa lata w Kopaszewie. Na podstawie uzyskanych wyników wytypowano 20 genotypów owsa oplewionego odpornych na rdzę koronową w polu, wśród nich 17 było odpornych w stadium siewki. Natomiast spośród form owsa nagonasiennego 6 było odpornych na rdzę koronową, w tym 4 w stadium siewki. Polową odpornością na mączniaka odznaczało się 188 genotypów owsa oplewionego i 38 owsa nagonasiennego. Spośród badanych form owsa odpornością na obydwa patogeny charakteryzowało się 16 genotypów owsa oplewionego i 4 owsa nagonasiennego. Wyodrębnione formy mogą stanowić interesujący materiał jako źródła odporności na rdzę koronową *P. coronata* i mączniaka prawdziwego *B. graminis* f.sp. *avenae*.

Słowa kluczowe: *Blumeria graminis* f.sp. *avenae*, materiały hodowlane, odporność, owies nagoziarnisty, owies oplewiony, *Puccinia coronata*

The resistance to infections by *Puccinia coronata* and *Blumeria graminis* f. sp. *avenae* was studied in 250 common and 47 naked grain oat genotypes in the years 2010–2013. Studies were carried out in greenhouse at the seedling stage and at the adult plant stage in Grodkowice and Kopaszewo by applying artificial inoculation with urediniospores of *P. coronata*. In the third location Strzelce, genotypes were tested under field conditions with natural inoculum of the pathogen. In the case of *B. graminis* f. sp. *avenae* the studies were carried out in all locations under field conditions and natural infection. The studies have shown differences in reaction to crown rust infection in respect to plant stage, location and year of the experiment. All genotypes were susceptible to *B. graminis* f. sp. *avenae* at the seedling stage. Powdery mildew has occurred every year under field conditions in Strzelce, but only over two years in Kopaszewo location. The study allowed to select 20 common oat genotypes resistant to crown rust under field conditions and among them 17 were resistant at seedling stage. Among the naked grain oats, six were resistant to crown rust under field conditions, and four of them were resistant at the seedling stage. Resistance to powdery mildew was recorded for 188 common and 38 naked grain oat genotypes. Resistance to both diseases was observed for 16 common and 4 naked grain oat genotypes. These genotypes can be used as sources of resistance to *P. coronata* and *B. graminis* f. sp. *avenae* in breeding programs.

Key words: *Blumeria graminis* f. sp. *avenae*, breeding materials, common oat, naked grain oat, *Puccinia coronata*, resistance

WSTĘP

Owies jest porażany przez liczne choroby grzybowe. Spośród ważniejszych wyróżnić można rdzę koronową (*Puccinia coronata* Fraser et Led.) i mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. sp. *avenae* Erikss. et E. Henn.). Rdza koronowa jest szeroko rozpowszechnioną chorobą występującą we wszystkich rejonach uprawy owsa na świecie. W Europie porażenie notowano w Austrii, Czechach, Francji, Grecji, Słowacji, Wielkiej Brytanii i na terenie Włoch (Sebesta i in., 1995). Corocznie z różnym nasileniem występuje również w Polsce (Mazaraki, 1995; Przystalski i in., 2013). Straty w plonie spowodowane porażeniem odmian owsa rdzą koronową mogą wynosić 20–30% (Mazaraki, 1991). Mączniak prawdziwy powszechnie występuje w wilgotnym i chłodnym klimacie. Jest jedną z bardziej szkodliwych chorób owsa w Polsce, a także w innych krajach Europy Wschodniej i Północnej, gdzie może powodować straty plonu na poziomie 5–10% (Sebesta i in., 1995; Hsam i in., 1998).

Pomimo możliwości stosowania fungicydów najlepszym sposobem zapobiegania i zwalczania tych patogenów jest wykorzystanie genetycznej odporności poprzez hodowlę odmian odpornych i poszukiwanie efektywnych genów odporności (Graichen i in., 2010; Przystalski i in., 2013).

Celem pracy była ocena odporności na rdzę koronową *Puccinia coronata* i mączniaka prawdziwego *Blumeria graminis* f. sp. *avenae* w stadium siewki i rośliny dorosłej różnych genotypów owsa, a także wytypowanie ewentualnych źródeł odporności.

MATERIAŁ I METODY

Ocenie porażenia rdzą koronową i mączniakiem, w stadium siewki w szklarni i rośliny dorosłej w warunkach polowych, poddano 250 genotypów owsa oplewionego i 47 owsa nagonasiennego pochodzących ze stacji hodowli roślin zlokalizowanych w Polsce.

W każdym roku w badaniach uczestniczyły inne formy. Ich liczebność w poszczególnych latach została przedstawiona w tabeli 1. Jako wzorzec wrażliwości corocznie wysiewano odmianę Jawor.

W doświadczeniach szklarniowych do badań użyto izolaty *P. coronata* i *B. graminis* f. sp. *avenae* zebrane z rodów hodowlanych i odmian owsa w różnych rejonach Polski. Celem uzyskania odpowiedniej ilości materiału infekcyjnego do inokulacji wspomniane izolaty zostały namnożone na siewkach odmiany wrażliwej Jawor. Ocenę porażenia wykonywano inokulując siewki badanych form owsa w stadium 2.-liścia mieszaniną izolatów patogena. Stopień porażenia oceniano po 10–14 dniach wg skali 5-stopniowej (0–2 odporne, 3–4 podatne) (Mazaraki, 1991).

Szkółki atestacyjne zakładano wiosną w trzech miejscowościach: Grodkowice, Kopaszewo i Strzelce, zlokalizowanych w różnych rejonach geograficznych Polski. Zapewniło to zróżnicowane warunki środowiskowe do oceny badanych genotypów owsa. Materiał badawczy wysiewano w jednym powtórzeniu po dwa rzędy, w rozstawie $2 \times 0,25 \times 0,05$ m.

W poszczególnych sezonach wegetacyjnych w Grodkowicach i Kopaszewie wykonywano w polu zabieg inokulacji rdzą koronową wszystkich biorących udział w doświadczeniu genotypów owsa. Rośliny inokulowano w stadium przed wiechowaniem poprzez oprysk zawiesiną uredospor — mieszaniną izolatów *Puccinia coronata* (z dodatkiem Tween 20). Opryskiwano pas roślin o szerokości 50 cm każdego 2-rzędowego poletka. Wariant kontrolny stanowiły rośliny niezakażone z przeciwnej strony poletka. Inokulację przeprowadzano 2-krotnie z 7 dniową przerwą. W Strzelcach nie wykonywano zabiegu sztucznej inokulacji zarodnikami *P. coronata*. W przypadku *B. graminis* we wszystkich miejscowościach porażenie badanych genotypów odbywało się poprzez naturalną inokulację.

Po dwóch tygodniach od wykonanej sztucznej inokulacji we wszystkich miejscowościach przeprowadzono 3-krotną ocenę odporności genotypów owsa w stadium rośliny dorosłej, w odstępach 2-tygodniowych, w oparciu o powszechnie stosowaną wizualną skalę 9-stopniową, gdzie: 9 — oznacza wysoką odporność, 1 — wysoką wrażliwość. Formy owsa zaklasyfikowano do 3 klas porażenia: 7 — odporne, 5–6 średnio wrażliwe, 4 i mniej — wrażliwe.

W celu poznania stopnia zróżnicowania genotypów pod względem porażenia wspomnianymi wcześniej patogenami zostały obliczone współczynniki zmienności (CV%).

WYNIKI I DYSKUSJA

Przeprowadzone w latach 2010–2013 badania nad reakcją 250 genotypów owsa oplewionego i 47 nagonasiennego na porażenie rdzą koronową (*P. coronata*) wskazują na duże zróżnicowanie badanych form pod względem odporności zarówno w stadium siewki, jak i rośliny dorosłej. W przypadku infekcji badanych form owsa w stadium siewki przez mączniaka prawdziwego (*B. graminis* f. sp. *avenae*) stwierdzono, że wszystkie są

wrażliwe. Natomiast w warunkach polowych mączniak corocznie występował jedynie w Strzelcach i przez dwa lata w Kopaszewie.

Reakcje badanych genotypów owsa na porażenie rdzą koronową i mączniakiem prawdziwym w stadium siewki przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Reakcja genotypów owsa na porażenie rdzą koronową (*Puccinia coronata*) i mączniakiem prawdziwym (*Blumeria graminis* f. sp. *avenae*) w stadium siewki w latach 2010–2013

Reaction of oat genotypes to crown rust (*Puccinia coronata*) and powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *avenae*) at the seedling stage in 2010–2013

Genotypy Genotypes	2010			2011			2012			2013			2010–2013		
	liczba linii number of strains	klasy porażenia classes of infection		liczba linii number of strains	klasy porażenia classes of infection		liczba linii number of strains	klasy porażenia classes of infection		liczba linii number of strains	klasy porażenia classes of infection		liczba linii number of strains	klasy porażenia classes of infection	
		0, 1, 2	3–4		0, 1, 2	3–4		0, 1, 2	3–4		0, 1, 2	3–4			
rdza koronowa — crown rust															
1	58	34	24	61	10	51	67	25	42	64	20	44	250	89	161
2	16	3	13	14	2	12	9	1	8	8	1	7	47	7	40
Ogółem Total	74	37 (50%)	37 (50%)	75	12 (16%)	63 (84%)	76	26 (34%)	50 (66%)	72	21 (29%)	51 (71%)	297	96 (32%)	201 (68%)
mączniak — powdery mildew															
1	58	0	58	61	0	61	67	0	67	64	0	64	250	0	250
2	16	0	16	14	0	14	9	0	9	8	0	8	47	0	47
Ogółem Total	74	0	74	75	0	75	76	0	76	72	0	72	297	0	297

1 — genotypy owsa oplewionego — common oat genotypes

2 — genotypy owsa nagonasiennego — naked grain oat genotypes

Obserwacje w warunkach szklarniowych w stadium siewek — ocena w skali 5-stopniowej: 0, 1, 2 — odporny, 3, 4 — wrażliwy

Greenhouse tests — 5 -score scale: 0, 1, 2 — resistant, 3, 4 — susceptible

Uzyskane wyniki wskazują, że odpornością na rdzę koronową charakteryzowało się 89 (36%) form owsa oplewionego i 7 (15%) owsa nagonasiennego. Wszystkie genotypy były wrażliwe na mączniaka prawdziwego. Otrzymane wyniki badań potwierdzają prace innych autorów. Hsam i wsp. (1998) donoszą, że spośród 73 polskich odmian owsa tylko dwie: Boruta i Dragon charakteryzowały się odpornością na większość izolatów *Blumeria graminis*. Z badań prowadzonych przez Okoń (2012) wynika, że spośród 30 badanych odmian jedynie: Deresz, Dragon, Hetman i Skrzat charakteryzowały się odpornością na większość izolatów *B. graminis*. Prace przeprowadzone przez Sanchez-Martin i współpracowników (2011) również wskazują na wysoką wrażliwość genotypów owsa na porażenie przez *B. graminis* w stadium siewki.

Na przestrzeni lat 2010–2013 nasilenie występowania rdzy koronowej (*P. coronata*) w warunkach polowych było zróżnicowane zarówno w analizowanych miejscowościach jak i w poszczególnych latach badań. W 2010 roku odnotowano dodatni wpływ sztucznej inokulacji zarówno w Kopaszewie, jak i w Grodkowicach. W Strzelcach porażenie było niewielkie — przeważały formy o wysokiej odporności (9–7). Natomiast w 2011 roku silne porażenie wystąpiło w Kopaszewie i Strzelcach, podczas gdy w Grodkowicach było ono

słabsze. W 2012 i 2013 roku we wszystkich miejscowościach nasilenie choroby było na porównywalnym, wysokim poziomie.

Ilościowe zestawienie genotypów owsa oplewionego i nagonasiennego pod względem porażenia rdzą koronową przedstawiono w tabelach 2 i 3. W oparciu o uzyskane wyniki stwierdzono, że w Grodkowicach i Kopaszewie w warunkach sztucznej inokulacji było odpowiednio 23 (9%) i 46 (18%) wysoce odpornych form owsa oplewionego, podczas gdy Strzelcach w warunkach naturalnej infekcji 73 (29%) okazały się odporne (tab. 2).

Tabela 2

Reakcja genotypów owsa oplewionego na porażenie rdzą koronową (*Puccinia coronata*) w warunkach polowych w latach 2010–2013

Reaction of common oat genotypes to crown rust (*Puccinia coronata*) in field in 2010–2013

Lata Years	Liczba rodów Number of strains	Liczba rodów* w klasie odporności** Number of strains in resistance class			Średnia wartość odporności Mean value of resistance	Współczynnik zmienności (CV%) Coefficient of variability
		9–7	6–5	≤ 4		
Grodkowice (sztuczna inokulacja — artificial inoculation)						
2010	58	9	37	12	5,3	23,2
2011	61	9	42	10	5,6	19,5
2012	67	1	29	37	4,0	39,9
2013	64	4	40	20	4,9	16,6
Ogółem Total	250	23 (9%)	148 (59%)	79 (32%)		
Kopaszewo (sztuczna inokulacja — artificial inoculation)						
2010	58	21	24	13	5,7	23,3
2011	61	25	22	34	4,5	37,0
2012	67	16	21	30	4,2	47,4
2013	64	4	13	47	4,1	30,4
Ogółem Total	250	46 (18%)	80 (32%)	124 (50%)		
Strzelce (naturalna inokulacja — natural inoculation)						
2010	58	46	4	8	6,9	18,7
2011	61	2	7	51	2,5	76,1
2012	67	8	19	40	4,2	30,9
2013	64	17	8	39	4,4	50,5
Ogółem Total	250	73 (29%)	38 (15%)	138 (55%)		

* Ocena w skali 9-stopniowej (9 — odporny, 1 — wrażliwy)

Estimation based on 9- score scale: 9 — resistant, 1 — susceptible

** Klasy: 7–9 — odporne, 5–6 — średnio wrażliwe, ≤ 4 — wrażliwe

Classes: 7–9 — resistant, 5–6 — moderately susceptible, ≤ 4 — susceptible

Podobne rezultaty uzyskano dla genotypów owsa nagonasiennego. W Grodkowicach i Kopaszewie odnotowano 6 (13%) i 5 (11%) form nagonasiennych wysoce odpornych na rdzę koronową, natomiast 11 (23%) form nagonasiennych wykazało odporność w Strzelcach (tab. 3). Zarówno w Kopaszewie, jak i Strzelcach u obydwu form botanicznych owsa przeważały genotypy o wysokiej wrażliwości na rdzę koronową. Stanowiły one odpowiednio 50 i 55% badanych form owsa oplewionego, a także 70 i 62% owsa nagonasiennego. W Grodkowicach wyraźnie dominowały genotypy odznaczające się średnią odpornością (w skali 5–6). Stanowiły one 59% form owsa oplewionego i 57%

nagonasiennego. Na podkreślenie zasługuje fakt, że w Strzelcach pomimo braku zabiegu sztucznej inokulacji nasilenie choroby było zdecydowanie większe niż w Grodkowicach. Przypuszczalnie może mieć to związek z warunkami klimatycznymi, a także występującą na danym terenie populacją patogena.

Tabela 3

Reakcja genotypów owsa nagonasiennego na porażenie rdzą koronową (*Puccinia coronata*) w warunkach polowych w latach 2010–2013
Reaction of naked grain oat genotypes to crown rust (*Puccinia coronata*) in field in 2010–2013

Lata Years	Liczba rodów Number of strains	Liczba rodów* w klasie odporności** Number of strains in resistance class			Średnia wartość odporności Mean value of resistance	Współczynnik zmienności (CV) Coefficient of variability
		9–7	6–5	≤ 4		
Grodkowice (sztuczna inokulacja — artificial inoculation)						
2010	16	3	11	2	5,6	20,3
2011	14	3	6	5	5,3	29,5
2012	9	0	4	5	3,7	39,3
2013	8	0	6	2	5,1	16,3
Ogółem Total	47	6 (13%)	27 (57%)	14 (30%)		
Kopaszewo (sztuczna inokulacja — artificial inoculation)						
2010	16	2	5	9	4,4	28,8
2011	14	2	3	9	4,4	42,4
2012	9	1	0	8	2,3	83,5
2013	8	0	1	7	3,5	21,6
Ogółem Total	47	5 (11%)	9 (19%)	33 (70%)		
Strzelce (naturalna inokulacja — natural inoculation)						
2010	16	8	0	8	5,6	29,3
2011	14	3	1	10	2,9	89,8
2012	9	0	4	5	4,1	30,9
2013	8	0	2	6	3,5	34,1
Ogółem Total	47	11 (23%)	7 (15%)	29 (62%)		

* Ocena w skali 9-stopniowej (9 — odporny, 1 — wrażliwy)

* Estimation based on 9 -score scale: 9 — resistant, 1 — susceptible

** Klasy: 7–9 — odporne, 5–6 — średnio wrażliwe, ≤ 4 — wrażliwe

** Classes: 7–9 — resistant, 5–6 — moderately susceptible, ≤ 4 — susceptible

Współczynniki zmienności odnośnie porażenia rdzą koronową dla obydwu form owsa wynosiły 16,3–89,8%. Największą zmienność stwierdzono w Kopaszewie i Strzelcach. Wysoką wartość CV% uzyskał w swoich badaniach również Śmiałowski (2003).

Na podstawie opisanych wyżej wyników można stwierdzić, że na rozwój choroby wpływ miała zarówno zastosowana sztuczna inokulacja, jak i warunki klimatyczne (Śmiałowski, Węgrzyn, 2006).

W przypadku porażenia genotypów owsa mączniakiem prawdziwym objawy chorobowe obserwowano corocznie tylko w Strzelcach, przez dwa lata w Kopaszewie, a także w niewielkim stopniu w Grodkowicach. Ilościowe zestawienie genotypów owsa oplewionego i nagonasiennego pod względem porażenia mączniakiem prawdziwym przedstawiono w tabelach 2 i 3.

Tabela 4

Reakcja genotypów owsa oplewionego na porażenie mączniakiem (*Blumeria graminis* f. sp. *avenae*) w warunkach polowych w latach 2010–2013

Reaction of common oat genotypes to powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *avenae*) in field in 2010–2013

Lata Years	Liczba rodów Number of strains	Liczba rodów* w klasie odporności** Number of strains in resistance class			Średnia wartość odporności Mean value of resistance	Współczynnik zmienności (CV) Coefficient of variability
		9–7	6–5	≤ 4		
Grodkowice						
2010	58	58	0	0	9,0	0,0
2011	61	61	0	0	9,0	0,0
2012	67	66	1	0	8,6	7,7
2013	64	64	0	0	8,9	2,1
Ogółem Total	250	249 (99%)	1 (1%)	0		
Kopaszewo						
2010	58	17	28	13	5,6	23,2
2011	61	56	3	2	8,6	6,9
2012	67	26	0	0	9,0	0,0
2013	64	27	0	0	9,0	0,0
Ogółem Total	250	204 (82%)	31 (12%)	15 (6%)		
Strzelce						
2010	58	55	1	2	7,6	16,3
2011	61	52	5	3	7,4	15,8
2012	67	22	45	0	6,0	21,1
2013	64	46	15	3	6,9	21,4
Ogółem Total	250	175 (70%)	66 (26%)	8 (3%)		

* Ocena w skali 9-stopniowej (9 — odporny, 1 — wrażliwy)

Estimation based on 9 — score scale: 9 — resistant, 1 — susceptible

** Klasy: 7–9 — odporne, 5–6 — średnio wrażliwe, ≤ 4 — wrażliwe

Classes: 7–9 — resistant, 5–6 — moderately susceptible, ≤ 4 — susceptible

W Grodkowicach formy odporne stanowiły odpowiednio 99 i 100% badanych, niewielkie objawy mączniaka notowano jedynie w 2012 roku. W Kopaszewie formy wysoce odporne stanowiły odpowiednio 82 i 89% badanych. Najsilniejsze porażenie odnotowano w 2010 roku, wówczas 17 form (29%) owsa oplewionego i 11 (69%) nagonasiennego było wysoce odpornych, natomiast odpowiednio 13 (23%) i 5 (31%) wysoce wrażliwych. W 2011 roku nasilenie występowania mączniaka było zdecydowanie słabsze, jedynie 2 genotypy owsa oplewionego uległy silnemu porażeniu. W pozostałych dwóch latach badań nie notowano objawów mączniaka, nawet na odmianie wzorcowej Jawor. Natomiast w Strzelcach formy odporne stanowiły 70% badanych genotypów. Mączniak występował tam corocznie z różnym nasileniem. Formy silnie wrażliwe notowano jedynie w przypadku owsa oplewionego.

Współczynniki zmienności porażenia mączniakiem prawdziwym dla genotypów owsa oplewionego wynosiły 2–23%, a owsa nagonasiennego 10–16%, co było uzależnione od nasilenia występowania choroby w danej miejscowości i roku. Podobne wartości współczynnika zmienności uzyskał w swoich badaniach również Śmiałowski (2006).

Tabela 5

Reakcja genotypów owsa nagonasiennego na porażenie mączniakiem (*Blumeria graminis* f. sp. *avenae*) w warunkach polowych w latach 2010–2013

Reaction of naked grain oat genotypes to powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *avenae*) in field in 2010–2013

Lata Years	Liczba rodów Number of strains	Liczba rodów* w klasie odporności** Number of strains in resistance class			Średnia wartość odporności Mean value of resistance	Współczynnik zmienności (CV) Coefficient of variability
		9 - 7	6 – 5	≤ 4		
Grodkowice						
2010	16	16	0	0	9,0	0,0
2011	14	14	0	0	9,0	0,0
2012	9	9	0	0	8,8	0,0
2013	8	8	0	0	9,0	0,0
Ogółem Total	47	47	0	0		
Kopaszewo						
2010	16	11	5	0	6,9	16,0
2011	14	14	0	0	9,0	0,0
2012	9	9	0	0	9,0	0,0
2013	8	8	0	0	9,0	0,0
Ogółem Total	47	42 (89%)	5 (11%)	0		
Strzelce						
2010	16	16	0	0	7,9	10,0
2011	14	13	1	0	7,4	10,3
2012	9	1	8	0	5,8	15,9
2013	8	3	5	0	6,1	13,6
Ogółem Total	47	33 (70%)	14 (30%)	0		

* Ocena w skali 9-stopniowej (9 — odporny, 1 — wrażliwy)

Estimation based on 9 — score scale: 9 — resistant, 1 — susceptible

** Klasy: 7–9 — odporne, 5–6 — średnio wrażliwe, ≤ 4 — wrażliwe

Classes: 7–9 — resistant, 5–6 — moderately susceptible, ≤ 4 — susceptible

Podobnie, jak w prezentowanej pracy również w badaniach realizowanych w latach 2011–2012 w ramach programu PDO (Porejestrowe Doświadczalnictwo Odmianowe) stwierdzono, że najsilniejsze porażenie odmian owsa rdzą koronową i mączniakiem wystąpiło w Strzelcach (<http://www.coboru.pl/dr/pdopublikacjeregionalne.aspx>).

Jak wynika z tabeli 6 spośród 250 genotypów owsa oplewionego 20 form odznaczało się połową odpornością na rdzę koronową, a wśród nich 17 w stadium siewki. Natomiast w grupie 47 form owsa nagonasiennego 6 było odpornych na rdzę koronową w warunkach polowych, w tym 4 w stadium siewki. Połową odpornością na mączniaka odznaczało się 188 genotypów owsa oplewionego i 38 owsa nagonasiennego. Odpornością na obydwa patogeny charakteryzowało się 16 genotypów owsa oplewionego i 4 owsa nagonasiennego. Formy te mogą stanowić interesujący materiał jako źródła odporności na rdzę koronową *P. coronata* i mączniaka prawdziwego *B. graminis* f. sp. *avenae*.

Tabela 6

Liczba rodów owsa odpornych w stadium rośliny dorosłej, a także w obydwu stadiach rozwoju w latach 2010–2013

Number of resistant oat strains at adult plant stage and at both developmental stages, in 2010–2013

Lata Years	Liczba rodów odpornych Number of resistant strains			
	owies oplewiony — common oat		owies nagonasienny — naked grain oat	
	w stadium rośliny dorosłej at adult plant stage	w obydwu stadiach rozwoju at both stages	w stadium rośliny dorosłej at adult plant stage	w obydwu stadiach rozwoju at both stages
rdza koronowa — crown rust				
2010	15	12	2	1
2011	0	0	3	2
2012	1	1	1	1
2013	4	4	0	0
Ogółem Total	20 (8%)	17 (7%)	6 (13%)	4 (8%)
mączniak — powdery mildew				
2010	35	0	13	0
2011	56	0	14	0
2012	39	0	5	0
2013	58	0	6	0
Ogółem Total	188 (75%)		38 (81%)	
odporne na obydwa patogeny — resistant to both pathogens				
2010	11	0	1	0
2011	0	0	2	0
2012	1	0	1	0
2013	4	0	0	0
Ogółem Total	16 (6%)		4 (8%)	

PODSUMOWANIE

1. Przeprowadzone badania genotypów owsa pod względem odporności na rdzę koronową w stadium siewki i rośliny dorosłej w warunkach sztucznej inokulacji oraz naturalnej infekcji umożliwiły dokładniejszą ocenę poziomu odporności.
2. Wyodrębnione w trakcie badań genotypy owsa mogą stanowić interesujący materiał jako źródła odporności na rdzę koronową *Puccinia coronata* i mączniaka prawdziwego *Blumeria graminis* f. sp. *avenae*.
3. Badania potwierdzają, że rdza koronowa i mączniak występują na owsie corocznie z mniejszym lub większym nasileniem w zależności od warunków pogodowych.
4. Wśród badanych obiektów udział form odpornych na obydwa patogeny był niewielki. W związku z tym celowe są dalsze prace nad poszukiwaniem źródeł odporności spośród różnych materiałów hodowlanych owsa.

LITERATURA

- Graichen F. A. S., Martinelli J. A., Federizzi L. C., Pacheco M. T., Soares Chaves M., de Lima Wesp C., 2010. Inheritance of resistance to oat crown rust in recombinant inbred lines. *Sci. Agric.* 67: 435 — 440.
- Hsam S. L. K., Paderina E. V., Gordei S., Zeller F. J. 1998. Genetic studies of powdery mildew resistance in cultivated oat (*Avena sativa* L.) II. Cultivars and breeding lines grown in Northern and Eastern Europe. *Hereditas* 129: 227 — 230.
- Mazaraki M. 1991. Odporność różnych genotypów owsa na powszechnie występujące rasy rdzy koronowej w Polsce. *Hod. Rośl. Aklim. Nasien.* 35 (5/6): 3 — 26.
- Mazaraki M. 1995. Oat crown rust in Poland. *Giornale di Patologia delle Piante. Petria. Istituto Sperimentale per la Patologia Vegetale — Roma.* 5 (1): 65 — 66.
- Okoń S. 2012. Identification of powdery mildew resistance genes in Polish common oat (*Avena sativa* L.) cultivars using host — pathogen tests. *Acta Agrobot.* 65 (3): 63 — 68.
- Przystalski M., Tokarski P., Pilarczyk W. 2013. A method for indentifying oat varieties with improved resistance to oat crown rust from a series of field trials. *Field Crop Research* 140: 49 — 55.
- Sanchez-Martin J., Rubiales D., Prats E. 2011. Resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f.sp. *avenae*) in oat seedlings and adult plants. *Plant Pathology.* 60: 846 — 856.
- Sebesta J., Zwatz B., Corazza L., Stojanovic S. 1995. Oat disease in Europe and the European oat disease nursery. *Giornale di Patologia delle Piante. Petria. Istituto Sperimentale per la Patologia Vegetale — Roma.* 5 (1): 35 — 50.
- Śmiałowski T. 2006. Wartość hodowlana rodów owsa badanych w doświadczeniach wstępnych w latach 2002–2004. *Biul. IHAR* 239: 185 — 191.
- Śmiałowski T. 2003. Zmienność oraz zależność między plonem i cechami użytkowymi owsów oplewionych, nieoplewionych i wczesnych. *Biul. IHAR* 230: 399 — 407.
- Śmiałowski T., Węgrzyn S. 2006. Analiza zmienności i współzależności cech użytkowych owsa (*Avena sativa* L.). *Biul. IHAR* 240/241: 161 — 166.

<http://www.coboru.pl/dr/pdopublikacjeregionalne.aspx>.

BOGUSŁAW ŁAPIŃSKI¹**ZYGMUNT NITA**²**ALEKSANDRA SZOŁKOWSKA**³**PATRYCJA WIECZOREK**⁴¹ Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy, Radzików

² Hodowla Roślin Strzelce Sp. z o. o.³ DANKO Hodowla Roślin Sp. z o. o.⁴ Małopolska Hodowla Roślin HBP Sp. z o.o.

Mieszaniec owsa uprawnego z dzikim gatunkiem *Avena macrostachya* jako nowe źródło zmienności do poprawy jakości plonu owsa nagoziarnistego*

A hybrid of cultivated oat with the wild species *Avena macrostachya* as a source of new variation for yield quality improvement in naked oats

Ród 5T8.33 otrzymany jako mieszaniec owsa ozimego z *Avena macrostachya* był badany w doświadczeniach polowych na poletkach 5 m², w czterech miejscowościach, w latach 2012 i 2013. W porównaniu z wzorcową odmianą Siwek ród miał lepsze średnie oceny kilku istotnych cech. Łączył w sobie wysokie i stabilne wartości masy tysiąca ziaren (MTZ = 32,7 g, 139,2% wzorca), zawartości w ziarnie białka (18,8%, 112% wzorca) i stosunkowo wysokiej zawartości włókna (7,0%, 117,9% wzorca) ze znacznie mniejszym udziałem w plonie ziarna oplewionego (4,0% w stosunku do 16,9% u wzorca) i z dobrą odpornością na wyleganie i rdzę koronową. W przeciwieństwie do odmiany wzorcowej, wysokie parametry jakości plonu nie były negatywnie skorelowane z plonem. Potencjał plonowania był również wysoki, ale stabilność plonowania niska. Dyskutowana jest przydatność rodu jako źródła nowej zmienności dla hodowli owsa.

Słowa kluczowe: *Avena macrostachya*, MTZ, nowa zmienność, owies nagi, włókno pokarmowe, zawartość białka, ziarno oplewione

The naked oat strain 5T8.33, derived from wide crosses between winter oats and *Avena macrostachya*, was investigated in field trials, on 5 m² plots, in four locations, in the years 2012 and

* Projekt MRRiW Nr 48 801 Badań Podstawowych na Rzecz Postępu Biologicznego w Produkcji Roślinnej

2013. In relation to the standard naked oat cultivar Siwek the strain showed better average scores for several important characters. High and stable values of thousand kernels mass (TKM = 32.7 g, 139.2% of the standard), grain protein content (18.8%, 112% of the standard), dietary fibre content (7.0%, 117.9% of the standard), resistances to lodging and to crown rust were combined with low contamination with husked grain (4.0% in relation to 16.9% in the standard). Contrary to the Siwek cultivar, the high grain quality parameters were not negatively correlated with yield. The yield potential was also high, but its stability was low. Usefulness of the strain as a source of new variation is discussed for application in oat breeding.

Key words: *Avena macrostachya*, dietary fibre, grain protein, husked grain, naked oat, new variation, TKM, yield

WSTĘP

Owies nagoziarnisty (zwany też nagim) odznacza się najwyższą wśród zbóż wartością odżywczą i energetyczną. W związku z nieobecnością łuski w plonie zawiera on o 20–25% więcej białka ogółem, ponad 50% więcej tłuszczu surowego i ok. 5-krotnie mniej włókna pokarmowego niż owies oplewiony. Białko owsa charakteryzuje się wysoką zawartością aminokwasów egzogennych, a jego korzystny skład frakcyjny cechuje wysoka zawartość albumin, globulin i glutelin. Tłuszcz odznacza się wysokim udziałem nienasyconych kwasów tłuszczowych. W niektórych materiałach stwierdzono stosunkowo wysoki poziom zawartości beta-glukanu, przy ogólnie mniejszej zawartości włókna pokarmowego (Biel i in., 2006; Fabijańska i in., 2003; Maciejewska-Ryś i Sokół, 1999; Pisulewska i in., 1997). Obfitość i skład związków odżywczych, a także składników mineralnych, witamin, przeciwutleniaczy i innych substancji bioaktywnych czyni z owsa, a w szczególności z owsa nagonasiennego, najwartościowszy zbożowy składnik diet prozdrowotnych i mieszanek paszowych (Bartnikowska i in., 2000 a).

Wybitne walory odżywcze owsa nagonasiennego nie znajdują jednak odzwierciedlenia w wielkości areалу jego upraw. Mimo znacznego zmniejszenia kosztów transportu, składowania i obróbki technologicznej ziarna owsa nagiego w porównaniu z owsem oplewionym, zboże to nie jest pozbawione cech zmniejszających jego atrakcyjność dla rolników i dla przetwórstwa. Istotne wady wiążą się głównie z fizycznymi parametrami plonu. Zbiór jest utrudniony w związku z niską masą ziarniaków. Przy zbiorze kombajnowym frakcja najmniejszych ziaren jest często wywiewana wraz z plewami (Burrows, 2011). Problemem jest także podatność ziarna na uszkodzenia mechaniczne, z którymi wiąże się obniżenie siły kiełkowania i jęczenie zawartych w ziarnie tłuszczów, znacznie obniżające jego wartość technologiczną i spożywczą (Burrows, 2011; Zieliński i in., 2014).

Możliwość hodowlanego poprawienia tych wad wiąże się z poszukiwaniem źródeł zmienności genetycznej. Wyodrębniono już w obrębie gatunku, głównie w kanadyjskim ośrodku AAFC w Ottawie, materiały wyjściowe do poprawy poszczególnych cech owsa nagiego. Zidentyfikowano formy o bardziej wyrównanym ziarnie, o mniejszej podatności na uszkodzenia mechaniczne, zmniejszonym pokryciu ziarna włoskami (Burrows, 2011). Pozwala to mieć nadzieję na pojawienie się w niedalekiej przyszłości nowych odmian owsa nagiego o istotnie poprawionej jakości plonu.

Dzięki prowadzonym pracom w Radzikowie nad mieszańcami owsa uprawnego (*Avena sativa* L.) z dzikim afrykańskim gatunkiem *Avena macrostachya* Bal. et Durieu wyodrębniono m.in. ród 5T8.33 łączący w sobie wyjątkowo wysoką masę ziarniaka, niski stopień zanieczyszczenia plonu ziarnem z łuską, wysoką zawartość białka i włókna pokarmowego. Niniejsza praca zawiera wyniki obserwacji tego rodu z dwóch lat w zróżnicowanych warunkach środowiskowych Radzikowa i polskich ośrodków zajmujących się hodowlą odmian owsa. Proponowane jest zastosowanie tego rodu jako oryginalnego źródła zmienności w hodowli nowych polskich odmian owsa nagonasiennego. Podana charakterystyka poszczególnych cech powinna umożliwić komplementarny dobór odpowiednich partnerów do krzyżowań.

MATERIAŁ I METODY

Nagonasienny ród 5T8.33 otrzymano po dwukrotnym spontanicznym krzyżowaniu wstecznym międzygatunkowego mieszańca F_1 z krzyżowania (*A. sativa* cv. LPWH992212 $\times$ *A. macrostachya* klon B6) z owsami ozimymi. Mieszaniec F_1 miał 35 chromosomów (w tym 14 z *A. macrostachya*) i był kilkakrotnie rozmnożony wegetatywnie przez podział oraz poddany kolchicynowaniu. Klon okazał się wysoce sterylny i zawiązał w ponad 9800 wiechach, w warunkach dostępu pyłku z kolekcji ozimych zagranicznych form owsa, tylko 54 zdolne do kiełkowania nasiona. Roślina BC_1 następnego pokolenia oznaczona jako 5T8 była również całkowicie męskosterylna, mimo euploidalnej liczby 42 chromosomów. Poddano ją klonowaniu i w warunkach wolnego zapylenia wydała 85 nasion (z 324 wiech). Roślina następnego pokolenia oznaczona 5T8.3 była płodna i miała cechy owsa nagiego. W dalszych pokoleniach utworzono z niej linie zarówno ozime, jak i jare. Opisywane w niniejszej pracy jare sublinie 5T8.33011 i 5T8.33018 powstały z rozmnożenia różnych roślin pokolenia F_5 z 2009 roku.

Sublinie te trafiły do szkółek obserwacyjnych, a rok później do doświadczeń prowadzonych w latach 2012 i 2013 w Radzikowie i w trzech ośrodkach hodowli owsa: w Kopaszewie (Danko HR), Polanowicach (Małopolska HR) i w Strzelcach (Strzelce HR). W szkółkach owies rósł w warunkach siewu rozrzedzonego (w rozstawie 30×5 cm w Kopaszewie i w Radzikowie; 20×5 cm w Polanowicach i w Strzelcach), a w doświadczeniu w siewie gęstym (ok. 28 g/m²), na pojedynczych poletkach 5 m².

Masę 1000 ziaren (MTZ) i udział ziaren z łuską określano na podstawie dwóch prób po 200 nasion. Ciężar objętościowy zmierzono przy pomocy urządzenia Mini GAC Plus firmy DICKEY-john. Zawartości białka, tłuszczu i włókna zostały zbadane w HR Strzelce z zastosowaniem metody NIRS z użyciem spektrofotometru bliskiej podczerwieni INFRATEC.

Istotność różnic zweryfikowano analizując wariancję oraz obliczając najmniejszą istotną różnicę (NIR) w doświadczeniach z nagim owsem, które wraz ze wzorcową odmianą Siwek liczyły w latach 2012 i 2013 odpowiednio 5 i 6 obiektów. W analizie udziału ziaren oplewionych w plonie zastosowano dodatkowo transformację Bliss.

WYNIKI

W tabelach 1 i 2 podano wyniki plonowania i oceny podstawowych fizycznych cech plonu dla dwóch sublinii rodu 5T8.33 oraz odmiany wzorcowej w środowiskach uformowanych przez cztery miejscowości i dwa lata badań.

Tabela 1

Plon i ciężar objętościowy ziarna owsa nagonasiennego z rodu 5T8.33 w porównaniu do wzorcowej odmiany Siwek w doświadczeniach z lat 2012 i 2013
Yield and test weight (TW) of the naked oat strain 5T8.33 and the standard cultivar Siwek in the 2012 and 2013 field trials

Obiekt Object	Plon — Yield (kg/5m ²)					Ciężar objętościowy — Test weight (kg/hl)				
	Kopa- szewo	Polano- wice	Radzików	Strzelce	średnia average	Kopa- szewo	Polano- wice	Radzików	Strzelce	średnia average
Rok — Year 2012										
5T8.33.011	2,8	1,1	1,3	1,3	1,6	68,3	62,8	58	64,2	63,3
5T8.33.018	2,8	1,3	1,5	1,5	1,8	70	62,9	56,7	62,4	63,0
Siwek	2,7	2,5	2,2	2,1	2,4	61,9	57,5	53,9	61	58,6
NIR _{0,01} — LSD _{0,01}					0,49	4,2				
Rok — Year 2013										
5T8.33.011	2,5	0,5	2,4	0,7	1,5	57,4	56,7	44,6	55,9	53,7
Siwek	2,75	1,02	1,6	0,36	1,43	58,8	56,8	50	63,6	57,3
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}					0,47	6,5				
Średnie za 2 lata — 2 years average										
5T8.33	2,69	0,95	1,72	1,15	1,63	65,2	60,8	53,1	60,8	60,0
Siwek	2,73	1,74	1,90	1,23	1,90	60,4	57,2	52,0	62,3	57,9
Z 2 lat w % wzorca — In % of check										
5T8.33	98.8	54.8	90.4	93.5	85.8	108.1	106.4	102.2	97.6	103.5

Tabela 2

Masa tysiąca ziaren (MTZ) i udział ziaren oplewionych u owsa nagonasiennego z rodu 5T8.33 w porównaniu do wzorcowej odmiany Siwek w doświadczeniach z lat 2012 i 2013
Thousand kernels mass (TKM) and percentage of husked grains (HGP) in yield of the naked oats 5T8.33 and Siwek in field trials 2012 and 2013

Obiekt Object	Masa tysiąca ziaren — Thousand kernels mass (g)					% ziaren z plewą — Percentage of husked grains					<1,5 mm
	Kop	Pol.	Rad.	Str	$\bar{x}$	Kop	Pol.	Rad.	Str	$\bar{x}$	Pol.
Rok — year 2012											
5T8.33.011	33,1	34,5	35,1	33,5	34,1	1	4	5	1	2,8	0,2
5T8.33.018	33,2	32,5	35	33,7	33,6	1	2,5	7	0	2,6	0,1
Siwek	22,9	21	22,8	22,3	22,3	11	18	8	10	11,8	3,7
NIR _{0,01} — LSD _{0,01}					1,7						8,6
Rok — year 2013											
5T8.33.011	32	30,8	30,8	28,7	30,5	14	7,5	3,5	2,3	6,7	0,1
Siwek	28	27,0	18,9	25,4	24,8	38	17,5	28,3	4,3	22,0	0,9
NIR _{0,01} — LSD _{0,01}					5,4						7,8
Średnie za 2 lata — 2 years average											
5T8.33	32,7	32,6	33,6	32,0	32,7	5,2	4,7	5,2	1,1	4,0	0,1
Siwek	25,4	24,0	20,8	23,8	23,5	24,5	17,8	18,2	7,2	16,9	2,3
Z 2 lat w % wzorca — In % of standard											
5T8.33	128,7	135,9	161,3	134,1	139,2	21,1	26,3	28,5	15,4	23,9	4,3

W ostatniej kolumnie podano udział w plonie ziaren o grubości <1,5 mm; The last column shows fraction of grain with thickness lower than 1.5 mm

Miejscowości — Locations: Kop — Kopaszewo, Pol — Polanowice, Rad — Radzików, Str — Strzelce

Plon rodu 5T8.33 wahał się w granicach 0,5–2,8 kg/5 m² zależnie od sublinii, roku i miejscowości. Średnia jego wartość wyniosła 1,63 kg, co stanowiło 86% średniego plonu wzorca Siwek osiągniętego w tych samych środowiskach. W roku 2012 plony rodu były wysoce istotnie niższe niż wzorca, natomiast w 2013 były na tym samym poziomie. Najlepsze plony rodu 5T8.33 zanotowano w Kopaszewie, gdzie nie ustępował on odmianie wzorcowej. Natomiast w Polanowicach odmiana Siwek (wyhodowana w tej miejscowości) prawie dwukrotnie przewyższyła plonem ród 5T8.33.

Ciężar objętościowy przyjmował najniższe wartości w Radzikowie w roku 2013 (44,6 kg/hl dla sublinii 5T8.33011 i 50 kg/hl dla odmiany Siwek). Najwyższe wartości dla rodu zanotowano w Kopaszewie w roku 2012 (70 kg/hl dla sublinii 5T8.33018), a dla wzorca w Strzelcach w roku 2013 (63,6 kg/hl). Średnie dla porównywanych obiektów z wszystkich środowisk nie różniły się znacząco, ród 5T8.33 osiągnął 103,5% wzorca. Jednak w 2012 roku poziom cechy był wysoce istotnie lepszy od wzorca (przy niższym plonie) a w 2013 roku nieco gorszy (wraz z lepszym plonem).

Masa tysiąca ziaren badanego rodu w mniejszym stopniu zależała od zmienności środowisk przyjmując w doświadczeniach skrajne wartości w 2012 r. w Strzelcach (28,7 g) i w Radzikowie (35,1 g). Średnia wartość z doświadczeń wyniosła 32,7 g, co stanowiło 139,2% średniej wartości MTZ dla odmiany Siwek. Przewaga rodu 5T8.33 była wysoce istotna w obu latach badań a zakresy zmienności 5T8.33 i wzorca nawet się nie pokrywały. Udział frakcji ziaren drobnych o grubości mniejszej od 1,5 mm wyniósł w Polanowicach 0,1% i był ponad 20-krotnie niższy, niż u wzorca. Rysunek 1 umożliwia lepsze porównanie ziarna badanego rodu i odmiany Siwek ze zbioru kombajnowego w Radzikowie w 2013 r.

Udział ziaren z łuską był średnio ponad czterokrotnie niższy w mieszańcu 5T8.33, niż w odmianie wzorcowej. Różnica ta była wysoce istotna w obu latach badań. W plonach pochodzących ze Strzelc była ona nawet sześciokrotna a w doświadczeniu z roku 2012 w sublinii 5T8.33018 w ogóle nie stwierdzono tam zanieczyszczeń ziarnem oplewionym. W tych samych warunkach wzorzec wykazywał 10% takich zanieczyszczeń. Najbardziej prowokacyjne warunki do ujawniania się skłonności do oplewienia ziarna wystąpiły w Kopaszewie w roku 2013. W tych warunkach ród 5T8.33 miał 14% zanieczyszczeń ziarnem oplewionym, a odmiana Siwek aż 38%. Najwyższy poziom zanieczyszczeń u wzorca wystąpił w kombinacji z najwyższym osiągniętym plonem. U rodu 5T8.33 nie było negatywnej korelacji między ekspresją nagonasienności i plonowaniem. Przy najwyższych osiągniętych plonach w Kopaszewie w 2012 roku udział ziarna z łuską nie przekroczył 1%.

Zawartości białka, tłuszczu i włókna w ziarnie, w przeliczeniu na procent suchej masy, przedstawiono w tabeli 3. Ród 5T8.33 zawierał w ziarnie średnio 18,8% białka, w przeliczeniu na suchą masę, podczas gdy odmiana wzorcowa miała go średnio 16,8 %. W obu latach badań różnica była wysoce istotna. Mimo zauważalnej negatywnej korelacji zawartości białka z plonem, przewaga ponad 0,6 punktu procentowego nad wzorcem została utrzymana nawet w Kopaszewie, gdzie ród plonował lepiej niż Siwek. Sublinia 5T8.33011 osiągnęła w 2012 roku wyższy, o 1,7 punktu procentowego, średni poziom tego składnika, niż siostrzana sublinia 5T8.33018 i różnica ta była wysoce istotna.

Tabela 3

Zawartości białka, tłuszczu i włókna pokarmowego w ziarnie owsa nagonasiennego 5T8.33 i odmiany wzorcowej z doświadczeń lat 2012 i 2013

Contents of protein, fat and fibre in naked oats 5T8.33 and Siwek for the years 2012 and 2013

Obiekt Object	Białko — protein (%)					Tłuszcz — fat (%)					Włókno — fibre (%)				
	Kop	Pol.	Rad.	Str	$\bar{x}$	Kop	Pol.	Rad.	Str	śr.av.	Kop	Pol.	Rad.	Str	$\bar{x}$
Rok — year 2012															
5T8.33.011	18,25	19,50	19,23		18,99	5,13	3,97	5,49		4,86	8,12	8,20	7,87		8,06
5T8.33.018	16,60	18,20	17,04		17,28	4,89	4,41	5,03		4,78	6,25	7,29	9,62		7,72
Siwek	15,20	15,24	14,72		15,05	6,07	7,19	5,34		6,20	5,81	5,59	7,26		6,22
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}					0,86					0,92					1,30
NIR _{0,01} — LSD _{0,01}					1,22					1,31					1,85
Rok — year 2013															
5T8.33.011	17,91	20,52	18,74	22,06	19,81	6,02	4,83	5,63	4,95	5,36	8,86	8,49	8,61	6,22	8,05
Siwek	18,71	18,24	14,65	20,75	18,09	5,47	6,52	6,59	5,75	6,08	5,23	5,70	7,83	3,82	5,65
NIR _{0,01} — LSD _{0,01}					1,52					0,63					1,24
Średnie za 2 lata — 2 years average															
5T8.33	17,59	19,41	18,34	22,06	18,81	5,35	4,40	5,38	4,95	5,03	7,74	7,99	8,70	6,22	6,99
Siwek	16,95	16,74	14,69	20,75	16,79	5,77	6,85	5,97	5,75	6,13	5,52	5,65	7,55	3,82	5,93
Średnie za 2 lata w % wzorca — average in % of check															
5T8.33	103,7	115,9	124,9	106,3	112,0	92,7	64,3	90,2	86,1	82,1	140,3	141,6	115,2	162,8	117,9

Miejscowości — Locations: Kop — Kopaszewo, Pol — Polanowice, Rad — Radzików, Str — Strzelce

Zawartość tłuszczu wyniosła średnio 5,36% i była wysoce istotnie niższa, o prawie 1/5, niż u odmiany wzorcowej. Z kolei zawartość włókna (8,05%) była prawie o 1/5 wyższa (różnica istotna).

W tabeli 4 podano niektóre miary i bonitacje cech o znaczeniu agrotechnicznym.

Tabela 4

Niektóre cechy o znaczeniu agrotechnicznym rodu 5T8.33 w porównaniu z wzorcową odmianą Siwek z doświadczeń w latach 2012 i 2013

Some characters related to agronomic value of the strain 5T8.33 and cv. Siwek

Obiekt Object	Wczesność wiechowania (dni po 1.01) Ear emergence (days after 1.01)				Wysokość Plant height (cm)				Odporność na wyleganie Lodging resistance			Odporność na rdzę koronową Crown rust resistance				Odporność na mączniaka Mildew resistance
	Kop.	Pol.	Str.	$\bar{x}$	Kop	Rad	Str.	$\bar{x}$	Kop	Rad	$\bar{x}$	Kop	Pol.	Str.	$\bar{x}$	Pol
Rok — year 2012																
5T8.33.011	160,0	164,0	160,0	161,3	90	90		90	9	9	9	9,0	8,0	3,0	6,7	7,0
5T8.33.018	161,0	164,0	160,0	161,7	95	90		92,5	9	9	9	9,0	9,0	7,0	8,3	8,0
Siwek	159,0	163,0	159,0	160,3	100	90		95	8	8	8	6,0	9,0	2,0	5,7	9,0
rok — year 2013																
5T8.33.011	175,0	182,0	182,0	179,7	100			83	91,5	9	5	7	9,0		7,0	8,0
Siwek	172,0	171,0	175,0	172,7	100			64	82	9	4	6,5	7,0		5,0	6,0
Średnie za 2 lata — 2 years average																
5T8.33	165,3	170,0	167,3	167,6	95,0	90,0	83,0	91,3	9,0	7,7	8,3	9,0	8,5	5,7	7,7	7,5
Siwek	165,5	167,0	167,0	166,5	100	90,0	64,0	88,5	8,5	6,0	7,3	6,5	9,0	3,5	5,8	9,0
Średnie za 2 lata w % wzorca — average in % of standard																
5T8.33	99,9	101,8	100,2	100,6	95,0	100	130	103	106	128	115	139	94,4	162	131	83,3

Miejscowości — Locations: Kop — Kopaszewo, Pol — Polanowice, Rad — Radzików, Str — Strzelce

Tempo rozwoju rodu 5T8.33 było wolniejsze niż wzorca. Wielkość różnic zależała od sezonu wegetacyjnego. W roku 2012 ród ten wysuwał wiechy o dzień później, niż wzorzec, zaś w 2013 roku różnica ta wyniosła 7 dni.

Wysokość łanu wahała się, w zależności od środowiska, od 83 cm do 100 cm, średnio 91 cm, przewyższając odmianę wzorcową o ok. 3 cm.

Odporność na wyleganie była średnio o jeden stopień bonitacji wyższa niż u wzorca.

Ród 5T8.33 wykazał wyższą od wzorca odporność na rdzę koronową, ale nieco niższą odporność na mączniaka.



Siwek

5T8.33018

Rys 1. Porównanie ziarna wzorcowej odmiany Siwek i rodu 5T8.33 (ze zbioru w Radzikowie, 2013 r.)

Fig. 1. Comparison of grain between the standard cultivar Siwek and the strain 5T8.33 (harvested in Radzików, 2013)

DYSKUSJA

W opisywanych doświadczeniach ród 5T8.33 wykazał kompleksową poprawę kilku ważnych cech rolniczych i użytkowych. Największą pozytywną zmianą, zarówno w

stosunku do wzorcowej odmiany Siwek jak i innych opisywanych w literaturze owsów nagonasiennych, wydaje się blisko 40% przewaga masy 1000 nasion, dochodzącej do 35,1 g (w Radzikowie), bliskiej krańcom zakresu zmienności nagonasiennych form gatunku. Największe wartości tego wskaźnika, w zakresie 35,3–38,6 g podano dla trzech z 25 linii międzynarodowej szkółki owsa nagonasiennego wysiewanej w Strzelcach w latach 2000 i 2001 (Nita, 2003). Wartości MTZ w krajowych badaniach innych autorów były dużo niższe: u Tobiasz-Salach i in. (2007) mieściły się w zakresie 18,1–22,1 g dla 8 polskich rodów i odmian; nieco wyższy poziom 21,9–25,1 g stwierdziła Sykut-Domańska (2012) w grupie pięciu odmian i rodów; wartości MTZ w zakresie 21,4–29,7g stwierdzili Maciorowski i in. (2006) dla 40 rodów krótkosłomych, Dubis i Budzyński (25,3–31,0 g) u odmiany Akt. Poprawa tej cechy u rodu 5T8.33 ma stabilny charakter. Tylko w jednym roku i jednej miejscowości wartość tego wskaźnika spadła poniżej 30 g, Średnia wartość ze wszystkich środowisk, wynosząca 32,7 g, jest wyjątkowo wysoka wśród nagich form owsa.

Osiągnięcie wysokiego poziomu MTZ wraz z radykalnym zmniejszeniem frakcji drobnego ziarna eliminuje podstawowy dla owsa nagonasiennego problem strat przy zbiorze spowodowanych wywiewaniem lekkich nasion w strumieniu powietrza z kombajnu. Wysoka masa ziarniaka jest też ważnym czynnikiem odporności na suszę (Leischmann i Westoby, 1994), co zostało potwierdzone dla owsa nagiego (Mut i Akay, 2010). Większe ziarno kiełkuje szybciej i korzenie szybciej docierają do głębszych, zasobniejszych w wilgoć warstw gleby, co skutkuje później lepszym zagęszczeniem ładu i wyższym plonem.

Możliwe, że poprawa wielkości ziarna jest, przynajmniej częściowo, związana z udziałem dzikiego gatunku w pochodzeniu linii 5T8.33. Mimo, że *A. macrostachya* ma ziarno drobne (MTZ ok 11 g), to spokrewnione z badanym rodem oktoploidalne mieszańce z dołączonymi 14 chromosomami dzikiego gatunku wykazują znaczny efekt heterozji międzygenomowej dla tej cechy, osiągając w gęstym siewie u form oplewionych wartości MTZ ponad 60 g. Oznacza to, że po odliczeniu plewy, ciężar 1000 wyłuskanych ziaren wynosi ponad 45 g (Łapiński i in., 2012). Nie jest wiadomo, w jakim stopniu ten efekt *A. macrostachya* mógł być przeniesiony do heksaploidalnego gatunku *A. sativa*, jednak znaczne przesunięcie zakresu zmienności w prawo pozwala traktować tę możliwość jako wysoce prawdopodobną. Nie wyklucza to sumowania się z efektem nowej zmienności z ozimych zagranicznych form owsa o wysokiej masie ziarniaka. W naszych mieszańcach wewnątrzgatunkowych (bez *A. macrostachya*), traktowanych jako układ odniesienia z domieszką genów ozimych linii owsa, wskaźniki MTZ osiągały u form oplewionych wartości ponad 50 g, wykazując również znaczny potencjał tego źródła zmienności. Jednak wielkość i stabilność tych efektów nie była tak wysoka jak u nagonasiennego rodu 5T8.33, który okazał się wyjątkowy także pod innymi względami.

Kłopotliwym problemem w przetwórstwie owsa nagonasiennego jest zanieczyszczenie ziarnem oplewionym. Nie wyhodowano jeszcze odmiany nagonasiennej, która dawałaby plon bez domieszki ziarna z plewami. W tym kontekście cenną cechą rodu 5T8.33 jest kilkukrotny spadek udziału ziaren z łuską. Wada ta w znacznym stopniu zależy od środowiska i jej nasilenie jest, podobnie jak u wzorca w naszych badaniach, zazwyczaj

większe w warunkach sprzyjających wyższemu plonowaniu. Istotnym czynnikiem jest niska temperatura w okresie różnicowania się struktur kwiatu, która w niektórych odmianach doprowadzała nawet do 61,8% udziału ziarna oplewionego w plonie (Lawes i Boland, 1974). Marschall i in. (1992) przestrzegali przed podobnym skutkiem złego terminu zastosowania herbicydu. Problem wysokiej niestabilności tej cechy, podobnej rozmiarami do obserwowanej w naszych badaniach w odmianie Siwek, ujawnił się również w pracy Sykut-Domańskiej (2012) dla odmiany Akt (zakres 2–24% ziaren z łuską). Stabilność niskiego poziomu zanieczyszczeń łuską u rodu 5T8.33 okazała się o wiele lepsza niż w odmianie wzorcowej. O braku negatywnej korelacji z plonem świadczą wyniki z Kopaszewa z 2012 r., gdzie było zaledwie 1% ziaren z łuską przy plonowaniu powyżej poziomu wzorca, który miał w tych samych warunkach 11% ziarna oplewionego. W Strzelcach, gdzie warunki najbardziej sprzyjały pełnej wymłacalności owsa nagiego, możliwe było nawet osiągnięcie 100% ziarna nieoplewionego w roku 2012. Jednak w najbardziej prowokacyjnych warunkach, jakie wystąpiły w Kopaszewie w 2013 r., udział tych zanieczyszczeń był na wciąż wysokim poziomie 14%. Odmiana Siwek w tych samych warunkach, przy niewiele wyższym poziomie plonowania, miała 38% ziaren z plewami.

Ród 5T8.33 nie ustępował odmianie wzorcowej także pod względem objętościowego ciężaru ziarna (gęstości usypowej). Różnica średnich dla różnych środowisk była wprawdzie niewielka, jednak wyniki 68–70 kg/hl osiągnięte w Kopaszewie w 2012 r. ukazują większy potencjał tej cechy, nieosiągnięty przez odmianę wzorcową. W badaniach innych autorów owies nagi osiągał jeszcze wyższe wartości ciężaru objętościowego, dochodzące do 74,3 kg/hl, przewyższające o ok. 30% wartości typowe dla owsa oplewionego (Sykut-Domańska, 2012). Korzyści z tej cechy nie ograniczają się do efektywności transportu i składowania ziarna. W badaniach Zielińskiego i in. (2014) wysoka masa hektolitra była pozytywnie związana z odpornością owsa nagiego na uszkodzenia mechaniczne.

Wysoki, stabilny i mało zależny od negatywnej korelacji z plonem okazał się poziom zawartości białka w ziarnie sublinii 5T8.33011. W siostrzanej sublinii 5T8.33018 średnia zawartość białka była w wysoce istotnym stopniu niższa, lecz mimo to wysoka w porównaniu ze wzorcem. Przewaga rodu 5T8.33 nad wzorcem została utrzymana nawet na stanowisku, gdzie plon był wyższy od wzorca. Jeśli brać pod uwagę tylko bogatszą w białko sublinię 5T8.33011, to jej średnia przewaga 2,8 punktu procentowego nad wzorcem oznacza, przy plonie ok. 25 dt/ha, o ok. 70 kg/ha więcej białka owsianego o wysokich parametrach jakościowych.

Obniżona w porównaniu ze wzorcem zawartość tłuszczu i zwiększona zawartość włókna pokarmowego, wraz z podwyższoną zawartością białka, pozwala zakwalifikować 5T8.33 jako ród o zwiększonej przydatności do przetwórstwa i produkcji żywności funkcjonalnej. Wysoka zawartość białka powinna znacząco wpływać także na wartość paszową ziarna.

Badany ród wykazał zadawalający poziom cech agrotechnicznych. Ważnymi zaletami są odporności na wyleganie i rdzę koronową. Najpoważniejszą wadą rodu 5T8.33 jest opóźnienie rozwoju roślin. Ma to związek z pochodzeniem od ozimych form owsa, zarówno uprawnego jak i dzikiego; *A. macrostachya* jest zimotrwałym gatunkiem

wieloletnim. Linie spokrewnione z badanym rodem, hodowane oddzielnie jako formy ozime, kwitną i dojrzewają o tydzień lub dwa wcześniej od jarych, jeśli zostaną wysiane jesienią (i jeśli przetrwają zimę).

Tabela 5

Współczynniki korelacji Pearsona dla plonu i jego cech jakościowych. W prawej górnej części tabeli podano wartości dla odmiany Siwek a w dolnej lewej części — dla sublinii 5T8.33011. Wyliczone dla siedmiu środowisk (z dwóch lat i czterech miejscowości)

Pearson's correlation coefficients for yield and its quality parameters. The values for the Siwek cultivar are in the upper-right part of the table, those for the 5T8.33011 strain are in the lower-left part.

Calculated for seven environments in two years and four locations

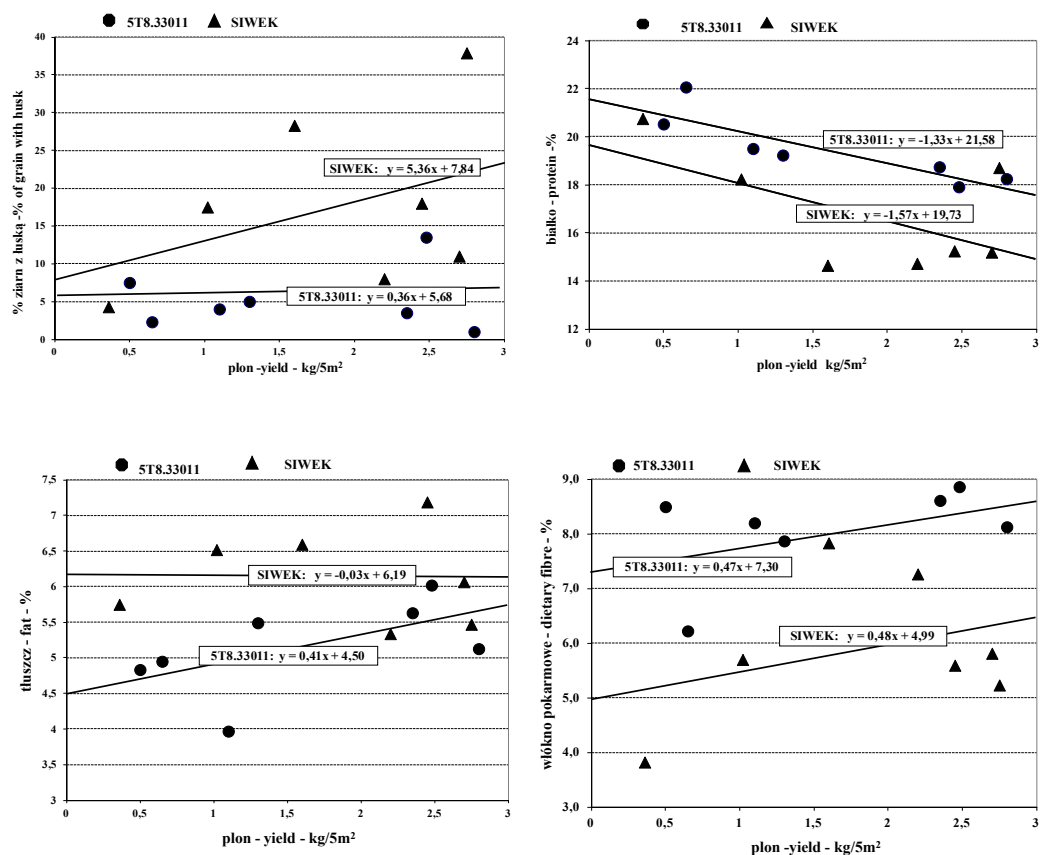
	Plon Yield	Ciężar objętościowy Test weight	MTZ TKW	Udział ziaren z łuską Percentage of husked grains	Białko Protein	Tłuszcz Fat	Włókno Fibre
Plon Yield	1	-0,118	-0,158	0,413	-0,592	-0,044	0,331
Ciężar objętościowy Test weight	0,069	1	0,546	-0,395	0,627	-0,234	-0,906
Masa tysiąca ziaren Thousand kernels mass	0,200	0,490	1	0,106	0,784	-0,495	-0,643
Udział ziaren z łuską Percentage of husked grains	0,080	-0,154	-0,018	1	-0,041	0,105	0,236
Zawartość białka Protein	-0,865	-0,138	-0,547	-0,324	1	-0,318	-0,839
Zawartość tłuszczu Fat	0,572	-0,418	-0,180	0,464	-0,465	1	0,122
Zawartość włókna Fibre	0,501	-0,085	0,387	0,532	-0,797	0,276	1

Korelacje istotne ($p = 0,05$) zaznaczono pogrubionym drukiem

The significant correlations (at $p = 0.05$) are marked bold

Dwie sublinie rodu 5T8.33 różniły się większością cech nieznacznie. Ze względu na zawartość składników odżywczo-dietetycznych 5T8.33011 jest cenniejsza, jednak 5T8.33018 wykazała nieco lepszą odporność na rdzę i mączniaka.

O skuteczności źródła zmienności w hodowli nieraz decyduje w mniejszym stopniu bezwzględna wartość cechy, niż dystans genetyczny wraz z odmiennością rozwojowo-metaboliczną, która często oznacza możliwość przełamania kłopotliwych korelacji z plonem lub innymi ważnymi cechami. Tabela 5 z współczynnikami korelacji i wykresy regresji cech skorelowanych z plonem na rysunkach 2 a–2d dokumentują przewagę rodu 5T8.33 nad odmianą wzorcową w łamaniu niekorzystnych korelacji. Brak korelacji plonu z udziałem ziaren oplewionych (rys. 2 a) oraz korelacja plonu z zawartością tłuszczu w ziarnie (rys. 2 c) pozytywnie wyróżniają mieszańca międzygatunkowego. W zakresie powiązań zawartości białka i włókna z plonem ród 5T8.33 również nie odbiegał na niekorzyść od odmiany Siwek (rys. 2 b, 2 d).



Rys 2. Regresje niektórych cech jakościowych ziarna względem wysokości plonu sublinii 5T8.33011 i wzorcowej odmiany Siwek; wyliczone dla siedmiu środowisk dla:

- udziału zanieczyszczeń ziarnem oplewionym
- zawartości białka w ziarnie
- zawartości tłuszczu w ziarnie
- zawartości włókna w ziarnie

Fig. 2. Regressions between some quality traits and yield for the naked oat strain 5T8.33011 and the standard cultivar Siwek; calculated from seven environments for:

- contamination with husked grain
- protein content in grain
- fat content in grain
- dietary fibre content in grain

PODSUMOWANIE

Biorąc pod uwagę kompleksowość i poziom poprawy cech jakościowych ziarna należy uznać ród 5T8.33 za cenne źródło zmienności dla hodowli owsa nagoziarnistego.

Wprowadzenie tej formy do krzyżowań powinno przyczynić się do rozwiązania podstawowych problemów ze zbyt drobnym ziarnem i z zanieczyszczeniem plonu nasionami oplewionymi; powinno też zwiększyć udział podstawowych składników odżywczo-pokarmowych w ziarnie. Przewaga nad innymi źródłami zmienności tych cech związana jest także z przełamaniem negatywnych korelacji z plonem. Ujawniony w Kopaszewie potencjał plonowania okazał się również wysoki, podobnie jak dla ciężaru objętościowego, jednak wyniki z innych miejscowości wykazały niską stabilność tych dwóch cech, co należałoby mieć na uwadze przy doborze komponentów do krzyżowań z tym rodem. Należałoby przy tym uwzględnić także jego słabszą odporność na mączniaka a także unikać krzyżowania z formami zbyt późnymi.

LITERATURA

- Bartnikowska E., Lange E., Rakowska M. 2000. Ziarno owsa-niedoceniane źródło składników odżywczych i biologicznie czynnych. Cz. I. Ogólna charakterystyka owsa. Białka, tłuszcze. Biul. IHAR 215: 209 — 222.
- Burrows V. D. 2011. Hullless oat Development, Applications and Opportunities. In: Oats Chemistry and Technology. F. H. Webster and P. J. Wood, Eds. 2nd edition: 31 — 50.
- Dubis B., Budzyński W. 2003. Reakcja owsa nagonasiennego i oplewionego na termin i gęstość siewu. Biul. IHAR 229: 139 — 146.
- Fabijańska M., Kosieradzka I., Bekta M. 2003. Owies nagi w żywieniu trzody chlewnej i drobiu. Cz. I. Owies nagi w żywieniu tuczników. Biul. IHAR 229: 317 — 328.
- Lawes D. A., Boland P. 1974. Effect of temperature on the expression of the naked grain character in oats. Euphytica 23: 101 — 104.
- Leishman M. R., Westoby M. 1994. The role of seed size in seedling establishment in dry soil conditions — experimental evidence from semi-arid species. J. Ecol. 82: 249 — 258.
- Maciejewska-Ryś w., Sokół J. 1999. Wartość pokarmowa ziarna owsa oplewionego (*Avena sativa* L.) i nagoziarnistego (*A. sativa* var. *nuda*). Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. 1 (18) Supl.: 273 — 277.
- Łapiński B., Kała M., Nakielna Z., Jellen E., Livingston D.P. 2012. The perennial wild species *Avena macrostachya* as a genetic source for improvement of winter hardiness in winter oat for cultivation in Poland. In: Biotechnology and Plant Breeding — Perspectives. Eds. R. K. Behl and E. Arseniuk, Agrobios (International) Publishers, Jodhpur, India: 51 — 62.
- Maciorowski R., Nita Z., Werwińska K., Stankowski S. 2006. Plonowanie nowych krótkosłomych form owsa nagoziarnistego. Biul. IHAR 239: 123 — 135.
- Marschall H. G., McDaniel M. E., Creggar L. M. 1992. Cultural practices for oat: Weed and pest control. In: Oat Science and Technology. H. G. Marschall and M. E. Sorrels, Eds. Agron. Monogr. 33. American Society of Agronomy, Madison, WI.: 209 — 210.
- Mut Z., Akay H. 2010. Effect of seed size and drought stress on germination and seedling growth of naked oat (*Avena sativa* L.). Bulgarian J. Agric. Sci. 16 (4): 459 — 467.
- Nita Z. T. 2003. Współczesne osiągnięcia i perspektywy hodowli owsa w Polsce. Biul. IHAR 229: 13 — 20.
- Pisulewska E., Kołodziejczyk M., Witkiewicz R. 1997. Porównanie składu chemicznego ziarna owsa oplewionego i nagoziarnistego uprawianych w różnych warunkach siedliska. Acta Agr. Silv., Ser. Agr. 35: 99 — 106.
- Sykut-Domańska E. 2012. Charakterystyka wybranych cech fizycznych ziarna owsa nagiego i zwyczajnego (*Avena sativa* L.). Acta Agrophysica 19 (4): 845 — 856.
- Tobiasz-Salach R., Bobrecka-Jamro D., Szpunar-Krok E., Buczek J. 2007. Ocena wartości gospodarczej odmian owsa nagoziarnistego uprawianych w rejonie Podkarpacia. Biul. IHAR 244: 183 — 189.
- Zieliński A., Ptak A., Wójtowicz T., Moś M. 2014. Susceptibility of naked oat cultivar seeds to mechanical damage. Cent. Eur. J. Biol. 9 (3): 331 — 340.

ELŻBIETA CZEMBOR
MAGDALENA MATUSIAK
PIOTR OCHODZKI

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Radzików

Odporność mieszańców kukurydzy na fuzariozę kolb powodowaną przez *Fusarium graminearum* i *F. verticillioides* w Polsce w latach 2008–2009*

Resistance of maize hybrids to ear rot caused by *Fusarium graminearum* and *F. verticillioides* in Poland in years 2008–2009

Fuzarioza kolb kukurydzy powodowana przez grzyby z rodzaju *Fusarium* spp. należy do groźnych chorób tej rośliny. W ostatnich latach, obserwowane jest nasilenie tej choroby również na plantacjach w Polsce. Hodowla odpornościowa opierająca się na nowych źródłach odporności jest jedyną i najbardziej ekologiczną metodą umożliwiającą ograniczenie rozprzestrzeniania się tej choroby. Dlatego w latach 2008–2009 prowadzono ocenę stopnia odporności zróżnicowanych fenologicznie i morfologicznie mieszańców kukurydzy na fuzariozę kolb na podstawie oceny objawów fenotypowych choroby przy infekcji naturalnej w trzech lokalizacjach: Radzików, Smolice i Kobierzyce, po zakażeniach zawiesiną zarodników *F. graminearum* i *F. verticillioides* w Radzikowie oraz na podstawie zdolności do akumulacji DON i fumonizyn. Dodatkowo oceniono stopień odporności badanych mieszańców na zgorzel podstawy łodygi przy infekcji naturalnej. Przy infekcji naturalnej, w Radzikowie i Smolicach, zróżnicowanie dla stopnia odporności na fuzariozę kolb oraz zawartości toksyn w próbkach ziarna było niewielkie, natomiast w Kobierzycach porażenie roślin było silniejsze. Zakażenia sztuczne umożliwiły zróżnicowanie materiału roślinnego pod względem stopnia odporności na fuzariozę kolb. Zarówno w 2008, jak i w 2009 roku dodatnie współzależności pomiędzy ocenami odporności na fuzariozę kolb a zawartością DON i fumonizyn w badanych próbkach ziarna były statystycznie istotne. Współzależności pomiędzy ocenami stopnia odporności na fuzariozę kolb i zawartością toksyn w próbkach ziarna a stopniem odporności na zgorzel podstawy łodygi były ujemne. Wyniki ocen uzyskane po zakażeniu sztucznym ziarniaków poprzez ich mechaniczne uszkodzenie bardziej korespondowały do wyników uzyskanych przy infekcji naturalnej niż wyniki ocen uzyskane po zakażeniu sztucznym poprzez iniekcję zarodników grzybów do kanału kolby wzdłuż słupków.

* Wyniki badań uzyskane w ramach zadania 6.6 Programu Wieloletniego IHAR-PIB „Ulepszanie Roślin dla Zrównoważonych AgroEkoSystemów, Wysokiej Jakości Żywności i Produkcji Roślinnej na Cele Nieżywnościowe” finansowanego przez MRiRW

Słowa kluczowe: fuzarioza kolb, *Fusarium graminearum*, *Fusarium verticillioides*, kukurydza, zgorzel podstawy łodygi

Red and pink ear rot diseases are the most economically significant diseases of maize. Infection by *Fusarium* spp. results not only in yield reduction but also in contamination with mycotoxins. Breeding for resistance is the best method to control this disease. Therefore, in the years 2008–2009 ear rot resistance of maize hybrids was evaluated based on the phenotypic symptoms under natural infection in three locations: Radzików, Smolice and Kobierzyce and after inoculation with *F. graminearum* and *F. verticillioides* in Radzików and based on the ability to DON and fumonisins accumulation. Under natural infection, in Radzików and Smolice, the levels of the disease and toxins contents were low. In Kobierzyce the level of the disease was higher. After inoculation, the differences between hybrids in ear rot resistance were significant. In 2008 and 2009 correlation between ear rot symptoms and toxins content was positive and significant. Correlations between ear rot resistance and stalk rot resistance were negative. In comparison to the results obtained after silk channel inoculation, results obtained after kernel inoculation more significantly correlated to the results obtained under natural infection.

Key words: ear rot, *Fusarium graminearum*, *Fusarium verticillioides*, maize, stalk rot

WSTĘP

Kukurydza jest trzecią rośliną uprawną, po pszenicy i ryżu, natomiast pod względem wysokości plonów zajmuje pierwsze miejsce na świecie. Jej udział w światowej powierzchni uprawy zbóż wynosi ponad 20%, a pod względem produkcji około 30%. Kukurydza charakteryzuje się wysokimi plonami ziarna powyżej 10 t/ha i około 20 t/ha suchej masy w uprawie na kiszonkę. Jak podaje GUS, w Polsce w 2012 roku, powierzchnia uprawy tej rośliny przekroczyła 1 mln ha. Ogólna powierzchnia uprawy z przeznaczeniem na ziarno wzrosła o 63,1% w stosunku do 2011 roku osiągając 543,8 tys. ha. Natomiast powierzchnia uprawy kukurydzy z przeznaczeniem na zielonkę osiągnęła 507,6 tys. ha. Tak duży wzrost był spowodowany koniecznością przesiewania ozimin, które uległy zniszczeniu z powodu niekorzystnego przebiegu warunków pogodowych. Według danych GUS, plony ziarna wynosiły średnio 73,5 dt/ha, i były wyższe o 1,7 dt/ha w stosunku do roku poprzedniego.

Jednak w ostatnich latach jednym z podstawowych czynników decydujących o wartości gospodarczej kukurydzy, obok wysokości plonu ziarna, jest jego jakość. Na te składowe plonu bardzo duży wpływ ma fuzarioza kolb. Choroba ta powodowana jest przez grzyby z rodzaju *Fusarium* spp., których metabolity wtórne są szkodliwe dla ludzi i zwierząt (Harrison i in., 1990; Pestka i Bondy, 1994; Logrieco i in., 2002; CAST 2003; Munkvold, 2003; Voss i in., 2006). Najczęściej sprawcą fuzariozy kolb jest *F. graminearum* (produkujące deoksyniwalenol — DON i zearalenon — ZEA) oraz *F. verticillioides* (produkujące fumonizyny — FBs). Deoksyniwalenol powoduje utratę łaknienia, biegunki, owrzodzenia jamy ustnej lub zmiany martwicze skóry (Canady, 2001), zearalenon — zaburzenia płodności, zaburzenia hormonalne oraz ma ujemny wpływ na wzrost i rozwój gruczołu mlekowego (Szuets i in., 1997) a fumonizyny powodują obrzęki płuc trzody chlewnej, nowotwory wątroby, uszkodzenia mózgu koni a nawet bezwład ruchowy (Rheeder i in., 1992; Bhat i in., 1997; Bolger i in., 2001). Na południu Europy głównym sprawcą fuzariozy kolb jest *F. verticillioides* i *F. proliferatum*, natomiast na północy Europy *F. graminearum*. W Polsce, podobnie jak i na Węgrzech, w latach z małą ilości

opadów gatunki powodujące fuzariozę kolb są takie jak na południu Europy a w latach mokrych takie jak na północy (Mesterhazy i in., 2012; Czembor i in., 2011; Czembor i Matusiak, 2013). Dla przykładu, Czembor i in. (2011) stwierdzili, że w latach 2002–2004 grzybem występującym z najwyższą częstotliwością był *F. graminearum*. Wysokie temperatury w latach 2005 i 2006 spowodowały, że w populacji zaczęły dominować grzyby z sekcji *Lisolea* — *F. verticillioides* i *F. proliferatum*. Natomiast w próbkach ziarna pobranych w latach 2009–2011 powtórnie głównym sprawcą fuzariozy kolb był *F. graminearum*. Stwierdzono zróżnicowanie w patogeniczności pomiędzy gatunkami i agresywności pomiędzy izolatami w obrębie określonego gatunku. Izolaty *F. graminearum* są znacznie bardziej agresywne niż *F. verticillioides* (i inne należące do sekcji *Lisolea*). Wprawdzie wykazano, że *F. graminearum* posiada różne geny w pewnym stopniu świadczące o ich agresywności/patogeniczności, jednak nie są one w sposób jasny opisane i nie mogą być brane pod uwagę w programach hodowlanych (Dufresne i in., 2008). Charakterystyka izolatów prowadzona jest zazwyczaj na podstawie oceny fenotypowej stopnia porażenia wybranych genotypów o zróżnicowanym stopniu odporności, oraz na podstawie zdolności tych izolatów do produkcji toksyn. Duże zróżnicowanie w kolekcji izolatów *F. graminearum* wyosobnionych na przestrzeni kilku lat z pszenicy dla ich agresywności i produkcji DON opisali Mesterhazy (2002) oraz Mesterhazy i in. (1999). Dodatkowo Mesterhazy i in. (1999) stwierdzili, że produkcja DON przez izolaty *F. graminearum* wyosobnione z pszenicy może być wskaźnikiem ich patogeniczności. Garcia i in. (2009) stwierdzili, że zawartość toksyn w ziarnie zależy właśnie od izolatów grzyba jakie go zasiedlają a nie od warunków atmosferycznych. Jednak badania prowadzone dla izolatów *F. graminearum* wyosobnionych z ziaren kukurydzy, wykazały brak współzależności pomiędzy ich agresywnością a produkcją toksyn (Harris i in., 2005). Dodatkowo, Marin i in. (2008) wykazali różnice pomiędzy izolatami dla ich tempa wzrostu i produkcji toksyn nawet na różnych pożywkach sztucznych, co potwierdzono również w badaniach własnych (Czembor i in., 2011). Hodowla i wykorzystanie w uprawie odmian odpornych są powszechnie uznane za najbardziej opłacalną i przyjazną środowisku metodę ochrony roślin. Zagadnienia te są szeroko opisane w pracach takich jak: Presello i in., 2005, 2010, 2011a, Czembor i in., 2011a, 2011b, 2013, Zijlstra i in., 2011; Vasileiadis i in., 2011. W przypadku kukurydzy i fuzariozy kolb jest to obecnie jedyna możliwa metoda. Stosowanie fungicydów jest trudne i mało efektywne, ponieważ trudno jest ocenić nasilenie choroby a jej rozwój może być zbyt szybki aby fungicyd okazał się skuteczny. Ważną rolę pełni również ograniczenie występowania owadów i szkodników, które w trakcie żerowania uszkadzają kolby kukurydzy, wpływając w ten sposób na szybki rozwój choroby (Munkvold, 2003 a, 2003 b). Interakcja pomiędzy grzybami z rodzaju *Fusarium* spp. a kukurydzą jest bardzo specyficzna. Nie jest to klasyczny układ, w którym nasilenie choroby jest efektem końcowym interakcji pomiędzy gospodarzem, patogenem i środowiskiem. Układ ten należy uzupełnić o wpływ środowiska i samych grzybów z rodzaju *Fusarium* spp. na ilość i rodzaj produkowanych toksyn. Dlatego celem prowadzonych prac była ocena stopnia odporności zróżnicowanych fenologicznie i morfologicznie mieszańców kukurydzy na fuzariozę kolb na podstawie oceny objawów fenotypowych choroby przy infekcji naturalnej oraz po inokulacji *F. graminearum* i *F.*

verticillioides oraz zdolności do akumulacji toksyn. Celem dodatkowym była ocena stopnia odporności badanych mieszańców na zgorzel podstawy łodygi przy infekcji naturalnej oraz określenie współzależności pomiędzy badanymi cechami.

MATERIAŁY I METODY

Doświadczenia prowadzono na polach doświadczalnych Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie oraz na polach doświadczalnych Hodowli Roślin Smolice Sp. z o.o. w Smolicach oraz na polach doświadczalnych Małopolskiej Hodowli Roślin Sp. z o.o. w Kobierzycach w latach 2008–2009. Odporność badanych mieszańców kukurydzy na fuzariozę kolb oceniano przy infekcji naturalnej oraz po zakażeniu sztucznym kolb grzybami *Fusarium graminearum* i *F. verticillioides*. Odporność na zgorzel podstawy łodygi oceniano przy infekcji naturalnej. Nasiona wysiewano w siewie rzędowym, średnio 20 roślin w rzędzie, w terminie do 20 kwietnia w Smolicach i Kobierzycach oraz w terminie do 1 maja w Radzikowie. Rozstawa pomiędzy roślinami w rzędzie wynosiła średnio 20 cm, a pomiędzy rzędami 75 cm; stosowane nawożenie to: 200 kg/ha N, 80 kg/ha P₂O₅, 120 kg/ha K₂O.

Materiał roślinny

W 2008 roku do badań wytypowano zestaw 14 mieszańców kukurydzy, natomiast w 2009 roku 17 mieszańców. Materiał badawczy wytypowano na podstawie zróżnicowanej podatności na grzyby z rodzaju *Fusarium* spp. w warunkach polowych, z uwzględnieniem wczesności i różnic fenotypowych w budowie ziarniaka (dent i flint) (tab. 1).

Tabela 1

Lista mieszańców scharakteryzowanych dla stopnia odporności na fuzariozę oraz na zgorzel podstawy łodygi w latach 2008–2009

The list of hybrids investigated in the years 2008 and 2009

Forma — Form	Rok — year 2008	Rok — year 2009
Dent/semident	Kosmo, KB 1902, KB 1903, KB 2704, Opoka, Tur, Ronaldino, Smok	Blask, Bosman, Wiarus, Glejt, Opoka, PR 39R86, Kosmo, KB 1902, KB 1903, KB 1904
Flint/semiflint	Gavot, Laurelis, PR 39R86, PR 39H32, PR 39G12, Kozak	Kozak, Reduta, NK Ravello, Amadeo, Es Paroli, Ronaldino, Subito

Patogen

W badaniach wykorzystano izolaty *F. graminearum* i *F. verticillioides* należące do kolekcji Pracowni Traw Pastewnych i Roślin Motylkowatych, IHAR — PIB w Radzikowie. Izolaty tworzące kolekcję zostały wyosobnione z próbek ziarna, które pobrano w roku 2007. Odkążone powierzchniowo ziarniaki wykładano na pożywkę PDA. Szalki inkubowano w ciemności, a następnie pod światłem UV w celu stymulacji zarodnikowania. Kultury o charakterystycznej dla *Fusarium* spp. barwie i kształcie zarodników izolowano na szalkach z pożywką PDA i SNA, tak aby dokonać identyfikacji metodą mikroskopową. Następnie przygotowano kultury jednozarodnikowe na wodnym agarze (18g / l wody). Jednozarodnikowe kultury odczepiano na SNA, przez 4–7 dni

inkubowano w warunkach kontrolowanych (w temp. 22°C i zmiennym fotoperiodzie (12 h UV / 12 h ciemność), a następnie do szafy chłodniczej (4°C).

Do przygotowania inokulum wykorzystano 4 izolaty *F. graminearum* i 4 izolaty *F. verticillioides* najbardziej obficie zarodnikujące na pożywce PDA w warunkach laboratoryjnych. Izolaty, po odszczepieniu na szalki z pożywką PDA inkubowano jak poprzednio przez okres 3–4 tygodni. Następnie grzybnie zmywano i rozcieńczano płynną pożywką SNA (3 g agaru / l wody), kontrolując ilość zarodników w powstałym roztworze. Inokulację wykonano stosując inokulum *F. graminearum* lub *F. verticillioides* o stężeniu 5×10^5 zarodników / ml.

Test odpornościowy i ocena fenotypowa stopnia odporności na fuzariozę kolb

W roku 2008 stopień odporności badanych mieszańców oceniano przy infekcji naturalnej w 3 lokalizacjach (Radzików, Smolice i Kobierzyce) oraz po zakażeniu sztucznym mieszaniną zarodników *F. graminearum* i *F. verticillioides* po mechanicznym uszkodzeniu ziarniaków w jednej lokalizacji (Radzików). Kolby nakłuwano bolcem zanurzonym w zawiesinie zarodników 8–9 dni od daty kwitnienia kwiatostanów żeńskich, różnicując wielkość bolca w zależności od wielkości kolby.

W 2009 materiał zróżnicowano przy infekcji naturalnej podobnie jak w roku poprzednim w trzech lokalizacjach (Radzików, Smolice i Kobierzyce) oraz po zakażeniu sztucznym bolcem zanurzonym w zawiesinie zarodników *F. graminearum* i *F. verticillioides* oraz za pomocą strzykawki poprzez iniekcję zawiesiny zarodników do kanału kolby wzdłuż słupków. Iniekcję zarodników za pomocą strzykawki prowadzono 4–5 dni od daty kwitnienia.

W 2008 roku w obrębie każdego mieszańca oceniono stopień porażenia 120 roślin, w tym: 30 roślin rosnących przy infekcji naturalnej w Radzikowie, Smolicach i Kobierzycach oraz 30 roślin po inokulacji w Radzikowie.

W 2009 roku oceniono stopień porażenia 112 roślin w ramach każdego mieszańca. Przy infekcji naturalnej w Radzikowie, Smolicach i Kobierzycach ocenie poddano po 28 roślin oraz po 28 roślin inokulowanych grzybami z rodzaju *Fusarium* spp. w Radzikowie.

Ocenę fenotypową stopnia odporności prowadzono w fazie dojrzałości pełnej wykorzystując skalę 1–7 opartą o procent ziarniaków z objawami porażenia: 1 = brak objawów; 2 = 1–3%, 3 = 4–10%; 4 = 11–25%; 5 = 26–50%; 6 = 51–75% i 7 = 76–100% (Reid i in., 1996). Następnie kolby zbierano ręcznie i młócono przygotowując próbki ziarna do prowadzenia analiz chemicznych zawartości toksyn fuzaryjnych.

Test odpornościowy i ocena fenotypowa stopnia odporności na zgorzel podstawy łodygi

Stopień odporności badanych mieszańców na zgorzel podstawy łodygi prowadzono przy infekcji naturalnej. Doświadczenia prowadzone były na polach doświadczalnych, gdzie kukurydza uprawiana była przez wiele lat w monokulturze dlatego nasilenie choroby było wystarczająco duże aby zróżnicować materiał. Łodygi były krojone na wysokości 3 węzła. Używano skali 1–9 (1 — brak objawów choroby, 3 — zmiany chorobowe na pierwszym lub drugim węźle, 5 — zmiany chorobowe na pierwszym lub drugim węźle oraz pierwsze objawy rozkładu tkanek dwóch dolnych międzywęźli, 7 — silny rozkład trzech międzywęźli, ale widoczna tkanka rdzenia, 9 — całkowity rozkład tkanek).

Test odpornościowy i ocena fenotypowa stopnia odporności na zgorzel podstawy łodygi prowadzona była równolegle z oceną stopnia porażenia kolb przy infekcji naturalnej i po inokulacji. W 2008 roku w obrębie każdego mieszańca oceniono stopień porażenia 120 roślin a w 2009 roku 140 roślin.

Oznaczanie zawartości mikotoksyn

W roku 2008 wykonano oznaczenia zawartości mikotoksyn fuzaryjnych: deoksyniwalenolu — DON i sumy fumonizyn B₁ i B₂ — FBs w próbkach ziarna metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC) a w roku 2009 zawartości DON i sumy fumonizyn (FBs) metodą testu immunoenzymatycznego (ELISA). Do wszystkich analiz użyto reprezentatywnych próbek ziarna zmielonych na młynku laboratoryjnym. Analizy wykonywano w dwóch powtórzeniach.

Test ELISA

Do analiz użyto testów ELISA produkcji Romelabs, USA. DON ekstrahowano za pomocą wody, a fumonizyny wodnym roztworem metanolu (MeOH:H₂O 70:30 v:v). Do 5 g próbki dodano 25 ml odpowiedniego rozpuszczalnika i wytrząsano 30 min. Po zakończeniu wytrząsania ekstrakt odwirowano (3000 rpm, 3 min.), i rozcieńczono wodą dejonizowaną odpowiednio 1:4 (DON) lub 1:20 (v:v) (FBs). 100 µl rozcieńczonego ekstraktu mieszało z 200 µl koniugatu, a następnie 100 µl mieszaniny przeniesiono do dołka testowego pokrytego przeciwciałami. Po 15 minutach inkubacji dołki przemyto 5-krotnie odpowiednio roztworem buforowym (DON) lub wodą dejonizowaną (FUM) i osuszono. Dołki napełniono 100 µl substratu, inkubowano 5 min., a następnie reakcję zatrzymano dodając 100 µl roztworu hamującego (stop solution). Wyniki analiz odczytywano przy długości fali 450 nm., z filtrem 630 nm. za pomocą czytnika Stat Fax 300+. Dla każdej serii odczytów sporządzano 4-punktową krzywą kalibracji na podstawie której odczytywano stężenie mikotoksyn w roztworze. Stopień odzysku określano stosując materiał referencyjny (Biopure, Romelabs, Tulln, Austria). Pomiaru ilościowego mikotoksyn dokonano w zakresie 250–5000 ppb. Dolna granica pomiaru ilościowego (LOQ) wynosiła 250 ppb, a limit detekcji (LOD) 200 ppb. W przypadku uzyskania wyników wyższych niż górna granica pomiaru ilościowego mikotoksyn ekstrakt rozcieńczano 5-krotnie wodą i ponownie analizowano.

Analiza chromatograficzna DON

Ekstrakcję DON przeprowadzono w próbkach o pojemności 50 ml, do których naważono 5 g zmielonego ziarna i dodano 20 ml roztworu acetonitryl : woda (84:16 v:v). Próbkę wytrząsano 30 min., pozostawiono na noc, i ponownie wytrząsano 30 min. Ekstrakt odwirowano (3000 rpm, 3 min.) i 6 ml przesącza naniesiono na kolumnkę SPE Multisep 227 Trich+ (Romerlabs). 4 ml oczyszczonego ekstraktu przeniesiono do szklanej fiołki i odparowano do sucha w bloku grzejnym w strumieniu azotu. Osad rozpuszczono w 0,5 ml fazy ruchomej (8% acetonitryl w wodzie), wymieszano i oczyszczono na filtrze 0,45 µm.

Analizę chromatograficzną przeprowadzono za pomocą chromatografu HP 1050, wyposażonego w detektor UV-VIS. Związki rozdzielano na kolumnie fazy odwróconej RP C18 Lichrospher 100, 250×4,6 mm, o wielkości ziarna 5 µm. Fazę ruchomą stanowił 8% wodny roztwór acetonitrylu, podawany z prędkością 0,9 ml·min⁻¹. Identyfikacji DON dokonano przy długości fali λ = 236 nm na podstawie czasu retencji, a analizy ilościowej

metodą wzorca zewnętrznego, na podstawie krzywej kalibracji substancji wzorcowej. Wyniki końcowe analizy uwzględniały korektę stopnia odzysku (82%), określonego za pomocą analizy próbki referencyjnej DON w kukurydzy (BRM, Biopure).

Limit detekcji DON wynosił 30 ppb.

Analiza chromatograficzna fumonizyn (FBs) (AOAC, 2000)

Do 5 g zmielonego ziarna dodano 25 ml wodnego roztworu metanolu (MeOH:H₂O 75:25 v:v) i wytrząsano w czasie 60 min. Po odwirowaniu i doprowadzeniu roztworu do pH = 6,0 ekstrakt oczyszczono na kolumnkach jonowymiennych SAX, odparowano do sucha. Fumonizyny upochodniono za pomocą OPA (Shephard, 1998) i rozdzielano chromatograficznie na kolumnie fazy odwróconej C18, 150×4,6 mm, wielkość ziarna 5 µm. Anality wymywano izokratycznie roztworem metanol: 0,1 M bufor fosforanowy pH 3,35 (77:23 v:v) z prędkością 1 ml·min⁻¹. Detekcję prowadzono za pomocą detektora fluorescencyjnego stosując długość fali wzbudzania $\lambda = 335$ nm i emisji $\lambda = 440$ nm. Wyniki końcowe analizy uwzględniały korektę stopnia odzysku (FB₁ — 85%, FB₂ — 83%), określonego za pomocą analizy próbki referencyjnej fumonizyn w kukurydzy (BRM, Biopure). Limit detekcji każdej z toksyn wynosił 50 ppb. Wyniki końcowe podano jako sumę FB₁ i FB₂. Średnio zawartość FB₁ stanowiła 85–80% FBs.

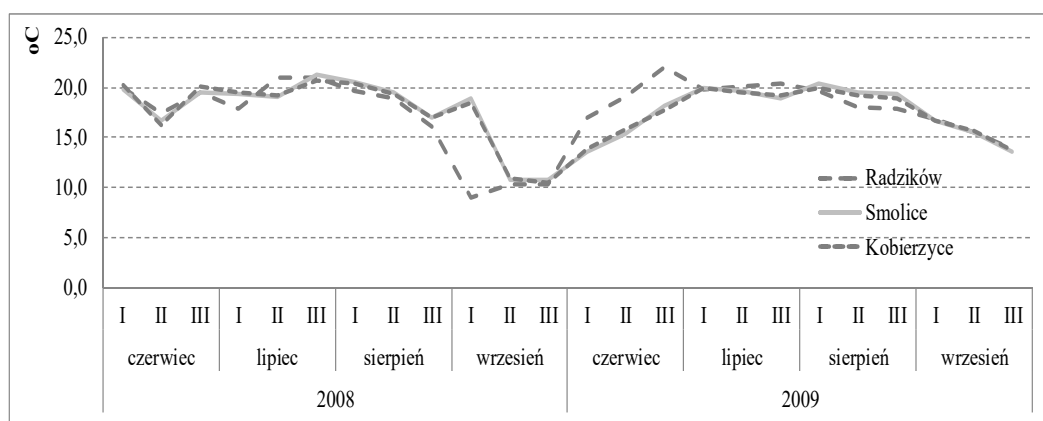
Analizy statystyczne

Doświadczenia zakładano w układzie losowanych bloków. Do oceny istotności różnic dla ocen stopnia odporności na fuzariozę kolb i zgorzel podstawy łodygi oraz zawartości toksyn w próbkach ziarna pobranych z mieszańców rosnących przy infekcji naturalnej oraz po zakażeniu sztucznym. Po odrzuceniu hipotezy, o braku różnic pomiędzy obiektami, dokonano szczegółowego porównania obiektów pod względem odporności na fuzariozę kolb, zgorzel podstawy łodygi oraz zawartości toksyn w próbkach ziarna przy użyciu testu Fishera najmniejszej istotnej różnicy. Wielocechową charakterystykę badanych obiektów wykonano z wykorzystaniem analizy czynnikowej metodą składowych głównych (PCA) oraz analizy skupień. Analizy danych przeprowadzono za pomocą programu InfoStat 1.1.

Warunki meteorologiczne

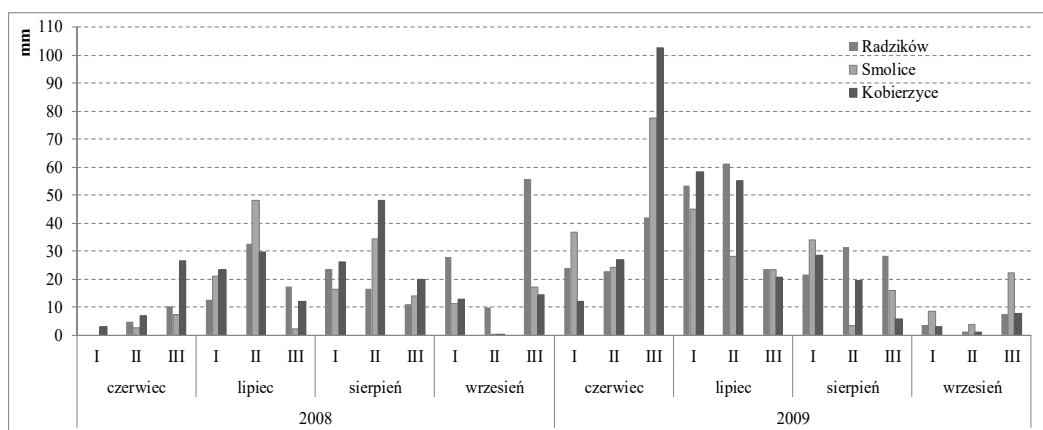
W opracowaniu wykorzystano pomiary temperatury powietrza na wysokości 2 m nad gruntem oraz pomiary opadów, które wykonano w latach 2008–2009 w Stacji Meteorologicznej w Radzikowie, Smolicach i Kobierzycach. Opracowano je jako średnie dekadowe wartości temperatur powietrza oraz dekadowe sumy opadów i przedstawiono w formie wykresów (rys. 1 i 2).

Na przestrzeni lat największe różnice dekadowe dla średnich temperatur powietrza wystąpiły w czerwcu. W 2008 roku wahały się one od 16°C do 20°C a w 2009 roku w pierwszej dekadzie czerwca wynosiła 10°C. Od pierwszej dekady lipca do trzeciej dekady sierpnia średnie temperatury powietrza były zbliżone zarówno pomiędzy lokalizacjami jak i na przestrzeni lat i wynosiły ok. 20°C. We wrześniu 2008 roku temperatury w Radzikowie były niższe niż w Smolicach i Kobierzycach, natomiast w 2009 roku różnice pomiędzy lokalizacjami były niewielkie.



Rys. 1. Średnie dekadowe temperatury powietrza w Radzikowie, Smolicach i Kobierzycach w latach 2008–2009

Fig.1. Mean decade temperatures in Radzików, Smolice and Kobierzycach in the years 2008 and 2009



Rys. 2. Dekadowe sumy opadów w Radzikowie, Smolicach i Kobierzycach w latach 2008-2009

Fif. 2. Decade total precipitation in Radzików, Smolice and Kobierzycach in the years 2008 and 2009

Różnice pomiędzy latami w ilości opadów były bardzo duże szczególnie w trzeciej dekadzie czerwca oraz w pierwszej, drugiej i trzeciej dekadzie lipca. Czerwiec 2008 roku był bardzo suchy. W 2009 roku w dwóch pierwszych dekadach czerwca suma opadów wahała się w zakresie 10–35 mm a w trzeciej dekadzie w zakresie 40–100 mm. Również w dwóch pierwszych dekadach lipca 2009 roku opady były intensywne. Wrzesień w obu latach był suchy, poza Radzikowem w 2008 roku, gdy suma opadów w trzeciej dekadzie przekroczyła 50 mm.

WYNIKI

Przy infekcji naturalnej zróżnicowanie dla stopnia odporności na fuzariozę kolb oraz zawartości toksyn w próbkach ziarna było niewielkie i statystycznie nieistotne. Nasilenie choroby po zakażeniach sztucznych było wystarczająco silne aby stwierdzić istotne różnice pomiędzy badanymi obiektami (tab. 2, 3, 4, 5).

Tabela 2

Stopień odporności mieszańców kukurydzy na fuzariozę kolb i zgorzel podstawy łodygi przy infekcji naturalnej w Kobierzycach, Smolicach i Radzikowie oraz poziom skażenia próbek ziarna deoksyniwalenolem i fumonizynami w 2008 roku
The levels of maize hybrids resistance to ear rot and stalk rot under natural infection in the Kobierzyce, Smolice and Radzików and the level of deoxynivalenol and fumonisins contamination in the grain samples collected in 2008

Mieszańiec Hybrid	Kobierzyce				Smolice				Radzików			
	fuzarioza kolb ear rot*	zgorzel podstawy łodygi stalk rot**	DON [ppb]	FUM [ppb]	fuzarioza kolb ear rot*	zgorzel podstawy łodygi stalk rot**	DON [ppb]	FUM [ppb]	fuzarioza kolb ear rot*	zgorzel podstawy łodygi stalk rot**	DON [ppb]	FUM [ppb]
Gavot	1,4	3,2	0	655	1,5	3,3	0	231	1,4	3,2	0	0
KB1902	1,0	6,6	0	365	1,2	5,4	0	387	1,3	6,1	0	381
KB1903	1,4	5,2	0	0	1,4	5,6	0	190	1,8	5,8	0	311
KB2704	1,0	5,4	0	0	1,0	5,7	0	0	1,3	5,1	572	126
Kosmo	2,2	5,0	0	7005	1,0	5,0	0	195	1,3	5,3	650	0
Kozak	1,2	5,4	0	1555	1,1	4,1	0	0	1,0	4,4	108	131
Laurelis	1,0	3,8	0	0	1,1	4,6	0	0	1,3	3,8	0	0
Opoka	1,0	3,8	0	0	1,3	4,1	0	111	1,3	4,0	0	550
PR 39G12	1,2	5,0	0	230	1,3	5,6	0	0	1,8	4,4	0	950
PR 39H32	2,0	4,4	0	380	1,1	6,6	0	0	1,0	6,4	0	0
PR 39R86	1,2	4,4	0	725	1,3	5,2	0	0	1,8	4,0	1381	0
Ronaldino	1,0	5,2	0	0	1,2	3,7	0	0	1,2	4,2	150	124
Smok	2,0	4,2	0	410	1,1	3,8	0	231	1,1	4,6	112	0
Tur	2,4	6,2	0	1350	1,1	4,5	0	0	1,1	6,0	489	0
Średnia Mean	1,43	4,84	0	905	1,19	4,80	0	90	1,34	4,81	247	184
CV (%)	11,45	7,3	0	201,6	12,15	6,5	0	139,6	16,04	8,57	162,0	152,6
NIR / LSD***	Ni	0,72	Ni	1326,9	0,309	0,67	Ni	Ni	0,45	0,88	1261,40	Ni

* Skala 1–7 (1 = brak objawów; 7 = 76–100% ziarniaków z objawami porażenia); Scores 1–7 (1 = no symptoms; 7 = 76–100% kernels with the infection symptoms)

** Skala 1–9 (1 = brak objawów choroby, 9 — całkowity rozkład tkanek); Scores 1–9 (no symptoms, (9 — total tissue destruction)

*** Po odrzuceniu hipotezy, o braku różnic pomiędzy obiektami metoda analizy wariancji na poziomie istotności 0,05, dokonano szczegółowego porównania obiektów testem Fischera przy użyciu najmniejszej istotnej różnicy; After differences between objects were detected using analysis of variance at the significance level 0.05, detailed comparisons of objects were performed by the Fischer's test and the least significant difference method

Doświadczenia prowadzono na polach, gdzie kukurydza uprawiana jest w monokulturze na przestrzeni wielu lat, różnice pomiędzy obiektami były istotne już przy infekcji naturalnej. Zarówno w 2008, jak i w 2009 roku najwyższe porażenie kolb odnotowano w Kobierzycach, co miało związek z występowaniem omacnicy prosowianki. W 2008 roku w Radzikowie zakres zmienności dla średnich wartości stopnia odporności badanych

mieszańców na fuzariozę kolb wahał się w od 1,0 (co oznacza brak porażenia w skali 1–7) do 1,5 w Smolicach, od 1,0 do 1,8 w Radzikowie i od 1,0 do 2,4 w Kobierzycach.

Tabela 3

Stopień odporności mieszańców kukurydzy na fuzariozę kolb po zakażeniu sztucznym kolb mieszaniną izolatów *F. graminearum* i *F. verticillioides* w Radzikowie, stopień odporności na zgorzel podstawy łodygi przy infekcji naturalnej oraz poziom skażenia próbek ziarna deoksyniwalenolem i fumonizynami w 2008 roku

The levels of resistance of maize hybrids after artificial infection with *F. graminearum* and *F. verticillioides* in Radzików to ear rot, the levels of resistance to stalk rot after natural infection and the level of deoxynivalenol and fumonisins contamination in the grain samples collected in 2008

Mieszaniec	Fuzarioza kolb Ear rot*	Zgorzel podstawy łodygi Stalk rot**	DON [ppb]	FUM [ppb]
Gavot	4,5	3,2	11087	18544
KB1902	4,1	6,0	23184	28312
KB1903	3,2	5,5	1669	9924
KB2704	2,4	5,4	6765	10001
Kosmo	2,9	5,1	2825	11055
Kozak	3,3	4,6	1805	30146
Laurelis	4,3	4,1	7688	24558
Opoka	3,6	4,0	7044	24606
PR 39G12	3,4	5,0	675	21477
PR 39H32	3,3	5,8	610	9067
PR 39R86	4,8	4,7	7482	28397
Ronaldino	5,4	4,4	17646	23376
Smok	3,4	4,2	3732	7408
Tur	3,0	5,6	2951	23523
Średnia Mean	3,68	4,83	6798	19314
CV (%)	7,55	4,82	97,7	42,3
NIR / LSD	0,59	0,49	3669,4	8152,19

*Skala 1–7 (1 = brak objawów; 7 = 76–100% ziarniaków z objawami porażenia); (1 = no symptoms; 7 = 76–100% kernels with the infection symptoms)

**Skala 1–9 (1 = brak objawów choroby, 9 — całkowity rozkład tkanek); Scores 1–9 (no symptoms, 9 — total tissue destruction)

*** Po odrzuceniu hipotezy, o braku różnic pomiędzy obiektami metoda analizy wariancji na poziomie istotności 0,05, dokonano szczegółowego porównania obiektów testem Fischera przy użyciu najmniejszej istotnej różnicy; After differences between objects were detected using analysis of variance at the significance level 0.05, detailed comparisons of objects were performed by the Fischer's test and the least significant difference method

Zawartość DON w próbkach ziarna pobranych z mieszańców w Smolicach i Kobierzycach nie przekraczała progów wykrywalności dla oznaczeń metodą HPLC (30 ppb). Zawartość tej toksyny w 9 próbkach ziarna pobranych w Radzikowie wahała się od 204 ppb do 650 ppb, a w jednej próbce wynosiła 1381 ppb (PR 39R86). We wszystkich lokalizacjach część próbek ziarna była skażona fumonizynami (Radzików — 7 próbek, Smolice — 4 próbki, Kobierzyce — 14 próbek). Statystycznie istotne różnice dla zawartości fumonizyn stwierdzono dla próbek pobranych w Kobierzycach (zawartość fumonizyn powyżej 1000 ppb wykazano w próbkach pobranych z mieszańców Kosmo, Kozak i Tur). W 2009 roku w Kobierzycach nasilenie fuzariozy kolb przy infekcji naturalnej oceniono w zakresie od 1,8 (Ronaldino) do 2,9 (Wiarus). W Smolicach zakres zmienności stopnia porażenia kolb wahał się od 1,2 (Wiarus) do 1,9 (Glejt), a w Radzikowie od 1,1 (Bosman) do 1,8 (KB

1903). Natomiast średnia ocena stopnia porażenia przez przy infekcji naturalnej w Radzikowie wyniosła 1,30 w Smolicach 1,46, a w Kobierzycach 2,25.

Tabela 4

Stopień odporności mieszańców kukurydzy na fuzariozę kolb i zgorzel podstawy łodygi przy infekcji naturalnej w Kobierzycach, Smolicach i Radzikowie oraz poziom skażenia próbek ziarna deoksyniwalenolem i fumonizynami w 2009 roku
The levels of maize hybrids resistance to ear rot and stalk rot under natural infection in the Kobierzyce, Smolice and Radzików and the level of deoxynivalenol and fumonisins contamination in the grain samples collected in 2009

Mieszaniec Hybrid	Kobierzyce				Smolice				Radzików			
	fuzarioza kolb ear rot*	zgorzel podstawy łodygi stalk rot**	DON [ppb]	FUM [ppb]	fuzarioza kolb ear rot	zgorzel podstawy łodygi stalk rot	DON [ppb]	FUM [ppb]	fuzarioza kolb ear rot	zgorzel podstawy łodygi stalk rot	DON [ppb]	FUM [ppb]
Amadeo	2,3	2,6	140	0	1,3	3,2	345	0	1,6	2,3	240	0
Blask	2,6	2,1	315	0	1,5	3,8	145	0	1,3	2,0	0	0
Bosman	2,0	2,8	110	0	1,4	3,9	285	0	1,1	2,1	110	0
ES Paroli	2,0	2,7	160	0	1,5	3,6	195	0	1,3	2,2	0	0
Glejt	2,6	2,3	225	0	1,9	3,4	165	0	1,2	2,1	310	0
KB 1902	1,8	3,4	305	0	1,4	3,5	345	0	1,6	3,1	340	0
KB 1903	2,4	3,1	400	0	1,3	3,4	355	0	1,8	4,3	490	0
KB 2704	1,9	2,4	405	0	1,5	4,0	430	0	1,4	2,3	295	0
Kosmo	2,5	3,0	365	0	1,7	3,4	470	0	1,5	2,8	415	0
Kozak	2,5	2,4	280	975	1,5	4,0	485	0	1,6	2,2	525	0
NK Ravello	1,9	2,6	0	0	1,3	3,6	0	0	1,4	2,3	330	0
Opoka	2,5	2,3	450	0	1,4	4,0	260	0	1,4	2,0	480	0
PR 39R86	1,9	3,0	475	0	1,5	3,7	480	5	1,2	2,2	465	0
Reduta	2,4	3,7	445	0	1,5	4,7	275	0	1,2	2,1	190	0
Ronaldino	1,8	2,2	555	1230	1,3	3,1	495	0	1,6	2,2	315	0
Subito	2,1	3,6	600	0	1,6	3,3	580	20	1,3	2,1	130	0
Wiarus	2,9	2,9	400	0	1,2	3,5	445	0	1,6	1,8	635	2000
Średnia Mean	2,25	2,77	331	130	1,46	3,62	339	0	1,30	2,30	310	118
CV (%)	16,96	21,15	49,2	284,4	16,42	10,34	45,4	0	21,43	27,84	58,9	412,3
NIR / LSD	0,8	1,23	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni

* Skala 1–7 (1 = brak objawów; 7 = 76–100% ziarniaków z objawami porażenia); (1 = no symptoms; 7 = 76–100% kernels with the infection symptoms)

** Skala 1–9 (1 – brak objawów choroby, 9 — całkowity rozkład tkanek); Scores 1–9 (no symptoms, 9 — total tissue destruction)

*** Po odrzuceniu hipotezy, o braku różnic pomiędzy obiektami metoda analizy wariancji na poziomie istotności 0,05, dokonano szczegółowego porównania obiektów testem Fischera przy użyciu najmniejszej istotnej różnicy; After differences between objects were detected using analysis of variance at the significance level 0.05, detailed comparisons of objects were performed by the Fischer's test and the least significant difference method

Duża ilość opadów w 2009 roku sprzyjała rozwojowi *F. graminearum*, co spowodowało, że w przeciwieństwie do roku 2008 większość próbek pobranych z mieszańców rosnących przy infekcji naturalnej nie była skażona fumonizynami powyżej progu wykrywalności, natomiast zawierała DON. W próbkach pobranych w Kobierzycach, tylko dwie z nich zawierały fumonizyny (Kozak i Ronaldino), a w Radzikowie jedna (Wiarus).

Tabela 5

Stopień odporności mieszańców kukurydzy na fuzariozę kolb po zakażeniu sztucznym kolb mieszaniną izolatów *F. graminearum* i *F. verticillioides* w Radzikowie, stopień odporności na zgorzel podstawy łodygi przy infekcji naturalnej oraz poziom skażenia próbek ziarna deoksyniwalenolem i fumonizynami w 2009 roku

The levels of resistance of maize hybrids growing after artificial infection with *F. graminearum* and *F. verticillioides* in Radzików, to ear rot and stalk rot and the level of deoxynivalenol and fumonisins contamination in the grain samples collected in 2009

Mieszaniec Hybrid	Iniekcja (za pomocą strzykawki) injection (with a syringe)				Uszkodzenie mechaniczne ziarniaków (bolcem) Mechanical damage of kernes (puncture)			
	fuzarioza kolb ear rot*	zgorzel podstawy łodygi stalk rot**	DON [ppb]	FUM [ppb]	fuzarioza kolb ear rot*	zgorzel podstawy łodygi stalk rot**	DON [ppb]	FUM [ppb]
Amadeo	2,5	2,2	3115	120	3,2	2,7	5535	4680
Blask	2,9	2,1	970	1175	4,2	2,0	12180	13040
Bosman	2,7	2,2	3780	1510	2,5	2,0	2865	5765
ES Paroli	3,5	2,0	1665	3060	2,5	2,0	880	2860
Glejt	3,7	2,4	2070	1135	2,7	2,6	3880	8325
KB 1902	2,6	3,0	1710	2645	3,3	2,5	535	11605
KB 1903	3,6	2,2	4035	9770	3,7	2,3	2775	5795
KB 2704	2,6	2,0	2050	5015	2,2	2,0	3090	1335
Kosmo	2,8	2,2	2455	9630	2,4	2,1	1575	4735
Kozak	2,4	2,3	685	1135	3,6	2,2	4525	15885
NK Ravello	3,7	2,2	7365	6845	3,2	2,2	2220	3840
Opoka	3,2	2,1	3075	1250	2,6	2,2	790	13440
PR 39R86	2,4	2,1	1055	6600	2,8	2,0	685	14315
Reduta	3,7	2,4	4665	1285	2,7	2,0	4090	9685
Ronaldino	4,3	2,2	17500	16115	3,9	2,1	18660	10615
Subito	2,1	2,0	2460	1835	2,2	2,1	550	6565
Wiarus	3,0	3,2	3015	5445	2,0	2,7	600	8690
Srednia / Mean	3,02	2,25	3628	4354	2,91	2,19	3849	8304
CV (%)	15,90	12,04	108,1	99,3	14,31	13,63	123,8	52,2
NIR / LSD	0,97	0,57	2584	2626	0,88	Ni	3657	4366

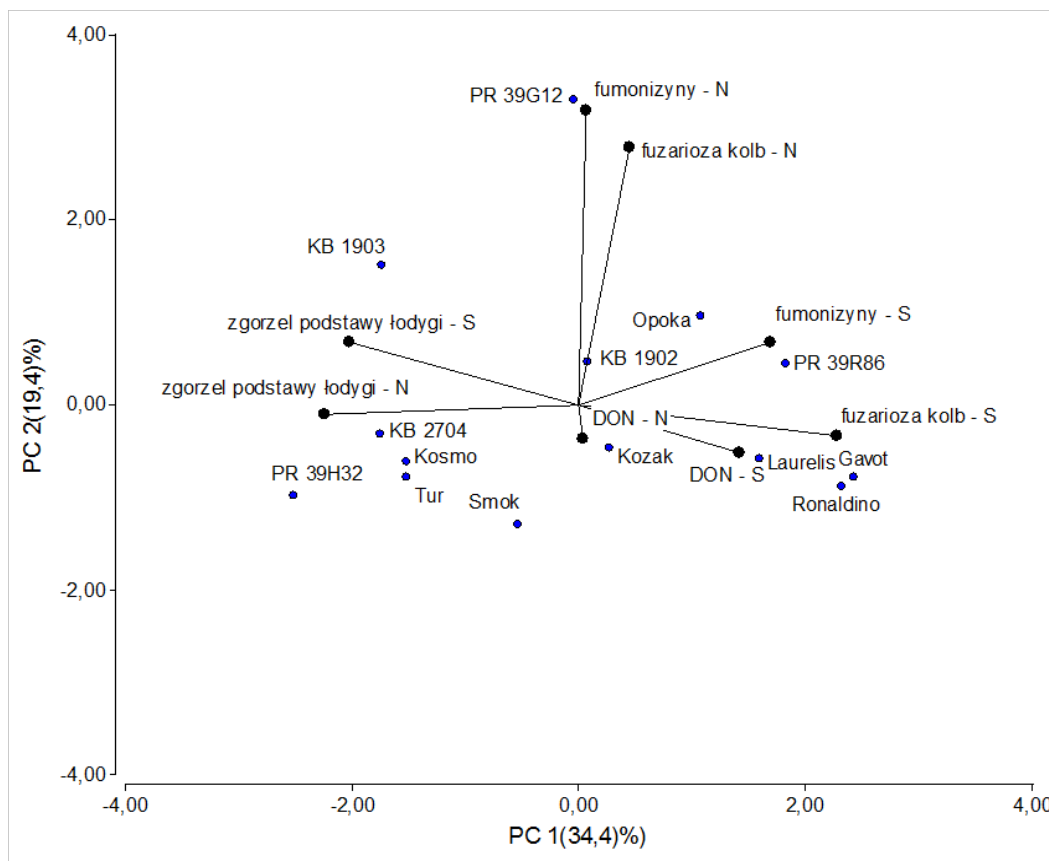
* Skala 1–7 (1 = brak objawów; 7 = 76–100% ziarniaków z objawami porażenia); (1 = no symptoms; 7 = 76–100% kernels with the infection symptoms)

** Skala 1–9 (1 = brak objawów choroby, 9 — całkowity rozkład tkanek); Scores 1–9 (no symptoms, 9 — total tissue destruction)

*** Po odrzuceniu hipotezy, o braku różnic pomiędzy obiektami metoda analizy wariancji na poziomie istotności 0,05, dokonano szczegółowego porównania obiektów testem Fischera przy użyciu najmniejszej istotnej różnicy; After differences between objects were detected using analysis of variance at the significance level 0.05, detailed comparisons of objects were performed by the Fischer's test and the least significant difference method

Średnia ocen fenotypowych stopnia odporności badanych mieszańców po zakażeniach sztucznych mieszaniną izolatów *F. graminearum* i *F. verticillioides* po iniekcji zarodników do kanału kolby za pomocą strzykawki (w roku 2009) oraz po mechanicznym uszkodzeniu kolby (w latach 2008–2009) było podobne i zostało ocenione średnio na poziomie 3,70. W 2008 roku zakres zmienności dla ocen stopnia odporności na fuzariozę kolb po zakażeniach sztucznych wahał się od 2,4 (KB 2704) do 5,4 (Ronaldino). Zawartość toksyn w próbkach ziarna pobranych z mieszańców, których kolby były zakażane sztucznie była znacznie wyższa i korespondowała z ocenami fenotypowymi. Poziom skażenia próbek ziarna DON wahał się od 610 ppb (PR 39H32) do 23184 ppb. Podobnie jak przy infekcji naturalnej, poziom skażenia próbek ziarna fumonizynami był znacznie jeszcze wyższy i wahał się w

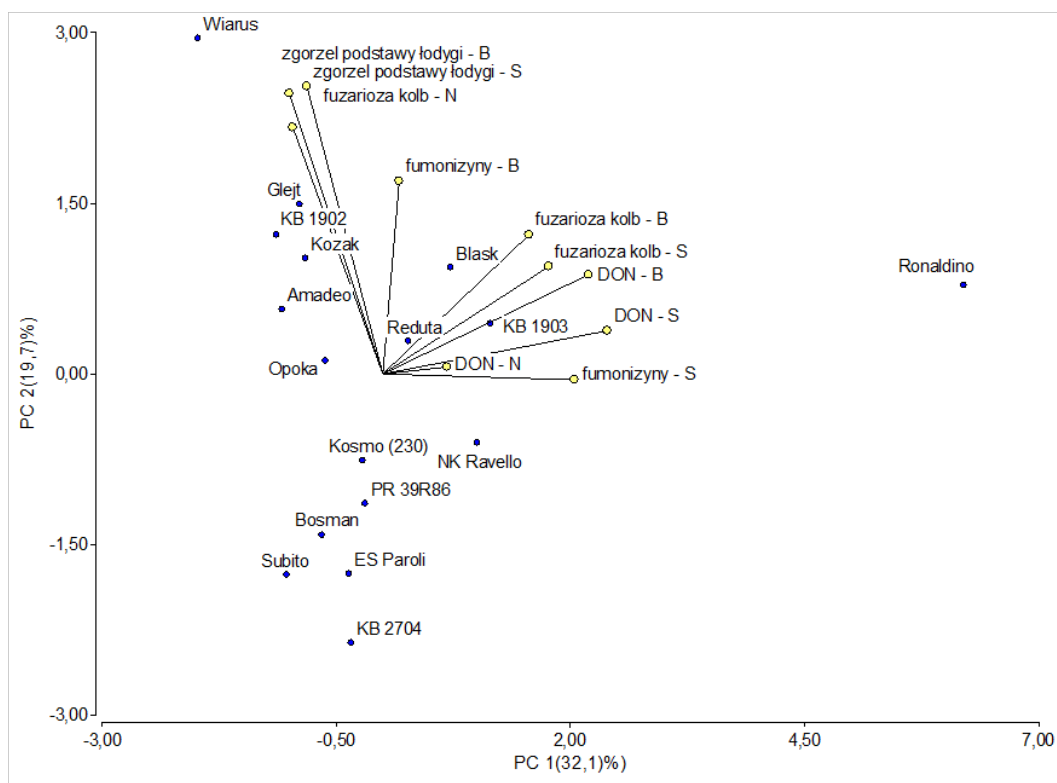
zakresie od 7408 (Smok) do 28312 ppb. W 2009 roku zakres zmienności ocen stopnia odporności mieszańców na fuzariozę kolb po zakażeniu sztucznym poprzez iniekcję zarodników za pomocą strzykawki do kanału kolby wahał się od 2,1 (Subito) do 4,3 (Ronaldino) a po zakażeniu sztucznym po mechanicznym uszkodzeniu ziarniaków od 2,0 do 4,2 (Blask). Zawartość toksyn w próbkach ziarna pobranych z mieszańców po zakażeniu sztucznym po mechanicznym uszkodzeniu ziarniaków była wyższa niż po zakażeniu sztucznym do kanału kolby wzdłuż słupków. Zakresy zmienności dla zawartości toksyn po iniekcji zarodników do kanału kolby: 1140 ppb — 1612 ppb dla DON i 680 ppb — 17500 ppb dla fumonizyn.



Rys. 3. Relacje pomiędzy mieszańcami w układzie dwóch pierwszych składowych głównych wyodrębnionych na bazie wyników ocen odporności na fuzariozę kolb przy infekcji naturalnej (N) i po zakażeniach sztucznych (B — uszkodzenie mechaniczne ziarniaków), zawartości toksyn w próbkach ziarna oraz zgorzeli podstawy łodygi przy infekcji naturalnej w Radzikowie w 2008 roku

Fig. 3. Relation between hybrids in the system of the first two principal components created based on the data of the ear rot under natural infection (N) and after inoculation (B — kernel), and toxins content in kernel samples collected after inoculation and stalk rot resistance scores in Radzików in the year 2008

Po mechanicznym uszkodzeniu ziarniaków zakresy zmienności wahały się od 833 ppb do 15885 ppb dla DON oraz od 530 ppb do 28658 ppb dla fumonizyn. Wyniki uzyskane w 2009 roku wykazały, że zróżnicowanie materiału po zakażeniach sztucznych prowadzonych po uszkodzeniu mechanicznym kolb jest bardziej zbieżne z wynikami przy infekcji naturalnej niż po zakażeniach sztucznych prowadzonych poprzez iniekcję zarodników wzdłuż słupków za pomocą strzykawki.



Rys. 4. Relacje pomiędzy mieszańcami w układzie dwóch pierwszych składowych głównych wyodrębnionych na bazie wyników ocen odporności na fuzariozę kolb przy infekcji naturalnej (N), po zakażeniach sztucznych (S – iniekcja zarodników wzdłuż słupków; B – uszkodzenie mechaniczne ziarniaków), zawartości toksyn w próbkach ziarna oraz zgorzeli podstawy łodygi przy infekcji naturalnej w Radzikowie w 2009 roku

Fig. 4. Relation between hybrids in the system of the first two principal components created based on the data of the ear rot and toxins content in kernel samples collected after inoculation (S – syringe injection of the spores, B – mechanical kernel damage) and stalk rot resistance scores in Radzików in the year 2009

Istotne zróżnicowanie dla stopnia odporności na zgorzel podstawy łodygi przy infekcji naturalnej stwierdzono w trzech lokalizacjach (Radzików, Smolice i Kobierzyce) tylko w 2008 roku. W 2008 roku zakres zmienności dla ocen stopnia odporności na zgorzel podstawy łodygi był podobny we wszystkich lokalizacjach i mieścił się w przedziale od

3,2 (w skali 1–9 w której 1 oznacza brak symptomów choroby) do 6,1 w Radzikowie, od 3,3 do 6,6 w Smolicach oraz od 3,2 do 6,6 w Kobierzycach. W 2009 roku porażenie podstawy łodygi przez grzyby z rodzaju *Fusarium* spp. oceniono odpowiednio w zakresach: od: 1,8–4,3 w Radzikowie, 2,1–3,7 w Kobierzycach i 3,1 do 4,7 w Smolicach.

Rozmieszczenie obiektów w układzie dwóch pierwszych składowych głównych ułatwiło wielocechową analizę stopnia odporności badanych mieszańców na fuzariozę kolb i zgorzel podstawy łodygi oraz zdolności do akumulacji toksyn fuzaryjnych w ziarnie (rys. 3, 4). Zakażenia sztuczne umożliwiły zróżnicowanie materiału roślinnego i wykazanie współzależności pomiędzy badanymi cechami. Zarówno w 2008, jak i w 2009 roku dodatnie współzależności pomiędzy ocenami odporności na fuzariozę kolb a zawartością DON i fumonizyn w badanych próbkach ziarna były statystycznie istotne. Współzależności pomiędzy ocenami stopnia odporności na fuzariozę kolb i zawartością toksyn w próbkach ziarna, a stopniem odporności na zgorzel podstawy łodygi były ujemne. Ronaldino i Kozak należały do grupy mieszańców podatnych i bardzo podatnych na fuzariozę kolb zarówno w 2008 roku jak i w 2009 roku. Kosmo, KB2704 to genotypy, które charakteryzowały się podwyższoną odpornością. Dodatkowo, w 2008 roku genotypami o podwyższonej odporności na fuzariozę kolb ale podatnymi na zgorzel podstawy łodygi były Tur, Smok i PR 39H32.

DYSKUSJA

Intensyfikacja rolnictwa w Polsce spowodowała znaczny wzrost powierzchni uprawy kukurydzy (Adamczyk i in., 2003, 2010). Spowodowało to wzrost znaczenia chorób grzybowych a szczególnie fuzariozy kolb, która oprócz strat ilościowych plonu w sposób istotny obniża jego jakość.

Hodowla odpornościowa jest jedną z najbardziej wskazanych metod ochrony roślin (Zijstra i in., 2011). Dlatego istnieje potrzeba zarówno charakterystyki mieszańców powszechnie uprawianych na terenie Polski pod względem stopnia odporności na fuzariozę kolb jak i poszukiwania nowych źródeł odporności, które będą mogły być wykorzystywane w dalszych pracach hodowlanych. Warunki klimatyczne w Polsce są bardzo zmienne, zarówno na przestrzeni lat jak i w zależności od rejonu kraju, i ma to bardzo duży wpływ na populację grzybów *Fusarium* spp., będących sprawcami fuzariozy kolb (Czembor i in., 2011). Potwierdziły to również bieżące badania. W roku 2008 od czasu kwitnienia, gdy kukurydza jest najbardziej podatna na infekcje do okresu zbioru temperatury były wyższe, a opadów znacznie mniej niż w 2009 roku. Może to uzasadniać fakt, że w 2008 roku przy infekcji naturalnej zawartość metabolitów wtórnych grzyba *F. graminearum* była na granicy wykrywalności z wykorzystaniem metody ELISA. W 2009 roku natomiast, zawartość fumonizyn tylko w niektórych próbkach przekroczyła progi wykrywalności.

Bieżące badania wykazały również zmienność pomiędzy lokalizacjami. Przy infekcji naturalnej jedynie w Kobierzycach nasilenie fuzariozy kolb było wystarczająco duże, aby zróżnicować materiał. W Smolicach i Radzikowie zróżnicowanie dla stopnia odporności na fuzariozę kolb oraz zawartości toksyn w próbkach ziarna było niewielkie. Dlatego badania, których celem jest ocena odporności wybranych genotypów na grzyby z rodzaju

Fusarium spp. powinna być prowadzona po zakażeniach sztucznych. Natomiast nasilenie choroby po zakażeniach sztucznych było wystarczająco silne aby stwierdzić istotne różnice pomiędzy badanymi obiektami. Istnie wiele doniesień literaturowych opisujących wyniki badań efektywności i powtarzalności metod prowadzenia zakażeń sztucznych, które odzwierciedlają infekcje naturalną. Źródłem infekcji pierwotnej są resztki pożywnie, porażone nasiona, chwasty oraz chlamydospory w glebie. Infekcja pierwotna oraz wtórna następuje poprzez liście okrywowe: konidia przenoszone są z kroplą wody na kolbę lub po uszkodzeniu mechanicznym ziarniaków przez ptaki lub szkodniki. Istnieje teoria o systemicznym przemieszczaniu — *F. verticillioide*s — korzenie — łodygi — kolby. Morfologia roślin w sposób istotny decyduje o ich odporności na infekcję powodowaną przez grzyby z rodzaju *Fusarium* spp. W doniesieniach literaturowych opisuje się dwa podstawowe typy odporności - infekcja pierwotna oraz wtórna następuje w kropli wody wzdłuż słupków lub gdy infekcja następuje poprzez liście okrywowe po uszkodzeniu mechanicznym ziarniaków przez ptaki lub szkodniki. Opisywane w literaturze metody zakażeń sztucznych to: zakażenie poprzez wstrzyknięcie zawiesiny zarodników grzyba wzdłuż słupków, zakażenie poprzez spryskiwanie słupków zawiesiną zarodników, nakłuwanie patyczkami drewnianymi na których rośnie i zarodkuje grzyb, wstrzykiwanie zawiesiny zarodników grzyba po mechanicznym uszkodzeniu liści okrywowych i ziarniaków. Wyniki badań opisywane w literaturze nie zawsze są zgodne, i dlatego autorzy podkreślają, że metodyka musi być dopracowana przez każdy zespół w zależności od materiału roślinnego jakim dysponuje oraz do warunków środowiska w jakich badania są prowadzone (Mesterhazy i in., 2012, Reid i in., 1993, Reid i in., 2002). W bieżących badaniach wykazano, że oceny stopnia porażenia po zakażeniach sztucznych po mechanicznym uszkodzeniu kolb w sposób bardziej adekwatny odzwierciedlają stopień odporności oceniany przy infekcji naturalnej.

Odporność roślin na porażenie *Fusarium* spp. nie jest równoznaczna z odpornością danego genotypu do akumulacji toksyn produkowanych przez te patogeny. Jednak uważa się, że wyższa ocena fenotypowa stopnia odporności świadczy o mniejszej zawartości toksyn, i może być podstawą w pracach poszukiwania źródeł odporności zarówno na fuzariozę kolb, jak i na niższą zawartość toksyn (Mesterhazy i in., 2012). Potwierdziły to również bieżące badania, ponieważ współzależności pomiędzy ocenami fenotypowymi a zawartością deoksyniwalenolu i fumonizyn w próbkach ziarna były dodatnie i statystycznie istotne.

WNIOSKI

1. W warunkach Polski, zróżnicowanie pomiędzy mieszańcami dla stopnia odporności na fuzariozę kolb oraz do zdolności akumulacji toksyn fuzaryjnych w ziarnie jest istotne.
2. Oceny fenotypowe stopnia porażenia kolb po zakażeniach sztucznych grzybami *F. graminearum* i *F. verticillioide*s odzwierciedla zawartość toksyn i może być podstawą w pracach poszukiwania źródeł odporności zarówno na fuzariozę kolb jak i na niższą zawartość toksyn .

3. W warunkach Polski, wyniki ocen fenotypowych uzyskane po zakażeniu sztucznym po mechanicznym uszkodzeniu ziarniaków oraz zawartość toksyn fuzaryjnych w ziarnie bardziej korespondowały do wyników uzyskanych przy infekcji naturalnej niż wyniki uzyskane po zakażeniu sztucznym poprzez iniekcję zarodników grzybów do kanału kolby wzdłuż słupków.
4. Przebieg warunków atmosferycznych w sposób istotny wpływał na stopień porażenia kolb i łodyg grzybami z rodzaju *Fusarium* spp. oraz na zawartość toksyn fuzaryjnych w ziarnie.

LITERATURA

- Adamczyk J., Cygert H., Czajczyński J. 2003. 50 lat hodowli kukurydzy mieszańcowej w Polsce — dorobek i perspektywy. Biul. IHAR 230: 423 — 431.
- Adamczyk J., Rogacki J., Cygert H. 2010. Postęp w hodowli kukurydzy w Polsce. Artykuł przeglądowy. Acta Sci. Pol., Agricultura 9 (4): 85 — 91.
- Ali, M. L., J. H. Taylor, L. Jie, G. Sun, M. William, K. J. Kasha, L. M. Reid, and K. P. Pauls, 2005: Molecular mapping of QTLs for resistance to Gibberella ear rot, in corn, caused by *Fusarium graminearum*. Genome 48, 521 — 533.
- Association of Official Analytical Chemists — AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists. Ed: Cunniff (Gaithersburg: AOAC International), chapter 49: 1 — 51.
- Bartok, T., Szecsi A., Szekeres A., Mesterhazy A., Bartok M. 2006. Detection of new fumonisin mycotoxins and fumonisin-like compounds by reversed phase - high-performance liquid chromatography/electrospray ionization - ion-trap mass spectrometry. Rapid Commun. Mass Spectrom. 20: 1 — 17.
- Bartok, T., Tolgyesi L., Szekeres A., Varga M., Bartha R., Szecsi A., Bartok M., Mesterhazy A. 2010: Detection and characterization of twenty-eight isomers of fumonisin B1 (FB1) mycotoxin in a solid rice culture infected with *Fusarium verticillioides* by reserved phase high-performance liquid chromatography/electrospray ionization time-of-flight and ion trap mass spectrometry. Rapid Commun. Mass Spectrom. 24: 35 — 42.
- Bhat R. V., Shetty P. H., Amruth R. P., Sudershan R. V. 1997. A foodborne disease outbreak due to the consumption of moldy sorghum and maize containing fumonisin mycotoxins. J. Toxicol. Clinical Toxicol. 35: 249 — 255.
- Bolger, M., Coker, R.D., DiNovi, M., Gaylor, D., Gelderblom, W., Olsen, M., Paster, N., Riley, R. T., Shephard, G., Speijers, G. J. A. 2001. Fumonisin. In: Safety Evaluation of Certain Mycotoxins in Food. WHO Food Additives Series 47, FAO Food and Nutrition Paper 74, Prepared by the 56th Meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). WHO, Geneva, Switzerland: 103 — 279.
- Canady R. A., Coker R. D., Egan S. K., Krska R., Kuiper-Goodman T., Olsen M., Pestka J., Resnik S., Schlatter J. 2001 a. Deoxynivalenol. In: Safety Evaluation of Certain Mycotoxins in Food. WHO Food Additives Series 47, FAO Food and Nutrition Paper 74, WHO, Geneva, Switzerland: 419 — 555.
- CAST, Council for Agricultural Science and Technology, 2003. Mycotoxins: Risks in Plant, Animal, and Human Systems. CAST, Ames, IA, USA.
- Czembor E., Matusiak M. 2013. Ocena zagrożenia skażenia ziarna kukurydzy toksynami fuzaryjnymi w 2012 roku. Wieś Jutra, 2: 51 — 53.
- Czembor, E., Ochodzki, P. 2009. Resistance of flint and dent maize forms for colonization by *Fusarium* spp. and mycotoxin contamination. Maydica 54: 263 — 267
- Czembor E., Adamczyk J., Warzecha R. 2010. Relations between ear and stalk rots of maize in Poland. Book of Abstracts, 11th European *Fusarium* Seminar Radzikow, September 20–23, 2010.
- Czembor E., Ochodzki P., Warzecha R., Adamczyk J., Wójcik K.:2011. Ear rot severity, mycotoxin content and *Fusaria* species in maize hybrids grown in Poland. W: Book of Abstract EUCARPIA Maize and Sorghum Conference — „Resources in Maize and Sorghum Breeding”, 19–22, 06.2011: 97.

- Czembor E., Presello D., Adamczyk J., Wójcik K. 2011 a. Enhancing disease resistance to *Fusarium* by using exotic genotypic variability” Book of Abstracts ISM Conference “Strategies to reduce the impact of mycotoxins in a global context”, 18–18. 2011: 116.
- Czembor E., Presello D., Warzecha R., Adamczyk J., Wójcik K. 2011 b. Responses of pedigree selection for ear and stalk rot resistance in F₂, F₃ and F₄ generations of maize. Book of Abstracts Conference “Sustainable use of pesticides and integrated pest management in East-Central Europe and the Baltics”, Radzikow, Poland, 4–6. 09. 2011: 63.
- Czembor E., Waśkiewicz A., Stępień Ł. 2013. Genetic variation for ear rot resistance and mycotoxin content of Polish maize elite inbred lines after inoculation with *Fusarium graminearum* and *F. verticillioides*. Book of Abstract, European *Fusarium* Seminar, Bordeaux, France, 2013.
- Dufresne M., van der Lee T., Barek S. B.M., X. Xu, X. Zhang, T. Liu, Waalwijk C., W. Zhang, Kema G. H. J., Daboussi M. J. 2008. Transpose-tagging identifies novel pathogenicity genes in *Fusarium graminearum*. Fungal Genet. Biol. 45: 1552 — 1561.
- Eller M. S., L. A. Robertson-Hoyt Payne G. A., Holland J. B. 2008 b. Grain yield and *Fusarium* ear rot of maize hybrids developed from lines with varying levels of resistance. Maydica 53: 231 — 237.
- Garcia D., Ramos A. J., Sanchis V., Mari’n S. 2009. Predicting mycotoxins in foods: a review. Food Microbiol. 26: 757 — 769.
- Harris L. J., Saparno A., Johnston A., Pristic S., Xu S., Allard M., Kathiresan A. Ouellet T., Peters R. J. 2005. The maize An2 gene is induced by *Fusarium* attack and encodes an ent-copalyl diphosphate synthase. Plant Mol. Biol. 59: 881 — 894.
- Harrison L. R., Colvin B. N., Greene J. T., Newman L. E., Cole R. J. 1990. Pulmonary edema and hydrothorax in swine produced by fumonisin B1, a toxic metabolite of *Fusarium moniliforme*. J. Vet. Diagn. Invest. 2: 217 — 221.
- Iglesias J., Presello D. A., Botta G., Lori G. A., Fauguel C. M. 2010. Aggressiveness of *Fusarium* Section Liseola isolates causing maize ear rot in Argentina. J. Plant Pathol. 92: 205 — 211.
- Logrieco A., Mule G., Moretti A., Bottalico A. 2002. Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with maize ear rot in Europe. Eur. J. Plant Pathol. 108: 597 — 609.
- Marin S., Hodzic I., Ramos A. J., Sanchis V. 2008. Predicting the growth/nogrowth boundary and ochratoxin A production by *Aspergillus carbonarius* in pistachio nuts. Food Microbiol. 25: 683 — 689.
- Meissler M., Mouron P., Musa T., Bigler F., Pons X., Vasileiadis V. P., Otto S., Antichi D., Kiss J., Pálinkás, Z., Dorner, Z., van der Weide R., Groten J., Czembor E., Adamczyk J., Thibord J.-B., Melander B., Cordsen Nielsen G., Poulsen R. T., Zimmermann O., Verschwele A., Oldenburg E. 2010. Pests, pesticide use and alternative options in European maize production: current status and future prospects, Journal of Applied Entomology 34 (5): 357 — 375.
- Mesterhazy A. 2002. Role of deoxynivalenol in aggressiveness of *Fusarium graminearum* and *F. culmorum* and in resistance to *Fusarium* head blight. Eur. J. Plant Pathol. 108, 675 — 684.
- Mesterhazy A., Bartok T., Mirocha C. M., Komoroczy R. 1999. Nature of resistance of wheat to *Fusarium* head blight and deoxynivalenol contamination and their consequences for breeding. Plant Breed. 118, 97 — 110.
- Mesterhazy A., Lemmens M., Reid. L. M. 2012. Breeding for resistance to ear rot caused by *Fusarium* spp. in maize — a review. Plant Breeding, 131: 1 — 19.
- Munkvold G. P. 2003 a. Epidemiology of *Fusarium* diseases and their mycotoxins in maize ears. Eur. J. Plant Pathol. 109: 705 — 713.
- Munkvold G. P. 2003 b. Cultural and genetic approaches to managing mycotoxins in maize. Annu. Rev. Phytopathol. 41: 99 — 116.
- Pestka J. J., Bondy G. S. 1994. Immunotoxic effects of mycotoxins. In: J. D. Miller, and H. L. Trenholm (eds), Mycotoxins in Grain: Compounds other than Aflatoxin, The American Phytopathological Society, St. Paul, MN.: 339 — 358.
- Presello D. A., Czembor E., Fauguel C. M., Adamczyk J., Iglesias J., Sampietro D. A., Rodríguez M. A., Giomi G., Fernández M. 2010. Approaches to develop broad-based *Fusarium* resistance from intra-specific variability in maize. Book of Abstracts, 11th European *Fusarium* Seminar Radzików, September 20–23, 2010.

- Presello D. A., Reid L. M., Butler G., Mather D. E. 2005. Pedigree selection for Gibberella ear rot resistance in maize populations. *Euphytica* 143: 1 — 8.
- Presello D. A., Pereyra A. O., Iglesias J., Fauguel C. M., Sampietro D. A., Eyherabide G. H. 2011 a. Responses to selection of S5 inbreds for broad-based resistance to ear rots and grain mycotoxin contamination caused by *Fusarium* spp. in maize. *Euphytica* 178: 23 — 29.
- Reid L. M., Spaner D., Mather D. E., Bolton A. T., Hamilton R. I. 1993. Resistance of maize hybrids and inbred lines following silk inoculation with three isolates of *Fusarium graminearum*. *Plant Disease*, 77: 1248 — 1251.
- Reid L. M., Hamilton R. I. 1996 a. Effects of inoculation position, timing, macroconidial concentration, and irrigation on resistance of maize to *Fusarium graminearum* infection through kernels. *Can. J. Plant Pathol.* 18: 279 — 285.
- Reid L. M., McDiarmid G., Parker A. J., Woldemariam T. 2003. CO441 corn inbred line. *Can. J. Plant Sci.* 83: 79 — 80.
- Reid L. M., McDiarmid G., Parker A. J., Woldemariam T., Hamilton R. I. 2001 a. CO388 and CO389 corn inbred lines. *Can. J. Plant Sci.* 81: 457 — 459.
- Reid L. M., McDiarmid G., Parker A. J., Woldemariam T., Hamilton R. I. 2001 b. CO430, CO431 and CO432 corn inbred lines. *Can. J. Plant Sci.* 81: 283 — 284.
- Reid L. M., Woldemariam T., Zhu X., Stewart D. W., Schaafsma A. W. 2002. Effect of inoculation time and point of entry on disease severity in *Fusarium graminearum*, *Fusarium verticillioides* or *Fusarium subglutinans* inoculated maize ears. *Can. J. Plant. Pathol.* 24: 162 — 167.
- Rheeder J. P., Marasas W. F. O., Thiel P. G., Sydenham E.W., Shephard G.S., Van Schalkwyk D.J. 1992. *Fusarium moniliforme* and fumonisins in corn in relation to human esophageal cancer in Transkei. *Phytopathology* 82: 353 — 357.
- Robertson-Hoyt L. A., Jines M. P., Balint-Kurti P. J., Kleinschmidt C. E., White D. G., Payne G. A., Maragos C. M., Molnar T. L., Holland J. B. 2006. QTL mapping for *Fusarium* ear rot and fumonisin contamination resistance in two maize populations. *Crop Sci.* 46: 1734 — 1743.
- Shephard G. S. 1998. Chromatographic determination of fumonisin mycotoxins. *Journal of Chromatography A* 815: 31 — 39.
- Szuets, P., Mesterhazy, A., Falkay, G., Bartok, T., 1997. Early thelarche symptoms in children and their relations to zearalenone contamination in food stuffs. *Cereal Res. Comm.* 25: 429 — 436.
- Vasileiadis V.P., Otto S., Sattin M., Palinkás Z., Veres A., Bán R. Kiss J., Pons X., Kudsk P., Weide R., Czembor E., Moonen C., Kiss J. 2011. Crop protection in European maize-based cropping systems: Current practices and recommendations for innovative Integrated Pest Management. *Agricultural Systems* 104: 533 — 540.
- Voss, K. A., Gelineau-van Waes J. B., Riley R. T. 2006. Fumonisin: current research trends in developmental toxicology. *Mycotoxin Res.* 22: 61 — 69.
- Zijlstra C., Lund, I., Justesen A., Nicolaisen M., Bianciotto V., Posta K., Balestrini R., Przetakiewicz A., Czembor, E., van de Zande J. 2011. Combining novel monitoring tools and precision application technologies for integrated high-tech crop protection in the future (a discussion document). *Pest Manag. Sci.* 67: 616 — 625.

MAREK GUGAŁA
KRYSTYNA ZARZECKA
ANNA SIKORSKA

Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin
Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach

Ocena skuteczności działania herbicydów i ich wpływ na plon handlowy ziemniaka

Evaluation of herbicide efficiency and their influence on potato marketable yield

Badania polowe przeprowadzono w latach 2005–2007 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady należącej do Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Doświadczenie założono w układzie split-plot jako dwuczynnikowe w trzech powtórzeniach. I czynnik — dwie odmiany ziemniaka: Irga i Balbina. II czynnik — cztery sposoby pielęgnacji: 1. pielęgnacja mechaniczna — obiekt kontrolny, 2. Plateen 41,5 WG (flufenacet 24% + metrybuzyna 17,5%) w dawce $2,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, 3. Racer 250 EC (flurochloridon 250g) w dawce $3,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, 4. Sencor 70 WG (metrybuzyna 70%) w dawce $1,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Celem badań było określenie skuteczności chwastobójczej stosowanych herbicydów i ich wpływ na plon handlowy oraz przedstawienie zależności między zachwaszczeniem a plonem handlowym bulw. Analizując sposoby pielęgnacji największą skuteczność zniszczenia chwastów wyrażoną w powietrznie suchej masie chwastów przed zwarciem rzędów jak i przed zbiorem bulw ziemniaka otrzymano na obiektach, gdzie zastosowano pielęgnację mechaniczną oraz herbicyd Plateen 41,5 WG oraz na obiekcie gdzie, zastosowano pielęgnację mechaniczno-chemiczną, tj. do wschodów obredlanie połączone z bronowaniem, a tuż przed wschodami herbicyd Sencor 70 WG. Najmniejszą skutecznością w stosunku do obiektu kontrolnego pielęgnowanego wyłącznie mechanicznie wykazał się herbicyd Racer 250 EC. O skuteczności chwastobójczej zabiegów pielęgnacyjnych decydowały również warunki pogodowe w poszczególnych latach badań. Z przeprowadzonych badań wynika, że zarówno odmiany jak i sposoby pielęgnacji miały istotny wpływ na wielkość plonu handlowego bulw ziemniaka. Stwierdzono istnienie ścisłej zależności pomiędzy powietrznie suchą masą chwastów oznaczoną przed zwarciem rzędów i przed zbiorem bulw a plonem handlowym bulw ziemniaka. Z równań regresji wynika, że wzrost powietrznie suchej masy chwastów na 1 ha obniżył plon handlowy.

Słowa kluczowe: odmiany, plon handlowy, skuteczność herbicydu, sposoby pielęgnacji

Field studies were carried out in the years 2005–2007 at the Experimental Station of the University of Natural Sciences and Humanities in Siedlce. The experiment was arranged as a two-factorial split-plot design with three replicates. The following factors were examined: two potato cultivars: Irga and Balbina, and four weed control methods: mechanical cultivation (control), Plateen 41,5 WG (flufenacet 24% + metribuzin 17.5%) at the rate of $2.0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, and Racer 250 EC (flurochloridon 250g) at the rate

of 3.0 dm³·ha⁻¹, and Sencor 70 WG (metribuzin 70%) at the rate of 1.0 kg·ha⁻¹. The aim of the study was to determine the effectiveness of applied herbicides and their impact on marketable yield and the presentation of the relationship between weed control and marketable yield of tubers. The greatest weed air dry matter was obtained prior to row closure and harvest in plots where mechanical cultivation was accompanied by an application of Plateen 41.5 WG, and in plots where mechanical cultivation was accompanied by chemical control prior to emergence: hilling and harrowing and, just before emergence, Sencor 70 WG. Racer 250 EC was least effective compared with the control. The efficiency of the weed control methods was also influenced by the weather conditions in individual study years. The studies revealed that both the cultivars and weed control methods had a significant effect on the marketable yield of potato tubers. A close relationship of the air dry matter of weeds determined prior to row closure and tuber harvest with the marketable yield of potato tubers was found. The regression equations indicate that the increase in dry mass of weeds per 1 ha reduced the marketable yield.

Key words: cultivars, herbicide efficacy, trade yield, weed control methods

WSTĘP

W czasie wegetacji ziemniak jest narażony na działanie wielu czynników obniżających plonowanie w tym zachwaszczenie. Aby zminimalizować to, należy stworzyć roślinom optymalne warunki do rozwoju stosując różne sposoby pielęgnacji i środki ochrony. Środki ochrony roślin ograniczając występowanie agrofagów, pomagają tworzyć optymalne warunki dla rozwoju roślin na plantacji a tym samym wpływają na uzyskanie wyższych plonów, o dobrej jakości (Pawińska, 2007 i 2010).

Zdaniem Fernandez-Quintanilla i in. (2008), Praczyka i Skrzypczaka (2011) oraz Ciesielskiej i in. (2011) chwasty spośród wszystkich agrofagów najbardziej wpływają na obniżenie plonów, może sięgać od 10 do 50%, a zdaniem Wesołowskiego i Kaługi (1989) może dochodzić do 70%. Herbicydy stanowią trwały element w technologii uprawy roślin. Ich stosowanie zapewnia wysoką skuteczność regulacji zachwaszczenia, ogranicza konkurencyjność chwastów w stosunku do rośliny uprawnej, zmniejsza nakłady pracy i ułatwia pielęgnację pól (Kucharski i Rola, 2007).

Zdaniem Tomczaka i in. (2007) stosowanie w ochronie ziemniaka mieszanin herbicydów zwiększa spektrum zwalczania chwastów. Natomiast Gruczk (2004) dowodzi, że szerokie spektrum działania wykazuje herbicyd Sencor 70 WG, którego substancją aktywną jest metrybuzyna.

Celem badań było określenie skuteczności chwastobójczej stosowanych herbicydów ich wpływ na plon handlowy oraz przedstawienie zależności między zachwaszczeniem a plonem handlowym bulw.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe przeprowadzono w latach 2005–2007 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady należącej do Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Doświadczenie założono w układzie split-plot jako dwuczynnikowe w trzech powtórzeniach.

Czynnik I rzędu — dwie odmiany ziemniaka: Irga i Balbina,

Czynnik II rzędu — cztery sposoby pielęgnacji:

- pielęgnacja mechaniczna — obiekt kontrolny,
- pielęgnacja mechaniczno-chemiczna, tj. do wschodów obredlanie połączone z bronowaniem, a tuż przed wschodami herbicyd Plateen 41,5 WG (flufenacet 24% + metrybuzyna 17,5%) w dawce $2,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$,
- pielęgnacja mechaniczno-chemiczna, tj. 1-krotne obredlanie i do 10 dni po posadzeniu ziemniaka opryskiwanie herbicydem Racer 250 EC (flurochloridon 250 g) w dawce $3,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$,
- pielęgnacja mechaniczno-chemiczna, tj. do wschodów obredlanie połączone z bronowaniem, a tuż przed wschodami herbicyd Sencor 70 WG (metrybuzyna 70%) w dawce $1,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Ziemniaki uprawiano na stanowisku po pszenzycie ozimym. Zachwaszczenie poletek wykonano metodą ilościowo wagową w dwóch terminach: 2–3 tygodnie po zastosowaniu herbicydów (przed zwarciem rzędów) i pod koniec wegetacji ziemniaka (1–2 tygodnie przed zbiorem bulw). Skuteczność chwastobójczą wyrażono w procentach zniszczenia powietrznie suchej masy chwastów, w stosunku do obiektu kontrolnego pielęgnowanego wyłącznie mechanicznie, zgodnie z metodyką Badowskiego i in. (2001). Za plon handlowy bulw przyjęto masę bulw frakcji handlowej $\varnothing \geq 40 \text{ mm}$ pomniejszoną o masę bulw z wadami wyglądu, tj. bulwy zazielenione ($\geq 30\%$ powierzchni), bulwy uszkodzone przez szkodniki glebowe (drutowce, pędraki i rolnice), bulwy silnie zdeformowane, porażone przez choroby oraz silnie spękanie fizjologicznie (Nowacki, 2007).

Otrzymane wyniki badań opracowano statystycznie metodą analizy wariancji. Istotność źródeł zmienności testowano testem 'F' Fischlera-Snedecora, a ocenę istotności różnic przy poziomie istotności $P = 0,05$ pomiędzy porównywanymi średnimi za pomocą wielokrotnych przedziałów Tukeya (Trętowski i Wójcik, 1991).

Zdaniem Głuskiej (2004) do prawidłowego rozwoju i wytworzenia dobrego ilościowo i jakościowo plonu bulw, ziemniaki potrzebują w czasie wegetacji w granicach 350 mm opadu jednakże większe znaczenie od ilości ma ich rozkład w poszczególnych fazach rozwojowych roślin ziemniaka.

Przebieg warunków pogodowych w latach prowadzenia badań przedstawiono w tabeli 1. Według obliczonego współczynnika Sielanianowa, okres wegetacyjny 2005 charakteryzował się brakiem posuchy, jednakże występowały miesiące o skrajnych warunkach, od silnej posuchy w miesiącu kwietniu i wrześniu po brak posuchy w maju i lipcu. W sezonie wegetacyjnym 2006 roku opady atmosferyczne były największe jednakże nierównomiernie rozłożone. Najmniejsze odnotowano w miesiącach czerwcu i lipcu — decydujących o rozwoju i plonowaniu roślin ziemniaka największe zaś w miesiącu sierpniu gdzie wartość współczynnika Sielanianowa była na poziomie 1,48. Rok 2007 był najbardziej korzystny do plonowania ziemniaka. Warunki atmosferyczne w poszczególnych miesiącach były zróżnicowane, jednakże równomiernie rozłożone.

Tabela 1

Warunki meteorologiczne w okresie wegetacji ziemniaka w latach 2005–2007
Weather conditions in potato vegetation period in the years 2005–2007

Lata Years	Miesiące — Months						Średnia — Mean IV-IX
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Temperatura °C — Temperature °C							
2005	8,7	13,0	15,9	20,2	17,5	15,0	15,0
2006	8,4	13,6	17,2	22,3	18,0	15,4	15,8
2007	8,6	14,6	18,2	18,9	19,9	13,1	15,4
Średnia z wielolecia Multiyear mean 1987–2000	7,8	12,5	17,2	19,2	18,5	13,1	14,7
Opady mm — Rainfall mm							Suma — Sum IV-IX
2005	12,3	64,7	44,1	86,5	45,4	15,8	268,8
2006	29,8	39,6	24,0	16,2	228,1	20,9	358,6
2007	21,2	59,1	59,0	70,2	31,1	67,6	308,2
Suma z wielolecia z wielolecia Multiyear sum 1987–2000	38,6	44,1	52,4	49,8	43,0	47,3	275,2
Współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa Sielianinov's hydrothermic coefficients							Średnia — Mean IV-IX
2005	0,47	1,60	0,92	1,51	0,84	0,35	1,00
2006	1,18	0,99	0,47	0,24	1,48	0,45	1,26
2007	0,82	1,37	1,08	1,23	0,53	1,72	1,10

Wartość współczynnika Sielianinowa — Value of Sielianinov's coefficients (Bac i in., 1998)

< 0,5 silna posucha — strong drought

0,51-0,69 posucha — drought

0,70-0,99 słaba posucha — weak drought

≥ 1 brak posuchy — no drought

WYNIKI I DYSKUSJA

Analizując sposoby pielęgnacji (tab. 2 i 3) największą skuteczność przed zwarcie rzędów jak i przed zbiorem bulw ziemniaka otrzymano na obiektach 2., gdzie zastosowano pielęgnację mechaniczną oraz herbicyd Plateen 41,5 WG (flufenacet + metrybuzyna) wyniosła średnio 58,3% przed zwarcie rzędów i 66,2 przed zbiorem bulw oraz na obiekcie 4. gdzie, zastosowano pielęgnację mechaniczno-chemiczną, tj. do wschodów obredlanie połączone z bronowaniem, a tuż przed wschodami herbicyd Sencor 70 WG (metrybuzyna) przed zwarcie rzędów — średnio 77,3% i przed zbiorem bulw — średnio 73,1%. Wyniki te znalazły potwierdzenie w badaniach Ciesielskiej i Wysmułek (2012). Ich zdaniem herbicyd Sencor 600 SC oraz standard Sencor 70 WG niezależnie od terminu stosowania charakteryzował się szerokim spektrum zwalczania chwastów a dodatek graminicydu Titus 25 WG i adiuwantu Trend 90 EC spowodował, że większość obecnych w łanie ziemniaka chwastów była niszczone w 87–100%. Również Tomczak i in. (2007) wykazali wysoką skuteczność metrybuzyny oraz mieszaniny prosulfokarbu i metrybuzyny w zwalczaniu chwastów w uprawie ziemniaka. Ponadto we wcześniejszych badaniach Gugła i Zarzecka (2008 i 2009) wykazali wysoką skuteczność herbicydu Plateen 41,5 WG oraz mieszaniny herbicydów Plateen 41,5 WG + Fusilade Forte 150 EC + adiuwant Atpolan 80 EC.

Tabela 2

Skuteczność zwalczania chwastów w % (przed zwarciem rzędów)
Efficacy of weed control in % (before row closing of the potato)

Odmiany Cultivars	Sposoby pielęgnacji Weed control methods	Lata — Years			Średnio Mean
		2005	2006	2007	
Irga	1. Obiekt kontrolny — control object	—	—	—	—
	2. Plateen 41,5 WG — 2,0 kg·ha ⁻¹	28,1	80,6	62,3	57,0
	3. Racer 250 EC — 3,0 dm ³ ·ha ⁻¹	30,0	9,7	12,1	17,3
	4. Sencor 70 WG — 1,0 kg·ha ⁻¹	59,5	88,1	85,0	77,5
	Średnio — Mean	39,2	59,5	53,1	50,6
Balbina	1. Obiekt kontrolny — control object	—	—	—	—
	2. Plateen 41,5 WG — 2,0 kg·ha ⁻¹	32,3	82,4	63,8	59,5
	3. Racer 250 EC — 3,0 dm ³ ·ha ⁻¹	22,6	3,7	21,6	15,9
	4. Sencor 70 WG — 1,0 kg·ha ⁻¹	56,3	88,8	85,9	77,0
	Średnio — Mean	37,1	58,3	57,1	50,8
Średnio Mean	1. Obiekt kontrolny — control object	—	—	—	—
	2. Plateen 41,5 WG — 2,0 kg·ha ⁻¹	30,2	81,5	63,1	58,3
	3. Racer 250 EC — 3,0 dm ³ ·ha ⁻¹	26,3	6,7	16,9	16,3
	4. Sencor 70 WG — 1,0 kg·ha ⁻¹	57,9	88,5	85,5	77,3
Średnio dla lat — Mean for years		38,1	58,9	55,2	—

1. obiekt kontrolny — pielęgnacja mechaniczna, control object — mechanical weeding, 2. pielęgnacja mechaniczna — mechanical weeding + Plateen 41,5 WG 2,0 kg·ha⁻¹, 3. pielęgnacja mechaniczna — mechanical weeding + Racer 250 EC 3,0 dm³·ha⁻¹, 4. pielęgnacja mechaniczna — mechanical weeding + Sencor 70 WG 1,0 kg·ha⁻¹

Tabela 3

Skuteczność zwalczania chwastów w % (przed zbiorem bulw)
Efficacy of weed control in % (before harvest of the potato)

Odmiany Cultivars	Sposoby pielęgnacji Weed control methods	Lata — Years			Średnio Mean
		2005	2006	2007	
Irga	1. Obiekt kontrolny — control object	—	—	—	—
	2. Plateen 41,5 WG — 2,0 kg·ha ⁻¹	43,1	56,3	94,3	64,6
	3. Racer 250 EC — 3,0 dm ³ ·ha ⁻¹	31,2	17,9	67,2	38,8
	4. Sencor 70 WG — 1,0 kg·ha ⁻¹	53,9	75,1	96,0	75,0
	Średnio — Mean	42,7	49,8	85,8	59,5
Balbina	1. Obiekt kontrolny — control object	—	—	—	—
	2. Plateen 41,5 WG — 2,0 kg·ha ⁻¹	41,5	67,6	94,3	67,8
	3. Racer 250 EC — 3,0 dm ³ ·ha ⁻¹	32,0	12,6	68,0	37,5
	4. Sencor 70 WG — 1,0 kg·ha ⁻¹	45,1	72,6	95,7	71,1
	Średnio — Mean	39,5	50,9	86,0	58,8
Średnio Mean	1. Obiekt kontrolny — control object	—	—	—	—
	2. Plateen 41,5 WG — 2,0 kg·ha ⁻¹	42,3	61,9	94,3	66,2
	3. Racer 250 EC — 3,0 dm ³ ·ha ⁻¹	31,6	15,3	67,6	38,2
	4. Sencor 70 WG — 1,0 kg·ha ⁻¹	49,5	73,9	95,9	73,1
Średnio dla lat — Mean for years		41,1	50,4	85,9	—

Najmniejszą skutecznością przed zwarciem rzędów — średnio 16,3% i przed zbiorem bulw — 38,2%, w stosunku do obiektu kontrolnego pielęgnowanego wyłącznie mechanicznie, wykazał się herbicyd Racer 250 EC (flurochloridon). O niskiej skuteczności herbicydu Racer 250 EC w redukcji świeżej i suchej masy chwastów donosi w swoich badaniach Pszczółkowski (2003). Również Pawlonka (2007) wykazał, że wzrostowi poziomu ochrony towarzyszy istotny spadek zachwaszczenia.

Analizując skuteczność zwalczania chwastów w zależności od odmiany stwierdzono, że była ona na podobnym poziomie, zarówno w przypadku odmiany Irga odpowiednio 50,6 przed zwarciem rzędów i 59,5% przed zbiorem bulw jak i Balbina odpowiednio: 50,8 i 58,8%. O zróżnicowanym zachwaszczeniu w uprawianych odmianach donosi w swoich wcześniejszych badaniach Zarzecka i in. (2004). Ich zdaniem średnio wczesne odmiany Ibis i Irga skuteczniej konkurowały z chwastami niż Mila i Arkadia, gdyż wytwarzały wysokie rośliny, wcześniej wschodziły i zakrywały międzyrzędzia

O skuteczności chwastobójczej zabiegów pielęgnacyjnych decydowały również warunki meteorologiczne w poszczególnych latach badań. Największą skuteczność zniszczenia powietrznie suchej masy chwastów, oznaczonej przed zwarciem rzędów ziemniaka uzyskano w 2006 roku — średnio 58,9%, natomiast oznaczoną przed zbiorem bulw ziemniaka w 2007 roku, który był najbardziej optymalny pod względem warunków termiczno-wilgotnościowych — średnio 85,9%, natomiast najniższą skuteczność w obu terminach badań uzyskano w 2005 roku, który charakteryzował się najmniejszymi opadami jednakże o bardzo nierównomiernym rozkładzie. Wyniki te znalazły również potwierdzenie we wcześniejszych badaniach Zarzeckiej i in. (2004), którzy wykazali, że większą efektywność ograniczania zachwaszczenia uzyskano w roku o dobrych warunkach wilgotnościowych w okresie wykonywania zabiegów chemicznych. Natomiast w kolejnych badaniach Gugła i Zarzecka (2011) wykazali, że najlepszy efekt zniszczenia powietrznie suchej masy chwastów uzyskano w sezonie wegetacyjnym charakteryzującym się niskimi opadami i temperaturą wyższą o 1,5°C w porównaniu do średniej z wielolecia.

Tabela 4

Plon handlowy bulw ziemniaka t·ha⁻¹
Marketable yield of potato tubers t·ha⁻¹

Odmiany Cultivars	Sposoby pielęgnacji Weed control methods	Lata — Years			Średnio Mean
		2005	2006	2007	
Irga	1. Obiekt kontrolny — control object	7,7	10,2	13,2	10,4
	2. Plateen 41,5 WG — 2,0 kg·ha ⁻¹	11,5	14,5	29,9	18,6
	3. Racer 250 EC — 3,0 dm ³ ·ha ⁻¹	9,0	12,8	20,5	14,1
	4. Sencor 70 WG — 1,0 kg·ha ⁻¹	16,1	17,0	33,7	22,3
	Średnio — Mean	11,1	13,6	24,3	16,3
Balbina	1. Obiekt kontrolny — control object	13,6	14,8	18,7	15,7
	2. Plateen 41,5 WG — 2,0 kg·ha ⁻¹	18,5	18,4	33,7	23,5
	3. Racer 250 EC — 3,0 dm ³ ·ha ⁻¹	15,4	15,9	22,6	18,0
	4. Sencor 70 WG — 1,0 kg·ha ⁻¹	20,1	27,3	37,8	28,4
	Średnio — Mean	16,9	19,1	28,2	21,4
Średnio Mean	1. Obiekt kontrolny — control object	10,7	12,5	15,9	13,0
	2. Plateen 41,5 WG — 2,0 kg·ha ⁻¹	15,0	16,4	31,8	21,1
	3. Racer 250 EC — 3,0 dm ³ ·ha ⁻¹	12,2	14,4	21,6	16,1
	4. Sencor 70 WG — 1,0 kg·ha ⁻¹	18,0	22,1	35,8	25,3
Średnio dla lat — Mean for years		14,0	16,4	26,3	—

NIR_{0,05}; LSD_{0,05} dla: for: lat — years — 4,1; odmian — cultivars — 2,7; sposobów pielęgnacji — weed control methods — 1,6; interakcja — interaction: sposoby pielęgnacji × odmiany — weed control methods × cultivars = r.n–n.s; sposoby pielęgnacji × lata — weed control methods × years = 2,9; odmiany × lata — cultivars × years = r.n – n.s

Zdaniem Nowackiego (2007) coraz częściej rolnika interesuje nie tylko wysokość plonu ogólnego, ale przede wszystkim wysokość plonu handlowego, a więc tej części plonu

ogólnego, która może być sprzedana zgodnie z planowanym kierunkiem produkcji. Z przeprowadzonych badań wynika, że sposoby pielęgnacji różnicując zachwaszczenie, wpływają na wielkość plonu handlowego bulw ziemniaka (tab. 4).

Największy plon uzyskano na obiektach, gdzie zastosowano pielęgnację mechaniczną + herbicyd Sencor 70 WG i gdzie zastosowano pielęgnację mechaniczną + herbicyd Plateen 41,5 WG. Wyniki te są zbieżne z badaniami Pszczółkowskiego i Sawickiej (2003), którzy dowiedli, że użycie herbicydów w pielęgnacji ziemniaka zwiększyły plon ogólny i handlowy bulw. Natomiast Boligłowa i in. (2004) zaobserwowali obniżenie plonu w odniesieniu do kontroli o 22–25% po zastosowaniu cyjanazyny i fluorochloridonu, a po opryskiwaniu linuronem i rimsulfuronem z metrybuzyną zanotowali tendencję do wzrostu plonu bulw ziemniaka.

Ponadto obliczenia statystyczne dowiodły, że istotny wpływ na omawianą cechę miały również uprawiane w doświadczeniu odmiany. Największy średni plon otrzymano uprawiając odmianę Balbina, mniejszy zaś Irgę, również Krzysztofik i in. (2009) wykazali, że odmiana Irga charakteryzowała się najmniejszym plonem handlowym z pośród trzech badanych odmian ziemniaka. Jednakże obie badane w doświadczeniu odmiany reagowały zwykłą plonu po zastosowaniu herbicydów, co znalazło potwierdzenie w badaniach Zarzeckiej i Gugaly (2006) oraz Zarzyńskiej (2010), którzy wykazali istotne różnice odmianowe dotyczące wielkości plonu bulw.

Ponadto na skuteczność chwastobójczą jak i na plon handlowy, miał istotny wpływ przebieg warunków pogodowych panujących w latach badań. Największy plon handlowy — średnio $26,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ uzyskano w roku 2007, który charakteryzował się najlepszym rozkładem opadów w czasie zawiązywania bulw, tj. w czerwcu i lipcu. Wyniki te znalazły potwierdzenie w badaniach Dzieżyca i in. (2012), którzy na podstawie analizy modelu stwierdzili, że najkorzystniejsze opady są w okresie czerwiec — lipiec, niezależnie od sumy opadów poprzedzających te miesiące. Również Zarzyńska (2010) wykazała, że niedobór wody w czerwcu i lipcu miał odzwierciedlenie w plonie bulw i jego jakości.

Obliczone współczynniki korelacji pomiędzy powietrznie suchą masą chwastów oznaczoną przed zwarciem rzędów i przed zbiorem bulw a plonem handlowym bulw ziemniaka (tab. 5) wykazały istotne ujemne oddziaływanie.

Tabela 5

Wartości współczynników korelacji prostej Pearsona pomiędzy zachwaszczeniem a plonem użytkowym bulw ziemniaka (średnia dla trzech lat i sposobów pielęgnacji)
Values of Pearson's correlation coefficients between the weediness indexes and the marketable yield of potato tubers (mean for 3 years and weed control methods)

Wskaźniki zachwaszczenia — Indices of weediness	Plon handlowy ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$) — Marketable yield ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)
Powietrznie sucha masa chwastów w t na 1 ha przed zwarciem rzędów ziemniaka Air-dry matter of weeds in t per 1 ha before closing of potato rows	-0,920**
Powietrznie sucha masa chwastów w t na 1 ha przed zbiorem bulw Air-dry matter of weeds in t per 1 ha before harvest of tubers	-0,996**

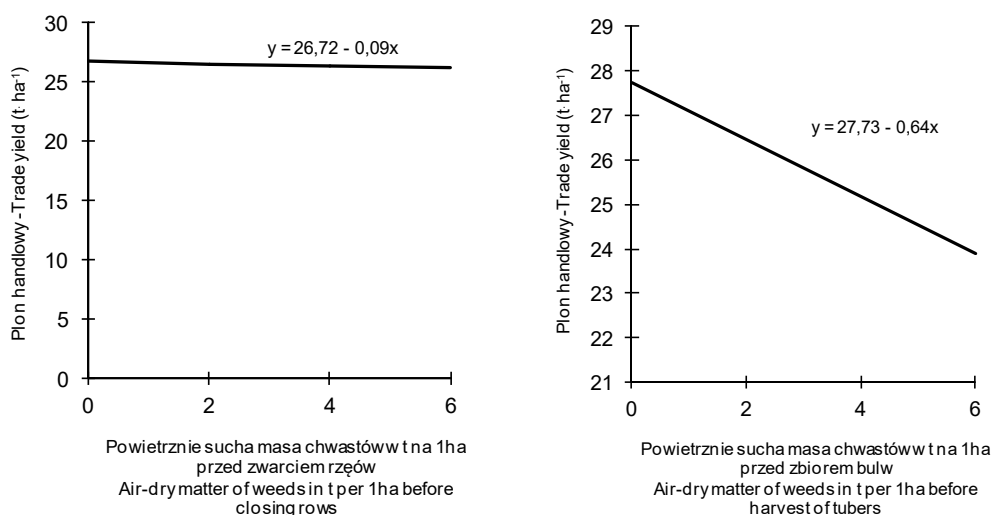
* Istotne przy; Significant at $p \leq 0,05$

** Istotne przy; Significant at $p \leq 0,01$

W pierwszym terminie oznaczenia zachwaszczenia badana cecha plonu osiągnęła mniejszą współzależność $r = -0,920$. Przed zbiorem bulw sucha masa chwastów, była ściślej

skorelowana z plonem handlowym — $r = -0,996$. Wyniki te są zbieżne z badaniami Zarzeckiej (2004), która na podstawie wartości współczynników korelacji stwierdziła, że plon ogólny i frakcji handlowej w największym stopniu zmniejszała powietrznie sucha masa chwastów. Podobne wyniki uzyskał również Hashima i in. (2003).

Przeprowadzona analiza regresji wykazała prostoliniową ujemną zależność plonu handlowego od powietrznie suchej masy chwastów oznaczonej przed zwarciem rzędów i przed zbiorem bulw ziemniaka (rys. 1). Z równań wynika, że wzrost o 1 tonę powietrznie suchej masy chwastów na 1 ha obniżył plon handlowy odpowiednio o 0,09 i o 0,64 t z ha. Sawicka i in. (2006) wykazała, że plon ogólny i handlowy silniej zależy od świeżej i suchej masy chwastów niż od liczby chwastów.



Rys. 1. Zależność plonu handlowego od powietrznie suchej masy chwastów (t·ha⁻¹) przed zwarciem rzędów i przed zbiorem bulw

Fig. 1. Relation between the marketable yield and the air-dry matter of weeds (t·ha⁻¹) before closing of the rows and harvest of tubers

WNIOSKI

1. Z przeprowadzonych badań wynika, że skuteczność zniszczenia chwastów wyrażona w powietrznie suchej masie chwastów oznaczonej w obu terminach badań była różnicowana przez sposoby odchwaszczania, odmiany oraz warunki atmosferyczne panujące w poszczególnych sezonach wegetacyjnych.
2. Stosowane w doświadczeniu herbicydy w wyniku usunięcia konkurencji chwastów oraz uprawiane odmiany miały istotny wpływ na wielkość plonu handlowego bulw ziemniaka.

3. Nierównomierny rozkład opadów w sezonie 2005 roku, był przyczyną obniżenia skuteczności działania stosowanych w doświadczeniu herbicydów oraz zmniejszenia plonu handlowego bulw ziemniaka.
4. Współczynniki korelacji wskazują wysoką ujemną współzależność plonu handlowego z powietrznie suchą masą chwastów oznaczoną przed zwarciem rzędów i przed zbiorem bulw a plonem handlowym bulw ziemniaka.

LITERATURA

- Bac S., Koźmiński Cz., Rojek M. 1998. Agrometeorologia. Wyd. PWN, Warszawa: 274.
- Badowski M., Domaradzki K., Filipiak K., Franek M., Gołębiowska H., Kieloch R., Kucharski M., Rola H., Rola J., Sadowski J., Sekutowski T., Zawerbny T. 2001. Metodyka doświadczeń biologicznych oceny herbicydów, bio regulatorów i adiuwantów. Cz. 1. Doświadczenia polowe. Wyd. IUNG, Wrocław: 1 — 167.
- Boligłowa E., Gleń K., Pisulewski P. 2004. Wpływ stosowania herbicydów na plonowanie i niektóre cechy jakości bulw ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 500: 391 — 397.
- Ciesielska A., Wysmułek A. 2012. Skuteczność chwastobójcza mieszaniny herbicydów Sencor 600 S.C. + Titus 25 WG w ziemniakach. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 52 (4): 885 — 888.
- Ciesielska A., Wysmułek A., Piskorz B. 2011. Skuteczność chwastobójcza nowej formacji herbicydu Sencor 600 SC. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 51 (3): 1345 — 1348.
- Dzięzyk H., Chmura K., Dmowski Z. 2012. Określenie wpływu warunków opadowych na plonowanie ziemniaka bardzo wczesnego i wczesnego w południowej Polsce. Woda Środ. Obsz. Wiej. (IV-VI), t 12 z. 2 (38): 133 — 141.
- Fernandez-Quintanilla C., Quadranti M., Kudsk P., Barberi P. 2008. Which future for weed science? Weed Res. 48: 297 — 301.
- Głuska A. 2004. Wpływ zmiennego rozkładu opadów na cechy bulw ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.) oraz wyznaczenie okresu krytycznego wrażliwości na niedobór wody u odmian o różnej długości okresu wegetacji. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 496: 217 — 227.
- Gruczek T. 2004. Wrażliwość odmian ziemniaka na metrybuzynę. Biul. IHAR 232: 193 — 199.
- Gugąła M., Zarzecka K. 2008. Skuteczność chwastobójcza herbicydów w zależności od sposobu uprawy roli i pielęgnacji ziemniaka. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 48 (1): 264 — 267.
- Gugąła M., Zarzecka K. 2009. Ocena skuteczności herbicydów w uprawie ziemniaka. Biul. IHAR 251: 225 — 234.
- Gugąła M., Zarzecka K. 2011. Skuteczność i selektywność herbicydów w regulacji zachwaszczenia na plantacji ziemniaka. Biul. IHAR 262: 103 — 110.
- Hashim S., Marwat K. B., Hassan G. 2003. Chemical weed control efficiency in potato (*Solanum tuberosum* L.) under agroclimatic conditions of Peshawar, Pakistan. Pak. J. Weed Sci. Res., 9 (1-2): 105 — 110.
- Krzysztofik B., Marks N., Baran D. 2009. Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na ilościowe cechy plonu bulw ziemniaka. Inż. Roln. 5 (114): 123 — 129.
- Kucharski M., Rola H. 2007. Zmianowanie roślin i herbicydów elementem ograniczającym rozwój odporności chwastów. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 47 (3): 365 — 370.
- Nowacki W. 2007. Plon handlowy i straty przechowalnicze ziemniaka jadalnego uprawianego w systemie ekologicznym i integrowanym. J. Res. Applic. Agricult. Engin. 52 (4): 5 — 9.
- Pawińska M. 2007. System ochrony ziemniaków przed agrofagami. Fragm. Agronom. 4 (96): 82 — 91.
- Pawińska M. 2010. Ochrona ziemniaków. IHAR w Radzikowie: 1 — 8.
- Pawlonka Z. 2007. Plonowanie ziemniaka uprawianego w monokulturze przy różnym poziomie ochrony chemicznej przed chwastami. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 47 (3): 229 — 233.
- Praczyk T., Skrzypczak W. 2011. Stan aktualny i kierunki rozwoju herbologii. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 51 (1): 354 — 363.
- Pszczółkowski P. 2003. Próba ograniczenia zachwaszczenia łanu ziemniaka w uprawie pod osłonami. Cz. II. Masa, liczebność i skład gatunkowy chwastów. Biul. IHAR 228: 261 — 273.

- Pszczółkowski P., Sawicka B. 2003. Produkcyjność bardzo wczesnych odmian ziemniaka uprawianych pod osłonami Cz. I. Plon i jego struktura. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 2 (2): 61 — 72.
- Sawicka B., Barbaś P., Kuś J. 2006. Wpływ zachwaszczenia ładu na plon ogólny i handlowy bulw ziemniaka w warunkach ekologicznego i integrowanego systemu produkcji. *Pam. Puł.* 142: 429 — 443.
- Tomczak B., Bączkowska E., Bubniewicz P., Górniak J. 2007. Prosulfokarb — herbicyd do ochrony zbóż i ziemniaków przed chwastami jedno i dwuliściennymi. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 47 (3): 280 — 284.
- Tomczak B., Bączkowska E., Bubniewicz P., Górniak J. 2007: Prosulfokarb – herbicyd do ochrony zbóż i ziemniaków przed chwastami jedno- i dwuliściennymi. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 47 (3): 280 — 284.
- Trętowski J., Wójcik R. 1991. *Metodyka doświadczeń rolniczych*. Wyd. WSRP Siedlce: 500 ss.
- Wesołowski M., Kacuga W. 1989. Plonowanie i zachwaszczenie ziemniaka w plonie głównym i wtórnym w zależności od sposobu zwalczania chwastów. *Rocz. Nauk Roln.* 112 (3-4): 141 — 150.
- Zarzecka K., Gugąła M. 2006. Porównanie różnych sposobów pielęgnacji ziemniaka. *Pam. Puł.* 142: 607 — 615.
- Zarzecka K., Gugąła M., Gąsiorowska B. 2004. Plonowanie wybranych odmian ziemniaka w warunkach zróżnicowanej ochrony przed chwastami. *Biul. IHAR* 232: 167 — 176.
- Zarzyńska K. 2010. Struktura plonu bulw ziemniaków uprawianych w systemie ekologicznym i integrowanym w różnych warunkach środowiskowych. *J. Res. Applic. Agricult. Engin.* 55 (4): 181 — 184.

ELŻBIETA CZEMBOR

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Radzików

Wpływ nawożenia organicznego na wybrane cechy agronomiczne traw wieloletnich wskazanych dla rolnictwa tradycyjnego i ekologicznego *

Effects of organic fertilization on agronomic traits of perennial grass species recommended for conventional and low input farming

Znana jest rola produkcyjna traw wieloletnich, które stanowią źródło zdrowej paszy dla zwierząt przeżuwających. Jednak obecnie coraz większą uwagę przywiązuje się do ich funkcji nieprodukcyjnych: możliwość wykorzystania ich do zagospodarowywania terenów trudnych i zdegradowanych oraz w rolnictwie ekologicznym oraz rola w zachowaniu bioróżnorodności. Dlatego w latach 2008–2010 prowadzono wstępne prace, których celem było określenie wpływu nawożenia organicznego i mineralnego na stopień odporności na stresy biotyczne i abiotyczne oraz wybrane cechy agronomiczne traw wieloletnich w użytkowaniu na paszę. W badaniach uwzględniono 20 genotypów w obrębie 7 gatunków (wiechlina błotna i łąkowa, mietlica biaława, rajgras wyniosły, kostrzewa łąkowa i czerwona oraz tymotka łąkowa). Szkółkę założono w okresie jesiennym 2008. Materiały zróżnicowano pod względem odporności na rdze, plamistości liści i mączniaka prawdziwego oraz pod względem ważnych gospodarczo cech biologicznych takich jak: morfologia blaszki liściowej, wigor wzrostu, potencjał produkcji zielonej i suchej masy z rozdzieleniem na okresy: wiosenny, letni i jesienny. Dodatkowo określono zmiany w składzie chemicznym gleby dla obu systemów nawożenia na przestrzeni lat. Najdłuższymi liśćmi charakteryzowały się genotypy tymotki łąkowej i rajgrasu wyniosłego, a system nawożenia nie miał istotnego wpływu na tę cechę. System nawożenia nie miał istotnego wpływu na stopień odporności na stresy biotyczne i abiotyczne mietlicy białawej, kostrzewy czerwonej i tymotki łąkowej. Plony zielonej i suchej masy były wyższe w systemie nawożenia mineralnego niż w systemie nawożenia organicznego. Procentowa zawartość suchej masy w zielonej masie ujemnie korelowała z produkcją zielonej i suchej masy w obu systemach użytkowania. W systemie nawożenia organicznego była ona średnio o 5% wyższa w stosunku do systemu nawożenia mineralnego. Gatunkami najbardziej stabilnymi biologicznie w systemie nawożenia organicznego i mineralnego była kostrzewa czerwona.

* Wyniki badań uzyskane w ramach zadania 8.1 Programu Wieloletniego IHAR-PIB "Ulepszanie Roślin dla Zrównoważonych AgroEkoSystemów, Wysokiej Jakości Żywności i Produkcji Roślinnej na Cele Nieżywnościowe" finansowanego przez MRiRW

Redaktor prowadzący: Barbara Zagdańska

Słowa kluczowe: trawy pastewne, nawożenie organiczne i mineralne, odporność na stresy biotyczne i abiotyczne, cechy agronomiczne, użytkowanie pastewne

Permanent grasslands are a source of healthy forage for a large group of ruminant animals. They also conserve biodiversity, reduce environmental pollution, including nitrogen oxide and sulfur in the air and prevent soil erosion. Because of this red fescue, meadow fescue, timothy-grass, Kentucky bluegrass, wood bluegrass, tall meadow oat and redtop cultivars and ecotypes were evaluated using conventional and organic fertilizers during 3 years. Resistance to biotic and abiotic stresses and plant morphology including leaf area and green and dry mass production were described. Fertilizing system had no significant effect on the level of resistance of the red fescue, timothy-grass and redtop to biotic and abiotic stresses. Green and dry mass production were higher under conventional fertilization system than under organic fertilization system. Content of the dry mass in the green mass was higher under organic fertilization system. Based on the obtained results it was possible to conclude that from the marginal group of the grass species, the redtop and red fescue could be recommended for ecological and conventional types of agriculture.

Key words: forage grasses, conventional and organic fertilization, resistance for biotic and abiotic stresses, agronomic traits, forage maintenance

WSTĘP

W Europie trwałe i przemienne użytki zielone zajmują ponad 40% użytków rolnych, co stanowi około 52 mln ha i w sposób istotny wpływa na całość warunków ekologicznych oraz gospodarczych w skali regionów i krajów (Reheul i in., 2010). Powszechnie znana jest ich rola produkcyjna jako źródło zdrowej paszy dla zwierząt przeżuwających i w ostatnim dziesięcioleciu postęp biologiczny jaki uzyskano w grupie traw wieloletnich był zadawalający. Jednak obecnie coraz większą uwagę przywiązuje się do ich funkcji nieprodukcyjnych. Wiążą się one z zagospodarowaniem terenów ekologicznych czy porolnych, rekultywacją środowisk zdegradowanych i ekstremalnych, które nie sprzyjają rozwojowi szaty roślinnej oraz zachowaniu bioróżnorodności. Roślinność stanowi obraz i bezpośredni wskaźnik struktury krajobrazu. Jest ona również wskaźnikiem zmian w nim zachodzących. Trawy charakteryzują się dużym zróżnicowaniem pod względem pokroju, barwy, architektury runi. Są obecne w wielu fitocenozach, które są podstawową jednostką krajobrazu (Wojterska, 2003; Borysiak i Kasprowicz, 1998; Szulczewska i in., 2000).

Odporność traw na stresy oraz konkurencyjność to czynniki w sposób najbardziej istotny wpływające na bioróżnorodność oraz warunkujące zakres i możliwości wykorzystania wszystkich gatunków traw wieloletnich, w tym traw niskonakładowych czy marginalnych, takich jak rajgras wyniosły (*Arrhenatherum elatius* J. et. C.Presl), stokłosa bezostna [*Bromus inermis* Leyss.], mietlica olbrzymia (*Agrostis gigantea* Roth) czy wiechlina błotna (*Poa palustris* L.). Stresy biotyczne i abiotyczne mają istotny wpływ na ich potencjał plonowania. Wzrost odporności często łączy się również ze wzrostem ilości zbieranej paszy i jej jakości paszy. Największe znaczenie gospodarcze mają choroby pochodzenia grzybowego w tym rdze powodowane przez grzyby z rodzaju *Puccinia* spp., pleśń śniegowa powodowana przez *Microdochium nivale*, plamistości liści powodowane przez *Drechslera* spp. i *Bipolaris* spp. (Bonos i in., 2006; Broda, 2001; Cagas, 2000; Czembor, 2002, 2003 a, 2003 b, 2007 a, 2007 b, 2008; Czembor i in., 2001 a, 2001 b; Meyer, 1982; Prończuk, 2000; Schubiger i in., 2010; Vargas, 1994). Silne porażenie roślin

przez rdze ogranicza ich odrastanie po koszeniu oraz krzewienie. Rośliny stają się również bardziej podatne na inne choroby, w tym na pleśń śniegową oraz na stres niskich temperatur w okresie zimowym. Straty w plonie zielonej i suchej masy oraz w plonie nasion mogą sięgać do 30% (Thomas, 1994; Potter, 1987). Obok chorób ważne są również czynniki zewnętrzne, głównie ze strony człowieka, na działanie których narażone jest środowisko, powodujące m.in. degradację użytków rolnych. Powierzchnia terenów objętych degradacją w Polsce wynosi ponad 8000 km². Przemysłowa degradacja objęła: w stopniu bardzo dużym i dużym ponad 400 km², w stopniu średnim i małym około 7000 km², a zagrożonych degradacją jest prawie 39500 km². Podstawowe kierunki zagospodarowywania to rolny i leśny, w których łąki i pastwiska pełnią wiodącą rolę. Do ich obsiewu wykorzystywanych jest wiele gatunków traw, które charakteryzują się szeroką zdolnością adaptacyjną i regeneracyjną, znaczną żywotnością i zdolnością do samoodnawiania na danym zbiorowisku. Dodatkowym czynnikiem decydującym o przydatności gatunków i odmian traw do zadarniania terenów trudnych pod względem klimatycznym i glebowym jest: zdolność do szybkiego i silnego rozkrzewienia roślin po zasiewie oraz powolne tempo przyrostu biomasy nadziemnej w okresie wegetacji. Spośród gatunków traw krótkotrwałych do rekultywacji terenów zdegradowanych wykorzystuje się głównie odmiany: kostrzewy czerwonej, mietlicy pospolitej, życicy trwałej, życicy wielokwiatowej oraz wiechliny łąkowej. Okazuje się bowiem, że trawy o krzewieniu rozłogowo-luźnokępkowym, wykazują większe zdolności w zadarnianiu takich nieużytków, w porównaniu do gatunków o krzewieniu rozłogowym, czy też kępowym (Majtkowski i in., 1999; Majtkowski, Majtkowska, 2012; Patrzalek, 2001).

W chwili obecnej na liście odmian zarejestrowanych przez COBORU znajdują się głównie formy wysokoprodukcyjne, przystosowane do intensywnej uprawy na dobrych glebach. Pojawia się zatem konieczność rozszerzenia asortymentu odmian gatunków traw wieloletnich, zwłaszcza w oparciu o odmiany stare oraz gatunki mniej popularne (np. wyczyniec łąkowy, mozga trzcinowata, wiechlina błotna i zwyczajna, mietlica biaława i rozłogowa), doskonale przystosowane do ekstremalnych lokalnych warunków środowiska, które można wykorzystać jako źródło puli genowej dla tworzenia nowych form (Balasko i in., 1995; Falkowski i in., 1976; Fjellheim i in., 2007, 2009; Schmidt, 1985; Thomas i in., 1996; Veronesi, Falcinelli, 1988). Najważniejsze źródła zmienności genetycznej to: formy dzikie, ekotypy i stare odmiany z kolekcji *ex situ* i *in situ* oraz coraz częściej tworzonych kolekcji bazowych (core collection), a także odmiany współcześnie uprawiane (Humphreys, 1987; Brown, 1989; Bolaric i in., 2005; Hawtin i in., 1997; Boller, Greene, 2009; Gilbert i in., 1999; Greene i in., 2005; Góral, 1998; Hector i in., 1999; Martyniak, 2003; Tilman i in., 1997).

Celem głównym bieżących badań było określenie wpływu nawożenia organicznego i mineralnego na wybrane cechy agronomiczne traw wieloletnich, w tym gatunków niskonakładowych: kostrzewy czerwonej (*Festuca rubra* L.), kostrzewy łąkowej (*Festuca pratensis* Huds.), tymotki łąkowej (*Phleum pratense* L.), wiechliny łąkowej (*Poa pratensis* L.), wiechliny błotnej (*Poa palustris* L.), mietlicy olbrzymiej (*Agrostis gigantea* Roth), rajgrasu wyniosłego (*Arrhenatherum elatius*) i stokłosa bezostnej (*Bromus inermis* Leyss.). Cele szczegółowe to: (1) określenie wpływu nawożenia organicznego i mineralnego na

stopień odporności traw wieloletnich na stropy biotyczne i abiotyczne, (2) określenie wpływu nawożenia organicznego i mineralnego na cechy fenologiczne i morfologiczne traw wieloletnich oraz potencjał plonowania w użytkowaniu na paszę, (3) określenie współzależności pomiędzy stopniem odporności na stropy biotyczne i abiotyczne a cechami agronomicznymi traw wieloletnich w użytkowaniu na paszę przy nawożeniu organicznym i mineralnym, (4) określenie wpływu nawożenia organicznego i mineralnego na skład chemiczny gleby w uprawie traw wieloletnich na paszę.

MATERIAŁY I METODY

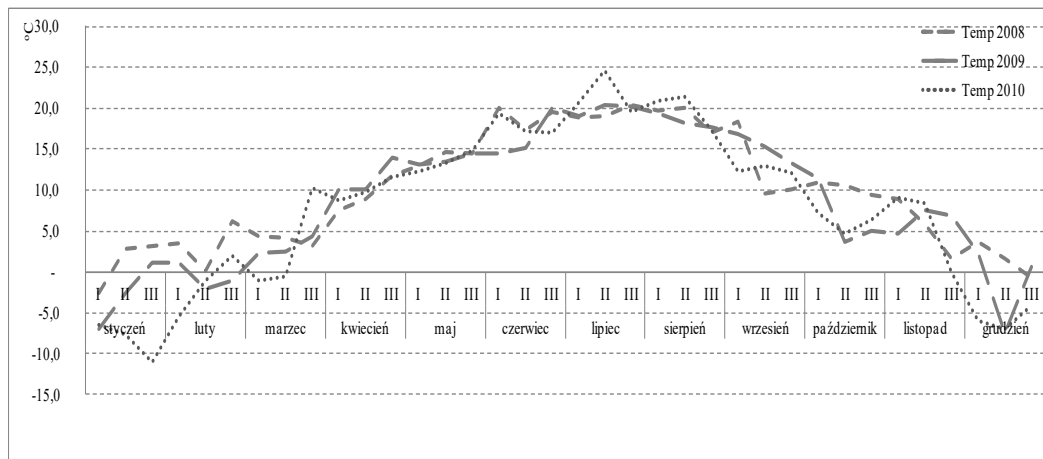
Doświadczenia prowadzono na polach doświadczalnych Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie w latach 2008–2010.

Materiał roślinny

Do badań włączono 20 genotypów w obrębie 7 gatunków traw wieloletnich z uwzględnieniem odmian starych i ekotypów: mietlicę białawą (*Agrostis alba* L.) zwaną też mietlicą olbrzymią (*Agrostis gigantea* Roth), rajgras wyniosły (*Arrhenatherum elatius*), kostrzewę czerwoną (*Festuca rubra* L.), kostrzewę łąkową (*Festuca pratensis* Huds.), tymotkę łąkową (*Phleum pratense* L.), wiechlinę łąkową (*Poa pratensis* L.) i wiechlinę błotną (*Poa palustris* L.). Materiał roślinny otrzymano w ramach współpracy z Krajowym Centrum Roślinnych Zasobów Genowych IHAR Radzików (próby nasion), z Ogiemem Botanicznym w Bydgoszczy (pojedynki roślin) oraz z Poznańską Hodowlą Roślin sp. z o.o. (pojedynki roślin).

Warunki meteorologiczne

W opracowaniu wykorzystano pomiary temperatury powietrza na wysokości 2 m nad gruntem oraz pomiary opadów, które wykonano w latach 2008–2010 w Stacji Meteorologicznej w Radzikowie.

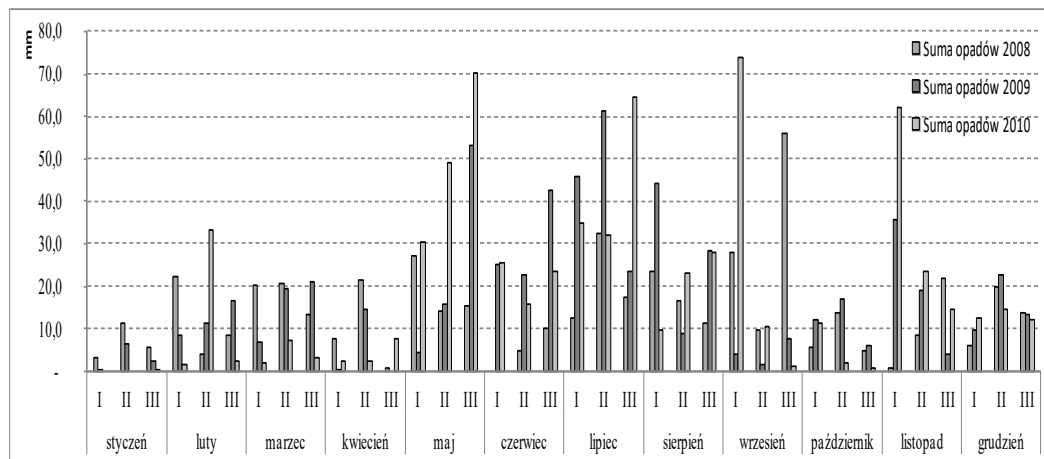


Rys. 1. Średnie dekadowe temperatury powietrza w Radzikowie w latach 2009–2010

Fig. 1. Mean decade temperatures in Radzików in the years 2009 and 2010

Opracowano je jako średnie dekadowe wartości temperatur powietrza oraz dekadowe sumy opadów i przedstawiono w formie wykresów (rys. 1 i 2).

Były one bardzo zróżnicowane na przestrzeni lat. Różnice pomiędzy latami w ilości opadów były bardzo duże szczególnie od trzeciej dekady czerwca do drugiej dekady września i przykładowo w pierwszej dekadzie września różnice te sięgały nawet 60 mm/m². Nie stwierdzono aż tak dużych różnic w trakcie sezonu wegetacyjnego dla średnich temperatur (poza I dekadą czerwca i II dekadą lipca). Jednak w okresie zimowym, różnice były znaczne (w styczniu 2010 roku średnie dekadowe temperatury powietrza przekraczały minus 10°C).



Rys. 2. Dekadowe sumy opadów w Radzikowie w latach 2009–2010
Fig.2. Total decade precipitation in Radzików in the years 2009 and 2010

Metodyka doświadczenia

Doświadczenie założono w formie szkółki jesienią 2008 roku i prowadzono w użytkowaniu kośnym. Każdy genotyp reprezentowało 15 roślin (3 powtórzenia po 5 roślin). Pojedynki po rozmnożeniu wegetatywnym wysadzono w rozstawie 75 cm×50 cm.

W użytkowaniu tradycyjnym stosowane nawożenie to: w roku założenia doświadczenia (jesienią 2008): 120 kg/ha P₂O₅, 60 kg/ha K₂O oraz w pierwszym i drugim roku badań (lata 2009 i 2010) i w drugim roku badań (2010): 70 kg/ha N, 120 kg/ha P₂O₅, 60 kg/ha K₂O (w okresie rozpoczęcia wegetacji), a następnie 60 kg/ha N po zbiorze każdego pokosu i 40 kg/ha K₂O w okresie późnej jesieni.

W użytkowaniu ekologicznym stosowano nawóz organiczny Rosahumus (3 kg/ha). Rośliny koszone kosiarką listwową lub kosiarką trawnikową w odstępie czasowym 3–4 tygodni na wysokości 7–10 cm.

Opis wykonywanych obserwacji

Stopień odporności na rdze

Stopień odporności na rdze, których sprawcami są grzyby z rodzaju *Puccinia* spp., opisano średnio 3 dni przed zbiorem kolejnego pokosu. Do oceny stopnia odporności roślin

na rdze użyto wizualnej, dziewięciostopniowej skali oddającej wielkość porażonej powierzchni liści (1–9). Skala ta odzwierciedla powierzchnię liścia pokrytą przez urediniospory, a nie uwzględnia typu reakcji. Jest to skala hodowlana, adekwatna do skali fitopatologicznej, powszechnie używanej w badaniach, których celem jest monitorowanie rdzy żółtobłowej na terenie Europy (Schubiger i in., 2010): 9 = brak objawów rdzy, 8 = niewielka powierzchnia liści pokryta rdzą; 7 = 5% powierzchni liści pokryta rdzą; 6 = 10% powierzchni liści pokryta rdzą; 5 = 25% powierzchni liści pokryta rdzą, tworzą się nieliczne uredia; 4 = 40% powierzchni liści pokryta rdzą, duża liczba uredini; 3 = 60% powierzchni liści pokryta rdzą, nieliczne nekrozy; 2 = 75% powierzchni liści pokryta rdzą, duża ilość nekrotycznych plam; 1 = ponad 75% powierzchni liści pokryta rdzą, duża część powierzchni liści pokryta nekrozami.

Stopień odporności na plamistość liści

Charakterystykę zmienności genetycznej dla stopnia odporności na plamistość liści określano poprzez wielkość porażenia organów wegetatywnych roślin przez grzyby z rodzaju *Drechslera* spp. Do oceny użyto skali 1–9, adekwatnej do tej, która została użyta przy ocenie stopnia odporności na rdzę żółtobłą (9 — rośliny zdrowe, 7–5% powierzchni liści pokrytych plamistościami, 5–25% powierzchni liści z objawami choroby, 3–60% powierzchni liści z objawami choroby) (Czembor, 2011).

Stan roślin po zimie oraz wigor wiosenny i jesienny

Ocena ogólnego wyglądu roślin późną jesienią w sposób kompleksowy odzwierciedlała wigor roślin, na który istotny wpływ miał stopień odporności na stresy biotyczne i abiotyczne występujące w trakcie całego sezonu wegetacyjnego. Natomiast ocena ogólnego wyglądu roślin wiosną odzwierciedlała wigor wzrostu roślin w okresie wczesnej wiosny, na który istotny wpływ miał stopień odporności na pleśń śniegową oraz stresy abiotyczne związane z okresem zimowym (niskie temperatury, wahania temperatur, brak lub zaleganie pokrywy śnieżnej lub lodowej). Pozwalała również na określenie zdolności badanych materiałów do szybkiej regeneracji po zimie. Do oceny wigoru wiosennego i jesiennego roślin używano skali 1–9 (1 = całkowite wyginięcie roślin, brak regeneracji, 2 = 75% roślin porażonych; większość z nich to rośliny martwe, a tylko niewielki procent ma zdolność do regeneracji; 3 = 60% roślin porażonych; większość z nich to rośliny martwe, a tylko niewielki procent ma zdolność do regeneracji; 4 = 40% roślin porażonych i martwych, ale możliwa jest ich regeneracja; 5 = 25 % roślin silnie uszkodzonych, ale regenerują się; 9 = rośliny zdrowe, o dużym wigorze).

Wysokość roślin oraz szerokość liści w stadium wegetatywnym

Wysokość roślin mierzono przed każdym koszeniem (w cm). Szerokość i długość liścia opisano pobierając próby reprezentatywne 5 liści z każdego pojedynka, pierwszego od góry w pełni wykształconego.

Plon zielonej i suchej masy

Plon zielonej masy i suchej masy określano dla trzech pokosów w pierwszym i drugim roku pełnego użytkowania. Zielona masa zbierana była z 3 kęp, ważona, a następnie suszona w temp. powyżej 35°C i powtórnie ważona.

Wczesność

Wczesność badanych materiałów odzwierciedlała liczbę dni od 1 kwietnia do daty początku kłoszenia, za którą uważa się dzień gdy 10% kwiatostanów wysuwa się z pochwy liścia flagowego.

Analizy składu chemicznego gleby

Analizy składu chemicznego gleby obejmowały następujące oznaczenia: kategoria gleby, odczyn gleby, zawartość azotu azotanowego i azotu amonowego (w mg/kg s.m.), zawartość azotu mineralnego (w kg/ha), zawartość składników przyswajalnych (fosforu, potasu i magnezu, w mg/100g gleby) oraz zawartość próchnicy (w %). Były one prowadzone dla prób pobranych przed nawożeniem wiosennym w 2009 roku, w okresie zimowym 2009/2010 oraz w okresie jesiennym 2010 roku.

Analizy statystyczne

Do oceny istotności różnic pomiędzy badanymi obiektami pod względem cech odporności na stresy biotyczne i abiotyczne oraz ważnych gospodarczo cech agronomicznych zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Po odrzuceniu hipotezy, o braku różnic pomiędzy obiektami, dokonano szczegółowego porównania obiektów pod względem badanych cech przy użyciu testu najmniejszej istotnej różnicy Fishera. Analizy danych przeprowadzono za pomocą programu InfoStat 1.6. Wielowymiarową zmienność badanych cech analizowano za pomocą analizy czynnikowej metodą składowych głównych Hotellinga z rotacją Varimax. Analiza czynnikowa metodą składowych głównych była wykonana na macierzy współczynników korelacji pomiędzy badanymi cechami, czyli na macierzy kowariancji cech standaryzowanych. Pozwoliła ona na wydzielenie nieskorelowanych funkcji liniowych badanych cech, zwanych składowymi głównymi (albo czynnikami głównymi), które wyjaśniają możliwie największą część (procent) zmienności całkowitej badanych cech (zmienności wielocехowej) pomiędzy rozpatrywanymi obiektami.

WYNIKI I DYSKUSJA

Znany jest fakt, że intensyfikacja rolnictwa, ściśle związana z postępowaniem biologicznym, którego ważnym elementem jest postęp hodowlano-genetyczny, spowodowała istotne zawężenie zmienności wewnątrz- i międzygatunkowej w obrębie większości gatunków roślin uprawnych (Czembor, 2011). Dlatego rozpoczęto wstępne prace, których celem było określenie wpływu nawożenia organicznego na wybrane cechy agronomiczne traw wieloletnich, z uwzględnieniem gatunków niskonakładowych, w użytkowaniu kośnym. Charakteryzując wiechlinę błotną i łąkową, mietlicę białawą, rajgras wyniosły, kostrzewę łąkową i czerwoną oraz tymotkę łąkową przy nawożeniu ekologicznym i tradycyjnym na paszę wykazano istotne różnice zarówno pomiędzy gatunkami jak i w obrębie gatunków. Szkółkę założono w okresie jesiennym 2008, po rozmnożeniu wegetatywnym kęp roślin przejętych z Ogrodu Botanicznego w Bydgoszczy, a obserwacje prowadzono w trakcie dwóch sezonów wegetacyjnych 2009 i 2010. Materiały zróżnicowano pod względem odporności na główne choroby oraz pod względem ważnych gospodarczo cech

biologicznych takich jak: morfologia blaszki liściowej, wigor wzrostu, potencjał produkcji zielonej i suchej masy z rozdzieleniem na okresy: wiosenny, letni i jesienny. Istotność zróżnicowania pomiędzy gatunkami oraz poszczególnymi genotypami potwierdzono za pomocą analizy wariancji. Dodatkowo określono zmiany w składzie chemicznym gleby dla obu typów nawożenia na przestrzeni lat.

Charakterystyka warunków glebowych doświadczeń

Doświadczenie założono na glebie klasy II o wysokiej zawartości fosforu (29,0–36 mg na 10 g gleby), wysokiej zawartości potasu (24,0–28,0 mg/100g gleby) oraz wysokiej zawartości magnezu (8,1–6,9 mg/100g gleby) (tab. 1).

Tabela 1

Wpływ nawożenia na skład chemiczny gleby w latach 2009–2010 Effect of fertilization type on the soil composition during 2009–2010

Okres pobierania prób Sampling time	Badane cechy Traits		Nawożenie Fertilization	
			tradycyjne conventional	ekologiczne ecological
2009 — okres wiosenny; początek wegetacji spring, beginning of vegetation i	kategoria gleby class of soil		II	II
	zawartość N (mg/kg s. m.) nitrogen content	azot azotanowy — nitrates azot amonowy — ammonium salts	24,22 8,17	9,45 2,81
	zawartość N mineralnego — mineral nitrogen content (kg/ha)		105,76	52,72
	zawartość próchnicy (%) organic matter content (%)		0,87	0,87
	odczyn; pH		kwaśny acidic	kwaśny acidic
	zawartość składników przyswajalnych (mg/100 g gleby) content of available elements (mg/100 g of soil)	fosfor — phosphorus potas — potassium	36 28	29 24
		magnez — magnesium	6,9	8,1
	kategoria gleby — class of soil		II	III
	zawartość N (mg/kg s. m.) nitrogen content	azot azotanowy — nitrates azot amonowy — ammonium salts	5,05 3,05	2,9 1,62
	zawartość N mineralnego mineral nitrogen content (kg/ha)		36,5	19,4
2009/2010 — okres zimowy winter	zawartość próchnicy (%) organic matter content (%)		0,83	0,77
	Odczyn; pH		kwaśny acidic	kwaśny acidic
	zawartość składników przyswajalnych (mg/100g gleby) content of available elements (mg/100 g of soil)	fosfor — phosphorus potas — potassium	28,0 21,0	26,0 20,0
		magnez — magnesium	6,9	8,0
	kategoria gleby — class of soil		II	III
	zawartość N (mg/kg s. m.) nitrogen content	azot azotanowy — nitrates azot amonowy — ammonium salts	22,8 1,55	12,6 1,0
2010 — okres jesienny; koniec wegetacji fall, end of vegetation	zawartość N mineralnego mineral nitrogen content (kg/ha)		110	54,2
	zawartość próchnicy (%) organic matter content (%)		1,15	2,48

Na podstawie analiz prób pobranych na przełomie lat 2009 i 2010, stwierdzono, że nawożenie ekologiczne nie wpłynęło ujemnie na zawartość potasu i magnezu (zawartość tych składników była podobna jak w systemie nawożonym tradycyjnie nawozami mineralnymi). Ważny jest fakt, że nawożenie ekologiczne wpłynęło bardzo istotnie na wzrost zawartości fosforu (przy nawożeniu ekologicznym 44,0 mg/100g gleby a w części nawożonej tradycyjnie nawozami mineralnymi 29,0 mg/100 g gleby). Zawartość próchnicy nie uległa zmianie. Natomiast w okresie jesiennym, po dwóch latach prowadzenia doświadczenia, jej zawartość znacznie wzrosła, szczególnie w systemie nawożenia organicznego (z 0,87% w 2008 roku do 1,15% w 2010 roku w przy nawożeniu tradycyjnym i do 2,48% przy nawożeniu ekologicznym).

Zróżnicowanie dla stopnia odporności na stresy biotyczne i abiotyczne

System nawożenia w sposób istotny wpływał na rozwój grzybów z rodzaju *Puccinia* spp., będących sprawcami rdzy traw wieloletnich, takich jak *Drechslera* spp. oraz *Bipolaris* spp., będących sprawcami plamistości liści, co potwierdziło wyniki uzyskane przez inne zespoły badawcze (Prończuk i in., 1984; Plummer i in., 1990; Prończuk, Zagdańska, 1993; Welty, Barker, 1994; Prończuk, 2000; Prończuk i Prończuk, 2005). Podobnie jak w badaniach prowadzonych przez Prończuk (2000) stwierdzono, że wiechlina łąkowa i błotna porażane były przez grzyby *P. striformis* oraz *P. poae nemoralis*, a rajgras wyniosły przez *P. coronata*. Plamistości liści rajgrasu wyniosłego, kostrzewy czerwonej i kostrzewy łąkowej powodowane były grzybami *D. dictioides* i *B. sorokiniana*. Plamistości liści wiechliny łąkowej powodowane były przez *D. poae*, co było badane we wcześniejszych pracach prowadzonych przez Czembor (2002, 2003 a, 2003 b, 2004). Dodatkowo, w okresie wiosennym 2009 roku stwierdzono porażenie wiechliny łąkowej mączniakiem prawdziwym przy nawożeniu ekologicznym oraz rdzą żółtą (powodowaną przez *P. poae nemoralis*) przy nawożeniu ekologicznym, jak i tradycyjnym (tab. 2, 3). Zróżnicowanie dla stopnia odporności na mączniaka prawdziwego w kolekcji ekotypów wiechliny łąkowej opisane zostało również w pracy Czembor i in. (2001 a), a na rdze w pracy Czembor i in. (2001 b). W okresie wiosennym roku 2010 nie stwierdzono porażenia roślin przez grzyby z rodzaju *Puccinia* spp., będących sprawcami rdzy oraz *Blumeria* spp., będących sprawcami mączniaka prawdziwego. W okresie letnim i jesiennym 2009 i 2010 warunki meteorologiczne sprzyjały rozwojowi grzybów z rodzaju *Puccinia* spp., a w 2010 roku również grzybów, będących sprawcami plamistości liści: *Drechslera* spp. i *Bipolaris* spp. Gatunki odporne na grzyby z rodzaju *Puccinia* spp. zarówno w systemie nawożenia ekologicznym, jak i tradycyjnym to formy późne: tymotka łąkowa i kostrzewa czerwona oraz mietlica biaława (średnio odporność została oceniona na poziomie 9,0 — brak infekcji lub 8, co oznaczało tylko lekkie ślady porażenia). Gatunkami najbardziej podatnymi na rdze w okresie letnim i jesiennym były wiechlina błotna (średnio odporność tego gatunku została oceniona na poziomie 4,0–4,3 w systemie ekologicznym i 5,3–6,0 w tradycyjnym) i rajgras wyniosły (zakres zmienności dla tej cechy wahał się od 3,0 do 7,0 przy nawożeniu tradycyjnym i od 3,0 do 6,7 przy nawożeniu ekologicznym).

Tabela 2

Stopień odporności kostrzewy czerwonej i łąkowej, mietlicy olbrzymiej, rajgrasu wyniosłego, stokłosa bezostnej, tymotki łąkowej oraz wiechliny łąkowej i błotnej na stropy biotyczne i abiotyczne przy nawożeniu ekologicznym latach 2009–2010

Red fescue, meadow fescue, redtop, tall meadow oat, smooth brome, timothy-grass, Kentucky bluegrass and wood bluegrass resistance for biotic and abiotic stresses under organic fertilizing system during 2009–2010

Gatunek Species	Genotyp Genotype	2009				2010								
		wiosna spring		lato summer	jesień fall	Stan po zimie vigor after winter	wiosna spring			lato summer		jesień fall		
		Mączniak Powdery	Rdza Rust	Rdza Rust	Rdza Rust		Wigor Vigor	Plamistości Leaf spot	Rdza Rust	Plamistości Leaf Spot	Rdza Rust	Plamistości Leaf Spot	Rdza Rust	Wigor Vigor
Kostrzewa czerwona (<i>Festuca rubra</i> L.)	Anitawa	9,0	9,0	9,0	9,0	5,7	8,7	9,0	9,0	7,3	7,3	9,0	9,0	6,0
	Barna	9,0	9,0	9,0	9,0	6,7	8,0	8,0	9,0	7,7	8,0	9,0	9,0	6,0
	Reda	9,0	9,0	9,0	9,0	7,3	8,7	8,0	9,0	5,3	8,0	7,0	9,0	6,0
Kostrzewa łąkowa (<i>Festuca pratensis</i> Huds.)	Cykada	9,0	9,0	7,0	6,0	3,0	9,0	8,0	9,0	7,0	8,0	9,0	9,0	6,0
	Gerda	9,0	9,0	4,0	4,3	4,3	9,0	7,0	9,0	6,0	7,0	7,0	9,0	5,0
	POB 69	9,0	9,0	5,0	6,0	2,7	9,0	8,0	9,0	5,7	8,0	9,0	9,0	6,0
	POB 78	9,0	9,0	6,0	6,0	3,0	9,0	8,0	9,0	6,0	8,0	9,0	9,0	5,7
Mietlica olbrzymia (<i>Agrostis gigantea</i> Roth)	E2	9,0	9,0	8,0	9,0	4,0	9,0	9,0	9,0	8,0	9,0	9,0	9,0	5,0
Rajgras wyniosły (<i>Arrhenathe- rum elatius</i>)	E1	9,0	9,0	5,7	4,3	4,7	9,0	9,0	8,0	8,0	5,0	7,0	7,0	6,0
	POL 98097	9,0	9,0	6,7	4,0	3,7	8,0	8,0	7,0	6,7	5,7	6,0	9,0	5,3
	Skrzeszowi- cki	9,0	9,0	5,7	3,3	8,0	8,0	8,0	7,0	6,0	5,3	7,0	9,0	6,0
	Więclawicki	9,0	9,0	5,0	3,0	7,0	8,0	8,0	7,0	8,0	4,3	6,0	9,0	5,0
Stokłosa bezostana (<i>Bromus inermis</i> Leyss.)	Leif	9,0	9,0	8,0	4,0	6,0	6,0	6,0	9,0	5,0	9,0	9,0	9,0	3,0
Tymotka łąkowa (<i>Phleum pratense</i> L.)	Emma	9,0	9,0	9,0	9,0	8,0	8,7	9,0	9,0	7,0	9,0	9,0	9,0	6,0
	POBT 69	9,0	9,0	9,0	9,0	8,0	9,0	9,0	9,0	7,0	8,0	9,0	9,0	6,0
	POBT 71	9,0	9,0	9,0	9,0	7,0	9,0	9,0	9,0	7,0	8,0	9,0	9,0	6,0
Wiechlina błotna (<i>Poa palustris</i> L.)	Skrzeszowi- cka	9,0	9,0	4,0	4,3	3,0	6,0	8,0	7,0	8,0	6,0	6,0	4,0	4,0
Wiechlina łąkowa (<i>Poa pratensis</i> L.)	Eska 46	9,0	9,0	6,0	7,0	5,3	6,3	9,0	7,0	5,0	6,3	9,0	6,0	4,0
	SKW 11	9,0	5,3	7,0	5,7	6,0	6,7	9,0	6,0	4,0	6,0	9,0	5,0	3,0
	SKW 13	9,0	5,0	7,0	6,3	5,0	5,7	9,0	7,0	5,0	5,0	9,0	6,0	4,0
NIR — LSD Fisher*		Ni	0,21	0,37	0,52	0,71	0,52	Ni	0,37	0,30	0,37	0,48	0,71	0,30

* Po odrzuceniu hipotezy, o braku różnic pomiędzy obiektami metodą analizy wariancji na poziomie istotności 0,05, dokonano szczegółowego porównania obiektów testem Fischera przy użyciu najmniejszej istotnej różnicy

* After differences between objects were detected using analysis of variance at the significance level 0.05, detailed comparisons of objects were performed by the Fischer's test and the least significant difference method

Tabela 3

Stopień odporności kostrzewy czerwonej i łąkowej, mietlicy olbrzymiej, rajgrasu wyniosłego, stokłosa bezostnej, tymotki łąkowej oraz wiechliny łąkowej i błotnej na stropy biotyczne i abiotyczne przy nawożeniu tradycyjnym w latach 2009–2010

Red fescue, meadow fescue, redtop, tall meadow oat, smooth brome, timothy-grass, Kentucky bluegrass and wood bluegrass resistance for biotic and abiotic stresses when grown using conventional fertilizers during 2009–2010

Gatunek Species	Genotyp Genotype	2009						2010								
		wiosna spring		lato summer		jesień fall		Stan po zimie Vigor after winter	wiosna spring			lato summer		jesień fall		
		Mączniak Powdery mildew	Rdza Rust	Rdza Rust	Rdza Rust	Rdza Rust	Rdza Rust		Wigor Vigor	Plamistości Leaf spot	Rdza Rust	Plamistości Leaf spot	Rdza Rust	Plamistości Leaf spot	Rdza Rust	Wigor Vigor
Kostrzewa czerwona (<i>Festuca rubra</i> L.)	Anitawa	9,0	9,0	9,0	8,7	6,0	8,3	9,0	8,0	6,3	7,3	6,0	7,0	5,7		
	Barma	9,0	9,0	9,0	8,3	8,0	8,0	7,3	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0	6,0		
	Reda	9,0	9,0	9,0	9,0	7,0	8,0	8,0	8,0	7,0	8,0	8,0	9,0	6,7		
Kostrzewa łąkowa (<i>Festuca pratensis</i> Huds.)	Cykada	9,0	9,0	8,0	6,3	5,0	9,0	8,0	9,0	6,3	8,0	6,3	9,0	5,0		
	Gerda	9,0	9,0	6,0	7,3	5,0	9,0	6,0	8,0	7,0	7,0	6,0	7,0	6,0		
	POB 69	9,0	9,0	7,0	7,0	6,0	9,0	8,0	9,0	7,0	8,0	6,0	9,0	4,7		
	POB 78	9,0	9,0	8,0	7,3	6,0	9,0	7,7	9,0	7,0	8,0	6,0	9,0	5,3		
Mietlica olbrzymia (<i>Agrostis gigantea</i> Roth)	E2	9,0	9,0	9,0	9,0	5,0	9,0	9,0	9,0	8,0	9,0	7,3	9,0	5,7		
Rajgras wyniosły (<i>Arrhenathera elatius</i>)	E1	9,0	9,0	5,7	7,0	8,0	9,0	9,0	9,0	8,0	5,0	7,0	7,0	7,0		
	POL 98097	9,0	9,0	4,7	4,3	8,0	8,0	9,0	8,0	8,0	5,7	7,0	6,7	5,0		
	Skrzeszowi- cki	9,0	9,0	5,0	4,0	8,0	9,0	9,0	8,0	8,0	5,3	6,3	6,7	6,0		
	Więclawicki	9,0	9,0	4,0	3,0	8,0	8,0	9,0	8,0	8,0	4,3	6,0	6,7	5,7		
Stokłosa bezostana (<i>Bromus inermis</i> Leyss.)	Leif	9,0	9,0	6,0	4,0	6,0	8,0	6,0	8,0	7,0	9,0	5,3	9,0	3,3		
Tymotka łąkowa (<i>Phleum pratense</i> L.)	Emma	9,0	9,0	9,0	9,0	8,0	9,0	9,0	9,0	8,0	9,0	9,0	9,0	6,0		
	POBT 69	9,0	9,0	9,0	9,0	8,0	9,0	9,0	9,0	8,0	8,0	9,0	9,0	6,3		
	POBT 71	9,0	9,0	9,0	9,0	5,0	9,0	9,0	9,0	8,0	8,0	9,0	9,0	6,0		
Wiechlina błotna (<i>Poa palustris</i> L.)	Skrzeszowi- cka	9,0	9,0	5,3	6,0	4,0	5,7	8,7	7,0	7,0	6,0	9,0	3,0	2,3		
Wiechlina łąkowa (<i>Poa pratensis</i> L.)	Eska 46	4,3	4,7	8,7	8,7	5,7	8,7	9,0	7,0	8,0	6,3	7,0	6,0	4,0		
	SKW 11	5,0	4,7	8,0	7,3	7,0	9,0	9,0	4,0	8,0	6,0	8,0	5,0	3,0		
	SKW 13	6,0	5,7	8,0	7,0	6,0	9,0	9,0	5,0	8,0	5,0	8,0	6,0	3,0		
NIR — LSD Fisher *		0,42	0,37	0,42	0,60	0,21	0,64	0,37	0,37	0,48	0,48	0,30	0,65	0,46		

* Po odrzuceniu hipotezy, o braku różnic pomiędzy obiektami metoda analizy wariancji na poziomie istotności 0,05, dokonano szczegółowego porównania obiektów testem Fischera przy użyciu najmniejszej istotnej różnicy

* After differences between objects were detected using analysis of variance at the significance level 0.05, detailed comparisons of objects were performed by the Fischer's test and the least significant difference method

Niskie temperatury powietrza oraz duża ilość opadów w okresie wiosennym 2010 roku miały istotny wpływ na rozwój plamistości liści powodowanych przez grzyby z rodzaju *Drechslera* spp. Przy nawożeniu ekologicznym i tradycyjnym gatunkami najbardziej podatnymi były wiechlina łąkowa (średnie porażenie 5,3 w skali 1–9; gdzie 9 oznacza brak porażenia) i rajgras wyniosły (średnie porażenie ok. 6,5) natomiast najbardziej odporne to mietlica biaława, kostrzewa czerwona i tymotka łąkowa.

Ocena stanu roślin po zimie w 2010 roku odzwierciedlała odporność roślin na stresy wywołane czynnikami biotycznymi (pleśń śniegowa) oraz abiotycznymi (bardzo niskie temperatury) w okresie zimowym. Gatunki: mietlica biaława, rajgras wyniosły, wiechlina błotna i łąkowa oraz kostrzewa łąkowa charakteryzowały się nieznacznie gorszym stanem po zimie w systemie nawożenia ekologicznego niż w systemie nawożenia tradycyjnego. Ocena wigoru roślin dokonana 2 tygodnie po ocenie stanu roślin po zimie wykazała, że wszystkie gatunki (oprócz wiechliny błotnej przy nawożeniu ekologicznym) bardzo szybko regenerowały się.

Zróżnicowanie dla cech agronomicznych

W charakterystyce badanych gatunków uwzględniono: początek kłoszenia, morfologię liścia (długość, szerokość liścia), wysokość roślin przed zbiorem każdego pokosu oraz plon zielonej i suchej masy (tab. 4, 5, 6, 7). Wczesność jest jedną z ważniejszych cech uwzględnianych w charakterystyce traw wieloletnich (Armstead i in., 2004; Skot i in., 2005). Informacja ta jest podstawą do wstępnego wnioskowania o rytmie wzrostu rośliny, jej krzewieniu się oraz całkowitej produkcji zielonej i suchej masy w użytkowaniu kośno-polowym lub łąkowym. Warunkuje również typ użytkowania — okres pierwszego wypasu i termin zbioru pierwszego pokosu, ze względu na ujemną współzależność pomiędzy wczesnością i strawnością zebranej biomasy. Pozostałe cechy, a szczególnie morfologia blaszki liściowej również w sposób istotny świadczą o wartości rolniczej traw pastewnych (Hazard i in., 1994; Rhodes, 1969; Falkowski i in., 2000; Klęczek, 2002; Wheeler, Corbett, 1989; Williams i in., 2001). Morfologia blaszek liściowych decyduje nie tylko o potencjale plonowania, lecz również o wartości żywieniowej określonego genotypu. Strefa wzrostu blaszek liściowych pełni podstawową rolę w syntezie, zarówno cukrów jak i białek, a cukry proste pokrywające zapotrzebowanie zwierząt na energię w 70% gromadzone są w pochwach liściowych (Buxton i Russel, 1988; Cogan i in., 2005; Morgan-Bertrand i in., 2001; Morvan i in., 2001; Rogalski, Kozłowski, 1981; Spollen, Nelson, 1988; Virkajärvi, Järvenranta, 2001). Struktura masy nadziemnej, stadium rozwojowe rośliny i budowa anatomiczna warunkuje również zawartość węglowodanów strukturalnych, które decydują o strawności uzyskiwanej paszy i wielkości siły potrzebnej na zerwanie. W bieżących badaniach, w 2009 roku gatunkami najwcześniej kłoszącymi się była wiechlina łąkowa i kostrzewa czerwona. W roku 2010 różnice pomiędzy gatunkami dla daty kłoszenia te były nieistotne. Przy obu systemach nawożenia badane gatunki różniły się pomiędzy sobą również pod względem wysokości przed zbiorem pierwszego, drugiego i trzeciego pokosu. Istotne różnice dla tej cechy stwierdzono również w obrębie rajgrasu wyniosłego i tymotki łąkowej. Najdłuższymi liśćmi charakteryzowały się genotypy tymotki łąkowej i rajgrasu wyniosłego, a system nawożenia nie miał istotnego wpływu na tę cechę.

Tabela 4

Charakterystyka zmienności genetycznej dla cech świadczących o wartości użytkowej kostrzewy czerwonej i łąkowej, mietlicy olbrzymiej, rajgrasu wyniosłego, stokłosa bezostnej, tymotki łąkowej oraz wiechlina łąkowej i błotnej przy nawożeniu ekologicznym w roku 2009

Genetic diversity of red fescue, meadow fescue, redtop, tall meadow oat, smooth brome, timothy-grass, Kentucky bluegrass and wood bluegrass agronomic traits under organic fertilizers in 2009

Gatunek Species	Genotyp Genotype	Wczesność Maturity*	Wiosna (1. pokos) Spring (1. cut)						Lato (2. pokos) Summer (2. cut)				Jesień (3. pokos) Fall (3. cut)			
			wysokość height (cm)	dł. liścia (cm)	szer. liścia (cm)	ZM** (g)	SM** (g)	SM/ZM (%)	wysokość height (cm)	ZM (g)	SM (cm)	SM/ZM (%)	wysokość height (cm)	ZM (g)	SM (g)	SM/ZM (%)
Kostrzewa czerwona (<i>Festuca rubra</i> L.)	Anitawa	37	13,7	7,3	3,7	8	2,6	31,08	79,2	290	80	28,87	42,3	170	50	31,67
	Barma	34	16,9	10,5	3,3	10	2,8	34,9	69,6	600	170	28,54	36,0	340	110	32,81
	Reda	44	17,2	7,4	3,0	10	3,0	35,27	87,4	810	230	28,88	37,9	260	90	34,05
Kostrzewa łąkowa (<i>Festuca pratensis</i> Huds.)	Cykada	41	29,9	12,2	8,4	140	40,0	25,55	93,6	1420	320	22,72	41,9	430	120	28,66
	Gerda	35	47,1	12,2	8,4	100	30,0	27,5	43,5	420	140	34,89	42,8	610	200	32,47
	POB 69	41	29,0	16,3	8,1	170	40,0	26,03	97,1	1370	340	24,62	44,9	540	160	30,35
	POB 78	44	48,3	16,3	8,1	100	30,0	27,25	91,2	1170	290	24,65	41,8	510	150	29,81
Mietlica olbrzymia (<i>Agrostis gigantea</i> Roth)	E2	62	32,6	14,6	6,4	50	10,0	23,37	49,4	1140	330	28,72	31,4	850	240	28,85
Rajgras wyniosły (<i>Arrhenathe- rum elatius</i>)	E1	44	80,6	17,9	8,7	120	20,0	22,24	133,1	930	270	29,06	47,2	320	110	32,91
	POL 98097	67	53,3	20,0	6,0	270	60,0	23,57	106,4	660	170	25,99	77,0	330	70	20,9
	Skrzeszowi- cki	64	53,3	17,5	5,1	120	20,0	22,24	119,9	780	180	23,4	40,4	260	100	38,96
	Więclawicki	64	53,3	20,0	6,0	120	20,0	22,24	229,4	870	270	30,7	33,2	90	20	19,94
Stokłosa bezostana (<i>Bromus inermis</i> Leyss.)	Leif	64	53,3	25,9	11,4	120	20,0	22,24	119,7	750	250	32,36	29,7	400	90	23,84
Tymotka łąkowa (<i>Phleum pratense</i> L.)	Emma	62	49,7	23,2	10,8	370	90,0	23,16	145,3	1280	420	32,61	36,1	330	90	26,7
	POBT 69	62	55,6	22,7	13,4	340	90,0	24,88	142,3	1210	390	32,38	34,6	310	90	27,31
	POBT 71	62	52,3	19,0	10,3	280	60,0	23,31	142,1	1130	380	33,49	32,8	270	70	26,31
Wiechlina błotna (<i>Poa palustris</i> L.)	Skrzeszowi- cka	67	35,0	0,0	0,0	140	40,0	29,72	39,9	210	90	42,09	30,9	120	40	33,9
Wiechlina łąkowa (<i>Poa pratensis</i> L.)	Eska 46	34	18,3	7,4	4,7	10	4,3	34,58	74,0	250	110	43,16	25,4	110	40	32,41
	SKW 11	34	17,0	7,8	4,8	10	2,0	39,52	89,6	230	100	45,46	33,2	80	30	30,21
	SKW 13	34	17,1	7,1	4,6	10	4,4	34,2	81,9	240	110	43,45	30,8	110	40	30,77
NIR — LSD Fisher**		15	6,04	2,44	1,21	92,7	19,9	3,76	16,24	344,2	98,6	2,08	7,51	156,70	54,0	4,20

*liczba dni od 1.04.06 do daty początku kłoszenia; number of days from 01.04.06 to the beginning of heading; ** - plon zielonej masy zebrany z 3 kęp; yield of fresh mass collected from 3 clumps of grass; *** - plon suchej masy zebrany z 3 kęp; yield of dry mass collected from 3 clumps of grass

**** Po odrzuceniu hipotezy, o braku różnic pomiędzy obiektami metoda analizy wariancji na poziomie istotności 0,05, dokonano szczegółowego porównania obiektów testem Fischera przy użyciu najmniejszej istotnej różnicy; After differences between objects were detected using analysis of variance at the significance level 0.05, detailed comparisons of objects were performed by the Fischer's test and the least significant difference method

Tabela 5

Charakterystyka zmienności genetycznej dla cech świadczących o wartości użytkowej kostrzewy czerwonej i łąkowej, mietlicy olbrzymiej, rajgrasu wyniosłego, stokłosa bezostnej, tymotki łąkowej oraz wiechlina łąkowej i błotnej przy nawożeniu tradycyjnym w roku 2009

Genetic diversity of red fescue, meadow fescue, redtop, tall meadow oat, smooth brome, timothy-grass, Kentucky bluegrass and wood bluegrass agronomic traits under conventional fertilization in 2009

Gatunek Species	Genotyp Genotype	Wczesność Maturity*	Wiosna (1. pokos) Spring (1. cut)						Lato (2. pokos) Summer (2. cut)				Jesień (3. pokos) Fall (3. cut)			
			wysokość height (cm)	dł. liścia (cm)	szer. liścia (cm)	ZM** (g)	SM*** (g)	SM/ZM (%)	wysokość height (cm)	ZM (g)	SM (cm)	SM/ZM (%)	wysokość height (cm)	ZM (g)	SM (g)	SM/ZM (%)
Kostrzewa czerwona (<i>Festuca rubra</i> L.)	Anitawa	30	42,3	8,5	3,4	70	20	28,68	108,3	1140	270	21,53	42,3	580	150	25,84
	Barma	30	45,1	11,8	4,0	50	20	32,27	84,4	800	210	26,03	37,5	360	100	27,54
	Reda	41	44,3	7,2	3,0	100	30	30,15	80,7	660	170	24,46	26,6	260	60	27,59
Kostrzewa łąkowa (<i>Festuca pratensis</i> Huds.)	Cykada	30	58,7	15,6	7,4	130	40	26,05	104,1	1170	380	22,28	49,2	940	250	26,70
	Gerda	41	53,8	16,6	9,3	80	20	24,34	118,2	1100	300	26,95	46,5	890	220	24,30
	POB 69	30	25,6	18,1	9,1	120	30	27,28	87,8	1100	260	23,88	47,8	730	180	24,88
	POB 78	41	24,1	16,2	8,5	60	20	27,1	90,8	1110	250	22,8	46,5	900	220	24,40
Mietlica olbrzymia (<i>Agrostis gigantea</i> Roth)	E2	62	34,7	13,5	6,8	120	30	22,99	118,9	2510	590	23,92	36,5	960	230	23,35
Rajgras wyniosły (<i>Arrhenatherum elatius</i>)	E1	44	95,7	19,5	8,6	670	120	22,79	159,3	790	250	28,28	55,1	350	90	25,01
	POL 98097	56	69,7	19,5	8,6	710	150	20,96	128,1	1110	260	23,12	37,1	250	40	15,80
	Skrzeszowicki	54	75,8	21,6	6,0	700	140	20,05	204,2	1590	370	23,35	31,2	220	40	17,82
	Więclawicki	56	75,8	21,6	6,0	700	140	20,05	128,6	950	210	22,35	32,7	160	30	15,76
Stokłosa bezostana (<i>Bromus inermis</i> Leyss.)	Leif	64	75,8	30,0	13,7	700	140	20,05	249,0	1910	480	25,12	36,6	740	240	32,40
Tymotka łąkowa (<i>Phleum pratense</i> L.)	Emma	62	52,2	22,4	12,1	390	90	22,26	155,3	1630	480	29,52	45,1	690	170	24,50
	POBT 69	56	42,6	23,9	10,1	430	100	23,38	157,0	1710	480	27,85	40,7	470	120	25,66
	POBT 71	52	43,5	24,2	10,6	250	60	23,33	163,4	1600	470	29,52	45,8	640	160	25,20
Wiechlina błotna (<i>Poa palustris</i> L.)	Skrzeszowicka	61	35,4	-	-	130	30	22,62	89,4	580	170	30,15	24,7	240	50	22,17
Wiechlina łąkowa (<i>Poa pratensis</i> L.)	Eska 46	30	72,0	7,0	5,1	70	20	31,91	98,4	440	160	37,43	38,1	210	70	35,20
	SKW 11	30	20,5	7,9	5,5	20	10	37,98	123,4	640	230	37,0	41,4	250	80	33,11
	SKW 13	30	73,44	8,2	6,4	90	30	33,01	110,1	520	200	38,07	37,8	250	90	34,47
NIR — LSD Fisher****		23,2	6,68	2,87	1,0	170,0	40	2,13	11,30	490	120	3,65	5,35	230	60	3,36

*liczba dni od 1.04.06 do daty początku kłoszenia; number of days from 01.04.06 to the beginning of heading; ** - plon zielonej masy zebrany z 3 kęp; yield of fresh mass collected from 3 clumps of grass; *** - plon suchej masy zebrany z 3 kęp; yield of dry mass collected from 3 clumps of grass

**** Po odrzuceniu hipotezy, o braku różnic pomiędzy obiektami metoda analizy wariancji na poziomie istotności 0,05, dokonano szczegółowego porównania obiektów testem Fischera przy użyciu najmniejszej istotnej różnicy

Tabela 6

Charakterystyka zmienności genetycznej dla cech świadczących o wartości użytkowej kostrzewy czerwonej i łąkowej, mietlicy olbrzymiej, rajgrasu wyniosłego, stokłosa bezostnej, tymotki łąkowej oraz wiechlina łąkowej i błotnej przy nawożeniu ekologicznym w roku 2010

Genetic diversity of red fescue, meadow fescue, redtop, tall meadow oat, smooth brome, timothy-grass, Kentucky bluegrass and wood bluegrass agronomic traits under organic fertilization in 2010

Gatunek Species	Genotyp Genotype	Wczesność Maturity*	Wiosna (1. pokos) Spring (1. cut)						Lato (2. pokos) Summer (2. cut)				Jesień (3. pokos) Fall (3. cut)			
			wysokość height (cm)	dl. liścia (cm)	szer. liścia (cm)	ZM** (g)	SM*** (g)	SM/ZM (%)	wysokość height (cm)	ZM (g)	SM (g)	SM/ZM (%)	wysokość height (cm)	ZM (g)	SM (g)	SM/ZM (%)
Kostrzewa czerwona (<i>Festuca rubra</i> L.)	Anitawa	41	60,5	15,7	1,3	1111	183	17,1	47,1	284	87	31,0	40,9	267	69	25,8
	Barma	49	52,2	16,5	1,3	542	120	22,3	35,9	170	51	30,3	37,8	236	72	30,5
	Reda	49	55,6	14,9	1,1	714	147	20,5	33,6	140	45	32,3	37,6	241	76	31,8
Kostrzewa łąkowa (<i>Festuca pratensis</i> Huds.)	Cykada	49	63,6	21,1	1,9	1022	187	18,5	45,3	384	100	26,0	38,4	259	72	28,1
	Gerda	49	74,7	20,0	1,9	1127	227	20,2	45,8	214	64	30,5	34,8	157	45	28,8
	POB 69	49	78,0	21,6	1,4	1390	258	18,6	48,7	327	96	29,5	38,1	247	68	27,9
	POB 78	49	79,3	21,8	1,8	1367	266	19,4	48,9	303	84	28,1	39,9	278	75	27,1
Mietlica olbrzymia (<i>Agrostis gigantea</i> Roth)	E2	49	56,0	15,6	0,8	1751	326	18,6	40,8	581	149	25,7	35,6	605	174	28,9
Rajgras wyniosły (<i>Arrhenatherum elatius</i>)	E1	41	86,7	23,6	1,7	795	145	18,3	97,0	449	132	29,6	42,3	163	49	30,0
	POL 98097	41	67,3	19,8	2,0	596	86	13,7	91,3	432	126	29,2	57,7	271	93	34,1
	Skrzeszowicki	41	74,0	22,1	2,7	931	158	17,0	75,0	509	133	26,2	43,7	311	91	29,4
	Więclawicki	41	84,2	20,1	3,3	626	119	19,0	86,8	306	90	29,4	57,1	142	49	34,7
Stokłosa bezostna (<i>Bromus inermis</i> Leyss.)	Leif	49	61,1	22,4	2,3	839	147	17,6	53,2	364	94	25,8	55,1	286	93	32,5
Tymotka łąkowa (<i>Phleum pratense</i> L.)	Emma	49	74,9	27,7	2,9	987	195	19,8	47,4	319	84	26,7	46,2	244	84	34,5
	POBT 69	49	72,0	26,4	2,5	797	171	21,6	46,0	287	78	27,2	42,3	209	69	33,1
	POBT 71	49	73,4	25,6	1,9	809	173	21,5	48,1	284	79	27,9	40,7	241	82	34,3
Wiechlina błotna (<i>Poa palustris</i> L.)	Skrzeszowicka	49	59,7	13,5	0,9	168	39	23,8	55,2	64	23	36,1	37,4	47	21	43,6
Wiechlina łąkowa (<i>Poa pratensis</i> L.)	Eska 46	41	29,4	5,5	0,7	180	43	24,1	27,8	71	28	41,0	27,9	88	33	37,8
	SKW 11	41	41,7	7,2	0,7	112	30	31,1	33,4	69	23	45,7	36,2	92	34	37,5
	SKW 13	41	29,8	6,4	0,8	188	48	26,2	30,4	107	43	41,0	27,4	121	45	36,6
NIR — LSD Fisher**	Ni		8,73	2,72	1,06	359,60	66,44	4,63	8,43	97,31	28,78	2,70	7,41	111,32	32,59	2,69

*liczba dni od 1.04.06 do daty początku kłoszenia; number of days from 01.04.06 to the beginning of heading; ** - plon zielonej masy zebrany z 3 kęp; yield of fresh mass collected from 3 clumps of grass; *** - plon suchej masy zebrany z 3 kęp; yield of dry mass collected from 3 clumps of grass

****Po odrzuceniu hipotezy, o braku różnic pomiędzy obiektami metoda analizy wariancji na poziomie istotności 0,05, dokonano szczegółowego porównania obiektów testem Fischera przy użyciu najmniejszej istotnej różnicy

Tabela 7

Charakterystyka zmienności genetycznej dla cech świadczących o wartości użytkowej kostrzewy czerwonej i łąkowej, mietlicy olbrzymiej, rajgrasu wyniosłego, stokłosa bezostnej, tymotki łąkowej oraz wiechlina łąkowej i błotnej przy nawożeniu tradycyjnym w roku 2010

Genetic diversity of red fescue, meadow fescue, redtop, tall meadow oat, smooth brome, timothy-grass, Kentucky bluegrass and wood bluegrass agronomic traits under conventional fertilization in 2010

Gatunek Species	Genotyp Genotype	Wczesność Maturity	Wiosna (1. pokos) Spring (1. cut)						Lato (2. pokos) Summer (2. cut)				Jesień (3. pokos) Fall (3. cut)			
			wysokość height (cm)	dt. liścia (cm)	szer. liścia (cm)	ZM** (g)	SM*** (g)	SM/ZM (%)	Wysokość height (cm)	ZM (g)	SM (g)	SM/ZM (%)	Wysokość height (cm)	ZM (g)	SM (g)	SM/ZM (%)
Kostrzewa czerwona (<i>Festuca rubra</i> L.)	Anitawa	41	53,9	13,0	1,4	1236	194,5	15,9	40,0	393	112	28,8	46,3	288,3	76,9	26,7
	Bama	43	43,6	17,9	2,0	769	138,3	18,0	43,6	360	101	28,1	51,2	378,2	100,5	27,0
	Reda	43	51,3	13,8	1,1	716	116,5	16,6	41,1	341	86	26,0	47,8	279,6	75,4	27,9
Kostrzewa łąkowa (<i>Festuca pratensis</i> Huds.)	Cykada	43	64,4	19,5	3,2	956	150,8	15,9	52,4	656	159	24,6	51,7	410,9	97,7	23,9
	Gerda	43	72,2	22,6	2,1	2011	305,5	15,2	65,3	784	188	24,3	55,7	623,0	131,4	21,0
	POB 69	43	57,8	20,6	2,1	1012	161,3	15,9	52,3	541	138	26,1	49,1	319,6	82,8	26,5
	POB 78	43	60,8	20,3	1,9	1030	182,8	18,1	52,9	508	124	24,6	55,0	465,6	110,0	23,5
Mietlica olbrzymia (<i>Agrostis gigantea</i> Roth)	E2	43	57,6	20,0	1,3	1932	288,6	15,0	56,1	1439	309	21,8	56,3	1349,5	271,8	20,4
Rajgras wyniosły (<i>Arrhenatherum elatius</i>)	E1	41	85,0	23,5	2,9	1223	205,6	16,9	85,6	814	210	25,9	75,6	552,2	152,1	27,7
	POL 98097	41	83,3	24,2	2,0	1692	254,6	15,1	81,0	789	191	24,1	71,1	528,4	130,1	24,7
	Skrzeszowi- cki	41	73,4	21,9	1,6	1149	183,8	15,9	74,3	702	167	23,8	62,1	470,3	114,7	24,4
	Więclawicki	41	90,6	20,8	1,8	955	163,2	17,1	82,2	580	152	26,2	68,1	404,4	103,2	26,1
Stokłosa bezostana (<i>Bromus inermis</i> Leyss.)	Leif	43	60,7	25,5	2,8	1780	221,8	12,6	81,3	969	228	23,8	73,4	934,2	217,8	23,3
Tymotka łąkowa (<i>Phleum pratense</i> L.)	Emma	43	74,7	27,7	2,1	1690	279,2	16,6	61,0	1028	231	22,5	61,9	673,5	169,6	25,4
	POBT 69	43	75,7	28,1	2,3	1472	233,2	15,9	66,0	859	187	22,0	62,6	458,9	116,7	25,9
	POBT 71	43	78,3	24,8	2,3	1926	316,9	16,5	67,6	823	180	22,1	58,4	432,3	118,6	27,5
Wiechlina błotna (<i>Poa palustris</i> L.)	Skrzeszowi- cka	43	54,4	14,6	1,2	218	37,7	17,2	64,6	285	89	31,7	45,6	106,9	36,9	34,2
Wiechlina łąkowa (<i>Poa pratensis</i> L.)	Eska 46	41	58,2	8,2	0,9	724	135,6	18,8	45,6	386	119	31,1	52,9	447,5	137,1	30,7
	SKW 11	41	72,3	10,3	1,4	534	110,9	20,9	47,7	226	70	30,9	58,7	261,6	77,5	29,5
	SKW 13	41	64,9	8,8	1,6	744	140,8	18,9	45,8	291	89	30,5	57,4	378,9	116,4	31,4
NIR/LSD Fisher**		Ni/Ns	8,3	3,27	1,75	430	61,7	1,44	7,73	328	71,43	2,88	8,31	220,6	48,3	3,51

*liczba dni od 1.04.06 do daty początku kłoszenia; number of days from 01.04.06 to the beginning of heading; ** - plon zielonej masy zebrany z 3 kęp; yield of fresh mass collected from 3 clumps of grass; *** - plon suchej masy zebrany z 3 kęp; yield of dry mass collected from 3 clumps of grass

**** Po odrzuceniu hipotezy, o braku różnic pomiędzy obiektami metoda analizy wariancji na poziomie istotności 0,05, dokonano szczegółowego porównania obiektów testem Fischera przy użyciu najmniejszej istotnej różnicy

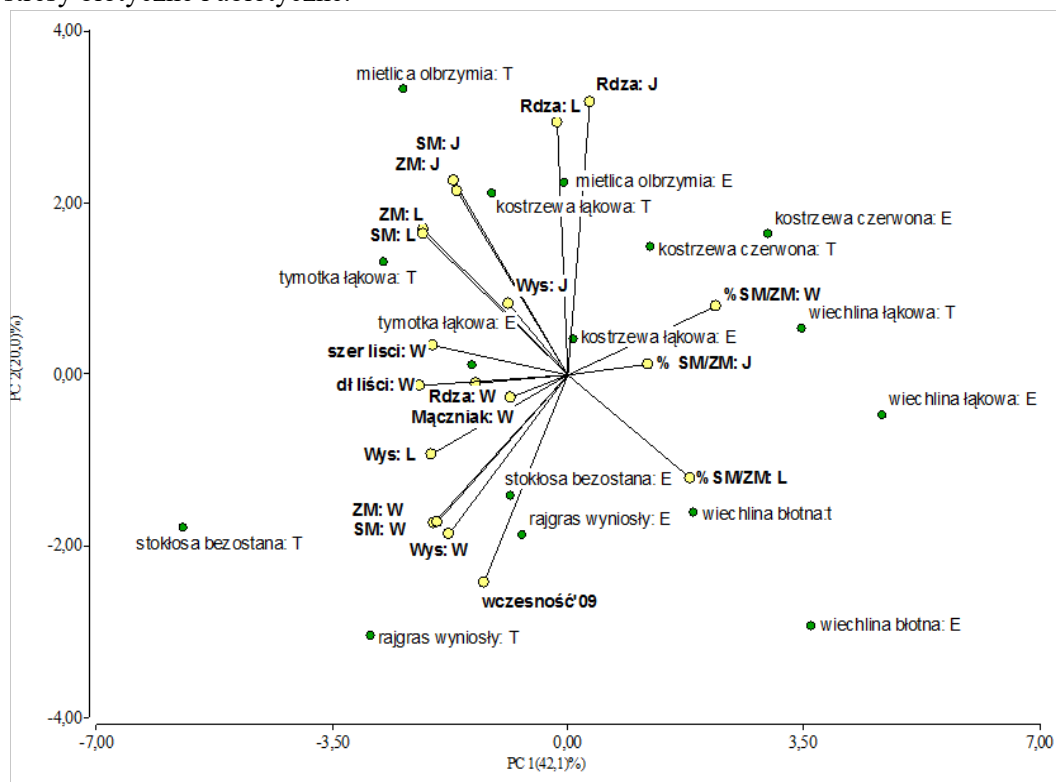
Średnio zbiory zielonej i suchej masy były wyższe przy nawożeniu tradycyjnym, ale procentowa zawartość suchej masy w zielonej masie była znacznie wyższa w systemie nawożenia ekologicznego (średnio o 5%). W pierwszym roku pełnego użytkowania (rok 2009), w systemie nawożenia tradycyjnego najwyższym potencjałem produkcji zielonej i suchej masy charakteryzowały się następujące gatunki: rajgras wyniosły w okresie wiosennym i letnim (średni plon zielonej masy zebranej z 3 kęp wynosił powyżej 700 g w okresie wiosennym i letnim), tymotka łąkowa w okresie letnim (powyżej 790 g zielonej masy z 3 kęp) i kostrzewa łąkowa w okresie letnim i jesiennym (powyżej 1000 g zielonej masy z 3 kęp). W drugim roku badań plony zielonej masy rajgrasu wyniosłego, tymotki łąkowej i kostrzewy łąkowej były wyższe niż wiechlina łąkowej i kostrzewy łąkowej. Jednak w okresie jesiennym różnice te nie były aż tak istotne. Wiechlina łąkowa charakteryzowała się najwyższą zawartością suchej masy w zielonej masie (średnio powyżej 36% w systemie tradycyjnym i powyżej 39% w systemie ekologicznym). Końcowy potencjał plonowania kostrzewy łąkowej w użytkowaniu na paszę w obu systemach nawożenia nie różnił się znacznie. Tymotka łąkowa charakteryzowała się wyższym potencjałem plonowania w użytkowaniu tradycyjnym, ale w systemie ekologicznym plon suchej masy nie odbiegał od plonu kostrzewy łąkowej. Wysokim potencjałem plonowania charakteryzowała się również mietlica biaława. Jest ona gatunkiem zawierającym duże ilości cukrów i uchodzi za najśłodsza trawę wśród gatunków trwałych. Niski udział lignin i celulozy wpływa na to, że charakteryzuje się dużą strawnością. Jest zasobna w magnez i potas oraz wapń.

Współzależności pomiędzy stopniem odporności na stresy biotyczne i abiotyczne oraz cechami agronomicznymi

Relacje pomiędzy stopniem odporności na stresy biotyczne (odporność na rdze i plamistości liści w okresie wiosennym, letnim i jesiennym) i cechami agronomicznymi (wigor roślin, długość i szerokość liści, produkcja zielonej i suchej masy oraz zawartość suchej masy w zielonej masie w okresie wiosennym, letnim i jesiennym) w oparciu o wyniki doświadczeń prowadzonych dla kostrzewy czerwonej, kostrzewy łąkowej, mietlicy olbrzymiej, rajgrasu wyniosłego, stokłosa bezostnej, tymotki łąkowej, wiechliny błotnej i wiechliny łąkowej w dwóch systemach nawożenia tradycyjnego i organicznego przedstawiono w układzie dwóch pierwszych składowych głównych analizy czynnikowej na rysunkach 3 i 4. Stresy biotyczne i abiotyczne miały istotny wpływ na potencjał plonowania wszystkich badanych gatunków traw. Wykazano ujemne współzależności pomiędzy wysokością roślin przed zbiorem pokosów w okresie wiosennym, letnim i jesiennym oraz wigorem roślin w okresie jesiennym a stopniem odporności na plamistości liści w okresie letnim i jesiennym oraz stopniem odporności na rdze w okresie wiosennym. Podobne współzależności opisane zostały dla życicy trwałej w pracach Czembor (2007 a, 2007 b, 2008, 2011). Stopień odporności na rdze istotnie wpływał na końcowy plon zielonej i suchej masy w obu typach użytkowania w okresie letnim i jesiennym, natomiast plamistości liści oraz stan roślin po zimie i wigor roślin na początku okresu wegetacyjnego wpływał na potencjał plonowania jedynie w użytkowaniu tradycyjnym. Gatunkiem najbardziej podatnym na rdze była mietlica olbrzymia.

Istotne, dodatnie współzależności stwierdzono pomiędzy plonem zielonej i suchej masy a wysokością roślin oraz ich wigorem. Długość liści dodatnio korelowała z potencjałem produkcji zielonej i suchej masy. Współzależności pomiędzy procentową zawartością suchej masy w zielonej masie a plonem zielonej i suchej masy były ujemne.

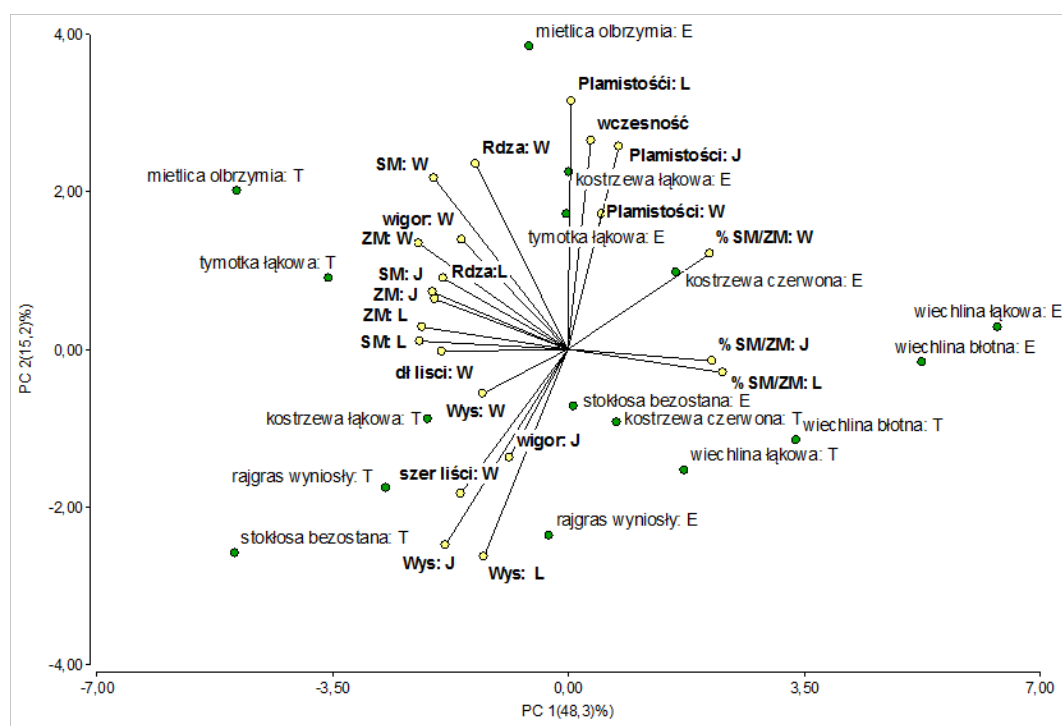
Bieżące badania były wstępnym etapem prac mających na celu wskazanie gatunków niskonakładowych i marginalnych, które mogą być wykorzystywane w rolnictwie ekologicznym lub do celów specjalnych ze szczególnym uwzględnieniem odporności na stresy biotyczne i abiotyczne.



Zmienne / variables: Rdza: W (wiosna) / rust: spring; Rdza: L (lato) / rust summer; Rdza: J (jesień) / rust fall; Mączniak: W (wiosna) / powdery mildew spring; ZM: W zielona masa wiosna / green mass spring; ZM: L zielona masa lato / green mass summer; ZM: J zielona masa jesień / green mass fall; SM: W sucha masa wiosna / dry mass spring; SM: L sucha masa lato / dry mass summer; SM: J sucha masa jesień / dry mass fall; dł liścia W / leaf length spring; szer. liścia W / leaf width spring
 Gatunki / species: kostrzewa czerwona (*Festuca rubra* L.) / red fescue, kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis* Huds.) / meadow fescue, mietlica olbrzymia (*Agrostis gigantea* Roth) / redtop, rajgras wyniosły (*Arrhenatherum elatius*) / tall meadow oat, stokłosa bezostna (*Bromus inermis* Leyss.) / smooth brome, tymotka łąkowa (*Phleum pratense* L.) / timothy-grass, wiechlina błotna (*Poa palustris* L.) / wood bluegrass i wiechlina łąkowa (*Poa pratensis* L.) / Kentucky bluegrass

Rys. 3. Relacje pomiędzy gatunkami traw pastewnych pod względem stopnia odporności na stresy biotyczne i cechy agronomiczne na podstawie wyników doświadczeń prowadzonych w dwóch systemach nawożenia tradycyjnym i organicznym w 2009 roku

Fig. 3. Relations between level of resistance to biotic stresses and agronomic traits based on the trials conducted under conventional and organic fertilization systems in 2009



Zmienne / variables: Rdza: W (wiosna) / rust: spring; Rdza: L (lato) / rust summer; Plamistość: L (lato) / leaf spot summer; Plamistość: J (jesień) / leaf spot fall; ZM: W zielona masa wiosna / green mass spring; ZM: L zielona masa lato / green mass summer; ZM: J zielona masa jesień / green mass fall; SM: W sucha masa wiosna / dray mass spring; SM: L sucha masa lato / dray mass summer; SM: J sucha masa jesień / dray mass fall; dł liścia W / leaf length spring; szer. liścia W / leaf width spring

Gatunki / species: kostrzewa czerwona (*Festuca rubra* L.) / red fescue, kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis* Huds.) / meadow fescue, mietlica olbrzymia (*Agrostis gigantea* Roth.) / tall meadow oat, stokłosa bezostna (*Bromus inermis* Leyss.) / smooth brome, tymotka łąkowa (*Phleum pratense* L.) / timothy-grass, wiechlina błotna (*Poa palustris* L.) / wood bluegrass i wiechlina łąkowa (*Poa pratensis* L.) / Kentucky bluegrass

Rys. 4. Relacje pomiędzy gatunkami traw pastewnych pod względem stopnia odporności na stresy biotyczne i cechy agronomiczne na podstawie wyników doświadczeń prowadzonych w dwóch systemach nawożenia tradycyjnym i organicznym w 2010 roku

Fig. 4. Relations between level of resistance to biotic stresses and agronomic traits based on the trials conducted under conventional and organic fertilization systems in 2010

WNIOSKI

1. System nawożenia nie miał istotnego wpływu na stopień odporności na stresy biotyczne i abiotyczne mietlicy olbrzymiej, kostrzewy czerwonej i tymotki łąkowej.
2. Plony zielonej i suchej masy były wyższe w systemie nawożenia mineralnego niż w systemie nawożenia organicznego, stosowanego w rolnictwie ekologicznym.
3. Procentowa zawartość suchej masy w zielonej masie ujemnie korelowała z produkcją zielonej i suchej masy w obu systemach użytkowania. W systemie nawożenia

- organicznego, stosowanego w rolnictwie ekologicznym, była ona średnio o 5% wyższa w stosunku do systemu nawożenia mineralnego.
4. System nawożenia nie wpływał istotnie na długość blaszki liściowej traw wieloletnich.
 5. Gatunkami najbardziej stabilnymi biologicznie w systemie nawożenia organicznego, stosowanego w rolnictwie ekologicznym, i nawożenia mineralnego były kostrzewa czerwona i wiechlina łąkowa.

LITERATURA

- Armstead I. P., Turner L. B., Farrel M., Skot L., Gomez P., Montoya T., Donnison I. S., King I. P., Humphreys M.O. 2004. Synteny between a major heading date QTL in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and Hd3 heading –date locus in rice. *Theor. Appl. Genet.* 108: 822 — 828.
- Balasko J. A., Evers G. W., Duell R. W. 1995. Bluegrasses, ryegrasses and bentagrasses. W: Barnes R.F., Miller D.A., Nelson C.J. (eds.), *Forages Vol. 1. An introduction to grassland agriculture*. 5th ed. Iowa Stat Univ. Press. Ames, IA, USA: 357 — 372.
- Bolaric S., Barth S., Melchinger A. E., Posselt U. K. 2005. Molecular characterization of genetic diversity in European germplasm of perennial ryegrass. *Euphytica* 146: 1–2: 39.
- Boller. B., Greene L. 2009. Genetic Resources. In: *Fodder Crops and Amenity Grasses, Handbook of Plant Breeding*, Boller i in. (eds.). Springer: 13 — 37.
- Bonos S. A., Clarke B. B., Meyer W. A. 2006. Breeding for disease resistance in the major cool-season turfgrasses. *Ann. Rev. Phytopathol.* 44: 213 — 234.
- Borysiak J., Kasprowicz M. 1998. Mikrokrajobrazy roślinne dorzecza Prosnicy w dolinie Wieruszowskiej. *Bad. Fizjogr. Pol. Zach., Ser. B* 47: 205 — 225.
- Broda Z. 2001. Odporność na stresy biotyczne i abiotyczne w hodowli roślin pastewnych w świetle XXIII Konferencji Sekcji Upraw Pastewnych i Traw Gazonowych Eucarpia. *Łąkarstwo w Polsce* 4: 235 — 239.
- Brown A. H. D. 1989. Core collections: a practical approach to genetic resources management. *Genome* 31: 818 — 824.
- Buxton D.R., Russell J.R. 1988. Lignin constituents and cell-wall digestibility of grass and legume stems. *Crop Sci.* 28: 553 — 558.
- Cagas B. 2000. Harmful and beneficial microorganisms in grasses. In: *Proceedings of the 3rd International Conference of Harmful and Beneficial Microorganisms in Grassland, Pastures and Turf*. Paderborn, Germany, 2000. 7 — 16.
- Cogan N. O., Smith K. F., Yamada T., Francki M. G., Vecchies A. C., Jones E. S., Spangenberg G. C., Forster J. W. 2005. QTL analysis and comparative genomics of herbage quality traits in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Theor. Appl. Genet.* 110 (2): 364 — 380.
- Czembor E., Feuerstein U., Żurek G. 2001 a. Powdery mildew resistance in Kentucky bluegrass ecotypes from Poland. *Plant Breed. Seed Sci.* 45 (2): 21 — 27.
- Czembor E., Feuerstein U., Żurek G. 2001 b. Preliminary observations on resistance of Kentucky bluegrass ecotypes from Poland to rust diseases. *J. Phytopathol.* 149: 83 — 89.
- Czembor E. 2002. Selection of Kentucky bluegrass for *Drechslera poae* resistance under greenhouse conditions. *J. Phytopathol.* 150: 543 — 545.
- Czembor E. 2003 a. Zależność podatności wiechliny łąkowej na *Drechslera poae* od dynamiki wzrostu roślin i szerokości liścia w warunkach fitotronowych. *Biul. IHAR*: 345 — 353.
- Czembor E. 2003b. Resistance of Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) ecotypes from Polish Gene Bank to melting out (*Drechslera poae*) under field conditions in 1998-2000. *Genet. Res. Crop Evol.* 50: 747 — 756.
- Czembor E. 2004. Resistance of Kentucky bluegrass ecotypes to melting out (*Drechslera poae*) under greenhouse conditions. *Australian J. Phytopathology* 33: 437 — 439.
- Czembor E. 2007 a. Charakterystyka europejskich odmian życicy trwałej (*Lolium perenne* L.) ze szczególnym uwzględnieniem odporności na stresy biotyczne. *Biul. IHAR* 245: 223 — 247.

- Czembor E. 2007 b. Charakterystyka odmian i materiałów hodowlanych życicy wielokwiatowej i życicy mieszańcowej ze szczególnym uwzględnieniem odporności na stresy biotyczne. Biul. IHAR 245: 249 — 266.
- Czembor E. 2008. Odporność na rdzę żdźbłową i koronową oraz na pleśń śniegową form gazonowych życicy trwałej w latach 2004–2006. Biul. IHAR 247: 99 — 117.
- Czembor E. 2011. Wielocechowa charakterystyka zmienności genetycznej w kolekcji ekotypów, klonów i odmian życicy trwałej (*Lolium perenne* L.). Monografie i Rozprawy Naukowe, 35/2011, wyd. IHAR — PIB, Radzików.
- Czembor E., Feuerstein U., Żurek G. 2001 a. Powdery mildew resistance in Kentucky bluegrass ecotypes from Poland. Plant Breed. Seed Sci. 45 (2): 21 — 27.
- Czembor E., Feuerstein U., Żurek G. 2001b. Preliminary observations on resistance of Kentucky bluegrass ecotypes from Poland to rust diseases. J. Phytopathol. 149: 83 — 89.
- Czembor E., Feuerstein U., Żurek G. 2002 a. Diversity of Polish ecotypes of Kentucky bluegrass in green mass production. In: "Broad Variation and Precise Characterization — Limitation for the Future" Święcicki W. K., Naganowska B., Wolko B. (ed.), IGR, IPGRI, IHAR, Poznań, Poland: 307 — 309.
- Falkowski M., Kozłowski S., Maruszewska J. 1976. Zmienność niektórych cech morfologicznych *Festuca pratensis*, *Alopecurus pratensis* i *Poa trivialis*. Acta Agrobotanica 27, 2: 137 — 158.
- Fjellheim S., Blomlle Å. B., Marum P., Rognili O. A. 2007. Phenotyping variation in local populations and cultivars of meadow fescue — potential for improving cultivars by utilizing wild germplasm. Plant Breed. 126: 279 — 286.
- Fjellheim S., Pasakinskiene I., Grønnerød S., Paplauskienė V. O. A. 2009. Genetic structure of local populations and cultivars of meadow fescue from the Nordic and Baltic regions. In: Proc. XVIIIth Meeting of the Eucarpia Fodder Crops and Amenity Grasses Section: „Sustainable use of genetic diversity in forage and turf breeding”: 27 p.
- Gilbert J. E., Lewis M. J., Wilkinson M. J. and Caligari P. D. S. 1999. Developing an appropriate strategy to assess genetic variability in plant germplasm collections. Theor. Appl. Genet. 98: 1125 — 1131.
- Góral S. 1998. Znaczenie zasobów genowych roślin użytkowych dla ochrony różnorodności biologicznej. Zeszyty Probl. Post. Nauk Roln. 463: 21 — 30.
- Greene S. L., Hannan R. M., Afonin A., Dzyubenko N. I. Khusainov A. 2005. Collecting wild crop relatives in the northwestern steppes of Kazakhstan. Plant Genet. Res. Newsl. 141:1 — 6.
- Hawtin G., Iwanaga M., Hodgkin T. 1997. Genetic resources in breeding for adaptation. Eds. Tigerstedt P. M. A., Adaptation in Plant Breeding, Kluwer Academic Publishers, Netherlands: 277 — 288.
- Hazard L., Chesquire M., Betin, M. 1994. Breeding for management adaptation in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). I. Assessment of yield under contrasting frequencies in relationships with leaf morphogenesis components. Agronomie 14: 259 — 266.
- Hector A., Schmid B., Beierkuhnlein C., Caldeira M. C., Diemer M. 1999. Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. Science 286: 1123 — 1127.
- Humphreys M. O. 1987. Utilization of genetic resources in breeding perennial ryegrass for pastures. IBPGR: 61 — 65.
- Jargiełło J., Mosek B. 1988. Znaczenie gospodarcze ekotypów kostrzewy łąkowej (*Festuca pratensis* Huds.). Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 336: 71 — 77.
- Kłęczek Cz. 2002. *Lolium perenne* w produkcji pasz na użytkach zielonych terenów południowej Polski. Łąkarstwo w Polsce 5: 117 — 122.
- Majtkowski W., Majtkowska G. 2012. Fitosanitarna rola szaty roślinnej na zrehabilitowanej hałdzie popiołów w Sowlanach k. Białegostoku. Biul. IHAR 263: 55 — 63.
- Majtkowski W., Głazewski M., Schmidt J. 1999. Roślinność trawiasta składowiska fosfogipsów w Wiślinie koło Gdańska. — Folia Univ. Agric. Stetinensis 197, Agricultura 75: 207 — 210.
- Martyniak J. 2003. Trawy. W: Historia hodowli i nasiennictwa na ziemiach polskich w XX wieku. Arseniuk E., Krzymuski J., Martyniak J., Oleksiak T. (red.), Poznań: 172 — 195.
- Meyer W. A. 1982. Breeding disease-resistant cool-season turfgrass cultivars for the United States. Plant Dis. 66: 341 — 344.

- Morgan-Bertrand A., Boucaud J., Le Saos J., Prudhomme M. P. 2001 Roles of the fructans from leaf sheaths and from the elongating leaf bases in the regrowth following defoliation of *Lolium perenne* L. *Planta* 213: 109 — 120.
- Patrzalek 2001. Znaczenie traw w powstawaniu zbiorowisk roślinnych na glebach inicjalnych wytworzonych z odpadów karbońskich. *Zesz. Nauk. Akad. Roln. we Wrocławiu, Rozpr.* 176: 402: 1 — 88.
- Plummer R. M., Hall R. L., Watt T. A. 1992. The influence of crown rust (*Puccinia coronata*) on tiller production and survival of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) plants in simulated swards. *Grass and Forage Science* 45: 9 — 16.
- Prończuk M. 2000. Choroby traw – występowanie i szkodliwość w uprawie na nasiona i w użytkowaniu trawnikowym. *Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR*, Nr 4: 1 — 183.
- Prończuk M., Prończuk S. 2005. Występowanie pleśni śniegowej na życicy trwałej (*Lolium perenne* L.) w zależności od warunków świetlnych i intensywności pielęgnacji trawników. *Acta Agrobotanica* 59 (2): 381 — 394.
- Prończuk M., Zagdańska B. 1993. Effect of *Microdochium nivale* and low temperature on winter survival of perennial ryegrass. *J. Phytopathology* 138: 1 — 8.
- Prończuk M., Prończuk S., Góral S. 1984. Wpływ chorób fuzaryjnych na trwałość *Lolium perenne*. *Biul. IHAR* 155: 187 — 192.
- Potter L. R. 1987. Effect of crown rust on regrowth competitive ability and nutritional quality of perennial and Italian ryegrasses. *Plant Pathol.* 36: 455 — 461.
- Reheul, D., De Cauwer B., Cougnon M. 2010. The role of forage crops in multifunctional agriculture. W: *Fodder Crops and Amenity Grasses, Handbook of Plant Breeding*, Boller i in. (eds.). Springer, 1 — 12.
- Rhodes I. 1969. The relationship between productivity and some components of canopy structure in ryegrass (*Lolium* spp.). I. Leaf length. *J. Agric. Sci.* 73: 315 — 319.
- Rogalski M., Kozłowski S. 1981. Praca włożona w zrywanie liści i pędów jako cecha charakterystyczna odmian traw. *Biul. Oceny Odmian* 1–2, 13–14: 117 — 123.
- Schmidt J. 1985. Analiza zmienności ekotypów kupkówki pospolitej (*Dactylis glomerata*.) na podstawie materiałów z kolekcji traw. *Biul. IHAR* 158: 117 — 121.
- Schubiger F. X., Boller B., Baert J., Bourdon P., Cagas B., Cernoch V., Chosson J. F., Czembor E., Eickmeyer F., Feuerstein U., Hartmann S., Jakesova H., Krautzer B., Leenheer H., Lellbach H., Pecetti L., Posselt U., Russi L., Schulze S., Tardin M. C., VanHee F., Willner E., Wolters L. 2010. Susceptibility of European cultivars of Italian and perennial ryegrass to crown and stem rust. *Euphytica* 176: 167 — 181.
- Skøt L., Humphreys M. O., Armstead I., Heywood S., Skøt K.P., Sanderson R., Thomas I. D., Chorlon K.H., Hamilton N. R. S. 2005. An association mapping approach to identify flowering time genes in natural populations of *Lolium perenne* (L.). *Mol. Breed.* 15: 233 — 245.
- Spollen W. G., Nelson C. J. 1988. Characterization of fructan from leaf blades and elongation zones of developing leaf blades of wheat, tall fescue, and timothy. *Plant Physiol* 88: 1349 — 1353.
- Szulczewska B., Cieszeńska A., Kaliszuk E., Morawska M. 2000. *Krajobraz: badania, problemy, koncepcje i idee w artykułach opublikowanych w Landscape and Urban Planning w latach 1990–1999. Materiały konferencyjne III Forum Architektury Krajobrazu*, Warszawa: 87 — 97.
- Thomas J. E. 1994. Disease resistance in grass variety testing systems a review of results from UK. *IOBC/WPRS Bulletin* 17 (1): 201 — 207.
- Thomas H., Dalton S. J., Evans C., Chorlton K. H., Thomas I. D. 1996. Evaluation drought resistance in germplasm of meadow fescue. *Euphytica* 92: 401 — 411.
- Tilman, D., J. Knops, D. Wedin, P. Reich, M. Ritchie, and E. Siemann. 1997. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science* 277:1300 — 1302.
- Vargas J. M. 1994. *Management of turfgrass diseases*. Lewis Publ. CPR Press, Inc.: 1 — 294 pp.
- Veronesi F., Falcinelli M. 1988. Evaluation of an Italian germplasm collection *Festuca arundinacea* Schreb. Through a multivariate analysis. *Euphytica* 38: 211 — 220.
- Virkajärvi P., Järvenranta K. 2001. Leaf dynamics of timothy and meadow fescue under Nordic conditions. *Grass and Forage Sci.* 56 (3): 294 — 304.
- Welty R. E., Barker R. E. 1992. Evaluation of resistance to stem rust in perennial ryegrass grown in controlled and field conditions. *Plant Dis.* 76: 637 — 641.

- Wheeler J. L., Corbett J. L. 1989. Criteria for breeding forages of improved nutritive value: results of a Delphi survey. *Grass Forage Sci.* 44: 77 — 83.
- Williams D. W., Burrus P.B., Vincelli P. 2001. Severity of gray leaf spot in perennial ryegrass as influenced by mowing height and nitrogen level. *Crop Sci.* 41: 1207 — 1211.
- Wojterska M. 2003. Struktura krajobrazów roślinnych Pojezierza Międzychodzko-Sierakowskiego. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 415 ss.

PODZIĘKOWANIE

Autorka serdecznie dziękuje pracownikom Krajowego Centrum Roślinnych Zasobów Genowych IHAR Radzików, Ogrodu Botanicznego w Bydgoszczy za udostępnienie materiału roślinnego.

KRZYSZTOF KLIMONT
ZOFIA BULIŃSKA-RADOMSKA
AGNIESZKA OSIŃSKA
PIOTR BAJOR

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

Kształtowanie się składu gatunkowego roślin wprowadzanych i spontanicznie zasiedlających użyźniane składowisko odpadów komunalnych

Formation of species composition of plants introduced and spontaneously settled on a fertilized municipal waste dump

W latach 2010–2012 badano gatunki traw i roślin motylkowatych przydatnych do rekultywacji biologicznej składowiska odpadów komunalnych pokrytych popiołem paleniskowym i użyźnionych osadem ścieków komunalnych, jak również ich glebotwórcze działanie. Rekultywacyjne pokrycie wysypiska odpadów komunalnych warstwą popiołów i osadów ścieków komunalnych stworzyło warunki do intensywnej wegetacji roślin oraz inicjacji procesu glebotwórczego. Na zrehabilitowanym gruncie najlepiej z każdym rokiem rozwijała się kupkówka pospolita i stokłosa bezostna, następnie kostrzewa łąkowa, której udział w poroście systematycznie maleje, podobnie jak mozgi trzcinowatej, życicy trwałej i tymotki łąkowej. Po okresie słabszego rozwoju wzrasta udział w poroście perzu grzebieniastego i wydmuchrzycy groniastej. Na składowisku pojawiły się bardzo liczne gatunki sukcesji spontanicznej. Osady ściekowe wraz z porastającą roślinnością gromadzą materię organiczną oraz składniki pokarmowe, zwiększając wodochłonność i buforują odczyn. Osadowe użyźnienie popiołowej warstwy na składowisku odpadów komunalnych zwiększyło zawartość metali ciężkich w powierzchniowej warstwie zrehabilitowanego gruntu, ale nie miało to znaczącego wpływu na zawartość tych składników w roślinach.

Słowa kluczowe: metale ciężkie, popioły paleniskowe, osady ściekowe, rekultywacja, rośliny, rozwój gleby

In years 2011–2012 we tested grass and legume plants species suitable for biological reclamation and their soil-forming effect on municipal waste stockyards covered by furnace ash and enriched with municipal waste sediment. Reclamation cover of municipal waste stockyard with soil forming layer of ashes and municipal waste sediment created conditions for intensive plant vegetation and initiation of soil-forming process. On reclaimed land each year *Dactylis glomerata* and *Bromus inermis* were developing best, then *Festuca pratensis*, that systematically decreased in share similarly to *Phalaris*

arundinacea, *Lolium perenne* and *Phleum pratense*. After period of weaker expansion, increases in the shares of *Agropyron cristatum* and *Leymus racemosus* in the growth were noted. Very numerous species of spontaneous succession appeared on the stockyard. Sewage sludge, together with growing vegetation, gathered organic matter and nutrients, increased moisture capacity and buffered soil pH. Fertilization of ash layer on municipal waste stockyard increased the content of heavy metals in the surface layer of the reclaimed soil, but did not influence significantly the contents of these components in plants.

Key words: heavy metals, ashes, sewage sediment, land reclamation, plants, soil evolution

WSTĘP

Składowiska odpadów komunalnych stanowią potencjalne zagrożenie jakości wód podziemnych, emitują też do atmosfery gaz wysypiskowy (głównie metan i siarkowodór). Konieczna jest ich rekultywacja (Siuta, 2004; Kasprzyk, 2011).

Odpady paleniskowe energetyki węglowej, wykazujące podobieństwo składu chemicznego do gliniastych (ilastych) utworów czwartorzędowych w Polsce mogą być z powodzeniem wykorzystane do pokrycia wysypisk odpadów glebotwórczą warstwą popiołu wzbogaconą powierzchniowo ziemią piaskowo-gliniastą lub osadem ścieków komunalnych, a potem obsiana mieszaną traw i roślin motylkowatych (Siuta, 2004; Siuta, Kutla, 2005). Wartość glebotwórcza popiołów paleniskowych jest bardzo duża, ponieważ zawierają one w zasadzie wszystkie składniki pokarmowe, oprócz azotu, niezbędne dla wzrostu i rozwoju roślin. Wprowadzenie do popiołów masy organicznej w postaci osadów z biologicznego oczyszczalnika ścieków komunalnych i wymieszanie ich z podłożem tworzy warunki do dynamicznego rozwoju procesu glebotwórczego i intensywnego zazieleniania powierzchni (Góral, Rola, 2001; Klimont, Bulińska-Radomska, 2009). Popiół paleniskowy z elektrociepłowni może być z powodzeniem stosowany do pokrycia powierzchni składowiska odpadów bytowych jako podłoże do rekultywacji biologicznej z wykorzystaniem wybranych gatunków roślin (Klimont, 2005; Klimont, Bulińska-Radomska, 2010).

Celem badań, których wyniki przedstawiono w niniejszej publikacji, było określenie gatunków roślin przydatnych do rekultywacji biologicznej składowiska odpadów komunalnych pokrytych popiołem użyźnionym osadem ściekowym oraz ich glebotwórcze oddziaływanie.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie założono na zrehabilitowanym składowisku odpadów komunalnych w Uhowie (gm. Łapy) koło Białegostoku na powierzchni 4,0 ha. Odpady komunalne gromadzono od połowy lat 70. do zamknięcia w 2003 roku. Po wyrównaniu powierzchni składowiska pokryto ją warstwą popiołu węgla kamiennego z elektrociepłowni w Białymstoku o miąższości około 1 m. Wiosną 2004 roku popioły wzbogacono dawką 300 t·ha⁻¹ osadu ściekowego zawierającego 20% s.m. i wymieszano ze złożem broną talerzową, wyrównano broną lekką i wałowano ciężkim wałem łąkowym, a następnie wniesiono 135 kg NPK·ha⁻¹ w formie polifoski. Na przygotowaną powierzchnię wysiano specjalnie

przygotowaną mieszankę traw z roślinami motylkowatymi drobnonasiennymi stosując jako roślinę ochronną gorczycę jasną. Wysiano następujące gatunki roślin uwzględniając ich procentowy udział nasion w mieszance: kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata* L.) — 22,8%, nostryk biały (*Melilotus albus* Medik.) — 14,1%, kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis* Huds.) — 11,3%, stokłosa bezostna (*Bromus inermis* Leyss.) — 9,4%, koniczyna łąkowa (*Trifolium pratense* L.) — 8,5%, wydmuchrzyca groniasta (*Leymus racemosus* (Lam.) Tzvel.) — 9,4%, perz grzebieniasty (*Agropyron cristatum* (L.) Gaerth.) — 7,5%, życica trwała (*Lolium perenne* L.) — 7,5%, mozga trzcinowata (*Phalaris arundinacea* L.) — 4,7%, tymotka łąkowa (*Phleum pratense* L.) — 4,7%. W prezentowanej pracy przedstawiono wyniki uzyskane w latach 2010–2012, gdzie oceniano stan porostu, jego bujność i skład botaniczny, a także wzrost i rozwój mieszanki traw z motylkowatymi pod kątem ich przydatności do rekultywacji składowisk odpadów komunalnych pokrytych warstwą popiołów paleniskowych i użyźnionych osadem ścieków komunalnych.

Rejestrowano zmiany składu botanicznego w kolejnych latach badań. Corocznie w okresie dojrzałości pełnej ziarniaków dominujących gatunków traw, celem ułatwienia samosiewów ruń przykaszano. Określano również wpływ osadów ściekowych wprowadzonych do bezglebowego podłoża popiołów paleniskowych i porastającej je roślinności, na gromadzenie składników pokarmowych i zmiany odczynu poprzez analizy pobranych próbek wykonane w akredytowanym laboratorium Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Kielcach. W próbkach popiołowej pokrywy oznaczono zawartość materii organicznej metodą Tiurina, oraz pH metodą potencjometryczną, zawartości w złożu i materiale roślinnym P metodą spektrofotometryczną, K metodą fotometrii płomieniowej i Mg metodą płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej, tą samą metodą oznaczono Cu w roślinach. Zawartość metali ciężkich Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, As zarówno w podłożu, jak i materiale roślinnym metodą płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej (FAAS), a Hg metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej z amalgamacją par rtęci. Obliczeń statystycznych dokonano metodą analizy wariancji poprzez syntezę wyników z lat badań, natomiast różnicę między średnimi oceniano metodą Tukeya przy $NIR\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Warunki pogodowe w latach badań były zróżnicowane i wyraźnie wpływały na rozwój i wartość ocenianych cech roślinności porastającej zrehabilitowane tereny (tab. 1, 2).

Pierwszy rok badań (2010) charakteryzował się obfitą w opady wiosną, a także ciepłym i deszczowym latem — warunki te były najkorzystniejsze do wegetacji roślin. Drugi (2011) i trzeci (2012) rok badań był również korzystny dla rozwoju roślin ze względu na dostatek opadów w okresie wiosennym i letnim, przy sprzyjających temperaturach w tym czasie. Suma opadów w roku 2010 była rekordowa i wynosiła 787,3 mm, w roku 2011 — 599,6 mm, w roku 2012 — 601,0 mm, przy średniej z wielolecia 1969–2010 — 599,2 mm. Średnia temperatura powietrza w 2010 roku wynosiła 6,8°C, w 2011 — 7,8°C, a w 2012 — 7,4°C, podczas gdy średnia z wielolecia 1969–2005 wynosiła 6,6°C.

Tabela 1

Suma opadów miesięcznych oraz średnia miesięczna temperatura powietrza w latach 2010–2012
Sums of monthly rainfall and monthly average of air temperature in years 2010–2012

Miesiąc Month	Lata — Years							
	1969-2010	1969–2005	2010		2011		2012	
	suma opadów sum of rainfall (mm)	temp. (°C)	suma opadów sum of rainfall (mm)	temp. (°C)	suma opadów sum of rainfall (mm)	temp. (°C)	suma opadów sum of rainfall (mm)	temp. (°C)
Styczeń January	29,1	-4,5	25,0	-10,5	27,0	-2,1	45,7	-2,5
Luty February	30,0	-3,8	29,0	-3,5	25,7	-6,2	23,3	-8,7
Marzec March	34,3	0,4	28,6	1,9	14,3	0,8	16,3	2,8
Kwiecień April	34,3	6,5	33,0	8,0	40,7	9,2	42,2	8,1
Maj May	56,2	12,6	132,7	13,6	60,3	13,2	54,6	13,9
Czerwiec June	70,5	15,7	77,0	17,1	55,3	17,8	108,3	15,7
Lipiec July	84,4	17,1	110,7	21,3	231,3	18,5	101,0	19,7
Sierpień August	70,9	16,3	118,0	19,4	67,0	17,6	87,3	17,2
Wrzesień September	53,8	12,0	105,7	11,5	18,7	13,7	32,2	13,2
Październik October	49,0	7,0	17,0	4,4	18,6	6,6	25,5	6,1
Listopad November	42,9	1,8	70,3	4,5	12,0	2,2	17,3	3,3
Grudzień December	43,8	-2,3	40,3	-6,4	28,7	1,8	28,8	1,0
RO	599,2	6,6	787,3	6,8	599,6	7,8	582,5	7,4

RO — roczna suma opadów i średnia roczna temperatura powietrza; Annual sum of rainfall and average air temperature
 * wg Wyniki doświadczeń terenowych województwa podlaskiego za lata 2010–2012. PODR Szepietowo 2012

Pośród ocenianych gatunków traw i roślin motylkowatych zastosowanych do obsiewu powierzchni składowiska odpadów komunalnych pokrytych popiołem paleniskowym wzbogaconym osadem ściekowym, największy procentowy udział w poroście wykazała kupkówka pospolita (64,3%) przy bujności rzędu 8,7° w 10-stopniowej skali. Świadczy to o dużych zdolnościach pionierskich, trwałości i wytrzymałości tego gatunku na niesprzyjające warunki środowiska (tab. 2). Nadal dobrze rośnie kostrzewa łąkowa utrzymując średnio 10% udziału w poroście, chociaż widoczny jest tu spadek w kolejnych latach badań. Bujność tego gatunku jest także wysoka i wynosi średnio 7,3°. Bardzo dobrze rośnie też stokłosa bezostna, której udział w poroście wynosił średnio wprawdzie tylko 6,3%, ale wykazuje tendencję wzrastającą w stosunku do lat ubiegłych, ponadto cechuje się wysoką bujnością 8,3°.

Tabela 2

Skład botaniczny oraz ocena rozwoju roślin zastosowanych do rekultywacji składowiska odpadów komunalnych pokrytych popiołem paleniskowym użyźnionym osadem ściekowym (2010-2012)
Botanical composition and evaluation of plants applied for the reclamation of municipal sewage stockyards covered by furnace ashes enriched with sewage sludge (2010-2012)

Lp. No.	Gatunek rośliny Plant species	Udział w poroście Share in growth (%)				Bujność roślin Plant luxuriance (0–9°)			
		2010	2011	2012	średnio mean	2010	2011	2012	średnio mean
1	<i>Dactylis glomerata</i> L.	62	64	67	64,3	9	8	9	8,7
2	<i>Festuca pratensis</i> Huds.	11	10	9	10,0	8	7	7	7,3
3	<i>Bromus inermis</i> Leyss.	6	6	7	6,3	9	8	8	8,3
4	<i>Phalaris arundinacea</i> L.	4	3	3	3,3	6	6	6	6,0
5	<i>Lolium perenne</i> L.	3	2	2	2,3	5	6	5	5,3
6	<i>Trifolium pratense</i> L.	3	2	1	2,0	5	5	5	5,0
7	<i>Agropyron cristatum</i> (L.) Gaerth.	2	3	4	3,0	5	5	5	6,0
8	<i>Leymus racemosus</i> (Lam.) Tzvel.	2	3	4	3,0	4	5	5	5,7
9	<i>Phleum pratense</i> L.	0,8	0,5	0,5	0,6	3	2	3	2,7
10	<i>Melilotus albus</i> Medik.	0,1	0,1	0,1	0,1	2	2	2	2,0

0° — brak roślin

0° — no survival

9° — rośliny bujne (gęsto, równomiernie i obficie porastające podłoże)

9° — luxuriant plants (growing on the substrate densely, uniformly and in abundance)

Gorzej w stosunku do lat ubiegłych wegetowały móżga trzcinowata i życica trwała uzyskując odpowiednio 3,3 i 2,3% udziału w runi i bujność 6,0 oraz 5,3°. Oceniane gatunki pochodzące z innych rejonów świata, tj. perz grzebieniasty i wydmuchrzyca groniasta, po okresie słabszego rozwoju w początkowym okresie rozwijały się intensywniej, stanowiąc równo po 3% porostu przy bujności odpowiednio 6,0 i 5,7°. Wśród roślin motylkowatych bardziej przydatna okazała się koniczyna łąkowa stanowiąca 2% porostu i uzyskująca bujność 5,0°, podczas gdy nostryk zaledwie 0,1% udziału przy bujności 2,0°. Koniczyna łąkowa okazała się jednak mało przydatna do rekultywacji popiołów paleniskowych, ponieważ gatunek ten ma duże wymagania co do żyzności i kultury gleby, a na popiele rozwija się słabo już od pierwszych lat wegetacji i jego udział w poroście systematycznie maleje, ponieważ nie wytrzymuje silnej konkurencji ze strony traw, szczególnie tych wysokich, co wykazano w wielu pracach (Prończuk 1994; Góral, Rola, 2001; Klimont, Bulińska-Radomska 2009, 2010; Majtkowski, Majtkowska, 2012). Z kolei nostryk biały jako roślina krótkotrwała w zasadzie może być zastosowany jako wsiewka w inne wieloletnie rośliny i dlatego po kilku latach od wysiewu odnotowano tylko jego niewielki udział w runi, który nie zmienił się od czasu poprzednich badań (Jabłoński 2000; Klimont, Bulińska-Radomska, 2010). Góral (2001) zaleca wykorzystanie innych wieloletnich roślin motylkowatych, w tym koniczynę łąkową i dwuletnie formy nostryku białego do obsiewu składowisk popiołów paleniskowych i zwałowisk ziemi przy kopalniach ze względu na wysokie pH tego podłoża, zasobność w wapń i inne składniki pokarmowe, a deficytowy azot rośliny mogą czerpać z powietrza. Wyniki trzyletnich badań wskazują, że w runi dominuje kupkówka pospolita, której udział z każdym rokiem systematycznie wzrastał, w porównaniu do udziału w zastosowanej do obsiewu mieszance oraz poprzednich trzyletnich badań i wynosił średnio 64,3% (Klimont, Bulińska-Radomska, 2010). Następne

miejsce zajmuje kostrzewa łąkowa z 10% udziałem, który w zasadzie nie uległ zmianie od początku badań, ale wyraźnie wzrósł udział stokłosa bezostnej a zmalał mozgi trzcinowatej i życicy trwałej. Wydmuchrzyca groniasta i perz grzebieniasty — gatunki obcego pochodzenia — po okresie słabszego rozwoju w pierwszych latach wegetacji zwiększyły swój udział w runi, wykazały się wielką bujnością oraz stały się konkurencyjne dla gatunków rodzimych. Z tego względu wydają się przydatne i polecane do rekultywacji tego typu składowisk, co jest zgodne z charakterystyką tych gatunków (Majtkowski i in. 1996) i wynikami Klimonta i Bulińskiej-Radomskiej (2009) oraz Majtkowskiego i Majtkowskiej (2012) uzyskanymi przy biologicznej rekultywacji hałdy popiołów. Góral (2001) zdecydowanie poleca kupkówkę pospolitą do rekultywacji terenu składowiska popiołów nawiezionych wysokimi dawkami osadów ściekowych oraz stokłosę bezostną ze względu na dużą odporność na suszę oraz zdolność rozmnażania się przez rozłogi. Mozga trzcinowata z silnym systemem korzeniowym trwała ale znosząca tylko przejściowe okresy suszy, tymotka łąkowa ze względu na duże wymagania w stosunku do kultury gleby i słabą zdolność konkurencyjną, oraz życica trwała wymagająca gleb żyznych i wilgotnych wyraźnie ograniczyły swój udział w runi i w mniejszym stopniu nadają się do celów rekultywacyjnych, co potwierdzają wyniki niniejszego doświadczenia. Rezultaty badań Górala i Roli (2001), Klimonta (2004), Pawluśkiewicza i Gutowskiej (2005), Klimonta i Bulińskiej-Radomskiej (2009, 2010) oraz Majtkowskiego i Majtkowskiej (2012) wskazują na szczególną przydatność traw do rekultywacji składowisk odpadów komunalnych.

Na powierzchnię składowiska, tam gdzie ustępuje zwarta darń roślinności trawiastej, wkraczają inne gatunki roślin — obserwuje się również niewielkie skupiska pokrzywy zwyczajnej, które co roku się powiększają. Pojawiły się także rośliny jednoroczne: gwiazdnica pospolita, starzec zwyczajny, maruna bezwonna, bodziszek porożcinany, przytulia czepna, tasznik pospolity i komosa biała oraz wieloletnie: szczaw zwyczajny i polny, babka zwyczajna i lancetowata, krwawnik pospolity, mniszek lekarski, mlecz polny, ostrożeń pospolity i bylica pospolita. Na zboczach składowiska o mniejszym uwilgotnieniu wyrosły: konieczyna biała, komonica rożkowa, łopian mniejszy i większy, podbiał pospolity, bylica piołun. W ostatnim roku badań odnotowano występowanie 31 nowych gatunków roślin oraz 10 wysianych, co świadczy o sukcesji spontanicznej. Opisał to Klimont (2010) na zrehabilitowanych terenach poeksploatacyjnych siarki oraz Klimont i Bulińska-Radomska (2009) jak również Majtkowski i Majtkowska (2012) na składowiskach popiołów paleniskowych.

Odnutowano 50% wzrost zawartości materii organicznej w poziomie organiczno-próchnicznym i 30% w warstwie podpróchnicznej z wierzchowiny składowiska. Na zboczu przyrost ten wyniósł odpowiednio ok. 40 i 2% (tab. 3). Według Grzywnowicza i Strutyńskiego (1999) w glebie użyźnionej osadem ściekowym następuje wzrost zawartości biologicznie czynnej próchnicy i pojemności sorpcyjnej.

Tabela 3

Zawartość składników pokarmowych i materii organicznej w popiołach paleniskowych wzbogaconych osadami ścieków komunalnych oraz w materiale roślinnym pobranym z tego podłoża (2010–2012)
Contents of nutrients and organic matter in furnace ashes enriched with municipal sewage sludge and plant material taken from this substrate (2010–2012)

Gatunek rośliny Plant species	Dawka osadów ściekowych Dose of sewage sludge (t·ha ⁻¹)	Głębokość pobierania Sampling depth (cm)	Cechy — Traits							
			Podłoże — Substrate							
			pH (w 1n KCl)				materia organiczna organic matter (g·kg ⁻¹)			
			2010	2011	2012	$\bar{x}$	2010	2011	2012	$\bar{x}$
Kontrola — Control	0	popiół — ash	8,7	8,5	8,5	8,6	110,5	77,5	122,7	103,6
Mieszanka traw z motylkowatymi (wierzchowina) Mixture of grasses with legumes (top parts of upland)	300	0-10	7,4	7,5	7,7	7,5	146,0	177,3	147,3	156,9
		10-20	8,2	7,8	7,8	7,9	86,6	179,7	143,0	136,4
Mieszanka traw z motylkowatymi (zbocze) Mixture of grasses with legumes (slope)	300	0-10	7,8	7,8	7,9	7,8	170,4	133,2	125,2	142,9
		10-20	8,5	8,3	8,1	8,3	126,5	83,5	108,4	106,1
NIR α =0,05 — LSD α =0.05			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	14,50	14,50	14,50	14,50
Materiał roślinny — Plant material										
			Ca (g·kg ⁻¹)				materia organiczna organic matter (g·kg ⁻¹)			
			2010	2011	2012	$\bar{x}$	2010	2011	2012	$\bar{x}$
Mieszanka traw z motylkowatymi (wierzchowina) Mixture of grass with legumes (top parts of upland)			6,46	5,64	7,59	6,56	—	—	—	—
Mieszanka traw z motylkowatymi (zbocze) Mixture of grass with legumes (slope)			5,50	4,96	5,87	5,44	—	—	—	—

Gatunek rośliny Plant species	Dawka osadów ściekowych Dose of sewage sludge (t·ha ⁻¹)	Głębokość pobierania Sampling depth (cm)	Cechy — Traits							
			Podłoże — Substrate							
			P (mg·kg ⁻¹)				materia organiczna organic matter (g·kg ⁻¹)			
			2010	2011	2012	$\bar{x}$	2010	2011	2012	$\bar{x}$
Kontrola — Control	0	popiół — ash	159	235	137	177	110,5	77,5	122,7	103,6
Mieszanka traw z motylkowatymi (wierzchowina) Mixture of grasses with legumes (top parts of upland)	300	0-10	185	266	231	227	146,0	177,3	147,3	156,9
		10-20	181	270	205	219	86,6	179,7	143,0	136,4
Mieszanka traw z motylkowatymi (zbocze) Mixture of grasses with legumes (slope)	300	0-10	283	264	216	254	170,4	133,2	125,2	142,9
		10-20	192	209	164	188	126,5	83,5	108,4	106,1
NIR α =0,05 — LSD α =0.05			32,23	32,23	32,23	32,23	14,50	14,50	14,50	14,50
Materiał roślinny — Plant material										
			P (g·kg ⁻¹)				materia organiczna organic matter (g·kg ⁻¹)			
			2010	2011	2012	$\bar{x}$	2010	2011	2012	$\bar{x}$
Mieszanka traw z motylkowatymi (wierzchowina) Mixture of grasses with legumes (top parts of upland)			2,56	3,23	3,45	3,08	—	—	—	—
Mieszanka traw z motylkowatymi (zbocze) Mixture of grasses with legumes (slope)			2,03	2,56	2,85	2,49	—	—	—	—

c.d. Tabela 3

Gatunek rośliny Plant species	Dawka osadów ściekowych Dose of sewage sludge (t·ha ⁻¹)	Głębokość pobierania Sampling depth (cm)	Cechy — Traits							
			Podłoże — Substrate							
			K (mg·kg ⁻¹)				materia organiczna organic matter (g·kg ⁻¹)			
			2010	2011	2012	$\bar{x}$	2010	2011	2012	$\bar{x}$
Kontrola — Control	0	popiół — ash	105	146	186	146	110,5	77,5	122,7	103,6
Mieszanka traw z motylkowatymi (wierzchowina) Mixture of grasses with legumes (top parts of upland)	300	0-10	136	212	91	146	146,0	177,3	147,3	156,9
		10-20	121	127	114	121	86,6	179,7	143,0	136,4
Mieszanka traw z motylkowatymi (zbocze) Mixture of grasses with legumes (slope)	300	0-10	274	167	99	180	170,4	133,2	125,2	142,9
		10-20	126	133	100	120	126,5	83,5	108,4	106,1
NIRα=0,05 — LSDα=0.05			12,42	12,42	12,42	12,42	14,50	14,50	14,50	14,50
			Materiał roślinny — Plant material							
			K (g·kg ⁻¹)				materia organiczna organic matter (g·kg ⁻¹)			
			2010	2011	2012	$\bar{x}$	2010	2011	2012	$\bar{x}$
Mieszanka traw z motylkowatymi (wierzchowina) Mixture of grasses with legumes (top parts of upland)			38,81	45,73	35,75	40,09	—	—	—	—
Mieszanka traw z motylkowatymi (zbocze) Mixture of grasses with legumes (slope)			37,75	35,25	30,34	34,45	—	—	—	—

Gatunek rośliny Plant species	Dawka osadów ściekowych Dose of sewage sludge (t·ha ⁻¹)	Głębokość pobierania Samplin depth (cm)	Cechy — Traits							
			Podłoże — Substrate							
			Mg (mg·kg ⁻¹)				materia organiczna organic matter (g·kg ⁻¹)			
			2010	2011	2012	$\bar{x}$	2010	2011	2012	$\bar{x}$
Kontrola — Control	0	popiół — ash	102	172	295	190	110,5	77,5	122,7	103,6
Mieszanka traw z motylkowatymi (wierzchowina) Mixture of grasses with legumes (top parts of upland)	300	0-10	196	183	164	181	146,0	177,3	147,3	156,9
		10-20	156	105	146	136	86,6	179,7	143,0	136,4
Mieszanka traw z motylkowatymi (zbocze) Mixture of grasses with legumes (slope)	300	0-10	300	236	184	240	170,4	133,2	125,2	142,9
		10-20	230	155	210	198	126,5	83,5	108,4	106,1
NIRα=0,05 — LSDα=0.05			17,56	17,56	17,56	17,56	14,50	14,50	14,50	14,50
			Materiał roślinny — Plant material							
			Mg (g·kg ⁻¹)				materia organiczna organic matter (g·kg ⁻¹)			
			2010	2011	2012	$\bar{x}$	2010	2011	2012	$\bar{x}$
Mieszanka traw z motylkowatymi (wierzchowina) Mixture of grasses with legumes (top parts of upland)			3,64	3,01	3,34	3,33	—	—	—	—
Mieszanka traw z motylkowatymi (zbocze) Mixture of grasses with legumes (slope)			3,12	2,56	2,34	2,67	—	—	—	—

n.s. — różnica nieistotna; not significant difference

n.s. — różnica nieistotna; not significant difference

Odnotowano wzrost zawartości przyswajalnego fosforu o ok. 30% na wierzchowinie i o 45% na zboczach w warstwie próchnicznej. Zawartość potasu i magnezu w zasadzie nie uległa zmianie na wierzchowinie, ale wzrosła o ok. 25% na zboczu.

Tabela 4

Zawartość metali ciężkich w popiołowej (glebotwórczej) pokrywie na składowisku odpadów komunalnych w Uhowie (2010–2012)
Contents of heavy metals in soil forming ash layer on municipal waste stockyard at Uhowo site (2010–2012)

Gatunek rośliny Plant species	Dawka osadów ściekowych Dose of sewage sludge (t·ha ⁻¹)	Głębokość pobierania Sampling depth (cm)	Składniki Elements									
			Cd (mg·kg ⁻¹)	Cu (mg·kg ⁻¹)	Fe (mg·kg ⁻¹)	Mn (mg·kg ⁻¹)	Ni (mg·kg ⁻¹)	Pb (mg·kg ⁻¹)	Zn (mg·kg ⁻¹)	As (mg·kg ⁻¹)	Cr (mg·kg ⁻¹)	Hg (mg·kg ⁻¹)
Kontrola Control	0	popiół ash	0,195	48,99	24513,9	458,02	37,77	26,86	58,52	16,88	29,43	0,419
Mieszanka traw z motylkowa tymi (wierzcho wina) Mixture of grasses with legumes (top parts of upland)	300	0-10	0,873	62,30	23474,6	464,74	17,05	46,11	550,00	10,67	25,52	0,737
		10-20	0,423	45,88	22180,9	445,43	27,38	26,24	186,73	18,49	26,82	0,526
Mieszanka traw z motylkowa tymi (zbocze) Mixture of grasses with legumes (slope)	300	0-10	0,641	65,06	25096,8	471,45	28,17	40,79	312,9	17,07	31,23	0,658
		10-20	0,416	57,11	22024,6	417,26	36,44	30,49	115,08	19,15	30,29	0,608
Wartość dopuszczalnych stężeń w glebie lub ziemi wg zał. do rozp. Ministra Środowiska z dn. 9.09.2002r. Values of allowable concentrations in soil or earth acc. to ordinance of Ministry of Environment from 9.09.2002 (Dz.U.Nr 165, poz.1359)												
			4	150	5700 ¹⁾	1500	100	100	300	20	150	2

¹⁾ — średnia zawartość w glebie piaszczystej

¹⁾ — average content in sandy soil

W porównaniu do wyników badań uzyskanych w latach 2007-2009 stwierdzono mniejszy przyrost zawartości materii organicznej w podłożu (Klimont, Bulińska-Radomska, 2010), a także systematyczne obniżanie się pH. Zawartość makroelementów w roślinach pobranych ze zrehabilitowanej powierzchni składowiska w zasadzie mało różniła się od tej odnotowanej w roślinności porastającej laguny odwodnionych osadów ściekowych (Siuta, 2004), a Kalembasa, Kuźmiska i Godlewska (2007) donoszą, że nawożenie osadami ściekowymi powoduje istotny wzrost plonu uprawianych roślin oraz ilości zebranych w nim makroelementów.

Analiza warstwy próchnicznej i podpróchnicznej złoża wykazała przekroczenie dopuszczalnych stężeń Fe we wszystkich próbkach pobranych z obydwu warstw wierzchowiny i zbocza składowiska, oraz w popiele surowym, który był wariantem kontrolnym (tab. 4). Zawartość Zn w próbkach z warstwy próchnicznej wierzchowiny i zbocza przekroczyła dopuszczalne limity odpowiednio 1,83 i 1,04-krotnie. Zawartość pozostałych 8 metali ciężkich nie przekroczyła dopuszczalnych stężeń, co koresponduje z wynikami uzyskanymi przez Majtkowskiego i Majtkowską (2012) w badaniach na składowisku popiołów paleniskowych oraz badaniami Grzywnowicza i Strutyńskiego (2000) na glebie mineralnej. Zawartość Cd w poziomie próchnicznym wzrosła ponad 4-krotnie na wierzchowinie i ponad 3-krotnie na zboczu, a w warstwie podpróchnicznej złoża ponad 2-krotnie w próbkach pobranych z obydwu stanowisk. Zawartość Cu, Mn, Pb i Hg wyraźnie wzrosła w stosunku do kontroli w poziomie próchnicznym wierzchowiny i zbocza, natomiast w warstwie podpróchnicznej złoża w zasadzie nie uległa większym zmianom, co świadczy, że wprowadzone z osadem pierwiastki utrzymują się w próchnicznej warstwie i bardzo powoli przemieszczają się w głąb profilu podłoża. Z kolei w przypadku Ni i As większe stężenie tych pierwiastków stwierdzono w warstwie podpróchnicznej wierzchowiny i zbocza, co może wskazywać na ich przemywanie się w głąb profilu.

Analiza materiału roślinnego pobranego z wierzchowiny i zbocza składowiska wykazała przekroczenie dopuszczalnych stężeń tylko w przypadku Fe, odpowiednio 183,4 i 196,7 mg·kg⁻¹ wobec normy 20-50 mg·kg⁻¹, co może wynikać ze zwiększonej zawartości tego pierwiastka w podłożu (tab. 5). Zawartość pozostałych 9 metali ciężkich nie przekroczyła dopuszczalnych stężeń w roślinach jako paszy dla zwierząt i wartości krytycznych przyjętych do oceny roślin pod względem ich przydatności paszowej, inaczej niż w badaniach Majtkowskiego i Majtkowskiej (2012), gdzie stwierdzono przekroczenie zawartości kilku metali ciężkich, zwłaszcza cynku w pędach wybranych gatunków roślin użytych do rekultywacji składowiska popiołów, ale były to w większości drzewa i krzewy – inaczej niż w niniejszym doniesieniu, gdzie analizie poddaje się pędy roślinności zielnej (trawy i motylkowate). Według Gorłacha i Gambusia (1999) ilość metali ciężkich (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) pobranych przez rośliny nie koreluje z ich zawartością w osadach ściekowych.

Tabela 5

Zawartość metali ciężkich w materiale roślinnym pobranym ze zrehabilitowanego składowiska odpadów komunalnych pokrytych warstwą popiołów paleniskowych w Uhowie (2010–2012)
Contents of heavy metals in plant material taken from reclaimed municipal sewage sludge stockyard covered by layer of furnace ashes at Uhowo site (2010–2012)

Gatunek rośliny Plant species	Składniki Elements									
	Cd (mg·kg ⁻¹)	Cu (mg·kg ⁻¹)	Fe (mg·kg ⁻¹)	Mn (mg·kg ⁻¹)	Ni (mg·kg ⁻¹)	Pb (mg·kg ⁻¹)	Zn (mg·kg ⁻¹)	As (mg·kg ⁻¹)	Cr (mg·kg ⁻¹)	Hg (mg·kg ⁻¹)
Mieszanka traw z motylkowatymi (wierzchowina) Mixture of grasses with legumes (top parts of upland)	<0,06	10,73	183,4	12,47	0,876	0,793	31,86	0,141	0,823	0,017
Mieszanka traw z motylkowatymi (zbocze) Mixture of grasses with legumes (slope)	<0,06	11,54	196,7	12,56	0,996	0,795	27,37	0,173	0,834	0,016
Wartość dopuszczalnych stężeń w roślinach jako paszy dla zwierząt ¹⁾ Values of allowable concentrations in plants as fodder for animals ¹⁾	–	–	20-50	20-60	–	–	–	1	3-12	0,03
Wartości krytyczne metali śladowych przyjęte do oceny roślin pod względem ich przydatności paszowej ²⁾ Critical values of trace metals assumed for plant evaluation with regard to fodder suitability ²⁾	≤0,5	25-50	–	–	≤50,0	≤10,0	≤100,0	–	–	–

¹⁾ — Baran S., Turski R. 1996. Degradacja, ochrona i rekultywacja gleb. Wyd. AR Lublin: 223 ss.

²⁾ — Kabata-Pendias A., Motowicka-Terelak T., Piotrowska M. Terelak H., Witek T. 1993. Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. IUNG Puławy 20 ss.

WNIOSKI

1. Rekultywacyjne pokrycie składowiska odpadów komunalnych popiołem i użyźnienie osadem ściekowym stworzyło warunki do wegetacji roślin i rozwoju gleby.
2. Na zrehabilitowanej powierzchni składowiska zachodzą dynamiczne zmiany w zbiorowisku roślinności. Najlepiej z każdym rokiem na badanym obiekcie rosła kupkówka pospolita i stokłosa bezostna a następnie kostrzewa łąkowa, której udział w poroście systematycznie maleje. Mozga trzcinowata, życica trwała i tymotka łąkowa rozwijają się słabo i powoli ustępują z runi.

3. Trawy obcego pochodzenia (perz grzebieniasty, wydmuchrzyca groniasta) po okresie słabszego rozwoju wykazują dużą dynamikę rozwoju, są bujne, wzrasta ich udział w poroście i są przydatne do rekultywacji biologicznej w polskich warunkach klimatycznych.
4. Oprócz wysianych gatunków roślin, pojawiły się nowe taksony, które systematycznie wkraczają drogą sukcesji naturalnej.
5. Osady ściekowe wraz z porastającą roślinnością gromadzą materię organiczną, składniki pokarmowe, zwiększają wodochłonność, buforują odczyn.
6. Osadowe użyźnianie popiołowej pokrywy na składowisku odpadów komunalnych zwiększyło zawartość metali ciężkich w powierzchniowej warstwie gruntu zrekultywowanego, ale nie miało to znaczącego wpływu na zawartość tych składników w roślinach.

LITERATURA

- Baran S., Turski R. 1996. Degradacja, ochrona i rekultywacja gleb. Wyd. AR Lublin: 223 ss.
- Gorlach E., Gambuś F. 1999. Wpływ osadów ściekowych na zawartość metali ciężkich w glebie i roślinach oraz ich przemieszczanie się w profilu glebowym. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 467: 505 — 511.
- Góral S., Rola S. 2001. Trawy na popiołach elektrociepłowni nawożonych osadami ściekowymi. Inżynieria Ekologiczna nr 3, PTIE Warszawa: 146 — 150.
- Góral S. 2001. Roślinność zielna w ochronie i rekultywacji gruntów. Inżynieria Ekologiczna nr 3, PTIE, Warszawa: 161 — 178.
- Grzywnowicz I., Strutyński J. 1999. Zmiany niektórych właściwości chemicznych gleby po zastosowaniu osadów ściekowych do celów nawozowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 467: 299 — 306.
- Grzywnowicz I., Strutyński J. 2000. Rolnicze zagospodarowanie osadów ściekowych jako źródło zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 472: 297 — 304.
- Jabłoński B. 2000. Krótka charakterystyka wybranych do uprawy pożytków pszczelich, w: O potrzebie i możliwościach poprawy pożytków pszczelich. Oddz. Pszczelnictwa ISiK, Puławy: 24 — 71.
- Kabata-Pendias A., Motowicka-Terelak T., Piotrowska M., Terelak H., Witek T. 1993. Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. IUNG Puławy 20 ss.
- Kalembasa S., Kuziemska B., Godlewska A. 2007. Osady ściekowe jako potencjalne źródło makroelementów dla roślin. Inżynieria Ekologiczna 18, PTIE, Warszawa: 132 — 133.
- Kasprzyk R. 2011. Wpływ składowiska odpadów komunalnych na jakość wód podziemnych. Roczniki Gleboznawcze Tom LXII Nr 2. Warszawa: 172 — 178.
- Klimont K. 2005. Badanie rozwoju roślinności na terenach zdewastowanych. Sprawozdanie roczne z realizacji tematu, maszynopis, IHAR Radzików: 7ss.
- Klimont K. 2010. Sukcesja roślin na terenach poeksploatacyjnych Kopalni Siarki „Jeziórko”, Biul. IHAR 257/258: 29 — 37.
- Klimont K., Bulińska-Radowska Z. 2009. Badania rozwoju wybranych gatunków traw do umacniania składowisk popiołów paleniskowych z elektrociepłowni. Problemy Inżynierii Rolniczej 2: 135 — 145.
- Klimont K., Bulińska-Radowska Z. 2010. Przydatność wybranych gatunków roślin do rekultywacji składowiska odpadów komunalnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 556: 827 — 835.
- Majtkowski W., Majtkowska G. 2012. Fitosanitarna rola szaty roślinnej na zrekultywowanej hałdzie popiołów w Sowlanach k. Białegostoku. Biul. IHAR 263: 55 — 63.
- Majtkowski W., Podyma W., Góral S. 1996. Gatunki roślin do rekultywacji terenów zdegradowanych przez przemysł i gospodarkę komunalną, w: Nowe rośliny uprawne na cele spożywcze, przemysłowe jako odnawialne źródło energii. SGGW, Warszawa: 136 — 148.
- Pawluśkiewicz B., Gutkowska A. 2005. Występowanie zbiorowisk trawiastych na rekultywowanym składowisku popiołów elektrownianych. Łąkarstwo w Polsce 8: 115 — 172.

- Prończuk I. 1994. Popioły, melioracja i ochrona. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie 5: 8 — 12.
- Siuta J. 2004. Rekultywacja terenu lagun osadowych w oczyszczalni ścieków „Hajdów”. Inżynieria Ekologiczna nr 9, PTIE, Warszawa: 43 — 54.
- Siuta J. 2004. Rekultywacja i zagospodarowanie terenu wysypiska odpadów komunalnych w Kawęczynie. Inżynieria Ekologiczna nr 9, PTIE, Warszawa: 67 — 76.
- Siuta J., Kutla G. 2005. Rekultywacyjne działanie osadów ściekowych na złożach odpadów paleniskowych energetyki węglowej. Inżynieria Ekologiczna 10, PTIE Warszawa: 58 — 69.

TERESA PASTUSZEWSKA**GRZEGORZ GRYŃ**

Pracownia Chorób i Szkodników Kwarantannowych Ziemniaka

Zakład Technologii Produkcji Roślin Okopowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Oddział w Bydgoszczy

Aktywność celulolityczna a wirulencja *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*

Cellulolytic activity and virulence of *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*

Celem przeprowadzonych badań było określenie dla puli 34 szczepów *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* (*Cms*) właściwości celulolitycznych oraz patogeniczności w stosunku do bakłażana (*Solanum melongena*). We wszystkich badanych szczepach *Cms* potwierdzono wytwarzanie enzymu celulazy. Wraz ze wzrostem aktywności enzymu celulazy obserwowano wzrost wirulencji bakterii *Cms*, wyrażonej stopniem pokrycia liści bakłażana objawami chorobowymi. Korelacja liniowa między tymi cechami wyniosła $R = 0,75$.

Słowa kluczowe: bakterioza pierścieniowa ziemniaka, celulaza, *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*, czynnik wirulencji

The aim of this study was to determine the cellulolytic activity and virulence on eggplant (*Solanum melongena*) of pool of 34 strains of *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* (*Cms*). It was demonstrated that all of *Cms* isolates and strains produced enzyme cellulase. Increased enzyme activity caused higher virulence, expressed as intensity of symptoms on eggplant. Linear correlation between these traits was $R = 0.75$.

Key words: cellulase, *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*, potato ring rot, virulence factor

WSTĘP

Jednym z bakteryjnych patogenów roślin, jest podgatunek *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* (*Cms*). Komórki *Cms* są pleorformicznymi, maczugowatymi gramdodatnimi pałeczkami. W preparatach mikroskopowych obserwuje się ich charakterystyczne popodziałowe układy przypominające litery 'V' lub 'L' lub pismo chińskie czy palisady. Niekiedy w preparatach z naturalnie zakażonych tkanek lub świeżo wyizolowanych kultur występują formy kuliste komórek, które na pożywce agarowej ponownie przybierają formę krótkich pałeczek (Slack, 1987). Do cech charakterystycznych

należy powolny wzrost na podłożach mikrobiologicznych oraz obecność w ścianie komórkowej kwasu 2,4-diaminomasłowego (Waleron i in., 2010). Naturalną rośliną żywicielską, na której rozwijają się wyraźne objawy chorobowe jest ziemniak (*Solanum tuberosum*) (CABI/EPPO, 1997). Bugbee i Gudmestad (1988) podają jako naturalną, bezobjawową roślinę żywicielską burak cukrowy (*Beta vulgaris*). Poprzez sztuczną inokulację mogą ulec porażeniu inne gatunki psiankowatych, jak pomidor czy bakłażan. Podgatunek bakterii *Cms*, będący sprawcą bakteriozy pierścieniowej – choroby groźnej dla upraw ziemniaka, jest objęty w krajach członkowskich UE kwarantanną i zwalczany z urzędu.

Głównym źródłem rozprzestrzeniania patogena są porażone sadzeniaki, w których po wysadzeniu bakterie rozmnażają się i poprzez system wiązek przewodzących przemieszczają do łodyg i ogonków liściowych oraz tworzących się bulw. We wczesnych stadiach choroby na łodygach ziemniaka może pojawić się wędnięcie brzegów listków, a w późniejszym okresie pomiędzy nerwami rozwijają się plamy chlorotyczne, potem nekrozy i następuje usychanie liści (De Boer i Slack, 1984). Wczesne objawy choroby w bulwach mogą być obserwowane w części przystolonowej. Tkanka przewodząca począwszy od stolonu staje się szklista lub przejrzysta, później objawy te rozszerzają się na cały pierścień naczyń. Po ściśnięciu bulwy z wiązek przewodzących wydziela się serowaty, kremowo-biały wyciek bakteryjny. W zaawansowanym stadium porażenia na powierzchni bulw można obserwować spękania. Sprawca choroby może zasiedlać rośliny ziemniaka i bulwy nie wywołując objawów i pozostawać niewykrytym przez kilka rozmnożeń wegetatywnych (Sletten, 1985; Kawchuk i in., 1998; Pastuszewska i Junosza Kisielewska, 2002, 2004; Pastuszewska, 2008).

Wystąpienie objawów choroby jest uzależnione od odmiany ziemniaka, koncentracji patogena w roślinie, jego wirulencji oraz czynników środowiska. Mechanizm odpowiedzialny za wywoływanie objawów choroby na roślinach jest sprawą dyskusyjną i nadal badaną. W roślinach ziemniaka komórki *Cms*, występują głównie we wiązkach przewodzących. Dogodne warunki rozwoju w ksylemie ziemniaka bakterie *Cms* zapewniają sobie przez wydzielanie różnych związków, decydujących o stopniu patogeniczności — wirulencji. W procesie chorobowym wywołanym przez *Cms* najważniejszą rolę odgrywają: zewnątrzkomórkowo wydzielane przez *Cms* enzymy celulolityczne — celulazy, białka indukujące odpowiedź nadwrażliwości (Nissinen i in., 2001; Van der Wolf i in., 2005), a także egzopolisacharydy (EPS). Te ostatnie pełnią wiele istotnych funkcji, między innymi zabezpieczają komórki *Cms* przed nadmierną utratą wody, umożliwiają im adhezję do powierzchni tkanek gospodarza, istotną podczas zakażenia i rozwoju choroby (Jahr i in., 1999). EPS są mieszaniną heterogennych polimerów o charakterze kwasowym, rzadziej obojętnym, wśród których znajdują się głównie fukoza, galaktoza, glukoza i mannoza (Westra i Slack, 1992; Jahr i in., 1999; Lomovatskaya i in., 2002). Nadmierna ilość wydzielanych EPS w postaci śluzów, może zaburzyć transport wody, ale nie zawsze koreluje ze stopniem wirulencji. Szczepy *Cms* powodujące odpowiedź nadwrażliwości na roślinach tytoniu, wywołują również symptomy bakteriozy pierścieniowej na ziemniaku. Infekcja rośliny, nie będącej typowym gospodarzem, powoduje indukcję reakcji odpornościowej, za sprawą mechanizmu

kodującego specyficzne białka. Odpowiedzią rośliny jest wystąpienie na powierzchni liści nekrotycznych zmian, ograniczających infekcję i rozwój choroby.

Najważniejszymi czynnikami, odpowiedzialnymi za wirulencję bakterii *Cms*, są wydzielane zewnątrzkomórkowo enzymy, z których celulazy odgrywają najbardziej znaczącą rolę. Baer i Gudmestad (1995) opisali produkcję celulazy przez bakterie *Cms* oraz określili optymalne warunki jej aktywności (temperatura 37°C i pH 6–7). W wyniku działania enzymu następuje niszczenie szkieletu celulozowego ściany komórkowej rośliny, bariery ochronnej przed atakami patogenów, co prowadzi do zakłócenia transportu wody i wędnięcia porażonych roślin (Lagaert i in., 2009) oraz zgnilizny tkanki otaczającej wiąski przewodzące (Baer i Gudmestad, 1993). Obok celulaz *Cms* produkuje enzymy pektynolityczne i amylolityczne, jednak ich rola w rozwoju choroby jest uważana za mniejszą (Laine i in., 2000, Holtsmark, 2001).

Celem badań było określenie aktywności celulolitycznej wybranych szczepów *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* (*Cms*) oraz jej wpływ na wirulencję w stosunku do roślin bakłażana (*Solanum melongena*).

MATERIAŁ I METODY

Do badań wykorzystano 34 szczepy *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*, w tabeli 1 zamieszczono ich wykaz. W tej puli, 25 stanowiły naturalne izolaty otrzymane z IHAR PIB Radzików dla potrzeb realizacji wspólnych badań w Programie Wieloletnim 2008-2013. Izolaty te zostały wyosobnione z ekstraktów bulw ziemniaka, porażonych przez *Cms*, pozyskanych z laboratoriów Państwowej Inspekcji Ochrony Roślin i Nasiennictwa. Pozostałe 9 szczepów (polskie i zagraniczne) wybrano z kolekcji szczepów bakteryjnych, zgromadzonej w Pracowni Chorób i Szkodników Kwarantannowych IHAR PIB w Bydgoszczy. W badaniach używano sześciodniowych kultur bakterii wyrosłych na pożywce YGM (De Boer i Copeman, 1980) w temperaturze 21°C.

Aktywność enzymów celulolitycznych została określona w teście płytkowym, z wykorzystaniem podłoża zawierających celulozę. Testy wykonano w 3 terminach, po 3 powtórzenia dla każdego szczepu *Cms*. Przygotowano zawiesiny szczepów *Cms* w sterylnej wodzie o koncentracji (10^7 jtk/ml), ustalonej za pomocą densytometru. Następnie 5 µl zawiesiny bakterii posiano na zmodyfikowaną pożywkę M9 (pH 7,0), wzbogaconą w sól sodową karboksymetylocelulozy, będącą rozpuszczalną postacią celulozy (Meletzus i in., 1993). Po 10 dniach inkubacji w temperaturze 21°C zmierzono średnicę kolonii bakterii, a następnie wybarwiono płytki 0,1% roztworem czerwieni Kongo, dla obserwacji stref świadczących o występowaniu i aktywności enzymów powodujących hydrolizę celulozy. Po 15. minutowym czasie barwienia, płytki odbarwiano 1M roztworem NaCl. Aktywność enzymów określono na podstawie pomiaru promienia powstałej strefy zhydrolizowanego składnika pożywki. Obecność wokół kolonii bakteryjnej niezabarwionego 'halo', świadczyła o uwolnieniu enzymu hydrolitycznego, a wielkość promienia informowała o ilości wydzielanego enzymu.

Wirulencję szczepów *Cms* określono na podstawie testów bakłażanowych (*Solanum melongena*) przeprowadzonych w 4 terminach. Badania wykonano na 6 roślinach dla

każdego szczepu *Cms* w każdym z terminów, łącznie na 24 roślinach. W tym celu siewki bakłazana (odmiana Black Beauty) w stadium trzeciego liścia, inokulowano, przy pomocy strzykawki zawiesinami *Cms*, o gęstości 10^7 jtk/ml. Do eksperymentu dołączono kontrolę negatywną (sterylny bufor PB) i pozytywną (szczep wzorcowy NCPPB 4053). Zakażone siewki inkubowano w 21°C, przy 14. godzinnym oświetleniu, przez 25–40 dni. Obserwacje rozpoczęto po siedmiu dniach i kontynuowano co tydzień, określając stopień porażenia i wędnięcia według opracowanej skali (dane nie zamieszczone) oraz powierzchnię blaszek liściowych z charakterystycznymi objawami, wyrażoną w procentach.

Różnice w wielkości strefy hydrolizy celulozy i stopień pokrycia liści zmianami chorobowymi pozwoliły na ocenę zróżnicowania szczepów według zdolności wywoływania objawów bakteriozy pierścieniowej ziemniaka.

Do określenia zależności pomiędzy wirulencją szczepów *Cms* wyrażoną powierzchnią (w %) liści bakłazana objętych objawami choroby a zdolnością tych szczepów do produkcji celulazy, zastosowano analizę korelacji Spearmana. Do analiz statystycznych użyto programu Statistica 7.1.

WYNIKI I DYSKUSJA

W badaniach użyto 34 szczepy *Cms*, z czego 25 wyizolowano z ekstraktów porażonej bulwy ziemniaka, pochodzących z 12 województw Polski, a 9 szczepów z kolekcji przechowywanej w laboratorium IHAR-PIB, Oddział w Bydgoszczy. Różnice fenotypowe wybranych szczepów pozwoliły na obserwację mechanizmów powodujących objawy chorobowe na roślinie bakłazana oraz strefę hydrolizy celulozy w teście płytkowym. Średnie promienie niezabarwionych stref, wokół kolonii bakteryjnych wynosiły od 1,06 do 6,92 mm, w tym dla naturalnych izolatów z grupy 1 a od 1,50 do 6,92 mm, natomiast dla szczepów grupy 1 b od 1,06 do 5,83 mm (tab. 1, rys. 1).

Tabela 1

Charakterystyka szczepów bakterii *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* użytych w badaniach
Characteristics of bacterial strains of *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* used in this study

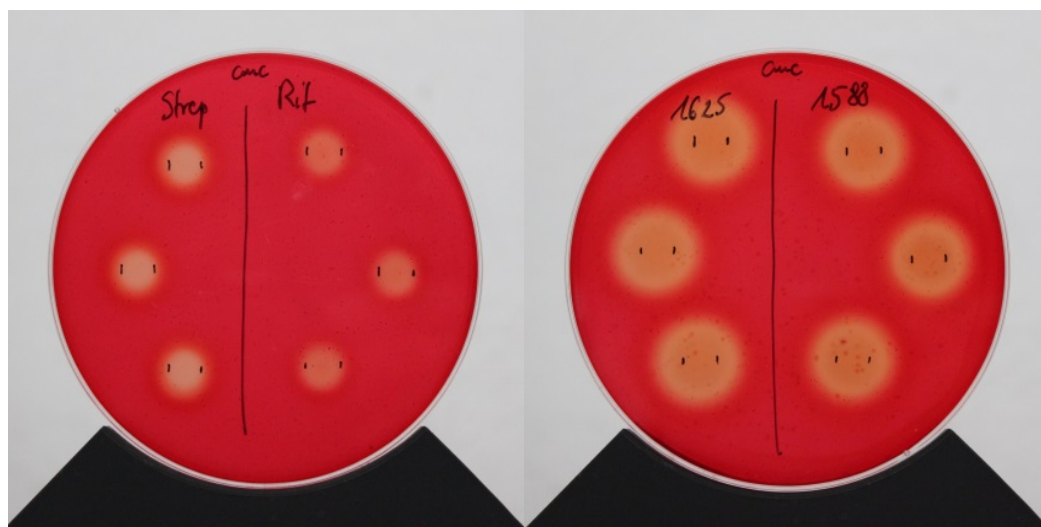
Szczep Strain	Strefa hydrolizy karboksymetylocelulozy na pożywce (mm), średnia Region of carboxymethylcellulose hydrolysis of media (mm), mean	Powierzchnia objawów na liściach bakłazana (%), średnia ² Symptoms area on eggplant leaves (%), mean
1	2	3
CL 585 (warmińsko-mazurskie) ^{1a}	1,50±0,44*	0,00±0,00*
CL 581 (warmińsko-mazurskie) ^{1a}	1,70±0,45	1,10±0,28
6967 (pomorskie) ^{1a}	1,75±0,51	0,00±0,00
CL 616 (lubelskie) ^{1a}	1,80±0,58	1,70±1,06
5006 (pomorskie) ^{1a}	1,80±0,66	4,40±3,50
CL 583 (warmińsko-mazurskie) ^{1a}	1,83±0,34	1,50±1,50
3535 (śląskie) ^{1a}	2,20±0,26	51,30±24,28
3127 (lubuskie) ^{1a}	2,30±0,00	26,70±9,50
287 (pomorskie) ^{1a}	2,40±0,10	23,20±6,04
6269 (pomorskie) ^{1a}	3,17±0,06	44,00±10,78
4 (mazowieckie) ^{1a}	3,20±0,00	55,20±2,88

1	2	3
3692 (śląskie) ^{1a}	3,27±0,25	71,30±0,20
CL 589 (podkarpackie) ^{1a}	3,58±1,11	34,50±9,70
5289 (mazowieckie) ^{1a}	3,77±0,25	69,00±14,64
4553 (mazowieckie) ^{1a}	4,23±0,45	46,70±5,06
CL 599 (podkarpackie) ^{1a}	4,28±0,49	40,50±18,26
1965 (opolskie) ^{1a}	4,30±0,30	46,80±25,70
1656 (świętokrzyskie) ^{1a}	4,53±0,50	50,50±19,39
7636 (pomorskie) ^{1a}	4,60±0,40	64,70±15,90
CL 613 (lubelskie) ^{1a}	5,00±1,18	22,80±10,22
CL 620 (wielkopolskie) ^{1a}	5,00±1,24	35,10±15,60
1588 (małopolskie) ^{1a}	5,40±0,53	58,90±24,38
CL 597 (kujawsko-pomorskie) ^{1a}	5,48±0,64	30,90±26,32
1625 (małopolskie) ^{1a}	6,17±0,15	60,00±5,00
CL 607 (świętokrzyskie) ^{1a}	6,92±0,71	29,70±8,96
NCPPB 3898 (Rif.) ^{1b}	1,06±0,13	5,00±2,74
NCPPB 2140 (Strep.) ^{1b}	1,86±0,70	12,00±5,22
BPR IOR 527 ^{1b}	1,96±0,48	7,00±2,30
PD 330 ^{1b}	2,00±0,35	17,00±5,00
PD 323 ^{1b}	2,10±0,85	13,00±4,30
BPR IOR 529 ^{1b}	2,66±0,41	3,50±1,78
PD 406 ^{1b}	2,70±0,45	5,50±1,76
PD 221 ^{1b}	3,65±0,40	21,00±7,34
NCPPB 4053 ^{1b}	5,83±0,35	60,00±8,09

^{1a} Z IHAR Radzików; From IHAR Radzików; ^{1b} Z IHAR Bydgoszcz; From IHAR Bydgoszcz

² Oznacza procent pokrycia liści bakłazana objawami chorobowymi; Mean percentage of eggplant leaves with disease symptoms

^x Odchylenie standardowe; Standard deviation



Rys. 1. Aktywność celulolityczna *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* wyrażona strefą rozkładu celulozy w pożywce

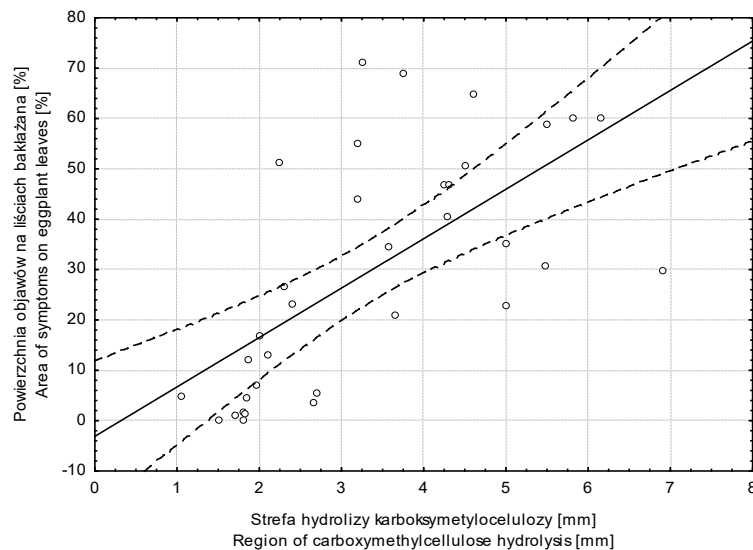
Fig. 1. Cellulase activity of *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* seen as areas of breakdown of cellulose on the indicator plate

Test na bakłazanie, który jest stosowany w diagnostyce *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* — sprawcy bakteriozy pierścieniowej ziemniaka, opisali Olsson (1976), Lelliott i Sellar (1976), Pastuszewska i Brzozowski (2006). Autorzy określili objawy więdnienia, wywoływane przez *Cms*. Objawy mogą rozpoczynać się od brzegów liści lub przestrzeni między nerwami. W fazie początkowej zwiędnięte fragmenty tkanki mogą być ciemniejsze niż tkanka otaczająca oraz są lekko błyszczące i nasączone wodą. Więdnięcie początkowo może ograniczać się do centralnej części blaszki liściowej, później rozprzestrzenia się na cały liść. W następstwie postępującego więdnięcia, między nerwami tworzą się plamy chlorotyczne, z czasem nekrotyczne.

W prezentowanych badaniach powierzchnia blaszek liściowych, na której wystąpiły objawy chorobowe wyniosła od 0 do 71,3%. Objawów nie zaobserwowano na roślinach inokulowanych szczepem CL 585 (warmińsko-mazurskie) i 6967 (pomorskie). W przypadku inokulacji ośmioma szczepami *Cms* z grupy 1 a: 3535, 4, 3692, 5289, 1656, 7636, 1588, 1625 oraz jednego z grupy 1 b — NCPPB 4053, różniących się pochodzeniem, objawy choroby objęły ponad 50% powierzchni liści roślin bakłazana.

Nowe izolaty *Cms* z grupy 1 a wykazały się większą aktywnością enzymatyczną i większą patogennością wobec roślin bakłazana w stosunku do szczepów z kolekcji — grupy 1 b. Wyjaśnieniem takich wyników może być obniżenie wirulencji szczepów z grupy 1 b po długim przechowywaniu na sztucznych podłożach.

W badanej puli szczepów *Cms* wystąpiła znacząca zależność liniowa (współczynnik korelacji $R = 0,75$) pomiędzy wielkością strefy hydrolizy celulozy a powierzchnią objawów chorobowych (rys. 2).



Rys. 2. Wykres rozrzutu dla powierzchni objawów na liściach bakłazana (%) i strefy hydrolizy karboksymetylocelulozy na pożywce (mm)

Fig. 2. Dispersion plot for percentage of eggplant leaves showing symptoms and region of carboxymethylcellulose hydrolysis on indicator plate (mm)

Oznacza to, że wraz ze wzrostem strefy hydrolizy celulozy powiększał się obszar objawów na liściach bakłażana. Nie można tego odnieść do innych cytowanych w pracy wyników badań z uwagi na to, że nie prezentują one bezpośredniego porównania tych cech w takim zakresie, jaki przedstawiono w niniejszej pracy.

Jak podają Bishop i Slack (1987) ekspresja objawów bakteriozy pierścieniowej na ziemniaku w dużej mierze związana jest z warunkami środowiskowymi, dawką inokulum, odmianą i wirulencją szczepu *Cms*. Według Nissinen i in. (2001) warunkiem, by mógł nastąpić rozwój metod detekcji sprawcy bakteriozy pierścieniowej jest poznanie mechanizmów odpowiedzialnych za zjawisko choroby bezobjawowej, czyli latentnej i patogeniczność *Cms*.

W badaniach własnych podjęto próbę ocenienia zróżnicowania szczepów bakteryjnych pod względem produkcji enzymu celulazy jako jednego z czynników wirulencji. Z doniesień literaturowych (Baer i Gudmestad, 1993; Metzler i in., 1997; Laine i in., 2000; Nissinen i in., 2001) wynika, że enzymy takie jak: celulaza, pektynaza, amylaza są odpowiedzialne za powodowanie charakterystycznych objawów chorobowych na roślinie. Utrata zdolności wykorzystywania substancji pokarmowych pochodzenia białkowego i tłuszczowego przez *Cms* spowodowała, że bakterie te kolonizują wąską niszę ekologiczną ograniczoną do wiązek przewodzących rośliny ziemniaka (Bentley i in., 2008).

Nissinen i in. (2001) uważają, że aktywność cellulolityczna nie jest konieczna do rozprzestrzeniania się bakterii w tkance roślinnej, ale jest niezbędna do wywoływania symptomów choroby. Wyniki badań przytoczone przez Laine i in. (2000) potwierdzają plazmidowy charakter genów kodujących celulazę. Bentley i in. (2008) przeprowadzili analizę struktury genomu *Cms* i porównali do innych bakterii z gatunku *Clavibacter michiganensis*. Autorzy opisali kilka cech genomu potwierdzających endofityczny charakter *Cms*. Wyjaśnienie funkcji genu *celA* zlokalizowanego w plazmidzie pCS1 pozwoliło poznać główny czynnik wirulencji podgatunku *Cms*.

Nissinen i in. (2001) sugerują, że występowanie bakteriozy pierścieniowej w formie latentnej, powodujące trudności w diagnozie sprawcy choroby, może mieć związek z obniżeniem ekspresji genu *celA*.

Dalsze badania nad zdolnością szczepów *Cms* do wydzielania enzymów zewnątrzkomórkowych i ich patogenicznością są konieczne w celu poprawienia wykrywalności, identyfikacji i zapobiegania rozprzestrzeniania się sprawcy choroby ziemniaków. Poznanie sekwencji genomu *Cms* (AM849034) oraz jego analiza dostarcza nowych informacji o genach warunkujących biosyntezę czynników determinujących wirulencję tej bakterii (Bentley i in., 2008; Waleron i in., 2010).

WNIOSKI

1. Potwierdzono zróżnicowanie szczepów *Cms* pod względem wielkości strefy hydrolizy celulozy oraz pokrycia blaszek liściowych bakłażana objawami chorobowymi.
2. Produkcja egzoenzymu celulazy, przez badane szczepy *Cms* jest istotnie dodatnio skorelowana ($R = 0,75$) z właściwościami tych szczepów do siły wywołanych objawów chorobowych na roślinach bakłażana.

LITERATURA

- Baer D., Gudmestad N. C. 1993. Serological detection of nonmucoid strains of *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* in potato. *Phytopathology* 83: 157 — 163.
- Baer D., Gudmestad N. C. 1995. In vitro cellulolytic activity of plant pathogen *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*. *Canadian J. Microbiol.* 41 (10): 877 — 888.
- Bentley S. D., Corton C., Brown S.E., Barron, A., Clark L., Doggett J., Harris, B., Ormond D., Quail M. A., May G., Francis D., Knudson D., Parkhill J., Ishimaru C. A. 2008. Genome of the actinomycete plant pathogen *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* suggests recent niche adaptation. *J. Bacteriol.* 190: 2150 — 2160.
- Bishop A. L., Slack S. A. 1987. Effect of inoculum dose and preparation, strain variation, and plant growth conditions on the eggplant assay for bacterial ring rot. *Am. Potato J.* 64: 227 — 234.
- Bugbee W. M., Gudmestad N. C. 1988. The recovery of *Corynebacterium sepedonicum* from sugarbeet seed. *Phytopathology* 78: 205 — 208.
- De Boer S. H., Copeman R. J. 1980. Bacterial ring rot testing with indirect fluorescent antibody staining procedure. *A. Potato J.* 57: 457 — 465.
- De Boer S. H., Slack S.A. 1984. Current status and prospects for detecting and controlling bacterial ring rot of potatoes in North America. *Plant Disease* 68: 841 — 844.
- CABI/EPPO. 1997. *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*: 986 — 990. In: Quarantine Pests for Europe, 2nd Edn, CAB International, Wallington: 1424 pp.
- Holtmark I., Takle G. W., Brurberg M. B. 2008. Expression putative virulence factors in the potato pathogen *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* during infection. *Arch. Microbiol.* 189: 131 — 139.
- Jahr H., Bahro R., Ahlemeyer J., Eichenlaub R. 1999. Interactoins between *Clavibacter michiganensis* and its host plants. *Environ. Microbiol.*: 113 — 118.
- Kawchuk L. M., Lynch D. R., Kozub G. C., Nelson G. A., F. Kulcsar, Fujimoto D. K. 1998. Multi - year evaluation of *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* disease symptoms in cultivated potato genotypes. *Am. J. of Potato Res.* 75: 235 — 243.
- Lagaert S., Beliën T., Volckaert G. 2009. Plant cell walls: Protecting the barrier from degradation by microbial enzymes. *Seminars in Cell & Developmental Biology* 20: 1064 — 1073.
- Laine M. J., Haapalainen M., Wahlroos T., Kankare K., Nissinen R., Kassuwi S., Metzler M.C. 2000. The cellulase encoded by the native plasmid of *Clavibacter michiganensis* ssp. *sepedonicus* plays a role in virulence and contains an expensing-like domain. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 57: 221 — 233.
- Lelliot R. A., Sellar P. W. 1976. The detection of latent ring rot (*Corynebacterium sepedonicum* [Spiek. et Koth.] Skapt. et Burkh.). *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 6 (2): 101 — 106.
- Lomovatskaya L. A., Romanenko A. S., Krivolapova N. V. 2002. Identification of potato cells plasma membrane receptors to ring rot pathogen extra cellular polysaccharides. *Academic Open Internet Journal* (www.acadjournal.com.) 7.
- Meletzus D., Bermphol A., DreierJ., Eichenlaub R. 1993. Evidence for plasmid-encoded virulence factors in the phytopathogenic bacterium *Clavibacter michiganensis* ssp. *sepedonicus* NCPPB 382. *Journal of Bacteriology* 175: 2131 — 2136.
- Metzler M. C. Laine M. J., De Boer S. H. 1997. The status of molecular biological research on the plant pathogenic genus *Clavibacter*. *FEMS Microbiology Letters* 150: 1 — 8.
- Nissinen R., Kassuwi S., Peltola R., Metzler M. C. 2001. In planta — complementation of *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* strains deficient in cellulose production or HR induction restores virulence. *European Journal of Plant Pathology* 107: 175 — 182.
- Olsson K. 1976. Experience of ring rot caused by *Corynebacterium sepedonicum* in Sweden, particularly detection of the disease in its latent form. *OEPP/EPPO Bulletin* 6: 209 — 219.
- Pastuszewska T. 2008. Tempo rozwoju bakteriozy pierścieniowej ziemniaka z formy bezobjawowej w objawową w potomstwie bulw ziemniaka. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 531: 161 — 168.

- Pastuszewska T., Junosza Kisielewska I. 2002. Podatność wybranych odmian ziemniaka na bakteriozę pierścieniową (*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*). Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 42 (2): 920 — 923.
- Pastuszewska T., Junosza Kisielewska I. 2004. Reakcja wybranych odmian ziemniaka na inokulację bakterią *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 4, (2): 1014 — 1016.
- Pastuszewska T., Brzozowski S. 2006. Diagnostyka latentnej formy bakteriozy pierścieniowej ziemniaka (*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* [Spieckermann & Kotthoff] Davies et al.). Test patogeniczności na bakłazanie (*Solanum melongena*). Biul. IHAR 242: 205 — 215.
- Slack S. A. 1987. Biology and ecology of *Corynebacterium sepedonicum*. Am. Potato J. 64: 665 — 670.
- Sletten A. 1985. The effect of *Corynebacterium sepedonicum* on symptoms and yield of four potato cultivars. Potato Research 28: 27 — 33.
- Van der Wolf J. M., Elphinstone J. G., Stead D. E., Metzler M., Müller P., Karjalainen R. 2005. Epidemiology of *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* in relation to control of bacterial ring rot. Plant Research International B. V. Wageningen, February 2005: 38 pp.
- Waleron M., Skrzypkowska M., Waleron K., Łojkowska E. 2010. Epidemiologia wybranych podgatunków bakterii *Clavibacter michiganensis* oraz metody ich identyfikacji i zwalczania. Post. Mikrobiol. 49 (4): 269 — 284.
- Westra A. G., Slack S. A. 1992. Isolation and characterization of extracellular polysaccharide of *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*. Phytopathology 82: 1193 — 1199.

ALEKSANDRA LUWAŃSKA¹**KAROLINA WIELGUS¹****MARLENA SZALATA²****DANIEL LIPIŃSKI²****JOANNA ZEYLAND²****RYSZARD SŁOMSKI²**¹ Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich, Zakład Biotechnologii, Poznań² Uniwersytet Przyrodniczy, Katedra Biochemii i Biotechnologii, Poznań

Optymalizacja warunków regeneracji *in vitro* szalwii lekarskiej*

Optimisation of the conditions for *in vitro* regeneration of sage

Szałwia lekarska (*Salvia officinalis* L.) jest użyteczną rośliną zielarską wykazującą działanie antyseptyczne na szerokie spektrum bakterii, działanie przeciwzapalne, obniżające poziom cukru we krwi, leczące dolegliwości żołądkowe, a nawet mającą działanie antyoksydacyjne. Możliwość zastosowania licznych związków chemicznych zawartych w olejku eterycznym szalwii zwiększa zainteresowanie uprawą tego gatunku z wykorzystaniem metod biotechnologicznych. Opracowanie wydajnych metod regeneracji roślin ważnych z leczniczego punktu widzenia, takich jak szalwia lekarska, otwiera szereg możliwości poczynając od rozpoznania szlaków metabolicznych i zwiększonej produkcji metabolitów wtórnych, po mikropropagację jednorodnych genotypów, aż wreszcie do transformacji genetycznej czy produkcji biofarmaceutyków. Celem niniejszej pracy było opracowanie wydajnej metody regeneracji szalwii lekarskiej w kulturach *in vitro* na drodze organogenezy bezpośredniej i pośredniej. Organogeneza bezpośrednia była indukowana na pożywce Murashige Skoog (MS) oraz dwukrotnym rozcieńczeniu pożywki MS (1/2 MS) zawierających różne kombinacje i stężenia roślinnych regulatorów wzrostu: BA, mT, NAA oraz IAA. Proces indukcji tkanki kalusowej i próby regeneracji roślin metodą organogenezy pośredniej prowadzone były w trzech różnych doświadczeniach składających się z zestawu odmiennych pożywek. Doświadczenia te obejmowały różne eksplantaty wyjściowe. Najlepsze wyniki dla procesu regeneracji szalwii na drodze organogenezy bezpośredniej uzyskano przy użyciu pożywek MS z dodatkiem 0,3 mg/l BA lub 0,3 mg/l mT. Współczynnik rozmnażania podczas cyklicznej kultury mieścił się w zakresie 3,08–3,82 dla pożywek zawierających BA oraz 2,44–3,41 dla pożywek z mT. W badaniach nad organogenezą pośrednią na wszystkich zastosowanych podłożach otrzymano indukcję kalusa, jednak wzbudzenie właściwości morfogennych tkanki wymaga dalszego dopracowania.

* Powyższe badania wykonane były w ramach projektu pt.: „Wsparcie stypendialne dla doktorantów na kierunkach uznanych za strategiczne z punktu widzenia rozwoju Wielkopolski”, Poddziałanie 8.2.2 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki, współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

Słowa kluczowe: indukcja kalusa, mikropropagacja, regeneracja *in vitro*, roślinne regulatory wzrostu, szalwia lekarska, współczynnik rozmnażania

Sage (*Salvia officinalis* L.) is a useful medicinal plant showing antiseptic activity towards a broad spectrum of bacteria, anti-inflammatory activity, lowering blood sugar, treating stomach ailments, and even having an antioxidant effect. The applicability of a number of chemicals present in the essential oil of sage increases the interest in cultivation this species using biotechnological methods. The development of efficient methods for plant regeneration is important for a medicinal plant, such as sage. It opens up a number of possibilities ranging from unravelling of metabolic pathways and increasing the production of secondary metabolites, the micropropagation of homogeneous genotypes, and finally to genetic transformation and production of biopharmaceuticals. The aim of this study was to develop efficient methods for regeneration of sage in *in vitro* cultures through direct and indirect organogenesis. Direct organogenesis was induced on Murashige Skoog medium (MS) and the half-strength MS medium (1/2 MS) containing different combinations and concentrations of plant growth regulators: BA, mT, NAA and IAA. The callus induction and plant regeneration trials by indirect organogenesis were conducted in three different experiments, consisting of a set of different media. This experiment included various output explants. As a result of the studies efficient regeneration of sage was developed through direct organogenesis using MS media containing 0.3 mg / l BA and 0.3 mg / l mT. Multiplication rate during cyclic culture was in the range of 3.08 - 3.82 for the media containing BA and 2.44–3.41 for the media with mT. In studies on indirect organogenesis we also obtained induction of callus on all the substrates, while the induction of morphogenetic properties of the tissue requires further development.

Key words: induction of callus, micropropagation, *in vitro* regeneration, plant growth regulators, sage, multiplication rate

WSTĘP

Lecnicza użyteczność szalwii w przeciwdziałaniu stanom zapalnym gardła, jamy ustnej, przewodu pokarmowego oraz krwawieniom i kolkom jelitowym jest znana od wieków. Obecnie wiadomo również, że szalwia lekarska wykazuje aktywność antyseptyczną na szerokie spektrum bakterii (Stanojević i in., 2010), ale również obniża poziom cukru we krwi (Christensen i in., 2010), a nawet hamuje rozwój komórek rakowych (El Hadri i in., 2010). W olejku eterycznym szalwii lekarskiej stwierdzono zawartość 37 różnych związków chemicznych, które mogą odgrywać znaczącą rolę w fitoterapii (Chalchat i in., 1998). Wiele prac z literatury przedmiotu poświęconych jest możliwości wykorzystania poszczególnych składników aktywnych w leczeniu różnych chorób. Przykładem są antyoksydanty, tj. karnozol, epirozmanol i karnozan metylu, izolowane z szalwii, które mogą mieć zastosowanie w profilaktyce chorób cywilizacyjnych, jak: miażdżyca, zaćma, choroba Parkinsona, choroba Alzheimera (Akhondzadeh i in., 2003; Lima i in., 2005).

Możliwość produkcji i zastosowania licznych związków chemicznych zawartych w szalwii lekarskiej zwiększa zainteresowanie uprawą tego gatunku z wykorzystaniem metod biotechnologicznych. Znaczenie komercyjne technologii klonalnego rozmnażania roślin, a przemysł *in vitro* obejmuje już wiele ważnych gospodarczo roślin (Malepszy, 2009). Zastosowanie kultury *in vitro* u szalwii może mieć duże znaczenie przede wszystkim w analizowaniu składu olejku eterycznego (Santos-Gomes i in., 2002). Jednak w badaniach na kulturami tkankowymi szalwii najistotniejsza wydaje się możliwość masowego

rozmnażania wyselekcjonowanych roślin o najlepszych parametrach leczniczych. Zaletą kultur są kontrolowane warunki wpływające korzystnie na akumulację i stabilność składników olejku (Avato i in., 2005). Konwencjonalne metody pozyskiwania materiału, jak wysiew nasion, nie dają takich możliwości. Wydajność rozmnażania *in vitro* *S. officinalis* może być udoskonalana na pożywkach z zastosowaniem różnych hormonów, zarówno z grupy cytokinin jak i auksyn (Gostin, 2008). Znaczącym jest również fakt, że olejki eteryczne pochodzące z roślin uzyskanych drogą mikropropagacji mogą posiadać niejednokrotnie wyższe stężenia niektórych składników w porównaniu z tradycyjną uprawą. Wynikać to może ze zmienności somaklonalnej roślin namnażanych w kulturach *in vitro* (Avato i in., 2005). Możliwość produkcji roślinnych metabolitów wtórnych nie ogranicza się jednak tylko do procesu mikropropagacji. W przypadku *S. officinalis* coraz częściej wykorzystuje się inne metody kultur tkankowych jak kultury zawieszinowe czy organów roślinnych (Santos-Gomes i in., 2003; Grzegorzczak i in., 2007; Ruffoni i in., 2009). Efektywność tego typu kultur *in vitro* i produkcji metabolitów może być zwiększona poprzez zabiegi technologiczne tj. elicytacja (Szpitter i Królicka, 2005). Badania nad kulturami tkankowymi szalwii otwierają również drogę do transgenezy tego gatunku. Istnieją już pierwsze doniesienia związane z wytworzeniem transformowanych korzeni *S. officinalis* wykorzystanych do zwiększenia produkcji kwasu rozmarynowego, związku o działaniu przeciwutleniającym, przeciwzapalnym i antywirusowym (Wysokińska i Chmiel, 2006).

Niewątpliwie biotechnologia otwiera nowe możliwości zwłaszcza w uprawie roślin o dużym znaczeniu farmaceutycznym. Opracowanie wydajnego systemu regeneracji szalwii w kulturach tkankowych jest pierwszym i niezbędnym etapem prac nad korzystaniem z metod biotechnologicznych i staje się integralną częścią wielokierunkowych programów hodowli *S. officinalis*. Celem niniejszej pracy było opracowanie wydajnej regeneracji i rozmnażania szalwii lekarskiej w kulturach *in vitro* na drodze organogenezy bezpośredniej i pośredniej. W przypadku organogenezy bezpośredniej użycie różnych roślinnych regulatorów wzrostu, zwłaszcza cytokinin, miało na celu opracowanie efektywnej mikropropagacji. Założeniem badań nad organogenezą pośrednią było rozeznanie możliwości regeneracyjnych szalwii z różnych eksplantatów wyjściowych oraz poszerzenie wiedzy w zakresie indukcji tkanki kalusowej.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem wyjściowym do badań były nasiona szalwii lekarskiej, odmiany Bona. Do odkażania nasion użyto dwóch procedur z zastosowaniem 15% roztworu podchlorynu sodu lub 20% roztworu preparatu handlowego ACE. Metodę prowadzonych doświadczeń wraz z użytymi na danych etapach materiałami przedstawiono w tabeli 1. Skala doświadczenia obejmowała po 70 nasion w trzech próbach, a obserwacje kultur wykonywane były po 5, 7 i 16 dniach od wyłożenia nasion. Sterylne siewki posłużyły jako źródło eksplantatów do zakładania kultur i badań nad regeneracją szalwii. Organogeneza bezpośrednia była indukowana na pożywce Murashige Skoog (MS) oraz dwukrotnym rozcieńczeniu pożywki MS (1/2 MS) zawierających różne kombinacje i stężenia roślinnych

regulatorów wzrostu tj. 6-benzylaminopuryna (BA), meta-topolina (mT), kwas naftylo-1-octowy (NAA) oraz kwas indolilo-3-octowy (IAA) (tab. 1). Obserwacje wykonywane były przed pasażem eksplantatów na świeże medium i prowadzone w odstępach dwutygodniowych. Podczas obserwacji określano m. in. współczynnik rozmnażania określający liczbę pąków przybyszowych powstałych z jednego eksplantatu. Cykl rozmnożeniowy obejmował 5 subkultur na danej pożywce. Wyjściowe kultury szalwii na różnych pożywkach obejmowały po 100 roślin (20 kolbek $\times$ 5 eksplantatów). Proces indukcji tkanki kalusowej i próby regeneracji roślin metodą organogenezy pośredniej prowadzone były w trzech różnych doświadczeniach składających się z zestawu odmiennych pożywek (tab. 1). W dwóch pierwszych doświadczeniach (1 i 2) bazowano na pożywce MS z regulatorami wzrostu: BA, NAA oraz kwasem 2,4-dichlorofenoksyoctowym (2,4-D). Natomiast w przypadku trzeciego doświadczenia (3) użyto pożywki Daria z różnym zestawem regulatorów wzrostu mającym doprowadzić do regeneracji roślin (wg. Wielgus i in., 2008). W każdym doświadczeniu kultura obejmowała subkultury trwające po 4 tyg., a przed pasażem wykonywana była obserwacja. Kalus kwalifikowany był do trzech grup: mały – pojawienie się niewielkich grudek; średni – tkanka ulegająca proliferacji; duży – znaczne namnażanie się tkanki.

Tabela 1

Schemat etapów doświadczeń wraz z użytymi materiałami
Scheme of experiment stages and applied materials

Etap Stage	Eksplantat Explant	Procedura i zastosowana pożywka Procedure and applied medium
Odkazanie Decontamination	nasiona seeds	— 20% ACE przez 15 min. + 3 x płukanie sterylną H ₂ O — 70% etanol przez 1 min. + 15% podchloryn sodu przez 20 min. + 3 x płukanie sterylną H ₂ O — MS: 1 mg/l GA ₃ + 0,04 mg/l KIN
Organogeneza bezpośrednia Direct organogenesis	pąki wierzchołkowe i boczne apical and axillary buds	— MS: BA lub mT (0,3 mg/l) — ½ MS: 0,3 mg/l BA — MS: 0,5 mg/l BA + 0,1 mg/l IAA
Organogeneza pośrednia Indirect organogenesis	liścienie, fragmenty liści, ogonki liściowe, merystemy, i fragmenty łodyg cotyledons, leaf fragments, petioles, meristems and stem fragments	— (1) MS: 2 mg/l BA + 2 mg/l NAA + 1 mg/l chlorek adeniny — (2) MS: I 0,05 mg/l 2,4-D + 0,1 mg/l BA; II bez regulatorów wzrostu — (3) Daria ind+ (1mg/l KIN + 0,05mg/l NAA) i Daria pro+ (0,2 mg/l BA and 0,03 mg/l NAA)
Ukorzenianie Rooting	zregenerowane pędy regenerated shoots	— ½ MS: IAA 0,3 mg/l lub IBA 0,05 mg/l — Daria root+ (2 mg/l IAA)

Ogół badań obejmował różne eksplantaty, przy czym w procesie organogenezy bezpośredniej użyto pąków wierzchołkowych i bocznych pobranych z 3 tygodniowych roślin, a w organogenezie pośredniej liścieni, fragmentów liści, ogonków liściowych, merystemów i fragmentów łodyg pobranych z 2 tygodniowych roślin (tab. 1). Każde doświadczenie zarówno dla organogenezy bezpośredniej i pośredniej obejmowało 50 do 70 eksplantatów i wykonano je w 3 powtórzeniach. Zregenerowane w kulturach *in vitro* pędy poddawane były ukorzenianiu na pożywce MS zawierającej różne stężenia auksyn IAA lub kwasu β -indolomasłowego (IBA) zamieszczone w tabeli 1. Obserwacje kultur

zawierających IAA przeprowadzono w 7 i 14 dniu, natomiast dla IBA obserwacje przebiegały w 10 i 27 dniu od założenia kultury. W obu doświadczeniach skala obejmowała 75 eksplantatów, a każde doświadczenie wykonano w trzech powtórzeniach.

Wszystkie pożywki posiadały pH równe 5,8, a przed zakładaniem kultur były autoklawowane w temperaturze 121°C przez 20 min. Kultury *in vitro* szalwii prowadzone były w fitotronie przy natężeniu światła 4000 LUX, w temperaturze 25± 1°C i przy fotoperiodzie 16/8.

WYNIKI

Odkazanie

Użycie do odkazania nasion 15% roztworu podchlorynu sodu przez 20 min. okazało się zbyt inwazyjne i całkowicie uniemożliwiało skielkowanie nasion. Taki rezultat skłonił do użycia mniej inwazyjnego środka sterylizującego zawierającego 5% podchlorynu sodu oraz skrócenie czasu ekspozycji nasion. Zastosowanie 20% roztworu komercyjnego preparatu ACE przez 15 min. pozwoliło na uzyskanie wysokiego odsetka nasion czystych (91,76%) przy jednoczesnym wysokim procencie nasion skielkowanych (47,84%). Dla doświadczeń z użyciem ACE zastosowano test porównań wielokrotnych (NIR - najmniejszej istotnej różnicy), co umożliwiło przydzielenie poszczególnych zbiorów średnich do grup jednorodnych (tab. 2). Odkazanie nasion z użyciem ACE dało satysfakcjonujące wyniki, dzięki czemu możliwe było uzyskanie odpowiedniej ilości sterylnych siewek do dalszych etapów badań.

Tabela 2

Efektywność procesu odkazania nasion szalwii przy zastosowaniu ACE
Efficiency of sage seeds decontamination using ACE

Cecha Variate		Nasiona Seeds		
		skielkowane germinated	czyste uncontaminated	zakażone contaminated
Próba Trial	1	16,80b	49,4a	1,60b
	2	18,60b	49,2a	1,80b
	3	24,40a	46,8a	4,20a
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		2,222	6,69	0,872

Organogeneza bezpośrednia

W badaniach nad procesem organogenezy bezpośredniej założono kultury *in vitro* pąków wierzchołkowych i bocznych, pobranych z 3-tygodniowych siewek i umieszczonych na pożywkach z różnym rodzajem i stężeniem roślinnych regulatorów wzrostu. Tabela 3 prezentuje statystyczne porównanie wyników obserwacji dla różnych pożywek poprzez test NIR wraz z grupami jednorodnymi. Najlepsze rezultaty w procesie regeneracji szalwii z pąków wierzchołkowych i bocznych uzyskano przy użyciu pożywek MS zawierających 0,3 mg/l BA lub mT. Kultura na tych pożywkach odznaczała się nie tylko wysokim współczynnikiem rozmnażania, ale i dobrą kondycją eksplantatów podczas cyklicznej mikropropagacji. W przypadku pozostałych pożywek z odmiennym zestawem

regulatorów wzrostu, kultury odznaczały się niższym współczynnikiem rozmnażania, bądź gorszym stanem fizjologicznym eksplantatów (tab. 3).

Tabela 3

Organogeneza bezpośrednia pąków wierzchołkowych i bocznych z zastosowaniem różnych roślinnych regulatorów wzrostu

Direct organogenesis of apical and axillary buds with the use of different plant growth regulators

Cecha Variate		Współczynnik rozmnażania Multiplication rate	Eksplantaty Explants (%)			
			wytwarzające pąki creating buds	żywotne growing	zwitryfikowane vitrificated	obumarłe necrosed
Pożywka Medium	MS 0,3 BA	2,952a	91,1a	77,5a	5,5c	3,19bc
	MS 0,3 mT	2,732a	98,6a	93,9a	4,8c	1,14c
	MS BA+IAA	2,550a	96,3a	86,8a	12,4bc	1,69c
	MS BA+NAA	1,847b	59,8c	36,7b	24,8b	38,48a
	½ MS 0,3 BA	3,095a	83,2b	33,7b	54,8a	11,58b
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		0,6843	15,28	22,14	14,83	8,564

Organogeneza pośrednia

W rezultacie badań nad organogenezą pośrednią indukcję tkanki kalusowej z liścieni, fragmentów liści, ogonków liściowych, merystemów i fragmentów łodyg otrzymano na wszystkich zastosowanych podłożach. Najlepsze rezultaty uzyskano w doświadczeniu (1) na pożywce MS zawierającej 2 mg/l BA, 2 mg/l NAA oraz 1 mg/l chlorku adeniny (tab. 4).

Tabela 4

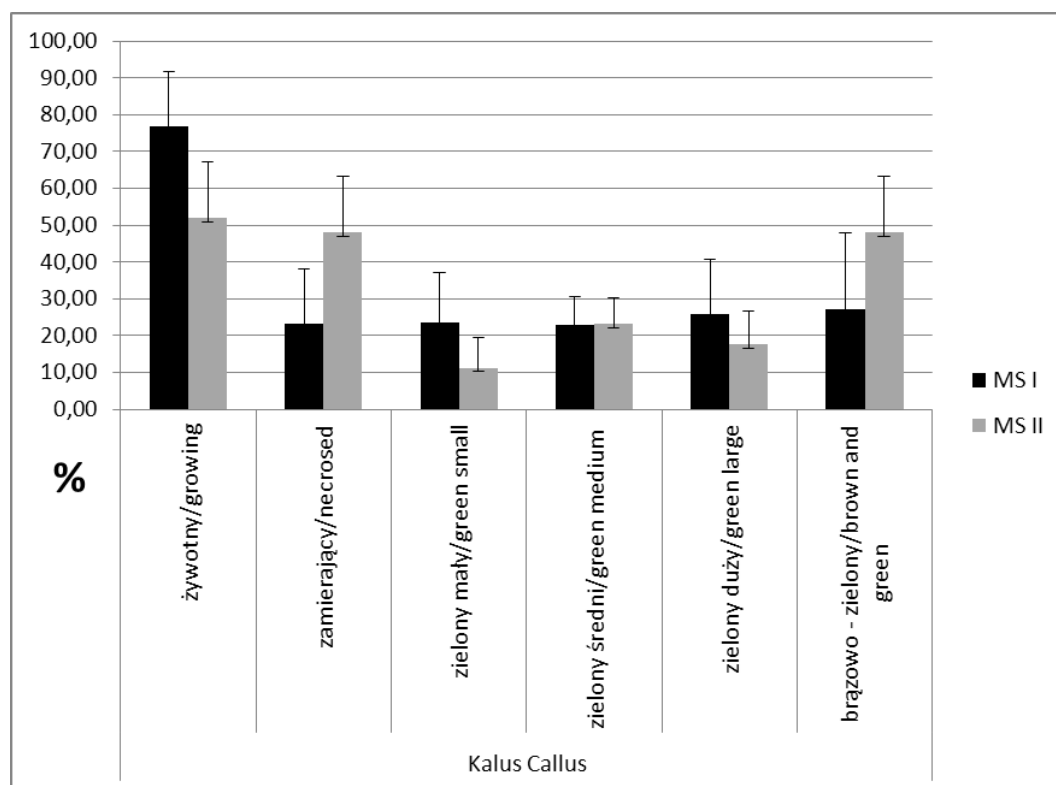
Indukcja tkanki kalusowej z różnych fragmentów roślin
Induction of callus tissue from different parts of plants

Cecha Variate	Eksplantaty Explants (%)		Kalus Callus (%)				
	żywotne growing	zamierające necrosed	zielony — green			brązowo- zielony brown and green	brązowy brown
			mały small	średni medium	duży large		
liść leaf	15,9b	84,1a	15,9a	0,0c	0,00a	62,7a	0,0
ogonki liściowe petiole	63,3a	36,7b	12,2a	51,1a	0,00a	36,3b	0,0
merystem meristem	45,4a	54,6b	17,7a	27,3b	0,38a	50,0ab	0,0
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		21,16	21,16	11,22	15,88	0,662	25,20
Subkultura Subculture	n-1	52,0a	48,0b	20,4a	31,6a	0,0a	36,0b
	n-2	25,6b	74,4a	4,8b	20,4a	0,40a	74,4a
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		19,31	19,31	8,85	16,66	0,56	20,07

Spośród analizowanych na tej pożywce eksplantatów indukcja kalusa zachodziła najlepiej na ogonkach liściowych, następnie na merystemach, a najslabiej na fragmentach liści. Zainicjowany kalus odznaczał się zieloną barwą oraz miał luźną, grudkowatą strukturę. Jednak próba wzbudzenia powstawania organów przybyszowych poprzez

przepasażowanie jej na świeżą pożywkę spowodowała zmniejszenie żywotności tkanki kalusowej (tab. 4).

Doświadczenie (2) nad kulturami liścieni prowadzonymi w układzie dwóch pożywek MS I z dodatkiem 0,05 mg/l 2,4-D oraz 0,1 mg/l BA, a następnie MS II niezawierającej regulatorów wzrostu skutkowało wysoką indukcją tkanki kalusowej, ale słabym wzrostem tej tkanki bez wykazywania właściwości morfogennych (rys. 1).



Rys. 1. Kultury liścieni w układzie dwóch pożywek
Fig. 1. Cotyledon cultures in a set of two media

Prowadzone doświadczenie (3) nad kulturami liścieni, fragmentów łodyg i korzeni na pożywce Daria nie przyniosło satysfakcjonujących wyników. Jedynie dla fragmentów łodyg uzyskano indukcję tkanki kalusowej z niewielką regeneracją pędów (tab. 5). Jednak w prowadzonych kulturach zarówno kalus jak i powstałe pędy charakteryzowały się złą kondycją fizjologiczną i nieprawidłową gospodarką wodną (witryfikacja). Próba ukorzeniania takich pędów na pożywce Daria root+ zakończyła się niepowodzeniem.

Tabela 5

Kultury fragmentów łodyg na pożywkach Daria
Cultures of stem fragments on Daria media

Eksplantaty Explants (%)	Daria ind+				Daria pro+			
	1 obs.	s.d	2 obs.	s.d	1 obs.	s.d	2 obs.	s.d
Rosnące Growing	86,49	4,59	49,04	5,31	12,02	6,71	0,00	0,00
Zamierające Necrosed	13,51	4,59	50,96	5,31	87,98	6,71	100,00	0,00
Indukcja kalusa Callus induction	60,70	13,77	80,88	19,97	100,00	0,00	100,00	0,00
Pędy przybyszowe Adventitious shoots	10,35	7,57	12,11	10,05	34,65	31,39	62,63	67,48
Korzenie przybyszowe Adventitious roots	5,00	4,08	5,00	4,08	5,00	4,08	5,00	4,08
Zregenerowane rośliny Regenerated plants	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Ukorzenianie

Zregenerowane w procesie organogenezy bezpośredniej pędy poddano ukorzenianiu. Najlepsze wyniki w wytwarzaniu przez pędy korzeni otrzymano na pożywce ½ MS z IAA w stężeniu 0,3 mg/l. Po 7 dniach prowadzenia kultur korzenie wykształciło 75% eksplantatów, a po 14 dniach odsetek zwiększył się do 87,5%. Zregenerowane rośliny szalwii charakteryzowały się prawidłowym wzrostem i rozwojem. W przypadku IBA ukorzenione eksplantaty uzyskano dopiero po 10 dniach (20%), a po 27 dniach procent ukorzenienia wynosił 43,28.

DYSKUSJA

Pełne wykorzystanie potencjału metod biotechnologicznych u szalwii wymaga dokładnego opracowania protokołów regeneracji roślin w kulturach tkankowych. W pracy własnej prowadzono badania nad optymalizacją warunków kultur *in vitro* zarówno na drodze organogenezy bezpośredniej, jak i pośredniej. W przypadku organogenezy bezpośredniej wybór zarówno pąków wierzchołkowych i bocznych oraz zastosowanie cytokininy BA lub mT w stężeniu 0,3 mg/l pozwoliło nie tylko na skuteczną regenerację roślin, ale również na efektywną mikropropagację. Doniesienia literaturowe potwierdzają użyteczność BA w namnażaniu szalwii. Przy zastosowaniu tej cytokininy uzyskano wysoki współczynnik rozmnażania (7,84) podczas 6-tygodniowej kultury (Gostin, 2008). Ponadto ten sam autor uzyskał wysoki poziom rozmnażania przy zastosowaniu kinetyny (KIN) wraz z auksyną NAA. Inne źródła podają użyteczność BA wraz i innymi roślinnymi regulatorami wzrostu: 2,4-D (Santos-Gomes i in., 2002) lub IAA (Grzegorzczak i Wysokińska, 2008). Aromatyczna cytokinina mT nie była dotychczas stosowana w mikropropagacji szalwii. Badania własne dowodzą, że stymuluje ona wydajnie proliferację pędów i może być alternatywą dla szeroko rozpowszechnionej cytokininy BA. W literaturze przedmiotu można znaleźć również prace na temat mikropropagacji innych gatunków z rodzaju *Salvia* jak *Salvia sclarea* (Liu i in., 2000), *Salvia fruticosa* (Arikat i in., 2004) czy *Salvia guaranitica* (Echeverrigaray i in., 2010). Zasadniczo w kulturach *in*

vitro różnych roślin odrębny gatunek wymaga dostosowania warunków, głównie rodzaju i stężenia roślinnych regulatorów wzrostu.

W badaniach własnych nad organogenezą pośrednią rozeznano możliwości regeneracyjne szalwii z różnych eksplantatów wyjściowych oraz poszerzono wiedzę w zakresie indukcji tkanki kalusowej. Z literatury wynika, że prowadzone są również prace nad uzyskaniem morfogenego kalusa zdolnego do wydajnej regeneracji roślin (Tawfik i Mohamed, 2007). Niezwykle użyteczne w tym przypadku mogą być badania nad embriogenezą somatyczną szalwii (Kintzios i in., 1999). W pracy własnej bazowano również na wyżej wymienionych badaniach chcąc uzyskać regenerację dla polskiej odmiany szalwii lekarskiej 'Bona'. Zastosowanie zarówno tidiazuronu (TDZ) jak i 2,4-D w badaniach nad organogenezą pośrednią skutkowało inicjacją tkanki kalusowej, choć bez pojawiania się pędów przybyszowych. Komórki niezróżnicowane takie jak kalusa mogą jednak mieć również duży potencjał aplikacyjny w produkcji metabolitów wtórnych dla przemysłu farmaceutycznego czy spożywczego. W literaturze przedmiotu można znaleźć doniesienia, w których wykorzystywano kultury kalusa i kultury zawieszinowe szalwii w doświadczeniach nad możliwością kontrolowanej produkcji przeciwutleniaczy (Santos-Gomes i in., 2003; Ruffoni i in., 2009).

PODSUMOWANIE

W ramach doświadczeń opracowano skuteczną metodę sterylizacji nasion szalwii przy zastosowaniu 20% roztworu preparatu ACE przez 15 min. Procedura ta pozwoliła na uzyskanie zdrowych roślin macierzystych wymaganych do dalszych etapów pracy.

Opracowano procedurę efektywnego i cyklicznego rozmnażania roślin na drodze organogenezy bezpośredniej przy użyciu pożywki MS zawierającej BA lub mT w stężeniu 0,3 mg/l.

Ukorzenianie otrzymanych pędów i pełną regenerację roślin otrzymano przez zastosowanie pożywki ½ MS zawierającej IAA w stężeniu 0,3 mg/l. Zastosowanie IBA okazało się mniej efektywne.

Otrzymano również skuteczną indukcję tkanki kalusowej z eksplantatów szalwii hodowanych na pożywce MS zawierającej 2 mg/l BA, 2 mg/l NAA oraz 1 mg/l chlorku adeniny. Podobne rezultaty uzyskano dla kultury liścieni prowadzonej w układzie dwóch pożywek MS I z dodatkiem 0,05 mg/l 2,4-D oraz 0,1 mg/l BA, a następnie MS II niezawierającej regulatorów wzrostu. Jednak namnażanie tkanki oraz wzbudzenie w niej właściwości morfogennych w obu przypadkach wymaga dalszego dopracowania warunków kultury. Zastosowanie pożywki Daria okazało się nieskuteczne do prawidłowej regeneracji szalwii na drodze organogenezy pośredniej.

LITERATURA

- Akhondzadeh S., Noroozian M., Mohammadi M., Ohadinia S., Jamshidi A. H., Khani M. 2003. *Salvia officinalis* extract in the treatment of patients with mild to moderate Alzheimer's disease: a double blind, randomized and placebo-controlled trial. *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics* 28: 53 — 59.

- Arikat N. A., Jawad F. M., Karama N. S., Shibli R. A. 2004. Micropropagation and accumulation of essential oils in wild sage (*Salvia fruticosa* Mill.). *Scientia Horticulturae* 100: 193 — 202.
- Avato P., Fortunato I. M., Ruta C., D'Elia R. 2005. Glandular hairs and essential oils in micropropagated plants of *Salvia officinalis* L. *Plant Science* 169: 29 — 36.
- Chalchat J. C., Michet A., Pasquier B. 1998. Study of Clones of *Salvia officinalis* L. Yields and Chemical Composition of Essential Oil. *Flavour And Fragrance Journal* 13: 68 — 70.
- Christensen K. B., Jørgensen M., Kotowska D., Petersen R. K., Kristiansen K., Christensen L. P. 2010. Activation of the nuclear receptor PPAR γ by metabolites isolated from sage (*Salvia officinalis* L.) *Journal of Ethnopharmacology* 132, 1: 127 — 133.
- Echeverrigaray S., Postingher Carrer R., Bavaresco Andrade L. 2010. Micropropagation of *Salvia guaranitica* Benth. through axillary shoot proliferation. *Brazilian Archives Of Biology And Technology* Vol. 53, n. 4: 883 — 888.
- El Hadri A., Gómez del Río M. Á., Sanz J., González-Coloma A., Idaomar M., Ribas-Ozonas B., Benedí González J., Sánchez-Reus M. I. 2010. Cytotoxic activity of α -humulene and transcaryophyllene from *Salvia officinalis* in animal and human tumor cells. *An. R. Acad. Nac. Farm.* 76 (3): 343 — 356.
- Gostin I. 2008. Effects of different plant hormones on *Salvia officinalis* cultivated *in vitro*. *International Journal of Botany* 4 (4): 430 — 436.
- Grzegorzczak I., Wysokińska H. 2008. Liquid shoot culture of *Salvia officinalis* L. for micropropagation and production of antioxidant compounds; effect of triacontanol. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* Vol. 77, No. 2: 99 — 104.
- Grzegorzczak I., Matkowski A., Wysokińska H. 2007. Antioxidant activity of extracts from *in vitro* cultures of *Salvia officinalis* L. *Food Chemistry* 104: 536 — 541.
- Kintzios S., Nikolaou A., Skoula M. 1999. Somatic embryogenesis and *in vitro* rosmarinic acid accumulation in *Salvia officinalis* and *S. fruticosa* leaf callus cultures. *Plant Cell Reports* 18: 462 — 466.
- Lima C. F., Andrade P. B., Seabra R. M., Fernandes-Ferreira M., Pereira-Wilson C. 2005. The drinking of a *Salvia officinalis* infusion improves liver antioxidant status in mice and rats. *Journal of Ethnopharmacology* 97: 383 — 389.
- Liu W., Chilcott C. E., Reich R. C., Hellmann G. M. 2000. Regeneration of *Salvia Sclarea* via organogenesis. *In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant* 36: 201–206.
- Malepszy S. 2009. *Biotechnologia roślin*. Wydaw. PWN, Warszawa.
- Ruffoni B., Raffi D., Rizzo A., Oleszek W., Giardi M. T., Bertoli A., Pistelli L. 2009. Establishment of *in vitro* *Salvia* cell biomass for the controlled production of antioxidant metabolites. *Acta Horticulturae* No. 829: 423 — 427.
- Santos-Gomes P. C., Seabra R. M., Andrade P. B., Fernandes-Ferreira M. 2003. Determination of phenolic antioxidant compounds produced by calli and cell suspensions of sage (*Salvia officinalis* L.). *J. Plant Physiol.* 160: 1025 — 1032.
- Santos-Gomes P. C., Seabra R. M., Andrade P. B., Fernandes-Ferreira M. 2002. Phenolic antioxidant compounds produced by *in vitro* shoots of sage (*Salvia officinalis* L.). *Plant Sci.* 162: 981 — 987.
- Stanojević D., Čomić L., Stefanović O. 2010. Synergy between *Salvia officinalis* L. and some preservatives. *Cent. Eur. J. Biol.* 5 (4): 491 — 495.
- Szpitter A., Królicka A. 2005. Stymulujący wpływ elicytorów biotycznych na produkcję farmakologicznie czynnych metabolitów wtórnych w roślinnych kulturach *in vitro*. *Biotechnologia* 4 (71): 82 — 108.
- Tawfik A. A., Mohamed M. F. 2007. Regeneration of *Salvia* (*Salvia officinalis* L.) via induction of meristematic callus. *In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant* 43: 21 — 27.
- Wielgus K., Luwańska A., Lassocinski W., Kaczmarek Z. 2008. Estimation of *Cannabis sativa* L. Tissue Culture Conditions Essential for Callus Induction and Plant Regeneration. *Journal of Natural Fibers* Volume: 5 Issue: 3 Pages: 199 — 207.
- Wysokińska H., Chmiel A. 2006. Produkcja roślinnych metabolitów wtórnych w kulturach organów transformowanych. *Biotechnologia* 4 (75): 124 — 135.

LISTA RECENZENTÓW BIULETYNU INSTYTUTU HODOWLI I AKLIMATYZACJI
ROŚLIN ZA ROK 2013

Tadeusz Adamski	Instytut Genetyki Roślin — PAN, Poznań
Jerzy Barszczewski	Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Falenty
Halina Borkowska	Uniwersytet Przyrodniczy, Lublin
Krzysztof Boron	Uniwersytet Rolniczy, Kraków
Henryk Bujak	Uniwersytet Przyrodniczy, Wrocław
Zofia Bulińska-Radomska	Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Radzików
Katarzyna Bzdęga	Uniwersytet Śląski, Katowice
Tadeusz Caliński	Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań
Zbigniew Ciećko	Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn
Anna Ciołek	Akademia Rolnicza, Lublin
Anna Dzierżyńska	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa
Edward Gacek	Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, Słupia Wielka
Wojciech Goliszewski	Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Jadwisin
Janusz Gołaszewski	Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn
Halina Góral	Uniwersytet Rolniczy, Kraków
Tomasz Góral	Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Radzików
Tadeusz Gruczek	Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Jadwisin
Daniela Gruszecka	Uniwersytet Przyrodniczy, Lublin
Joanna Horoszkiewicz-Janka	Instytut Ochrony Roślin, Poznań
Michał Hurej	Uniwersytet Przyrodniczy, Wrocław
Alicja Kawka	Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań
Arkadiusz Kosmala	Instytut Genetyki Roślin — PAN, Poznań
Teresa Kotlińska	Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice
Janusz Kozdój	Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Radzików
Jan Kuś	Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa — PIB, Puławy

Barbara Lutomirska	Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Jadwisin
Bogusław Łapiński	Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Radzików
Ewa Łojkowska	Uniwersytet Gdański, Gdańsk
Roman Łyszczarz	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz
Włodzimierz Majtkowski	Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Radzików
Wiesław Mądry	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa
Mercik Stanisław	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa
Ewa Mirzwa-Mróż	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa
Krzysztof Mudryk	Uniwersytet Rolniczy, Kraków
Katarzyna Niemirowicz-Szczyt	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa
Bogdan Nowicki	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa
Wojciech Nowacki	Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Jadwisin
Ewa Osińska	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa
Jerzy Osowski	Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Bonin
Teresa Pastuszevska	Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Bydgoszcz
Andrzej Pawlak	Hodowla Ziemiaka Zamarte, Sp. z O.O Grupa IHAR
Grażyna Podolska	Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa — PIB, Puławy
Sławomir Prończuk	emerytowany profesor Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Radzików
Urszula Prośba Białczak	Uniwersytet Przyrodniczy, Wrocław
Janusz Prusiński	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz
Marcin Rapacz	Uniwersytet Rolniczy, Kraków
Stanisława Rogalska	Uniwersytet Szczeciński, Szczecin
Jan Rozbicki	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa
Barbara Sawicka	Uniwersytet Przyrodniczy, Lublin
Stanisław Sienkiewicz	Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn
Jan Siuta	Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa
Stefan Stojalowski	Uniwersytet Przyrodniczy, Szczecin
Anna Strzembicka	Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Kraków

Piotr Stypiński	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa
Maria Surma	Instytut Genetyki Roślin — PAN, Poznań
Krystyna Szwed Urbaś	Uniwersytet Przyrodniczy, Lublin
Anna Tratwał	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa
Cezary Trawczyński	Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin PIB, Jadwisin
Józef Tworkowski	Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn
Jacek Waga	Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Kraków
Wojciech Wakuliński	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa
Małgorzata Waleron	Uniwersytet Gdański, Gdańsk
Roman Warzecha	Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Radzików
Michał Wasilewski	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa
Agnieszka Waśkiewicz	Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań
Franciszek Wielebski	Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Poznań
Halina Wiśniewska	Instytut Genetyki Roślin — PAN, Poznań
Andrzej Wojciechowski	Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań
Stefan Wolny	Instytut Ochrony Roślin, Poznań
Barbara Zagdańska	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa
Kazimiera Zgórska	Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Jadwisin
Ewa Zimnoch-Guzowska	Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Młochów
Janusz Zimny	Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Radzików

SPIS TREŚCI — CONTENTS

Tadeusz Drzazga Paweł Krajewski Ewa Śmiałek	Wykorzystanie różnych poziomów intensywności agrotechniki w hodowli pszenicy ozimej Usefulness of different input level environments in selection of winter wheat	3
Olga Doraczyńska Jerzy H. Czembor Henryk J. Czembor Marja Jalli	Nowe źródła odporności na plamistość siatkowaną (<i>Pyrenophora teres</i> f. sp. <i>teres</i>) w kolekcji odmian miejscowych jęczmienia New sources of resistance to net blotch (<i>Pyrenophora teres</i> f. sp. <i>teres</i>) in collection of barley landraces	17
Grzegorz Czajowski Katarzyna Karska Anna Strzembicka	Charakterystyka genotypów owsa pod względem odporności na rdzę koronową <i>Puccinia coronata</i> i mączniaka prawdziwego <i>Blumeria graminis</i> f.sp. <i>avenae</i> Characteristic of oat genotypes in terms of the resistance to <i>Puccinia coronata</i> and <i>Blumeria graminis</i> f.sp. <i>avenae</i>	33
Bogusław Łapiński Zygmunt Nita Aleksandra Szolkowska Patrycja Wiczorek	Mieszaniec owsa uprawnego z dzikim gatunkiem <i>Avena macrostachya</i> jako nowe źródło zmienności do poprawy jakości plonu owsa nagoziarnistego A hybrid of cultivated oat with the wild species <i>Avena macrostachya</i> as a source of new variation for yield quality improvement in naked oats	43
Elżbieta Czembor Magdalena Matusiak Piotr Ochodźki	Odporność mieszańców kukurydzy na fuzariozę kolb powodowaną przez <i>Fusarium graminearum</i> i <i>F. verticillioides</i> w Polsce w latach 2008–2009 Resistance of maize hybrids to ear rot caused by <i>Fusarium graminearum</i> and <i>F. verticillioides</i> in Poland in years 2008–2009	55
Marek Gugala Krystyna Zarzecka Anna Sikorska	Ocena skuteczności działania herbicydów i ich wpływ na plon handlowy ziemniaka Evaluation of herbicide efficiency and their influence on potato marketable yield	75
Elżbieta Czembor	Wpływ nawożenia organicznego na wybrane cechy agronomiczne traw wieloletnich wskazanych dla rolnictwa tradycyjnego i ekologicznego Effects of organic fertilization on agronomic traits of perennial grass species recommended for conventional and low input farming	85
Krzysztof Klimont Zofia Bulińska-Radomska Agnieszka Osińska Piotr Bajor	Kształtowanie się składu gatunkowego roślin wprowadzanych i spontanicznie zasiedlających użyźniane składowisko odpadów komunalnych Formation of species composition of plants introduced and spontaneously settled on a fertilized municipal waste dump	109
Teresa Pastuszewska Grzegorz Gryń	Aktywność celulolityczna a wirulencja <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>sepedonicus</i> Cellulolytic activity and virulence of <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>sepedonicus</i>	123
		151

Aleksandra Luwańska Karolina Wielgus Marlena Szalata Daniel Lipiński Joanna Zeyland Ryszard Słomski	Optymalizacja warunków regeneracji <i>in vitro</i> szalwii lekarskiej Optimisation of the conditions for <i>in vitro</i> regeneration of sage	133
Lista recenzentów za rok 2013		143