



Bardzo wczesna odmiana ziemniaka Fresco

Fot. Sławomir Wróbel

BIULETYN
INSTYTUTU HODOWLI
I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
Nr 269/2013



Bardzo wczesna odmiana ziemniaka Fresco. *Fot. Sławomir Wróbel*

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.

SŁAWOMIR FRANASZEK**MONIKA LANGNER****BOLESŁAW SALMANOWICZ**

Instytut Genetyki Roślin PAN w Poznaniu

Zakład Biotechnologii

Niskocząsteczkowe białka gluteninowe i ich wpływ na jakość wypiekową pszenicy

Low molecular weight glutenin proteins and their effect on the baking quality of wheat

Wartość technologiczna pszenicy w dużym stopniu determinowana jest kompozycją i ilością białek zapasowych (glutenin i gliadyn) wchodzących w skład glutenu. Pogłębianie wiedzy na temat polimorfizmu białek glutenowych i poznanie ich genetycznych uwarunkowań oraz znajomość metod ich identyfikacji, umożliwi lepszy dobór odmian o parametrach spełniających określone wymagania stawiane przez hodowców i przedstawicieli przemysłu spożywczego. Przeprowadzono charakterystykę białek gluteninowych o niskiej masie cząsteczkowej (LMW) od 30 do 50 kDa, którym w ostatnich latach poświęca się dużo uwagi ze względu na istotny wpływ w kształtowaniu jakości wypiekowej mąki pszennej. Białka te stanowią około 45% białek glutenowych i wpływają w ponad 30% na zmienność cech technologicznych pszenicy. Ze względu na występowanie znacznego polimorfizmu w tej klasie białek oraz duże powinowactwo do białek gliadynowych, LMW gluteniny są mało poznane, a dokładna ich identyfikacja i charakterystyka jest wciąż obiektem wielu badań.

Słowa kluczowe: pszenica, jakość wypiekowa, gluten, białka glutenowe, LMW gluteniny

The technological value of wheat is determined to a large extent by the amount and composition of storage proteins (glutenin and gliadin) included in the gluten. The enhanced knowledge on the polymorphism of gluten protein, their genetic background and the methods of their identification, allows the selection of varieties with characteristics that fulfill defined requirements, not only for farmers but also for representatives of the flour and the baking industry. This article aims to characterize low molecular weight glutenin proteins (LMW) from 30 to 50 kDa, which have been given the most of attention for recent years because they have important effect on the quality of wheat. These proteins constitute 45% of gluten proteins and generate above 30% of the variation of grain and technological characteristics of wheat flour. Due to the high polymorphism and strong affinity for gliadin proteins to LMW glutenin, these proteins are not well known, and their accurate identification and understanding of the physicochemical qualities are still the subject of many studies.

Key words: wheat, baking quality, gluten, gluten proteins, LMW glutenins

WPROWADZENIE

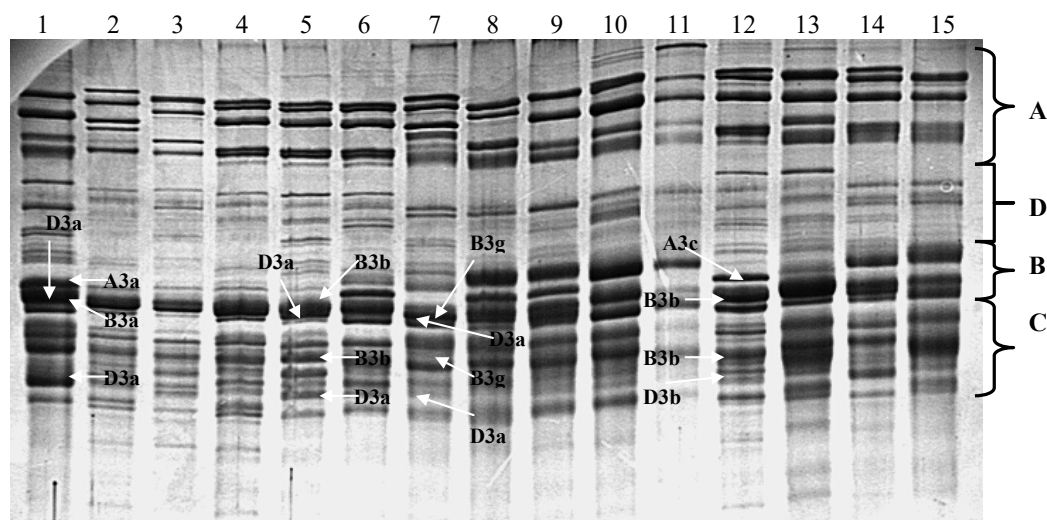
W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania i świadomości konsumentów odnośnie kupowanych produktów spożywczych. Dzisiejszy klient wymaga aby żywność, którą nabywa była jak najwyższej jakości. Jednym z podstawowych źródeł pożywienia na świecie jest pszenica zwyczajna, którą przeznaczają się głównie na cele młynarsko-piekarskie do produkcji różnego typu pieczywa, makaronów, produktów ciastkarskich, kaszy manny i płatków śniadaniowych oraz do produkcji skrobi, słoju piwowarskiego i suchego glutenu, który dodatkowo wzbogaca jakość mąki, pieczywa i makaronów. Zboże to wykorzystywane jest szeroko w przemyśle spożywczym ze względu na bardzo dobre właściwości odżywcze (bogate źródło białka, skrobi, witamin i minerałów) oraz dobre właściwości technologiczne. Jednym z kryteriów, które decyduje o przeznaczeniu technologicznym danej odmiany pszenicy jest skład oraz zawartość frakcji białkowej. W przemyśle zbożowo-młynarskim dla jakości wypiekowej istotne znaczenie ma udział ilościowy i kompozycja białek zapasowych (glutenin i gliadyn) zawartych w endospermie ziarniaków. Białka te stanowią „szkielet” wytworzonego ciasta i odpowiadają za właściwości fizykochemiczne glutenu. Białka gluteninowe stanowią około 45% wszystkich białek zapasowych i odpowiadają za 40–70% zmienności cech technologicznych mąki pszennej (D’Ovidio i Masci, 2004; Gale, 2005). Ze względu na wielkość masy cząsteczkowej można podzielić je na gluteniny wysoko- i niskocząsteczkowe, gdzie udział tych ostatnich stanowi 70%. Badania niskocząsteczkowej frakcji gluteninowej trwają od ponad 30 lat i skupiają się głównie na identyfikacji genów kodujących te białka oraz na charakterystyce ich wariantów allelicznych, co pozwala na dokładne określenie udziału poszczególnych podjednostek w kształtowaniu jakości wypiekowej i technologicznej pszenicy. W niniejszej pracy przedstawiono charakterystykę glutenin niskocząsteczkowych oraz ich wpływ na jakość wypiekową pszenicy.

Charakterystyka niskocząsteczkowych białek gluteninowych

Gluteniny pszenicy są białkami polimerycznymi o masie cząsteczkowej do kilkunastu milionów daltonów (Da). Zbudowane są z wielu łańcuchów polipeptydowych, które dzięki disulfidowym wiązaniom wewnątrzcząsteczkowym i międzyłańcuchowym tworzą specyficzną strukturę glutenu. W wyniku redukcji wiązań disulfidowych powstaje szereg podjednostek o masie cząsteczkowej od 80 do 120 kDa klasyfikowanych jako wysokocząsteczkowe (HMW) podjednostki gluteninowe oraz niskocząsteczkowe (LMW) podjednostki gluteninowe o masie cząsteczkowej od 30 do 50 kDa (Gianibelli i in., 2001; D’Ovidio i Masci, 2004). Ze względu na różną mobilność w żelu poliakrylamidowym, białka gluteninowe zgodnie z podziałem zaproponowanym przez Gianibelli i współautorów (2001), można podzielić na cztery podgrupy A, B, C i D (rys. 1).

Grupę A stanowi frakcja HMW glutenin, natomiast frakcja LMW glutenin zaliczana jest do grupy B, C i D. W obszarze B zlokalizowane są wyłącznie LMW gluteniny o masie cząsteczkowej 42-51 kDa, natomiast w regionie C oraz D oprócz LMW glutenin (m. cz. 30-40 kDa) występują również α -, γ -gliadyny i ω -gliadyny. LMW białka gluteninowe ze względu na podobną budowę sekwencji polipeptydowych wykazują bowiem silne

powinowactwo do białek gliadynowych (Redaelli i in., 1995; Gianibelli i in., 2001; Cloutier i in., 2001; Ikeda i in., 2002; D'Ovidio i Masci, 2004).



Rys. 1. Rozdział pszenicznych białek gluteninowych w 12,5 % żelu poliakrylamidowym z dodatkiem siarczuanu dodecylsodowego (SDS). A – wysokocząsteczkowe białka gluteninowe, B – , C – i D – niskocząsteczkowe białka gluteninowe. Linie: 1. Chinese Spring (*Glu-A3a, Glu-B3a, Glu-D3a*), 2. Word's Prolific (*Glu-A3f, Glu-B3b, Glu-D3b*), 3. Aotea (*Glu-A3e, Glu-B3b, Glu-D3b*), 4. Claymore (*Glu-A3f, Glu-B3b, Glu-D3b*), 5. Justin (*Glu-A3e, Glu-B3b, Glu-D3a*), 6. Cheyenne (*Glu-A3c, Glu-B3e, Glu-D3f*), 7. Insygnia (*Glu-A3e, Glu-B3c, Glu-D3c*), 8. Jufy-1 (*Glu-A3e, Glu-B3i, Glu-D3d*), 9. Kharkov (*Glu-A3e, Glu-B3g, Glu-D3a*), 10. Kukri (*Glu-A3d, Glu-B3h, Glu-D3b*), 11. Norin-61 (*Glu-A3e, Glu-B3i, Glu-D3d*), 12. Norstar (*Glu-A3c, Glu-B3b, Glu-D3b*), 13. Radja (*Glu-A3e, Glu-B3f, Glu-D3b*), 14. Rescue (*Glu-A3f, Glu-B3h, Glu-D3a*), 15. Thatcher (*Glu-A3e, Glu-B3h, Glu-D3e*), (dane własne)

Fig. 1. Separation of wheat glutenin proteins in 12.5% polyacrylamide gel with the addition of sodium dodecyl sulfate (SDS). A – high molecular weight subunits, B – , C – and D – low molecular weight subunits. Lines: 1. Chinese Spring (*Glu-A3a, Glu-B3a, Glu-D3a*), 2. Word's Prolific (*Glu-A3f, Glu-B3b, Glu-D3b*), 3. Aotea (*Glu-A3e, Glu-B3b, Glu-D3b*), 4. Claymore (*Glu-A3f, Glu-B3b, Glu-D3b*), 5. Justin (*Glu-A3e, Glu-B3b, Glu-D3a*), 6. Cheyenne (*Glu-A3c, Glu-B3e, Glu-D3f*), 7. Insygnia (*Glu-A3e, Glu-B3c, Glu-D3c*), 8. Jufy-1 (*Glu-A3e, Glu-B3i, Glu-D3d*), 9. Kharkov (*Glu-A3e, Glu-B3g, Glu-D3a*), 10. Kukri (*Glu-A3d, Glu-B3h, Glu-D3b*), 11. Norin-61 (*Glu-A3e, Glu-B3i, Glu-D3d*), 12. Norstar (*Glu-A3c, Glu-B3b, Glu-D3b*), 13. Radja (*Glu-A3e, Glu-B3f, Glu-D3b*), 14. Rescue (*Glu-A3f, Glu-B3h, Glu-D3a*), 15. Thatcher (*Glu-A3e, Glu-B3h, Glu-D3e*) (own data)

Białka gluteninowe typu A zbudowane są z wysoce konserwatywnych domen terminalnych N- i C- zawierających reszty cysteinowe odpowiedzialne za tworzenie wiązań disulfidowych, a w konsekwencji sieci glutenowej poprzez łączenie łańcuchów polipeptydowych między sobą i z innymi komponentami glutenowymi. LMW gluteniny typu B w swojej budowie I-rzędowej posiadają 8 reszt cysteinowych, z czego dwie znajdują się w regionach terminalnych i biorą udział w tworzeniu glutenu. Ze względu na różne aminokwasy (metioninę, serynę lub izoleucynę) występujące w pierwszej pozycji N-terminalnej domeny można wyróżnić trzy typy podjednostek gluteninowych, tj. LMW-m,

LMW-s oraz LMW-i. W grupie LMW-m występują trzy sekwencje nukleotydowe w regionie N-terminalnej domeny METSHIPGL-, METSRIPGL-, lub METSCIPGL-. W przypadku grupy LMW-s sekwencja nukleotydowa zawiera układ SHIPGL-, natomiast w grupie LMW-i ISQQQQ (Gianibelli i in., 2001). LMW białka gluteninowe typu C na elektroforeogramach żeli poliakrylamidowych charakteryzują się zbliżoną migracją do α - i γ -gliadyn oraz obecnością w domenach końcowych jednej cząsteczki cysteiny, która umożliwia tworzenie międzycząsteczkowych wiązań dwusiarczkowych (Redaelli i in., 1995; Gianibelli i in., 2001; Cloutier i in., 2001; Ikeda i in., 2002; D'Ovidio i Masci, 2004). W zakresie ruchliwości w żelu poliakrylamidowym oraz pod względem N-terminalnej budowy, grupa LMW glutenin typu D podobna jest do ubogich w siarkę ω -gliadyn (Jackson i in. 1983; Masci i in., 1993 i 2000; D'Ovidio i in., 1997 i 1999; Bean i Lookhart, 2000). Białka gluteninowe typu D posiadają nieparzystą liczbę reszt cysteinowych, ponadto tylko jedna reszta cysteiny może brać udział w tworzeniu międzycząsteczkowych wiązań dwusiarczkowych uniemożliwiając wydłużenie łańcucha polimeru glutenu. Ma to w konsekwencji niekorzystny wpływ na wytrzymałość ciasta poprzez tendencję do zmniejszania się średniej masy cząsteczkowej frakcji gluteninowej (Shewry i Tatham, 1997; Gianibelli i in., 2001).

Synteza LMW białek gluteninowych jest kontrolowana przez geny zlokalizowane na krótkich ramionach pierwszej i szóstej grupy chromosomów homeologicznych w *loci Glu-3*, które są ściśle związane z *loci Gli-1* i *Gli-2*, gdzie znajdują się geny kodujące α -, γ - i ω -gliadyny (Masci i in., 2002; D'Ovidio i Masci, 2004). Dotychczas scharakteryzowano szesnaście wariantów allelicznych genów kodujących LMW białka gluteninowe w lokus *Glu-A3* (allele: *Glu-A3a* - *Glu-A3p*), dwadzieścia pięć w lokus *Glu-B3* (allele: *Glu-B3a* - *Glu-B3y*) oraz dziesięć w lokus *Glu-D3* (allele: *Glu-D3a* - *Glu-D3i*). Ostatnio zidentyfikowano dwa geny kodujące LMW białka gluteninowe typu-m oraz 4 geny kodujące LMW typu-i zlokalizowane w *locus Glu-A3*. W obrębie *locus Glu-B3* scharakteryzowano 3 geny odpowiedzialne za kodowanie LMW białek gluteninowych typu-s oraz 3 geny kodujące typ LMW-m. Dodatkowo w *loci Glu-D4* oraz *Glu-D5* zidentyfikowano dwa geny odpowiedzialne za kodowanie LMW podjednostek gluteninowych na chromosomach 1D oraz 7D (Sreeramulu i Singh, 1997; Gianibelli i in., 2001). W ostatniej pracy Zhanga i in. (2013) opisano gen odpowiedzialny za kodowanie LMW typu-s oraz siedem genów kodujących LMW typu-m.

Metody identyfikacji niskocząsteczkowych białek gluteninowych

W identyfikacji LMW białek gluteninowych podobnie jak w przypadku pozostałych białek glutenowych stosuje się szereg metod elektroforetycznych, chromatograficznych i molekularnych. Do oznaczania określonych podjednostek gluteninowych wchodzących w skład polimeru glutenowego rutynowo stosowana jest elektroforeza w żelu poliakrylamidowym w środowisku kwaśnym (metoda A-PAGE) lub z dodatkiem siarczanu dodecylsodowego (metoda SDS-PAGE). Szybkość migracji białek gluteninowych podczas elektroforezy SDS-PAGE jest zależna od wielkości masy cząsteczkowej. Na podstawie ruchliwości elektroforetycznej określone są poszczególne podjednostki gluteninowe, które na elektroforegramach lokuje się w odpowiednich grupach białkowych: A, B, C lub D zgodnie z wielkością ich mas cząsteczkowych. Na podstawie obrazów

elektroforetycznych wyróżniono 20 charakterystycznych obrazów LMW białek gluteninowych. Poszczególne LMW podjednostki gluteninowe oznaczono kolejnymi literami alfabetu łacińskiego a-f (Gupta i Shephard, 1990 a, 1990 b; Wang, 2010). Dla zdefiniowanych wariantów allelicznych genów kodujących LMW gluteniny zaproponowano 14 światowych odmian pszenicy jako wzorce poszczególnych alleli (tab. 1).

Tabela 1

Wzorcowe odmiany pszenicy reprezentujące geny kodujące poszczególne warianty alleliczne LMW podjednostek gluteninowych
Standard wheat varieties representing different allelic variants of LMW glutenin subunits

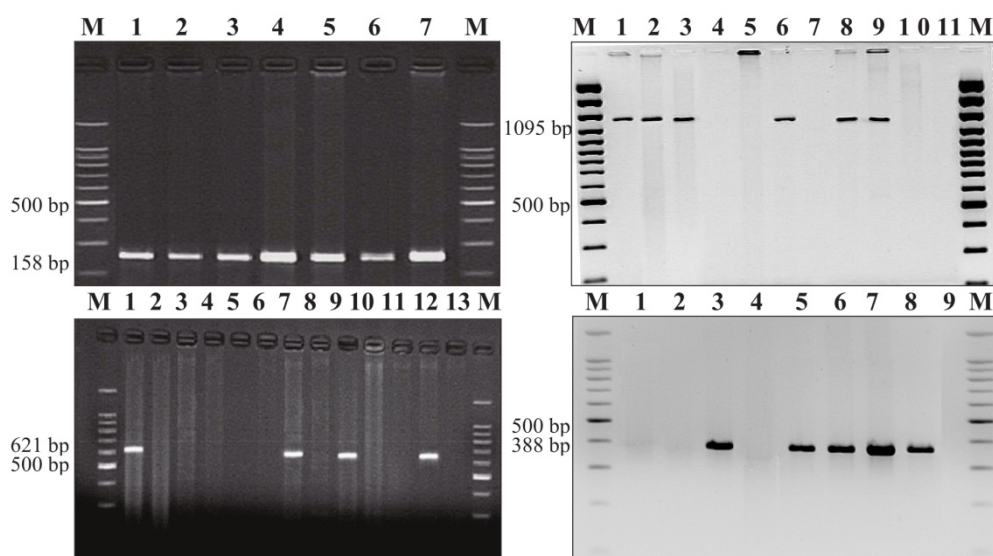
Odmiana: Cultivar:	Allel			Pochodzenie: Seed source:
	<i>Glu-A3</i>	<i>Glu-B3</i>	<i>Glu-D3</i>	
Cheyenne	c	e	-	U.S.A.
Chinese Spring	a	a	a	Chiny
Gabo	b	b	b	Australia
Glenlea	-	g	-	Kanada
Insygnia	e	c	c	Australia
Jufy-1	-	i	d	Belgia
Kharkov	e	g	a	Rosja
Kukri	-	h	b	Australia
Norin-61	-	i	d	Japonia
Norstar	c	b	b	Kanada
Orca	d	d	e	Francja
Radja	-	f	b	Francja
Rescue	f	h	a	Kanada
Thatcher	e	h	e	Kanada

LMW podjednostki gluteninowe lokujące się w grupie B na żelach poliakrylamidowych mogą dawać obraz składający się nawet z pięciu prążków białkowych, natomiast w grupie C obserwuje się do 3 pasm (Gupta i Shepherd, 1990 a i b; Gianibelli i in., 2001; Masci i in., 2002; Zientarski i Waga, 2007; Appelbee i in., 2009; Wang i in., 2009; Ram i in., 2011). W przypadku alleli *Glu-A3c* i *Glu-A3f* charakterystyczny jest obraz jednoprażkowy. Dotychczas tylko jeden gen *Glu-A3* kodujący LMW gluteniny nie ulega ekspresji co przejawia się brakiem produktów w rozdzielach SDS-PAGE (allel *Glu-A3e*). W przypadkach znacznej liczby podjednostek białkowych w obrębie jednego allelu proponowane jest przeprowadzanie dwukierunkowej elektroforezy w żelu poliakrylamidowym (Radaelli i in., 1995; Masci i in., 2002; Vaccino i in., 2002). Dwukierunkowa elektroforeza jest połączeniem dwóch technik polegających na rozdziale białek wg ciężaru cząsteczkowego w pierwszym etapie oraz punktu izoelektrycznego w drugim (Masci i in., 2002). Zastosowanie dwukierunkowanej elektroforezy przydatne jest szczególnie przy analizowaniu LMW glutenin typu C ze względu na podobną mobilność elektroforetyczną większości podjednostek białkowych oraz ich duże powinowactwo do białek gliadynowych typu α i γ . Dzięki dużej rozdzielności tej metody oznaczono blisko 30 białek LMW glutenin oraz α - i γ -gliadin (Masci i in., 2002; D'Ovidio i Masci, 2004; Muccilli i in., 2010; Wu i in., 2012).

Jedną z najnowszych technik wykorzystywanych do rozdziału i identyfikacji białek gluteninowych jest ultrasprawa chromatografia cieczowa (RP-UPLC), (Yu i in., 2013). Ostatnie badania pozwoliły zidentyfikować pięć LMW podjednostek gluteninowych w lokus *Glu-A3* (*Glu-A3a*, *Glu-A3b*, *Glu-A3d*, *Glu-A3e*, *Glu-A3f*), siedem w lokus *Glu-B3* (*Glu-B3a*, *Glu-B3c*, *Glu-B3d*, *Glu-B3f*, *Glu-B3g*, *Glu-B3h*, *Glu-B3i*) oraz cztery w lokus *Glu-D3* (*Glu-D3a*, *Glu-D3b*, *Glu-D3d*, *Glu-D3f*), (Yu i in. 2013). Wcześniej Lew i współpracownicy (1992) podjęli próbę wstępnej charakterystyki LMW białek gluteninowych przy pomocy wysokosprawnej chromatografii cieczowej z odwróconymi fazami (RP-HPLC). Alternatywą dla metod chromatograficznych jest wysokosprawa elektroforeza kapilarna (HPCE), (Luccia i in., 2009; Herrero i in., 2010; Li i in., 2012). Znaczącą zaletą HPCE jest szybkość analizy (ok. 10–20 min), dokładność oraz niewielka ilość aplikowanej próbki (ok. 5 nl). Na podstawie tej metody Luccia i współpracownicy (2009) wyodrębnili 3 grupy (A, B i C) białek gluteninowych. Charakterystyczne piki odpowiadające LMW podjednostkom gluteninowym stanowiły grupę białkową A, natomiast grupy B i C przedstawiały obrazy HMW podjednostek gluteninowych typu x i y. Podobne badania prowadził zespół Muccilli (2010) i Li (2012), którzy przy pomocy HPCE scharakteryzowali większość LMW podjednostek gluteninowych.

Rozwój wiedzy na temat białek glutenowych i doskonalenie technik ich identyfikacji przyczynił się do projektowania markerów molekularnych umożliwiających jednoznaczną identyfikację genów kodujących LMW gluteniny oraz ich warianty alleliczne. Badania nad odmianą Chinese Spring i jej null-tetrasomicznymi liniami, pozwoliły opracować specyficzne pary starterów dla pięciu alleli genu *Glu-A3*: *Glu-A3a*, *Glu-Ad*, *Glu-Ae*, *Glu-A3f* oraz *Glu-A3g*. Ze względu na obecność polimorfizmu pojedynczego nukleotydu (SNP) w powtarzalnej sekwencji regionu w allelu *Glu-A3b*, zaprojektowanie markerów dla tego wariantu było niemożliwe. Identyfikacja tego allelu wymaga zastosowania markerów *gluA3abc*, *gluA3ac* lub *gluA3a* (Zhang i in., 2004). Również w celu identyfikacji allelu *Glu-A3c* należy zastosować dwie pary starterów: *gluA3ac* i *gluA3a* ponieważ allelospecyficzne SNP-y nie mogą być zidentyfikowane w odniesieniu do pozostałych sześciu alleli *Glu-A3* (Zhang i in., 2004). W innych badaniach w oparciu o odmianę pszenicy Aroona i jej pięć izogenicznych linii z allelami (*Glu-A3a*, *Glu-A3b*, *Glu-A3d*, *Glu-A3e*, *Glu-A3f*) zaprojektowano pięć specyficznych markerów w obrębie genu *Glu-A3*. Na bazie odmiany Glenlea zaprojektowano marker *gluA3g* identyfikujący allel *Glu-A3g*. Trudności napotkano przy projektowaniu allelospecyficznego markera dla *Glu-A3c*. Dla identyfikacji tego allelu należy zastosować pary starterów *gluAac* i *gluAa* (Wang i in., 2010). Bazując na odpowiednich sekwencjach alleli oraz na pojedynczych nukleotydowych polimorfizmach w obrębie genu *Glu-B3* zaprojektowano 10 zestawów starterów różnicujących allele: *Glu-B3a* - *Glu-B3h* (Wang i in., 2009). Również w tym przypadku markery zaprojektowano w oparciu o linie izogeniczne Aroona oraz odmiany Cheyenne i Aroona. W latach 2006 i 2007 Zhao i współpracownicy korzystając z sześciu pszenno-żytnich translokacyjnych linii, czterech izogenicznych linii Aril oraz rodziców Aroona opracowali zestaw czterech par starterów różnicujących allele w loci *Glu-D3*. Pierwszy zestaw starterów daje ten sam produkt dla genotypów z allelami: *Glu-D3a*, *Glu-D3b*, *Glu-D3d*, *Glu-D3g* oraz *Glu-D3j*. Druga para pozwala na odróżnienie alleli: *Glu-D3c*,

Glu-D3e, *Glu-D3k* i *Glu-D3i* od pozostałych wariantów genu *Glu-D3*. Trzeci zestaw markerów amplifikuje charakterystyczny produkt dla wariantu *Glu-D3c*. Ostatni zestaw starterów służy do identyfikacji dwóch alleli: *Glu-D3g* i *Glu-D3j*. Późniejsza praca zespołu Appelbee (2009) wykazała, że marker ten daje ten sam produkt również w przypadku obecności alleli *Glu-D3g*, *Glu-D3i* oraz *Glu-D3k*. Powodzenie techniki PCR w rutynowym oznaczeniu poszczególnych podjednostek LMW glutenin pszenicy zależy od liczby dostępnych markerów molekularnych umożliwiających identyfikację określonych alleli dla których zostały zaprojektowane. Przykładowe rozdziały elektroforetyczne produktów PCR z wykorzystaniem wybranych markerów molekularnych przedstawiono na rysunku 2 a-d.



Rys. 2 a-d. Przykładowy rozdział elektroforetyczny produktów PCR w 1,5% żelu agarozowym z wykorzystaniem allelospecyficznych markerów. M – 100bp DNA Ladder (Promega). Rys. 2a: marker LA1F/SA5R, allel *Glu-A3e* – 158 bp. Rys. 2b: marker SB1F/SB1R, allel *Glu-B3a* – 1095 bp. Rys. 2c: marker SB9F/SB9R, allel *Glu-B3i* – 621 bp. Rys. 2d: marker S13F2/S13R1, allel *Glu-D3ceki* – 388 bp, (dane własne)

Fig. 2 a-d. Electrophoresis of PCR products on 1.5 % agarose gel using four allele-specific markers. M – 100bp DNA Ladder (Promega). Fig. 2a: marker LA1F/SA5R, allele *Glu-A3e* – 158 bp. Fig. 2b: marker SB1F/SB1R, allele *Glu-B3a* – 1095 bp. Fig. 2c: marker SB9F/SB9R, allele *Glu-B3i* – 621 bp. Fig. 2d: marker S13F2/S13R1, allele *Glu-D3ceki* – 388 bp (own data)

Wpływ glutenin niskocząsteczkowych na jakość wypiekową pszenicy

Analiza składu jakościowo-ilościowego LMW glutenin w powiązaniu z jakością końcową mąki pszennej pozwoliły określić wpływ tej frakcji białkowej na wartość poszczególnych parametrów technologicznych oraz jakość wypiekową pszenicy (Li i in., 2010; van der Zalm i in., 2011; Hernandez i in., 2012).

W ostatnich latach wykazano, że *loci Glu-A3* korzystnie wpływa na lepko-sprężyste właściwości, natomiast podjednostki gluteninowe kodowane przez *loci Glu-B3* w znacznych stopniu wpływają na parametry mechaniczne ciasta (czas miesienia ciasta w miksografie, wytrzymałość ciasta, stosunek pracy i wytrzymałości ciasta) oraz wskaźnik sedymentacji Zeleny'ego (Tsenov i in., 2010; Figueroa i in., 2011; Hernandez i in., 2012). Obecność LMW glutenin *Glu-A3b*, *Glu-B3b*, *Glu-D3b* poprawia rozciągliwość ciasta (Cronish i in., 1993). Allel *Glu-A3b* pozwala osiągnąć dobry wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego, jednak nie wpływa na parametry miesienia i elastyczność ciasta w porównaniu do pozostałych wariantów genu *Glu-A3* (Liang i in., 2010). W chińskich odmianach pszenicy stwierdzono istotny wpływ allelu *Glu-A3d* na jakość ciasta (He i in., 2005). Inne badania dowodzą, że podjednostki *Glu-A3a* oraz *Glu-A3b* mają pozytywny wpływ na parametry miksograficzne opisujące tolerancję na nadmieszanie (Li i in., 2010). W 2013 roku Jin i współpracownicy podjęli próbę określenia wpływu poszczególnych LMW glutenin na właściwości technologiczne istotne w produkcji tradycyjnego surowego makaronu oraz chleba przygotowywanego na parze. W tym celu przeprowadzili analizy miksograficzne i na podstawie otrzymanych wyników uporządkowali allele genów *Glu-A3*, *Glu-B3* i *Glu-D3*, które najkorzystniej wpływały na wartości parametrów miksograficznych. Stwierdzili, że późny czas przełamania krzywej miksograficznej (peak time) świadczący o dużej sile ciasta związany był z obecnością alleli: *Glu-A3b=Glu-A3d>Glu-A3f>Glu-A3c>Glu-A3e*. Podobnie na wysokość przełamania krzywej (peak height) korzystnie wpływały następujące allele: *Glu-A3e=Glu-A3b=Glu-A3c=Glu-A3f>Glu-A3d*. Luo (2001) i Liang (2010) wykazali, że za wysokie wartości parametrów reologicznych, a przede wszystkim siły ciasta odpowiadają allele: *Glu-B3b* i *Glu-B3g*. Dodatkowo badania Li (2010) wskazują na wysokie korelacje między obecnością allelu *Glu-B3b* a dużą zawartością białka, twardością ziarna i wskaźnikiem sedymentacyjnym Zeleny'ego. Zaobserwowano, że podjednostka *Glu-B3b* korzystnie wpływająca na siłę glutenu oraz na czas tworzenia ciasta występuje dwa razy rzadziej niż podjednostka *Glu-B3i*, która gorzej wpływa na jakość technologiczną ciasta w chińskich odmianach pszenicy. Podobną zależność zaobserwowano pod względem allelu *Glu-B3d*, który dobrze wpływa na właściwości reologiczne pszenicy, jednak występuje rzadziej. Zaobserwowano również, że allel *Glu-B3h* występuje tylko w odmianach jarych, w przeciwieństwie do allelu *Glu-B3a*, który najczęściej jest obecny w pszenicach ozimych. Wykazano, że pszenice z allelem *Glu-A3e* i *Glu-B3j* charakteryzują się niskim współczynnikiem relaksacji naprężeń, wskaźnikiem sedymentacyjnym Zeleny'ego oraz krótkim czasem miesienia. Korzystne wartości tych parametrów wg Hernandez i współautorów (2012) związane są z obecnością alleli: *Glu-A3b*, *Glu-A3c*, *Glu-B3d*, *Glu-B3h* oraz *Glu-B3g*. Analiza LMW podjednostek gluteninowych kodowanych w genomie D wykazała, że na siłę i elastyczność ciasta wpływają kolejno allele: *Glu-D3f>Glu-D3a=Glu-D3d>Glu-D3c=Glu-D3b* oraz *Glu-D3d>Glu-D3f>Glu-D3c=Glu-D3b>Glu-D3a*. Stwierdzono, że dla produkcji makaronu najkorzystniej wpływają allele: *Glu-A3c*, *Glu-B3b* lub *Glu-B3d* oraz *Glu-D3c* pod względem gładkości oraz koloru produktu. Natomiast przy produkcji chleba najlepsze właściwości technologiczne związane są obecnością LMW białek gluteninowych kodowanych przez allele: *Glu-A3c* lub *Glu-A3e*, *Glu-B3b* i *Glu-D3c* (Jin i in., 2013).

PODSUMOWANIE

Niskocząsteczkowe i wysokocząsteczkowe gluteniny należą do najważniejszych białek zapasowych pszenicy. Dzięki charakterystycznej budowie fizykochemicznej biorą one udział w tworzeniu struktury glutenu, który nadaje pożądane właściwości technologiczne mące pszennej. Znajomość składu jakościowo-ilościowego HMW białek gluteninowych jest szeroko wykorzystywana w programach hodowlanych jako wskaźnik jakości pszenicy. Wraz z szybkim rozwojem coraz nowszych metod badawczych zwiększa się wiedza odnośnie roli i znaczenia LMW frakcji gluteninowej pszenicy. Ze względu na duży udział glutenin niskocząsteczkowych we frakcji białek zapasowych pszenicy oraz wpływ na wartość technologiczną mąki pszennej, mogą być istotnym wskaźnikiem jakości wypiekowej pszenicy. Pogłębiona wiedza na temat tych białek pozwoli korzystniej dobierać komponenty rodzicielskie do krzyżowań co znacznie skróci proces hodowli odmian o pożądanych parametrach technologicznych spełniających wysokie wymagania w przemyśle spożywczym (Vaccino i in., 2002; Zientarski i Waga, 2007; Si i in., 2012; Zhang i in., 2013).

LITERATURA

- Appelbee M., Mekuria G., Nagasandra V., Bonneau J., Eagles H., Eastwood R., Mather D. 2009. Novel allelic variants encoded at the *Glu-D3* locus in bread wheat. *J. Cereal Sci.* 49: 254 — 261.
- Bean, S.R., Lookhart, G.L. 2000. Ultrafast capillary electrophoresis analysis of cereal storage proteins and its applications to protein characterization and cultivar differentiation. *J. Agric. Food Chem.* 48: 344 — 353.
- Cloutier S., Rampitsch C., Penner G., Lukow O. 2001. Cloning and expression of a LMW-i glutenin gene. *J. Cereal Sci.* 33: 143 — 154.
- Cornish G., BurrIDGE P., Palmer G., Wrigley C. 1993. Mapping the origins of some HMW and LMW glutenin subunit alleles in Australian germplasm. *Proc. 42nd Aust. Cereal Chem. Conf.*, Sydney, pp 255 — 260.
- D'Ovidio R., Simeone M., Masci S., Porceddu E. 1997. Molecular characterization of a LMW-GS gene located on chromosome 1B and the development of primers specific for the *Glu-B3* complex locus in durum wheat. *Theor. Appl. Genet.* 95: 1119 — 1126.
- D'Ovidio R., Marchitelli C., Ercoli Cardelli L., Porceddu E. 1999. Sequence similarity between allelic *Glu-B3* genes related to quality properties of durum wheat. *Theor. Appl. Genet.* 98: 455 — 461.
- D'Ovidio R., Masci S. 2004. The low-molecular-weight glutenin subunits of wheat gluten. *J. Cereal Sci.* 39: 321 — 339.
- Figuerola J., Peña R., Rayas-Duarte P., Khan K. 2011. Kernel elastic properties and sedimentation: influence of high and low molecular weight glutenin allelic composition. *Cereal Chem.* 88: 41 — 44.
- Gale K. 2005. Diagnostic DNA markers for quality traits in wheat. *J. Cereal Sci.* 41: 81 — 192.
- Gianibelli M., Larroque O., MacRitchie F., Wrigley C. 2001. Biochemical, genetic, and molecular characterization of wheat glutenin and its component subunits. *Cereal Chem.* 78: 635 — 646.
- Gupta R., Shepherd K. 1990a. Two-step one-dimensional SDS-PAGE analysis of LMW subunits of gluten. 1 Variation and genetic control of subunits in hexaploid wheats. *Theor. Appl. Genet.* 80: 65 — 74.
- Gupta R., Shepherd K. 1990b. Two-step one-dimensional SDS-PAGE analysis of LMW subunits of gluten. 2 Genetic control of the subunits in species related to wheat. *Theor. Appl. Genet.* 80: 183 — 187.
- He Z., Liu L., Xia X., Liu J., Peña R. 2005. Composition of HMW and LMW glutenin subunits and their effects on dough properties, pan bread, and noodle quality of Chinese bread wheats. *Cereal Chem.* 82: 345 — 350.
- Hernández Z., Figuerola J., Rayas-Duarte P., Martínez-Flores H., Arámbula G., Luna G., Peña R. 2012. Influence of high and low molecular weight glutenins on stress relaxation of wheat kernels and the relation to sedimentation and rheological properties. *J. Cereal Sci.* 55: 344 — 350.

- Herrero M., Garcia-Canas V., Simo C., Cifuentes A. 2010. Recent advances in the application of capillary electromigration methods for food analysis and foodomics. *Electrophoresis* 31: 205 — 228.
- Ikeda T., Nagamine T., Fukuoka H., Yano H. 2002. Identification of new low-molecular-weight glutenin subunit genes in wheat. *Theor. Appl. Genet.* 104: 680 — 687.
- Jackson E.A., Holt L.M., Payne P.I., 1983. Characterisation of high-molecular-weight gliadin and low-molecular-weight glutenin subunits of wheat endosperm by two-dimensional electrophoresis and chromosomal localisation of their controlling genes. *Theor. Appl. Genet.* 66: 29 — 37.
- Jin H., Zhang Y., Li G., Mu P., Fan Z., Xia X., He Z. 2013. Effects of allelic variation of HMW-GS and LMW-GS on mixograph properties and Chinese noodle and steamed bread qualities in a set of Aroona near-isogenic wheat lines. *J. Cereal Sci.* 57: 146 — 152.
- Lew E., Kuzmicky D., Kasarda D. 1992. Characterization of low molecular weight glutenin subunits by reversed-phase high-performance liquid chromatography, sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis and N-terminal amino acid sequencing. *Cereal Chem.* 69: 508 — 515.
- Li J., Wang S., Yu Z., Li X., Guo G., Feng S., Mab W., Yan Y. 2012. Optimization and development of capillary electrophoresis for separating and identifying wheat low molecular weight glutenin subunits. *J. Cereal Sci.* 55: 254 — 256.
- Li Y., Zhou R., Branlard G., Jia J. 2010. Development of introgression lines with 18 alleles of glutenin subunits and evaluation of the effects of various alleles on quality related traits in wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Cereal Sci.* 51: 127 — 133.
- Liang D., Tang J., Pena J., Singh R., He X., Shen X., Yao D., Xia X., He Z. 2010. Characterization of CIMMYT bread wheats for high and low-molecular weight glutenin subunits and other quality-related genes with SDS-PAGE, RP-HPLC and molecular markers. *Euphytica* 172: 235 — 250.
- Luccia A., Lamacchia C., Mamone G., Picariello G., Trani A., Masi P., Addeo F. 2009. Application of capillary electrophoresis to determine the technological properties of wheat flours by a glutenin index. *J. Food Sci.* 74 (4): 307 — 311.
- Luo C., Griffin W., Branlard G., McNeil D. L. 2001. Comparison of low- and high molecular-weight wheat glutenin alleles effects on flour quality. *Theor. Appl. Genet.* 102: 1088 — 1098.
- Masci S., Lafiandra D., Porceddu E., Lew E. J. L., Tao H.P., Kasarda D. D. 1993. D glutenin subunits: N-terminal sequences and evidence for the presence of cysteine. *Cereal Chem.* 70: 581 — 585.
- Masci S., D'Ovidio R., Lafiandra D., Kasarda D.D. 2000. A 1B-coded low-molecular-weight glutenin subunits associated with quality in durum wheats shows strong similarity to a subunit present in some bread wheat cultivars. *Theor. Appl. Genet.* 100: 396 — 400.
- Masci S., Rovelli L., Kasarda D., Vensel W., Lafiandra D. 2002. Characterization and chromosomal localization of C-type low-molecular-weight glutenin subunits in the bread wheat cultivar Chinese Spring. *Theor. Appl. Genet.* 104: 422 — 428.
- Muccilli V., Cunsolo V., Saletti R., Foti S., Margiotta B., Scossa F., Masci S., Lafiandra D. 2010. Characterization of a specific class of typical low molecular weight glutenin subunits of durum wheat by a proteomic approach. *J. Cereal Sci.* 51: 134 — 139.
- Ram S., Sharma S., Verma A., Singh Tyagi B., Peña R. 2011. Comparative analyses of LMW glutenin alleles in bread wheat using allele-specific PCR and SDS-PAGE. *J. Cereal Sci.* 54: 488 — 493.
- Redaelli R., Morel M., Autran J., Pogna N. 1995. Genetic analysis of low Mr glutenin subunits fractionated by two-dimensional electrophoresis (A-PAGE x SDS PAGE). *J. Cereal Sci.* 21: 5 — 13.
- Shewry P.R., Tatham A.S. 1997. Disulphide bonds in wheat gluten proteins. *J. Cereal Sci.* 25: 207 — 227.
- Si H., Gao Y., Liu F., Li Z., Ma C. 2012. Distribution of low-molecular-weight glutenin subunit *Glu-B3* alleles in mini core collections of Chinese wheat germplasms. *AJCS* 6: 1390 — 1394.
- Sreeramulu G., Singh N. 1997. Genetic and biochemical characterization of novel low molecular weight glutenin subunits in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Genome* 40: 41 — 48.
- Tsenov N., Atanasova D., Todorov I., Ivanova I., Stoeva I. 2010. Quality of winter common wheat advanced lines depending on allelic variation of *Glu-A3*. *Cereal Res. Commun.* 38: 250 — 258.
- Vaccino P., Redaelli R., Metakovsky E., Borghi B., Corbellini M., Pogna N. 2002. Identification of novel low Mr glutenin subunits in the high quality bread wheat cv. Salmone and their effects on gluten quality. *Theor. Appl. Genet.* 105: 43 — 49.

- Wu M., Giersch T., McKay S., Schofield P., Skylas D., Cornish G., Hegedus E., Chin J. 2012. A novel hardness-related and starch granule-associated protein marker in wheat: LMW-GS-‘S’. *J. Cereal Sci.* 55: 153 — 159.
- Wang L., Li G., Peña R., Xia X., He Z. 2010. Development of STS markers and establishment of multiplex PCR for *Glu-A3* alleles in common wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Cereal Sci.* 51: 305 — 312.
- Wang L., Zhao X., He Z., Ma W., Appels R. Peña R., Xia X. 2009. Characterization of low-molecular-weight glutenin subunits *Glu-B3* genes and development of STS markers in common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 118: 525 — 539.
- Yu Z., Han C., Yan X., Li X., Jiang G., Yan Y. 2013. Rapid characterization of wheat low molecular weight glutenin subunits by ultraperformance liquid chromatography (UPLC). *J. Agric. Food Chem.* 61: 4026 — 4034.
- van der Zalm E., van der Goot A., Boom R. 2011. Quality of shear fractioned wheat gluten - comparison to commercial vital wheat gluten. *J. Cereal Sci.* 53: 154 — 159.
- Zhang W., Gianibelli M., Rampling L., Gale K. 2004. Characterization and marker development for low molecular weight glutenin genes from *Glu-A3* alleles of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 108: 1409 — 1419.
- Zhang X., Liu D., Zhang J., Jiang W., Luo G., Yang W., Sun J., Tong Y., Cui D., Zhang A., 2013. Novel insights into the composition, variation, organization, and expression of the low-molecular-weight glutenin subunit gene family in common wheat. *J. Exp. Bot.*, 64: 2027 — 2040.
- Zhao X., Xia X., He Z., Gale K., Lei Z., Appels R., Ma W. 2006. Characterization of three low-molecular-weight *Glu-D3* subunit genes in common wheat. *Theor. Appl. Genet.* 113: 1247 — 1259.
- Zhao X., Xia X., He Z., Lei Z., Appels R., Yang Y., Sun Q., Ma W. 2007. Novel DNA variations to characterize low molecular weight glutenin *Glu-D3* genes and develop STS markers in common wheat. *Theor. Appl. Genet.* 114: 451 — 460.
- Zientarski J., Waga J. 2007. Białka gluteninowe o niskiej masie cząsteczkowej jako markery biochemiczne w hodowli pszenicy. *Biul. IHAR* 244: 69 — 77.

HALINA GÓRALKatedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Męska płodność pszenżyta ozimego w zależności od rodzaju cytoplazmy i formy ojcowskiej*

Male fertility of winter triticales depending on the cytoplasm and male parent

W latach 2008–2012 otrzymano i oceniono pod względem męskiej płodności cztery grupy mieszańców pszenżyta ozimego: 16 mieszańców F₁ pochodzących z krzyżowania 8 męskosterylnych linii z cytoplazmą *T. timopheevi* z 2 odmianami, 36 mieszańców F₁ z krzyżowania 4 linii, każda w innej cytoplazmie (*T. timopheevi*, *Pampa*, *Ae. sharonensis* i *Ae. ventricosa*) z 9 odmianami, 21 mieszańców (pokolenia F₁–BC₄) 7 linii w trzech cytoplazmach (*T. timopheevi*, *Pampa*, *Ae. sharonensis*) oraz 55 mieszańców F₁–BC₃ w cytoplazmie *Ae. ovata*. Mieszańce wykazywały różny stopień męskiej płodności. Indeks restoracji wynosił od 0 do 100% w zależności od linii matecznej, rodzaju cytoplazmy i genotypu ojcowskiego. W każdej grupie mieszańców z cytoplazmą *T. timopheevi*, *Pampa*, *Ae. sharonensis* i *Ae. ventricosa* występowała interakcja matki × ojcowie. Wszystkie mieszańce z cytoplazmą *Ae. ovata* były męskosterylne. Otrzymany materiał umożliwia wytworzenie odrębnych od cms-*T. timopheevi* systemów cytoplazmatyczno-genowej męskiej sterility z udziałem cytoplazm *Ae. sharonensis* i *Pampa*.

Słowa kluczowe: męska płodność, obce cytoplazmy, pszenżyto ozime

In 2008–2012 four groups of winter triticales hybrids were obtained and evaluated for male fertility: 16 F₁ hybrids obtained from crossing 8 male sterile lines having *T. timopheevi* cytoplasm with 2 cultivars, 36 F₁ hybrids from crossing 4 lines, each with a different cytoplasm (*T. timopheevi*, *Pampa*, *Ae. sharonensis*, and *Ae. ventricosa*) with 9 cultivars, 21 hybrids (F₁ to BC₄ generations) of 7 lines with three cytoplasms (*T. timopheevi*, *Pampa*, *Ae. sharonensis*) and 55 hybrids F₁–BC₃ with *Ae. ovata* cytoplasm. The hybrids displayed various male fertility level. The restoration index was from zero to 100% depending on the maternal line, the cytoplasm and the male parent genotype. In each group of hybrids with *T. timopheevi*, *Pampa*, *Ae. sharonensis* and *Ae. ventricosa* cytoplasm an interaction of female × male parent was found. All the hybrids with *Ae. ovata* cytoplasm were male sterile. The plant material obtained in these studies makes it possible to develop male sterility systems with *Ae. sharonensis* and *Pampa* cytoplasms, different from that with *T. timopheevi* cytoplasm.

Key words: alien cytoplasms, male fertility, winter triticales

* Wyniki badań zrealizowane w ramach tematu DS 3129/KHRiN/2008–2012 zostały sfinansowane z dotacji na naukę przyznanej przez MNiSW.

Redaktor prowadzący: Henryk J. Czembor

WSTĘP

Brak w pełni funkcjonalnego systemu cytoplazmatyczno-genowej męskiej sterility, niezbędnego w hodowli odmian mieszańcowych pszenżyta, jest obecnie głównym czynnikiem ograniczającym wykorzystanie zjawiska heterozji. W badaniach największą uwagę skupiono dotychczas na sterylizującej pyłek cytoplazmie *T. timopheevi*. System *cms-T. timopheevi* charakteryzuje się małą frekwencją genotypów dopełniających w polskich materiałach (Góral i Spiss, 2005; Góral in., 2007), niestabilnych w różnych środowiskach (Nalepa, 2003; Góral i in., 2006) przy częstej, ale niepełnej restoracji (Góral i in., 2007). Meksykańskie materiały pszenżyta jarego zawierają więcej, bo kilkanaście procent genotypów dopełniających i restorujących dla systemu *cms-T. timopheevi* (Ammar i in., 2006). System *cms-Ae. sharonensis*, odrębny od *cms-T. timopheevi*, charakteryzuje duża frekwencja stabilnych dopełniaczy i bardzo mała frekwencja restorerów (Nalepa, 2003). System *cms-Pampa*, wprowadzony do pszenżyta z żyta cechuje większa częstość dopełniania niż restoracji u pszenżyta tetraploidalnego w porównaniu z heksaploidalnym (Łapiński, 2005). Wobec niedoskonałości i ograniczeń wykorzystania istniejących źródeł cytoplazmatyczno-genowej męskiej sterility w hodowli odmian mieszańcowych pszenżyta konieczne jest badanie innych obcych cytoplazm pod względem efektu sterylizacji pyłku pszenżyta i tworzenie alternatywnych systemów *cms*.

Celem pracy było wytworzenie i zbadanie męskiej płodności mieszańców F_1 oraz wczesnych pokoleń z krzyżowań wypierających, pochodzących z krzyżowania linii w cytoplazmach *T. timopheevi*, *Pampa*, *Ae. sharonensis*, *Ae. ventricosa* i *Ae. ovata* z liniami, rodami i odmianami pszenżyta.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2008–2012, w Stacji Doświadczalnej Prusy Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, wytworzono i oceniono pod względem męskiej płodności 4 grupy mieszańców pszenżyta ozimego: 16 mieszańców F_1 , pochodzących z krzyżowania 8 męskosterylnych linii z cytoplazmą *T. timopheevi* z 2 odmianami (tab. 1), 36 mieszańców F_1 , otrzymanych z krzyżowania 4 męskosterylnych linii, każda z inną cytoplazmą (*T. timopheevi*, *Pampa*, *Ae. sharonensis* i *Ae. ventricosa*) z 9 odmianami (tab. 2), 21 mieszańców (pokolenia F_1 – BC_4) siedmiu linii w cytoplazmie *T. timopheevi*, *Pampa* i *Ae. sharonensis* (tab. 3) oraz 55 mieszańców (pokolenia F_1 – BC_3) pochodzących z krzyżowania męskosterylnej linii z cytoplazmą *Ae. ovata* z różnymi odmianami, rodami i liniami DH pszenżyta (tab. 4). Wyjściowe linie do krzyżowań, posiadające cytoplazmę *T. timopheevi*, *Ae. ventricosa*, i *Ae. sharonensis* wytworzono w czasie wcześniejszych badań (Spiss i Góral 1994, Góral i Spiss 2000, Warzecha i Góral 2009). Linie pszenżyta ozimego z cytoplazmą *Pampa* wytworzono poprzez krzyżowania wypierające linii pszenżyta jarego z tą cytoplazmą, udostępnionych z kolekcji IHAR w Radzikowie, z rodami i odmianami, a linię męskosterylną pszenżyta z cytoplazmą *Ae. ovata* otrzymano od dr Nalepy z USA.

Wszystkie mieszańce (po 10–20 roślin) wysiano w rozstawie 40×20 cm oraz oceniono wizualnie męską płodność w skali pięciostopniowej (5 — męskopłodne, 1 —

męskosterylne) w czasie kwitnienia roślin oraz na podstawie osadzenia ziaren w izolowanych kłosach, według metodyki opisanej przez Góral (2002). Indeks restoracji obliczono według Geigera i Morgensterna (1975): $N + 0,5 P$, gdzie N oznacza procent roślin męskopłodnych, a P — procent roślin pośrednich, ocenionych w skali pięciostopniowej jako 2, 3 i 4.

WYNIKI I DYSKUSJA

Mieszańce F_1 , pochodzące z krzyżowania linii męskosterylnych z cytoplazmą *T. timopheevi* z dwiema odmianami charakteryzowały się indeksem restoracji od 23,9% do 100% (dane nie pokazane). Liczba ziaren zawiązanych w kłosach izolowanych przed kwitnieniem wynosiła odpowiednio od 0,5 do 64,0 ziaren na kłos (tab. 1) i była zgodna ze stopniem przywrócenia męskiej płodności, mierzonej indeksem restoracji. Średnio, mieszańce z odmianą Moderato zawiązywały trzy razy mniej ziaren w kłosie w porównaniu do mieszańców z odmianą Grenado, które charakteryzowały się pełnym przywróceniem męskiej płodności. Liczba ziaren w izolowanych kłosach u mieszańców z odmianą Moderato różniła się istotnie w zależności od genotypu linii matecznej. Najmniejsza była u mieszańców z mateczną linią Salvo 15 i CHD 1 (tab. 1). Odmiana Moderato nie ma kompletu genów kasujących męską sterylność. Podobnie, jak sygnalizowano we wcześniejszych badaniach (Góral i in. 2006, 2007), stwierdzono istotną interakcję genotyp linii matecznej $\times$ genotyp linii ojcowskiej w fenotypowej ekspresji przywrócenia męskiej płodności u mieszańców F_1 . Interakcja ta utrudnia selekcję uniwersalnych genotypów restorujących w systemie *cms-T. timopheevi*.

Tabela 1

Liczba ziaren z kłosa u mieszańców F_1 w systemie *cms-T. timopheevi*
Number of kernels per ear in F_1 hybrids with *T. timopheevi* cytoplasm

Linia mateczna Female line (a)	Odmiana ojcowska Male parent (b)		Średnia Mean	NRI (a) _(0,05) LSD (a) _(0,05)
	Moderato	Grenado		
Salvo 15, BC16	4,2	37,3	20,8	8,19
19, BC12	20,6	36,9	28,7	
Purdy 5, BC9	19,7	37,6	28,7	
Malno 111, BC4	25,5	47,5	36,5	
Grado 2, BC17	21,3	55,0	38,2	
SZD 1, BC5	18,4	57,0	37,7	
CHD 1, BC3	0,5	53,0	26,8	
DED 1, BC3	8,8	64,0	36,4	
Średnia, Mean	14,9	48,5	31,7	11,58
NRI (b) _(0,05)	4,10		NRI (a x b) _(0,05)	
LSD (b) _(0,05)			LSD (a x b) _(0,05)	

Wszystkie mieszańce F_1 odmian z liniami w cytoplazmie *T. timopheevi* i *Ae. sharonensis* i prawie wszystkie w cytoplazmie *Pampa* były w pełni męskopłodne (tab. 2). W cytoplazmie *Ae. ventricosa* mieszańce F_1 miały zróżnicowany indeks restoracji, wynoszący 30–100%. Większość potomstw w tej cytoplazmie była niejednorodna. Męska

plodność mieszańców zależała od odmiany ojcowskiej. Różny poziom męskiej plodności w badanych cytoplazmach wskazuje na występowanie współdziałania rodzaju cytoplazmy z genotypem odmiany ojcowskiej w fenotypowej ekspresji męskiej plodności.

Tabela 2

Indeks restoracji (%) mieszańców F₁, otrzymanych z krzyżowania 4 linii w różnych cytoplazmach z 9 odmianami
Restoration index (%) of F₁ hybrids obtained from crossing four lines having various cytoplasm with nine cultivars

Odmiana Cultivar	Cytoplazma / Linia Cytoplasm / Line			
	<i>T. timopheevi</i> (Salvo 15, BC ₁₉)	<i>Pampa</i> (Salvo 15, BC ₃)	<i>Ae. sharonensis</i> (Zorro 1, BC ₃)	<i>Ae. ventricosa</i> (Salvo 15, BC ₃)
Atletico	100,0	60,0	100,0	100,0
Bereniko	100,0	100,0	100,0	55,0
Elpaso	100,0	95,0	100,0	80,0
Fredro	100,0	100,0	100,0	90,0
Gringo	100,0	100,0	100,0	80,0
Leontino	100,0	100,0	100,0	30,0
Pizarro	95,0	100,0	100,0	95,0
Remiko	100,0	100,0	95,0	50,0
Trismart	100,0	100,0	100,0	80,0

Mieszańce F₁ i mieszańce wczesnych pokoleń z krzyżowań wypierających charakteryzowały się zróżnicowaną męską plodnością. Indeks restoracji wynosił od 0 do 100%, w zależności od rodzaju cytoplazmy i linii ojcowskiej (tab. 3).

Tabela 3

Indeks restoracji (%) mieszańców F₁ i BC₁–BC₄ w różnych cytoplazmach
Restoration index (%) of F₁ and BC₁–BC₄ hybrids with various cytoplasm

Linia ojcowska Male parent	Cytoplazma Cytoplasm		
	<i>T. timopheevi</i>	<i>Pampa</i>	<i>Ae. sharonensis</i>
DAD 1	100,0 (BC ₄)	100,0 (BC ₃)	100,0 (BC ₃)
Presto 1	40,0 (BC ₃)	0,0 (BC ₃)	85,0 (BC ₃)
Salvo 15	0,0 (BC ₄)	0,0 (BC ₃)	25,0 (BC ₃)
Baltiko 1	45,0 (BC ₁)	0,0 (BC ₃)	100,0 (F ₁)
SZD 1	0,0 (BC ₄)	5,0 (BC ₃)	100,0 (F ₁)
Kitaro 1	45,0 (F ₁)	0,0 (BC ₃)	95,0 (F ₁)
Zorro 1	100,0 (F ₁)	0,0 (F ₁)	0,0 (BC ₃)

Pięć mieszańców, spośród siedmiu badanych, było w pełni męskosterylnych w żytniej cytoplazmie *Pampa*. Jeden mieszaniec był w pełni męskopłodny w każdej z trzech badanych cytoplazm, dwa inne charakteryzowały się męską sterylnością w dwóch cytoplazmach i częściową lub całkowitą męską plodnością w trzeciej. Pozostałe wykazywały różny stopień restoracji i nie były jednorodne, ale indeks restoracji odzwierciedlał zmienność pomiędzy roślinami mieszańca. Mały indeks restoracji charakteryzował mieszańce, w obrębie których poszczególne rośliny zawiązywały 0 lub pojedyncze ziarna w wyniku samozapylenia, a duży — mieszańce w pełni męskopłodne lub o nieco, w stosunku do nich, zmniejszonej męskiej plodności. Otrzymany nowy

materiał hodowlany umożliwia wytworzenie odrębnych od cms-*T. timopheevi* systemów cytoplazmatyczno-genowej męskiej sterility z udziałem cytoplazm *Ae. sharonensis* i *Pampa*, ponieważ dla tych cytoplazm można znaleźć inne niż dla systemu cms-*T. timopheevi* genotypy, utrzymujące i kasujące męską sterility. Wniosek ten jest zgodny z wynikami badań Nalepy (2003) i Łapińskiego (2005).

Wszystkie z 39 badanych mieszańców F₁, 10 mieszańców BC₁, 3 BC₂ i 3 BC₃, otrzymanych z krzyżowania męskosterylnej linii (4272) z cytoplazmą *Ae. ovata* z różnymi odmianami, rodami i liniami DH pszenżyta (tab. 4) były męskosterylne. Męska sterility utrzymywała się w pokoleniach z krzyżowań wypierających. Wśród badanych polskich odmian i materiałów hodowlanych nie znaleziono genotypów restorujących dla cytoplazmy *Ae. ovata*.

Tabela 4

Formy ojcowskie użyte do krzyżowań z męskosterylną linią (4272) w cytoplazmie *T. ovata*
Male parents used for crossing with male sterile lines (4272) with *T. ovata* cytoplasm

Pokolenie Generation	Forma ojcowska Male parent
F ₁	Janko, Krakowiak, Grenado, Kitaro, Kazo, Moderato, Grenado, Baltiko, Zorro, DAD 97, DAD 113, DAD 334, DAD 337, DAD 526, DAD 597, DAD 622, DAD 668, DAD 681, DAD 749, DAD 474, DED 110, DED 130, DED 607, LAD 490, LAD 2779, CHD 187, SZD 416, SZD 643, DH S×T1, DH S×T2, DH S×L1, DH S×L2, Salvo 15/1, Salvo 15/2, Malno 53/3, Malno 111/4, Purdy 5/3, Grado 2, 19
BC ₁	Kitaro, Moderato, Zorro, DAD 97, DAD 113, DAD 474, DED 130, DH S×T1, Salvo 15/1, Malno 111/4
BC ₂	DAD 474, Malno 111/4, Salvo 15/1
BC ₃	DAD 474, Malno 111/4, Salvo 15/1

WNIOSKI

1. System cms-*T. timopheevi* cechuje interakcja linia męskosterylna × genotyp ojcowski pod względem przywrócenia męskiej płodności u mieszańców F₁.
2. Męska płodność mieszańców F₁ i mieszańców wczesnych pokoleń z krzyżowań wypierających z cytoplazmą *Pampa*, *Ae. sharonensis* i *Ae. ventricosa* zależała od rodzaju cytoplazmy i linii ojcowskiej.
3. Wśród badanych polskich odmian i materiałów hodowlanych nie znaleziono genotypów restorujących dla cytoplazmy *Ae. ovata*.

LITERATURA

- Ammar K., Crossa J., Pfeiffer W. H. 2006. Developing a hybrid seed production system and evaluation of heterosis levels in hybrids from CIMMYT's spring triticale germplasm. Abstracts of 6th Int. Triticale Symp. Stellenbosch, South Africa, 3–7 September 2006: 27 — 28.
- Geiger H. H., Morgenstern K. 1975. Angewandte genetische Studien zur cytoplasmatischen Pollensterilität bei Winterroggen. Theor. Appl. Genet. 46: 269 — 276.
- Góral H. 2002. Ocena męskiej płodności mieszańców F₁ pszenżyta ozimego z cytoplazmą *Triticum timopheevi*. Folia Univ. Agr. Stetin., Agricultura 228 (91): 17 — 22.
- Góral H., Spiss L. 2000. Wpływ cytoplazmy na cechy rolnicze pszenżyta ozimego (*X Triticosecale* Wittm.). Folia Univ. Agr. Stetin. 206 Agricultura 82: 67 — 72.

- Góral H., Spiss L. 2005. Hodowla dopełniaczy i restorerów dla systemu *cms-T.timopheevi* u pszenżyta jarego. Biul. IHAR 236: 99 — 104.
- Góral H., Warzecha T., Stojałowski S., Pojmaj M., Kurlito D., Trąbka A., Spiss L. 2006. Stability of male sterility and fertility restoration in the *cms-T.timopheevi* system in triticales. Folia Univ. Agric. Stetin. 247, Agricultura 100: 55 — 62.
- Góral H., Pojmaj M. S., Pojmaj R. 2007. Frekwencja genotypów dopełniających i restorujących dla systemu *cms T.timopheevi* u pszenżyta ozimego. Biul. IHAR 244: 155 — 160.
- Łapiński B. 2005. Próba zastosowania żytniej cytoplazmy typu Pampa w hodowli heterozyjnej pszenżyta. Biul. IHAR 236: 115 — 123.
- Nalepa S. 2003. Perspektywy hodowli pszenżyta w Resource Seeds Inc. w USA. Biul. IHAR 230: 143 — 146.
- Spiss L., Góral H. 1994. Hodowla form męskosterylnych i przywracających płodność u pszenżyta. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, ser. Rol. 162 (58): 243 — 246.
- Warzecha T., Góral H., 2009. Otrzymywanie mieszańców z krzyżowań zwrotnych heksaploidalnej pszenicy z cytoplazmą *Aegilops sharonensis* z pszenżytem. W: Naganowska B., Kachlicki P., Krajewski P. (red.): Genetyka i genomika w doskonaleniu roślin uprawnych. Instytut Genetyki Roślin PAN w Poznaniu: 305 — 311.

KATARZYNA KARSKA¹
ANNA STRZEMBICKA¹
GRZEGORZ CZAJOWSKI¹
PAWEŁ CZEMBOR²

¹ Zakład Roślin Zbożowych IHAR — PIB w Krakowie

² Zakład Fitopatologii, Pracownia Hodowli Odpornościowej IHAR — PIB w Radzikowie

Wirulencja populacji *Puccinia striiformis* sprawcy rdzy żółtej na pszenżycie w Polsce

Virulence in population of *Puccinia striiformis*, the causal agent of triticale yellow rust in Poland

Rdza żółta powodowana przez grzyb *Puccinia striiformis* f. sp. (Westend) w ostatnich latach w coraz większym nasileniu występuje na zasiewach pszenżyta. W latach 2009 – 2011 przeprowadzono prace nad patogenicznością *P. striiformis* wobec linii pszenicy ze znanymi genami *Yr*, odmian pszenżyta i odmiany żyta Dańkowskie Złote. Określono częstość wirulencji 45 izolatów zebranych głównie w północno-zachodniej części Polski. W badanej populacji *P. striiformis* nie notowano izolatów zdolnych do porażenia linii z genami: *Yr3+*, *Yr4+*, *Yr15* oraz kombinacji genów *Yr5+Yr15*, *Yr7+Yr9*. Niski poziom wirulencji, 6–25% obserwowano w stosunku do linii z genami: *Yr1*, *Yr3*, *Yr5*, *Yr6*, *Yr9*, *Yr10*, *Yr17*, *Yr18*, *Yr24*, *Yr26*, *Yr27*, *Yr28*, *Yr32*, *YrSp* oraz kombinacji genów: *YrPr1+YrPr2*, *Yr2+Yr6+Yr25*, *Yr9+Yr27*. W przypadku odmian pszenżyta zaobserwowano wysoki poziom wirulencji wobec: Dinaro, Grenado, Lamberto, Pizarro, Woltario i Marko. Nie notowano wirulentnych izolatów wobec odmian: Borwo, Pigmej i Zorro. Zauważono, że izolaty *P. striiformis* pochodzące z pszenżyta były wirulentne wobec odmiany żyta Dańkowskie Złote.

Słowa kluczowe: geny odporności, *Puccinia striiformis*, pszenżyto, wirulencja

Yellow rust, caused by *Puccinia striiformis*, is becoming more and more threatening to triticale cultivation in Poland. Pathogenicity of the pathogen to wheat strains with *Yr* genes, triticale cultivars and rye cultivar Dańkowskie Złote was investigated in 2009–2011. Variation in virulence was estimated for 45 isolates of *P. striiformis* collected mainly in north – western regions of the country. No virulence was found to resistance genes *Yr3+*, *Yr4+*, *Yr15*, *Yr5+Yr15*, *Yr7+Yr9*. Virulence to the *Yr1*, *Yr3*, *Yr5*, *Yr6*, *Yr9*, *Yr10*, *Yr17*, *Yr18*, *Yr24*, *Yr26*, *Yr27*, *Yr28*, *Yr32*, *YrSp*, *YrPr1+YrPr2*, *Yr2+Yr6+Yr25*, *Yr9+Yr27* was generally low. High virulence level was observed in case of triticale cultivars: Dinaro, Grenado, Lamberto, Pizarro, Woltario and Marko. No virulence was found to cultivars: Borwo, Pigmej and Zorro. Isolates of *P. striiformis* were virulent to rye cultivar – Dańkowskie Złote.

Key words: *Puccinia striiformis*, resistance genes, triticale, virulence

WSTĘP

Spośród grzybów rdzawnikowych porażających zboża, rdza żółta (*Puccinia striiformis* f. *sp. tritici*) (Westend) jest najczęstszą chorobą w wilgotnym i chłodnym klimacie Europy (Tian i in., 2004; Roelfs i in., 1992). Rdza żółta charakteryzuje się dużymi wymaganiami odnośnie wilgotności i największą wrażliwością na wahania temperatury ze względu na długi okres inkubacji i rozwoju. Może wystąpić w postaci epidemii po kilku sezonach, podczas których porażenie występowało w sposób ograniczony (Cichy i Cicha, 1999). W Polsce rdza żółta pojawia się coraz częściej, szczególnie gdy w danym roku jest długa, chłodna i wilgotna wiosna. W ostatnich latach notuje się coraz większe nasilenie tej choroby na zasiewach pszenżyta (Filoda, 2009. Zamorski i Nowicki, 2000). Straty plonów w przypadku epidemicznego wystąpienia choroby mogą wynosić nawet 70–90%. Polska należy do krajów przodujących w uprawie pszenżyta na świecie, stąd hodowla odpornościowa powiązana z badaniami nad chorobotwórczością danego patogena jest uzasadnioną koniecznością (Woś i Strzembicka, 2011).

Celem niniejszej pracy było przeanalizowanie spektrum wirulencji populacji *Puccinia striiformis* występującej na pszenżycie w Polsce w latach 2009–2011.

MATERIAŁ I METODY

Porażone liście i kłosa pszenżyta, z zarodnikami rdzy żółtej, zebrano w kilku miejscowościach: Borowo, Choryń, Kopaszewo, Szelejewo, Radzików, Grodkowice, Kraków. Uzyskano 45 jednozarodnikowych izolatów *Puccinia striiformis*, które rozmnażano na podatnej odmianie pszenżyta Marko. Izolaty testowano na zestawie 34 odmian i linii pszenicy jarej i ozimej ze znanymi genami odporności *Yr* (tab. 1).

Tabela 1

Częstotliwość wirulentnych izolatów *Puccinia striiformis* wobec linii i odmian pszenicy z genami *Yr* w Polsce
Frequency of Polish *Puccinia striiformis* isolates virulent on wheat lines and cultivars with *Yr* genes

Zestaw różnicujący Differentials set	Geny <i>Yr</i> <i>Yr Genes</i>	Częstość wirulencji (%) — Frequency of virulence			
		lata years			średnia za lata average for years 2009–2011
		2009	2010	2011	
1	2	3	4	5	6
Chinese 166	<i>Yr1</i>	7	7	25	13
Tatara	<i>Yr3</i>	14	7	0	7
Avocet Yr5	<i>Yr5</i>	0	7	13	7
Avocet Yr6	<i>Yr6</i>	14	0	19	11
Avocet Yr7	<i>Yr7</i>	21	7	69	33
Avocet Yr8	<i>Yr8</i>	71	7	77	47
Sleipner	<i>Yr9</i>	0	0	6	2
Avocet Yr10	<i>Yr10</i>	0	7	21	9
Cortez	<i>Yr15</i>	0	0	0	0
Yr17/6*AOC	<i>Yr17</i>	0	7	20	9

c.d. Tabela 1

1	2	3	4	5	6
Yr18/3*AOC	<i>Yr18</i>	7	0	19	9
Lemhi	<i>Yr21</i>	57	47	71	56
Avocet Yr24	<i>Yr24</i>	0	7	31	13
Yr26/3*AOC	<i>Yr26</i>	0	0	25	9
Yr27/6*AOC	<i>Yr27</i>	0	7	19	9
Yr28	<i>Yr28</i>	0	0	7	2
Yr31	<i>Yr31</i>	57	33	63	51
Avocet Yr32	<i>Yr32</i>	0	0	19	7
WAOO 7995	<i>Yr36</i>	14	27	75	40
Opata M85	<i>Yr18+Yr27</i>	14	13	56	29
Heines Kolben	<i>Yr2+Yr6</i>	64	53	94	71
Heines Peko	<i>Yr2+Yr6+Yr25</i>	14	27	6	16
PBW 343	<i>Yr3+</i>	0	0	0	0
Hybrid 46	<i>Yr4+</i>	-	-	0	0
SRS 05049	<i>Yr5+Yr15</i>	0	0	0	0
Fielder	<i>Yr6+Yr20</i>	29	40	21	29
Pavon F76	<i>Yr6+Yr7+Yr29+Yr30</i>	29	20	71	38
Lee	<i>Yr7+Yr22+Yr23</i>	57	47	81	62
Serii M82	<i>Yr7+Yr9</i>	0	0	0	0
Compair	<i>Yr8+Yr19</i>	43	67	94	69
Super Kauz	<i>Yr9+Yr27</i>	0	0	13	4
Avocet + YrA	<i>YrA</i>	43	20	19	27
Produra	<i>YrPr1, YrPr2</i>	36	0	25	20
YrSP/6*AOC	<i>YrSP</i>	0	0	7	2
Pollmer Tel	differ. Yellow rust triticales	21	27	44	31
Marko	-	100	100	100	100
Liczba izolatów Number of isolates		15	15	15	45

Do zestawu testowego dołączono 16 odmian pszenżyta oraz jedną odmianę żyta (tab. 2). Odmiany różnicujące inokulowano w stadium 2. liścia zarodnikami poszczególnych izolatów rdzy żółtej. Zestaw składał się z 10 doniczek, w każdej po 5 roślin. Następnie doniczki z zakażonymi roślinami umieszczano w komorze klimatycznej (temp. 17/14°C dzień/noc, wilg. 100%). Po ok. 14–16 dniach inkubacji określono typ reakcji rośliny według skali: 0, 1, 2 — odporny/awirulencja, 3,4 — wrażliwy/wirulencja (Roelfs i in., 1992; Woźniak-Strzembicka, 2003).

WYNIKI I DYKUSJA

Zestaw testowy zawiera odmiany i linie monogeniczne pszenicy ze znanymi genami odporności na rdzę żółtą, który powszechnie wykorzystywany jest w badaniach na świecie (McIntosh i in., 1995). Częstość wirulencji izolatów *Puccinia striiformis* zebranych w Polsce w latach 2009–2011 na uprawach pszenżyta przedstawiono w tabeli 1. Określono również poziom wirulencji badanych izolatów wobec 16 odmian pszenżyta i 1 odmiany żyta (tab. 2). Niski poziom wirulencji, 6–25% obserwowano w stosunku do linii z genami: *Yr1*, *Yr3*, *Yr5*, *Yr6*, *Yr9*, *Yr10*, *Yr17*, *Yr18*, *Yr24*, *Yr26*, *Yr27*, *Yr28*, *Yr32*, *YrSp* oraz kombinacji genów: *YrPr1+YrPr2*, *Yr2+Yr6+Yr25*, *Yr9+Yr27*. W badanej populacji

Puccinia striiformis nie stwierdzono izolatów zdolnych do porażenia linii z genami: *Yr3+*, *Yr4+*, *Yr15* oraz kombinacji genów *Yr5+Yr15*, *Yr7+Yr9*. Według danych z literatury również w innych rejonach świata nie zanotowano izolatów wirulentnych wobec genów *Yr5* i *Yr15* (Sharma-Poudyal i in., 2013). Natomiast zaobserwowano średnią i wysoką frekwencję wirulencji wobec genów: *Yr1*, *Yr3*, *Yr4*, *Yr6*, *Yr7*, *Yr9*, *Yr17*, *Yr25*, *Yr28*, a także kombinacji *YrPr1+YrPr2* wśród izolatów pochodzących z pszenicy (de Vallavieille-Pope i in., 2012; Sharma-Poudyal i in., 2013). Na podstawie analizy wyników prezentowanych w pracy i w literaturze światowej można wnioskować, o zróżnicowaniu pomiędzy populacjami rdzy żółtej występującymi na pszenicy i pszenżycie.

Tabela 2

Częstotliwość wirulentnych izolatów *Puccinia striiformis* wobec odmian pszenżyta i żyta w Polsce
Frequency of Polish *Puccinia striiformis* isolates virulent on triticale cultivars

Odmiany pszenżyta Triticale cultivars	Częstość wirulencji (%) — Frequency of virulence (%)			
	lata years			średnia za lata average for years 2009–2011
	2009	2010	2011	
Baltico	7	7	-	7
Borwo	-	0	0	0
Dinaro	36	27	80	47
Fidelio	14	20	-	17
Fredro	-	18	44	29
Grenado	21	33	54	33
Lamberto	50	47	100	66
Moderato	7	13	-	10
Pawo	-	0	13	7
Pigmej	-	0	0	0
Pizarro	-	45	93	61
Sorento	0	13	-	7
Trigold	0	8	19	13
Woltario	14	40	46	31
Zorro	0	0	0	0
Dańkowskie Złote (żyto — rye)	0	27	23	16
Marko (kontrola — control)	100	100	100	100
Liczba izolatów Number of isolates	15	15	15	45

Wśród testowanych 16 odmian pszenżyta w warunkach szklarniowych zaobserwowano wysoki poziom wirulencji izolatów *Puccinia striiformis* wobec: Dinaro, Grenado, Lamberto, Pizarro, Woltario i Marko (tab. 2). W warunkach naturalnej inokulacji i infekcji zauważono coroczne porażenie odmian Grenado i Marko (obserwacje autorów). Na przestrzeni 2 i 3 lat badań nie notowano wirulentnych izolatów wobec odmian: Borwo, Pigmej i Zorro (tab. 2). Również w doświadczeniach COBORU odmiany Grenado i Pizarro w stadium rośliny dorosłej były silnie porażone rdzą żółtą. Natomiast Borwo i Pigmej okazały się średnio odporne (Tokarski, 2011). Zauważono, że izolaty *P. striiformis* pochodzące z pszenżyta w latach 2010–2011 były wirulentne wobec odmiany żyta Dańkowskie Złote w stadium siewki (tab. 2).

Analiza grup izolatów z poszczególnych rejonów Polski wskazuje na pewne zróżnicowanie między nimi. Jednocześnie można zauważyć wzrost patogeniczności izolatów na przestrzeni 3 lat w stosunku do znanych genów odporności (tab. 3).

Tabela 3

Zestawienie genów *Yr* i ich kombinacji efektywnych na izolaty *Puccinia striiformis* pochodzące z form pszenżyta rosnących w wybranych miejscowościach w Polsce w latach 2009–2011
Summary of *Yr* genes and their combinations effective against *Puccinia striiformis* coming from triticale grown in specific locations

Miejscowość Locality	Geny i kombinacje Genes and combinations
2009 rok – year	
Borowo	<i>Yr1, Yr3, Yr6, Yr2+6+25</i> <i>Yr5*, Yr9, Yr10, Yr15, Yr17, Yr24, Yr26, Yr27, Yr28, Yr32, Yr3+, YrSP, Yr7+9, Yr9+27, Yr5+15</i>
Choryń	<i>Yr4, Yr1, Yr6, Yr7, Yr8, Yr21, Yr36, Yr6+20, Yr8+19, Yr18+27, Yr6+7+29+30, YrPr1Pr2</i> <i>Yr5, Yr9, Yr10, Yr15, Yr17, Yr18, Yr24, Yr26, Yr27, Yr28, Yr32, Yr3+, YrSP, Yr7+9, Yr9+27, Yr5+15</i>
Grodkowice	<i>Yr1</i> <i>Yr5, Yr9, Yr10, Yr15, Yr17, Yr18, Yr24, Yr26, Yr27, Yr28, Yr32, Yr3+, YrSP, Yr7+9, Yr9+27, Yr5+15</i>
Radzików	<i>Yr4, Yr1, Yr3, Yr7, Yr36, Yr6+20, Yr18+27, Yr2+6+25, Yr7+22+23, Yr6+7+29+30, YrPr1Pr2</i> <i>Yr5, Yr9, Yr10, Yr15, Yr17, Yr18, Yr24, Yr26, Yr27, Yr28, Yr32, Yr3+, YrSP, Yr7+9, Yr9+27, Yr5+15</i>
Szelejewo	<i>Yr4, Yr3, Yr6, Yr7, Yr21, Yr36, Yr6+20, Yr8+19, Yr18+27, Yr2+6+25, Yr7+22+23, Yr6+7+29+30, YrPr1Pr2</i> <i>Yr5, Yr9, Yr10, Yr15, Yr17, Yr18, Yr24, Yr26, Yr27, Yr28, Yr32, Yr3+, YrSP, Yr7+9, Yr9+27, Yr5+15</i>
2010 rok – year	
Borowo	<i>Yr4, Yr1, Yr2, Yr3, Yr5, Yr6, Yr7, Yr8, Yr10, Yr17, Yr18, Yr24, Yr26, Yr27, Yr6+20, Yr18+27, Yr2+6+25, Yr6+7+29+30</i> <i>Yr9, Yr15, Yr28, Yr32, Yr3+, YrSP, Yr7+9, Yr9+27, Yr5+15</i>
Choryń	<i>Yr3, Yr6, Yr18, Yr26</i> <i>Yr9, Yr15, Yr28, Yr32, Yr3+, YrSP, Yr7+9, Yr9+27, Yr5+15</i>
Grodkowice	<i>Yr4, Yr1, Yr5, Yr6, Yr7, Yr8, Yr10, Yr17, Yr18, Yr24, Yr26, Yr27, Yr31, Yr36, Yr18+27, Yr7+22+23, Yr6+7+29+30</i> <i>Yr9, Yr15, Yr28, Yr32, YrSP, Yr7+9, Yr9+27, Yr5+15</i>
2011 rok – year	
Grodkowice	<i>Yr4, Yr9, Yr17, Yr18, Yr27, YrSP, Yr9+27, Yr2+6+25</i> <i>Yr3, Yr3+, Yr4+, Yr15, Yr7+9, Yr5+15</i>
Kopaszewo	<i>Yr10, Yr24, Yr28, YrSP, Yr2+6+25, YrPr1Pr2</i> <i>Yr3, Yr3+, Yr4+, Yr15, Yr7+9, Yr5+15</i>
Kraków	<i>Yr5, Yr6, Yr9, Yr27, Yr28, Yr32</i> <i>Yr3, Yr3+, Yr4+, Yr15, Yr7+9, Yr5+15</i>

* Geny warunkujące odporność w kilku miejscowościach w danym roku

* Genes conferring efficient resistance in several locations in a given year

Prace nad chorobotwórczością *Puccinia striiformis* są prowadzone systematycznie na różnych kontynentach także w Europie od lat sześćdziesiątych (Wellings, 2011). Zastosowanie zestawu testowego W/E (World/European set) dla analizy struktury populacji *Puccinia striiformis* na pszenżycie pozwala na porównanie otrzymanych wyników z rezultatami badań innych autorów. Prezentowane w pracy wyniki, dotyczące struktury populacji rdzy żółtej pochodzącej z pszenżyta, wskazują na geny efektywne pochodzące z odmian i linii monogenicznych pszenicy, które można zastosować w hodowli pszenżyta celem poprawy odporności tego gatunku zboża. Okazuje się, że odporność

warunkowana genami *Yr9*, *Yr17*, która uległa na przestrzeni lat „załamaniu” w przypadku hodowli odpornościowej pszenicy (Hovmoller, 2001; Hovmoller, 2007), może być wykorzystana w hodowli odpornościowej pszenżyta, ponieważ w przypadku populacji rdzy żółtej pszenżytniej (tab. 1) wymienione geny pojedynczo i w kombinacji większej liczby genów są efektywne. W wyniku prezentowanych badań najbardziej skuteczne na krajową populację rdzy żółtej na pszenżycie, okazały się geny *Yr 15*, *Yr3+*, *Yr4+*, oraz kombinacje *Yr5+15*, *Yr7+9*. Szczególnie geny *Yr5*, *Yr15* oraz *Yr5+15* są wymieniane w literaturze światowej jako warunkujące skuteczną odporność wśród europejskich odmian pszenicy (Hovmoller, 2007) i mogą one stanowić źródło odporności przy wyszukiwaniu materiałów wyjściowych do krzyżówek hodowlanych.

PODSUMOWANIE

Pojawienie się rdzy żółtej w ostatnich latach na pszenżycie w Polsce, może być początkiem jej występowania w coraz większym nasileniu zwłaszcza przy sprzyjających warunkach klimatycznych. Wyniki analizy struktury populacji i częstotliwości wirulencji *Puccinia striiformis* przedstawione w niniejszej pracy dostarczyły informacji o skuteczności genów odporności na rdzę żółtą. Systematyczny przegląd wirulencji jak i ocena odporności winny być kontynuowane jako ważny etap procesu hodowli odpornościowej pszenżyta.

LITERATURA

- Cichy H., Cicha A. 1999. Występowanie rdzy żółtej (*Puccinia striiformis*) na pszenżycie ozimym. Biul. IHAR 210: 183 — 186.
- de Vallavieille-Pope C., Ali S., Leconte, M., Enjalbert J., Delos M. and Rouzet J. 2012. Virulence dynamics and regional structuring of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in France between 1984 and 2009. Plant Dis. 96: 131 — 140.
- Filoda G. 2009. Zagrożenie upraw pszenżyta ozimego przez rdze. Progress in Plant Protection / Postępy w Ochronie Roślin 49 (2): 623 — 626.
- Hovmoller M. S. 2001. Disease severity and pathotype dynamics of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Denmark. Plant Pathology 50: 181 — 189.
- Hovmoller M. S. 2007. Sources of seedling and adult plant resistance to *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in European wheats. Plant Breeding 126: 225 — 233.
- McIntosh R. A., Wellings C. R., Park R. F. 1995. Wheat rusts: an atlas of resistance genes. CSIRO. Australia. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht: 200 pp.
- Roelfs A. P., Singh R. O., Saari E. E. 1992. Rust disease of wheat. Concepts and methods of disease management. CIMMYT Mexico: 81 pp.
- Sharma-Poudyal D., Chen X. M., Wan A. M., Zhan G. M., Kang Z. S., Cao S. Q., Jin S. L., Morgounov A., Akin B., Mert Z., Shah S. J. A., Bux H., Ashraf M., Sharma R. C., Madariaga R., Puri K. D., Wellings C., Xi K. Q., Wanyera R., Manninger K., Ganzález M. I., Koyda M., Sanin S. and Patzek L. J. 2013. Virulence characterization of international collections of the wheat stripe rust pathogen, *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. Plant Dis. 97: 379 — 386.
- Tian S., Weinert J., Wolf G.A. 2004. Infection of triticale cultivars by *Puccinia striiformis*: first report of disease severity and yield loss. Journal of Plant Diseases and Protection 111 (5): 461 — 464.
- Tokarski P. 2011. Dobór odmian dla potrzeb integrowanej ochrony pszenżyta. Metodyka integrowanej ochrony pszenżyta ozimego i jarego. Instytut Ochrony Roślin Państwowy Instytut Badawczy. Poznań: 51 — 58.

- Wellings C. R. 2011. Global status of stripe rust: a review of historical and current threats. *Euphytica* 179: 129 — 141.
- Woś H., Strzembicka A. 2011. Znaczenie hodowli odpornościowej w integrowanej ochronie pszenżyta. *Metodyka integrowanej ochrony pszenżyta ozimego i jarego*. Instytut Ochrony Roślin — Państwowy Instytut Badawczy. Poznań: 27 — 49.
- Woźniak-Strzembicka A. 2003. Rdza żółta pszenicy w Polsce: częstość wirulencji w populacji patogena. *Biul. IHAR* 230: 119 — 126.
- Zamorski C., Nowicki B. 2000. Podatność genotypów pszenżyta na porażenie przez *Puccinia striiformis* Westend. *Folia Univ. Agric. Stetin* 206 *Agricultura* (82): 335 — 340.

CEZARY TRAWCZYŃSKI

Zakład Agronomii Ziemiaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Oddział Jadwisin

Reakcja na nawożenie mineralne azotem trzech nowych odmian ziemniaka jadalnego w latach 2010–2012

Reaction of three new table potato cultivars to mineral nitrogen fertilization in the years 2010–2012

Celem doświadczeń było określenie wymagań nawozowych oraz wpływu zróżnicowanego poziomu nawożenia azotem na plon bulw, zawartość skrobi, azotanów i suchej masy w bulwach w odniesieniu do trzech odmian ziemniaka: Ametyst, Jutrzenka i Tetyda. Badania przeprowadzono na glebie lekkiej, na której przyorano słomę i poplon z gorczycy białej. W badaniach stosowano zróżnicowane nawożenie mineralne azotem: 0, 50, 100, 150 i 200 kg N·ha⁻¹ oraz jednakową dawkę fosforu — 17,5 kg P·ha⁻¹ i potasu — 108 kg K·ha⁻¹, wynikającą z zasobności gleby w te składniki. Dla odmian ustalono maksymalne dawki azotu i określono ich efektywność. Wykazano, że odmiany Ametyst i Jutrzenka charakteryzowały się średnimi wymaganiami odnośnie dawki azotu, natomiast odmiana Tetyda małymi. Efektywność agronomiczna dawki azotu zbliżona była dla odmian Ametyst i Jutrzenka (138 i 139 kg bulw na 1 kg N) i większa dla odmiany Tetyda (156 kg bulw na 1 kg N). Analizowane czynniki: przebieg pogody (opady, temperatura powietrza) w okresie wegetacji roślin; poziom nawożenia mineralnego azotem oraz właściwości genetyczne odmian miały istotny wpływ na zawartość wybranych elementów składu chemicznego bulw.

Słowa kluczowe: azotany, azot, dawki, skrobia, sucha masa, wymagania nawozowe, ziemniak

The aim of experiments was to define the fertilization requirements for three potato cultivars (Ametyst, Jutrzenka and Tetyda) and to assess the influence of different nitrogen fertilization levels on the yield as well as on starch, nitrates and dry matter contents in tubers. The experiment was carried out on light soil, on which straw and aftercrop of white mustard were applied. In these experiments 5 levels of mineral nitrogen fertilization were applied: 0, 50, 100, 150 and 200 kg N·ha⁻¹, at the constant levels of phosphorus — 17.5 kg P·ha⁻¹ and potassium — 108 kg K·ha⁻¹ that were based on measured soil contents. Maximum nitrogen doses and their efficiency were established for tested cultivars. It was found that cultivars Ametyst and Jutrzenka required medium nitrogen dosage but cultivar Tetyda had low requirement for nitrogen. The agronomical efficiency of nitrogen dose for cultivars Ametyst and Jutrzenka was similar (138 and 139 kg of tubers per 1 kg of N) and for cultivar Tetyda it was higher (156 kg of tubers per 1 kg of N). The analysed factors: weather conditions (rainfall, air temperature) in

vegetation period; level of mineral nitrogen fertilization and genetic properties of cultivar significantly affected the contents of selected chemical elements in tubers

Key words: doses, dry matter, fertilization requirements, nitrates, nitrogen, potato, starch

WSTĘP

Azot spośród stosowanych w nawożeniu składników ma największy wpływ na plon i skład chemiczny bulw ziemniaka (Chotkowski, 1997; Leszczyński, 2002; Lisińska, 2006). Jedną z metod ustalenia potrzeb nawozowych w stosunku do azotu jest reakcja plonu bulw na wzrastający poziom nawożenia tym składnikiem (Mercik, 2002). Odmiany ziemniaka odznaczają się różną reakcją plonu na zastosowany azot, dlatego zapotrzebowanie na ten składnik należy rozpatrywać w odniesieniu do poszczególnych odmian (Wierzejska-Bujakowska, 1996 a; Jabłoński, 2004 b; Trawczyński, 2004; 2007; 2008). Ustalone wymagania nawozowe w odniesieniu do nowych odmian ziemniaka pozwalają na dostosowanie agrotechniki do uprawy danej odmiany i przez to uzyskanie możliwie największych efektów produkcyjnych (Roztropowicz, Wierzejska-Bujakowska, 1993; Trawczyński, 2010). Zróżnicowane nawożenie w zależności od przebiegu warunków pogodowych w okresie wegetacji roślin umożliwia ocenę zmienności najważniejszych cech składu chemicznego bulw, decydujących o ich jakości i przydatności do określonego kierunku wykorzystania (Lis, 1996; Jabłoński, 2006; Wierzbicka i in., 2008).

Celem badań było określenie wpływu poziomu nawożenia azotem i warunków pogodowych w okresie wegetacji na plon bulw, zawartość skrobi, azotanów i suchej masy w bulwach oraz wymagań nawozowych.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2010–2012 w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Oddział w Jadwisinie w ścisłych doświadczeniach polowych i laboratoryjnych analizowano reakcję trzech średnio wczesnych jadalnych odmian ziemniaka na nawożenie azotem. Doświadczenia 2-czynnikowe zakładano metodą losowanych bloków w 3 powtórzeniach. Czynnikiem pierwszego rzędu były zróżnicowane dawki azotu (0, 50, 100, 150 i 200 kg N·ha⁻¹), a drugiego rzędu odmiany (Ametyst, Jutrzenka, Tetyda).

Badania przeprowadzono na glebie lekkiej, o składzie mechanicznym piasku gliniastego lekkiego. Gleba w poszczególnych latach badań wykazywała kwaśny odczyn, wysoką zasobność w przyswajalny fosfor oraz średnią w potas i średnią do wysokiej magnezu (tab. 1).

Warunki pogodowe w okresie wegetacji oceniono na podstawie odchyień od średnich z wielolecia opadów i temperatury powietrza (tab. 2). Z danych tych wynika, że rok 2010 był bardzo wilgotny w początkowym okresie wzrostu roślin ziemniaka, czerwiec był suchy, a kolejne miesiące wegetacji tego roku z opadami powyżej średniej z wielolecia. Ponadto w miesiącach lipiec i sierpień było ciepło (temperatura powietrza utrzymywała się powyżej średniej z wielolecia). Najbardziej zmienny pod względem opadów był rok 2011. W początkowym okresie wzrostu i rozwoju roślin ziemniaka było sucho i umiarkowanie

ciepło (maj, czerwiec), w okresie kumulacji plonu bulw wystąpiły obfite opady deszczu i było zimno (lipiec), a następnie do końca wegetacji roślin ziemniaka utrzymywał się okres posuchy (sierpień, wrzesień). Natomiast w roku 2012 we wszystkich głównych miesiącach wzrostu i rozwoju roślin ziemniaka oraz w okresie kumulacji plonu bulw (czerwiec, lipiec, sierpień) zanotowano dostateczną ilość opadów (powyżej średniej z wielolecia) oraz było umiarkowanie chłodno (temperatury powietrza poniżej średniej z wielolecia).

Tabela 1

Zawartość przyswajalnych form P, K, Mg oraz pH gleby w latach 2010–2012
Soil pH and contents of available forms of P, K and Mg in the years 2010–2012

Rok Year	pH w KCl pH in KCl	Zawartość w glebie Content in the soil		
		P	K	Mg
2010	5,0	7,4	12,0	4,2
2011	5,1	6,6	9,8	3,3
2012	5,4	8,5	10,7	7,1

Tabela 2

Opady i temperatury okresów wegetacji w latach 2010–2012
Rainfalls and temperatures in the vegetation periods in years 2010–2012

Rok Year	Odchylenie od średniej wieloletniej Deviations from long term average									
	opady i miesiąc rainfalls and month					temperatura powietrza i miesiąc temperature and month				
	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
2010	+110,8	-12,0	+22,7	+46,3	+21,3	-1,2	0,0	+1,5	+0,4	-2,0
2011	-22,9	-30,2	+200,1	-1,9	-30,5	-0,4	+1,0	-1,5	-2,4	+0,6
2012	-2,6	+20,6	+13,2	+27,2	-21,1	+0,3	-0,9	-3,2	-0,3	-0,3

Nawożenie organiczne stanowiła przyorywana po żniwach słoma pszenna oraz jesienią zielona masa poplonu ścierniskowego z gorczycy białej. Nawożenie mineralne fosforem i potasem stosowano w oparciu o zasobność gleby w przyswajalne formy tych składników. Z uwagi na wysoką zasobność gleby w fosfor oraz średnią w potas, każdego roku jesienią przed wykonaniem orki przedzimowej stosowano 17,5 kg·ha⁻¹ P i 108 kg·ha⁻¹ K. Nawożenie mineralne azotem stosowano wiosną bezpośrednio przed sadzeniem bulw (na obiektach z dawkami 50 i 100 kg·ha⁻¹ N) oraz uzupełniającą ilość (na obiektach z dawkami 150 i 200 kg·ha⁻¹ N) bezpośrednio przed wschodami roślin ziemniaka, przed ostatnim obredlaniem.

Chwasty niszczone mechanicznie (2-krotnie obsypnik z łańcuchami) i chemicznie, z wykorzystaniem herbicydów: Afalon 450SC i Titus 23WG. Zabiegi przeciwko stoncy i zarazie ziemniaka przeprowadzano wg zalecanych zasad agrotechniki.

Ziemniaki sadzono ręcznie w III dekadzie kwietnia w rozstawie 75×33 cm, a zbierano w III dekadzie września. Liczba roślin na poletku do zbioru wynosiła 30. Podczas zbioru określono masę plonu bulw z każdego poletka oraz pobierano 5-kilogramowe próby w celu oznaczenia zawartości skrobi, azotanów, suchej masy i azotu ogólnego w suchej masie bulw. Z zależności pomiędzy wielkością plonu bulw a dawką azotu określono

zapotrzebowanie odmian na azot. Na podstawie parametrów funkcji kwadratowej: $Y = a + bX + cX^2$, gdzie: Y = plon bulw; X = dawka azotu; a = plon przy dawce $0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$; b = przyrost plonu na 1 kg dawki N ; c = współczynnik zmniejszającego się przyrostu plonu, wyznaczono wielkość maksymalnej dawki azotu: $X_{\max} = -b/2c$. Następnie wyliczono plon bulw dla maksymalnej dawki azotu: $Y_{\max} = (a - b^2/4c)$ oraz efektywność agronomiczną maksymalnej dawki azotu: $E_A = (Y_N - Y_0)/N$, gdzie: Y_N = plon bulw przy maksymalnej dawce azotu; Y_0 = plon bulw na obiekcie bez azotu; N = dawka azotu (Mercik, 2002). Określenie wymagań względem dawki azotu mineralnego dla badanych odmian przeprowadzono przy zastosowaniu ustalonego na podstawie wieloletnich badań podziału odmian ziemniaka na 3 grupy: o małych (poniżej 145), średnich (145–177) i dużych wymaganiach (powyżej $177 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$) (Wierzejska-Bujakowska, 1994, 1996 a; Trawczyński, 2004).

Zawartość skrobi oznaczono metodą hydrostatyczną na podstawie pomiaru gęstości bulw ważonych w powietrzu i pod wodą, posługując się wagą elektroniczną. Analizę zawartości azotanów (NO_3^-) wykonywano reflektometrycznie przy użyciu urządzenia RQ Flex Merck według metodyki Merck. Suchą masę oznaczono metodą suszarkową, poprzez suszenie zmielonych próbek w temperaturze 60°C , a następnie dosuszanie w temperaturze 105°C .

Wyniki doświadczeń opracowano posługując się analizą wariancji i regresji przy wykorzystaniu programu statystycznego SAS Enterprise Guide. Analizę porównania średnich przeprowadzono z wykorzystaniem testu zakresu studentyzowanego Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wielkość plonu bulw odmian była istotnie zależna od zastosowanej dawki azotu (tab. 3). Średnio dla odmian, przyrost plonu notowano do dawki $150 \text{ kg} \text{ N} \cdot \text{ha}^{-1}$, ale dla odmiany Ametyst wielkość plonu bulw utrzymywała się na tym samym poziomie w zakresie dawek od 100 do $200 \text{ kg} \text{ N} \cdot \text{ha}^{-1}$. U odmiany Jutrzenka jeszcze po zastosowaniu dawki $150 \text{ kg} \text{ N} \cdot \text{ha}^{-1}$ zanotowano istotny przyrost plonu w stosunku do dawki $100 \text{ kg} \text{ N} \cdot \text{ha}^{-1}$, a pod wpływem dawki $200 \text{ kg} \text{ N} \cdot \text{ha}^{-1}$ istotny jego spadek. W odniesieniu do odmiany Tetyda istotny przyrost plonu stwierdzono tylko do dawki $100 \text{ kg} \text{ N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Przeprowadzona analiza regresji wykazała, że poziom plonu bulw w stosunku do wzrastających dawek azotu kształtował się według krzywej parabolicznej i wskazywał na zróżnicowanie odmian pod względem wymagań odnośnie azotu mineralnego. Na podstawie reakcji roślin ziemniaka wyrażonej plonem bulw na wzrastające dawki azotu stwierdzono, że maksymalna dawka azotu wynosiła $130 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ dla odmiany Tetyda, natomiast dla odmian: Ametyst i Jutrzenka odpowiednio 154 i $155 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. 4). W oparciu o ustalony podział pod względem zapotrzebowania na azot mineralny (Trawczyński, 2004), odmiana Tetyda zaliczała się do grupy o małych wymaganiach, natomiast odmiany Ametyst i Jutrzenka do grupy o średnich wymaganiach (tab. 4).

Tabela 3

Wpływ poziomu nawożenia azotem na plon bulw ($t \cdot ha^{-1}$) (2010–2012)
The influence of nitrogen doses on the yield of tubers ($t \cdot ha^{-1}$) (2010–2012)

Odmiana Cultivar	Dawka N kg·ha ⁻¹ Dose of N kg·ha ⁻¹					Średnio Mean
	0	50	100	150	200	
Ametyst	42,4	54,9	62,1	62,4	62,5	56,9
Jutrzenka	37,8	51,0	55,4	60,8	57,7	52,5
Tetyda	42,6	55,3	62,1	61,2	56,4	55,5
Średnia Mean	40,9	53,7	59,9	61,5	58,9	
NIR _{0,05}	3,0					2,0
LSD _{0,05}						
Lata badań Years of investigation						
	2010		2011		2012	
Ametyst	50,4		47,0		73,2	
Jutrzenka	47,1		41,5		69,0	
Tetyda	53,7		39,0		73,9	
Średnia Mean	50,4		42,5		72,0	
NIR _{0,05}	2,0					
LSD _{0,05}						

Tabela 4

**Parametry równań określające wielkość i efektywność maksymalnej dawki azotu, plon oraz
wymagania nawozowe odmian (lata 2010–2012)**
**Equations parameters determining size and efficiency of maximum nitrogen dose, yield and
fertilization requirements for cultivars (years 2010–2012)**

Odmiana Cultivar	Parametry równań Equations parameters			Wielkość maksymalnej dawki N ($kg \cdot ha^{-1}$) Maximum N dose ($kg \cdot ha^{-1}$)	Plon bulw ($t \cdot ha^{-1}$) Yield of tubers ($t \cdot ha^{-1}$)	Efektywność agronomiczna (kg bulw na 1 kg N) Agronomical efficiency (kg tubers per 1 kg N)	Wymagania nawozowe Fertilization requirements
	a	b	c				
Ametyst	42,8	0,2764	-0,0009	154	64,0	138	średnie* medium
Jutrzenka	38,1	0,2789	-0,0009	155	59,7	139	średnie* medium
Tetyda	42,7	0,3115	-0,0012	130	62,9	156	małe** low

*-, **-

Właściwe nawożenie należy opierać na dawkach zalecanych, które są mniejsze o około 20–40 $kg N \cdot ha^{-1}$ niż dawki maksymalne (Trawczyński, 2004). Zastosowanie odpowiedniej dawki azotu pozwala uzyskać wysoką efektywność nawożenia. Przy maksymalnej dawce azotu uzyskano 138 i 139 kg bulw na 1 kg zastosowanego azotu dla odmian Ametyst i Jutrzenka oraz 156 kg bulw na 1 kg tego składnika u odmiany Tetyda (tab. 4).

Zróźnicowana reakcja badanych odmian w plonowaniu bulw na zastosowane nawożenie mineralne azotem jest potwierdzeniem wcześniejszych doniesień (Jabłoński,

2002, 2004 a, 2004 b, 2006; Trawczyński 2004, 2007; Trawczyński, Wierzbicka, 2011; Wierzbicka, Lis 2002; Wierzbicka, 2006).

Istotne zróżnicowanie plonu bulw uzyskano we wszystkich latach badań. Najbardziej sprzyjający plonowaniu bulw był trzeci rok badań, w którym w miesiącach kumulacji plonu bulw (czerwiec, lipiec, sierpień) nie stwierdzono braku wody (zanotowano opady powyżej średniej z wielolecia). Istotnie najmniejszy plon bulw uzyskano w roku 2011, w którym okres posuchy w czasie wegetacji przeplatał się z wysokimi opadami. Ocena komponentów wariacyjnych wykazała, że czynnikowi związanemu z warunkami pogodowymi okresu wegetacji przypisać można 81,5% zmienności całkowitej plonu bulw, czynnikowi nawozowemu 14,6%, a genetycznemu tylko 1,6% (tab. 8). Podobnie wysoki udział warunków wegetacji w kumulacji plonu bulw oraz najniższy w odniesieniu do cech genetycznych odmian stwierdziła Sawicka i in. (2011).

Poziom nawożenia azotem i układ warunków wodno-termicznych w okresie wegetacji roślin miały również istotny wpływ na zawartość skrobi, azotanów i suchej masy w bulwach (tab. 5, 6, 7). Przyrost zawartości skrobi w bulwach analizowanych odmian ziemniaka zaznaczył się do dawki 100 kg N·ha⁻¹, a istotnie największą zawartość tego składnika w bulwach odnotowano u odmiany Ametyst. Dawki azotu: 150 i 200 kg N·ha⁻¹ wywierały ujemny wpływ na zawartość skrobi w bulwach (tab. 5).

Tabela 5

Wpływ poziomu nawożenia azotem na procentową zawartość skrobi w bulwach (2010–2012)
The influence of nitrogen doses on starch content (%) in tubers (2010–2012)

Odmiana Cultivar	Dawka N kg·ha ⁻¹ Dose of N kg·ha ⁻¹					Średnia Mean
	0	50	100	150	200	
Ametyst	14,0	14,3	14,8	14,5	14,5	14,4
Jutrzenka	13,7	13,9	14,0	13,7	13,6	13,8
Tetyda	11,4	11,9	12,1	11,7	11,4	11,7
Średnia Mean	13,0	13,4	13,6	13,3	13,2	
NIR _{0,05}	0,3					0,2
LSD _{0,05}						
Lata badań Years of investigation						
	2010		2011		2012	
Ametyst	12,0		15,4		15,9	
Jutrzenka	12,4		14,2		14,7	
Tetyda	10,8		11,4		12,9	
Średnia Mean	11,7		13,6		14,5	
NIR _{0,05}	0,2					
LSD _{0,05}						

Niższą zawartość skrobi w bulwach stwierdzono w latach o zmiennym przebiegu warunków pogodowych, szczególnie nierównomiernym rozkładzie opadów deszczu w okresie wegetacji (lata 2010 i 2011), niż w roku 2012, w którym opady w okresie wzrostu i rozwoju roślin (czerwiec, lipiec, sierpień) były wystarczające, utrzymywały się powyżej średniej z wielolecia.

Tabela 6

Wpływ poziomu nawożenia azotem na zawartość azotanów ($\text{mg NO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ św. m.) w bulwach (2010–2012)

The influence of nitrogen doses on the content of nitrates ($\text{mg NO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ fr. w.) in tubers. (2010–2012)

Odmiana Cultivar	Dawka N kg·ha ⁻¹ Dose of N kg·ha ⁻¹					Średnio Mean
	0	50	100	150	200	
Ametyst	11	14	17	19	20	16
Jutrzenka	22	26	40	51	64	40
Tetyda	36	47	58	65	100	61
Średnia Mean	23	29	38	45	61	
NIR _{0,05}	8					5
LSD _{0,05}						
Lata badań Years of investigation						
	2010		2011		2012	
Ametyst	18		6		26	
Jutrzenka	61		17		43	
Tetyda	58		24		101	
Średnia Mean	46		16		56	
NIR _{0,05}						
LSD _{0,05}	5					

Tabela 7

Wpływ poziomu nawożenia azotem na procentową zawartość suchej masy w bulwach (2010–2012)

The influence of nitrogen doses on content of dry matter (%) in tubers (2010–2012)

Odmiana Cultivar	Dawka N kg·ha ⁻¹ Dose of N kg·ha ⁻¹					Średnio Mean
	0	50	100	150	200	
Ametyst	21,9	22,0	23,0	22,7	23,0	22,5
Jutrzenka	21,5	22,2	22,9	21,7	21,4	21,9
Tetyda	20,3	19,8	20,1	19,7	19,9	20,0
Średnia Mean	21,2	21,3	22,0	21,4	21,4	
NIR _{0,05}	0,4					0,3
LSD _{0,05}						
Lata badań Years of investigation						
	2010		2011		2012	
Ametyst	19,1		23,7		24,8	
Jutrzenka	20,4		21,8		23,6	
Tetyda	18,5		19,9		21,5	
Średnia Mean	19,3		21,8		23,3	
NIR _{0,05}	0,3					
LSD _{0,05}						

Dotychczas przeprowadzone badania na różnych glebach potwierdzają niekorzystne oddziaływanie na zawartość skrobi w bulwach ziemniaka dużych dawek azotu oraz niesprzyjających warunków pogody objawiających się wysokimi opadami deszczu lub

okresową suszą, czy wysoką temperaturą powietrza w okresie wegetacji roślin (Roztropowicz, 1989; Wierzejska-Bujakowska, 1996 b; Jabłoński, 2002, 2004 a; Dmowski i in., 2004; Trawczyński, 2007). W badaniach zawartość skrobi w bulwach była związana głównie z czynnikiem środowiskowym (układem warunków pogodowych w okresie wegetacji) — 47,1% i genetycznym (różnice odmianowe) — 46,1%, a w niewielkim stopniu zależała od nawożenia azotem (tab. 8).

Tabela 8

Wyniki analizy wariancji dla plonu oraz zawartości skrobi, azotanów i suchej masy w bulwach (lata 2010–2012)

Results of variance analysis for values of yield and contents of starch, nitrates and dry matter in tubers (years 2010–2012)

Badane parametry Tested parameters	Istotność wpływu Significance of the influence						Udział w wariancji całkowitej (%) Share in total variance (%)					
	1	2	3	1×2	1×3	2×3	1	2	3	1×2	1×3	2×3
Plon Yield	xx	xx	x	-	-	-	81,5	14,6	1,6	0,7	1,1	0,5
Skrobia Starch	xx	-	xx	x	x	-	47,1	0,5	46,1	1,7	4,1	0,5
Azotany Nitrates	xx	xx	xx	x	xx	x	35,0	10,4	39,4	3,8	9,6	1,8
Sucha masa* Dry matter *	xx	-	xx	x	x	-	63,6	0,8	28,7	1,4	4,6	0,8

1 — Lata; Years

2 — Dawki azotu; Doses of N

3 — Odmiany; Cultivars

Istotny przy $p = 0,05$ — x; $p = 0,01$ — xx

Significant at $p = 0.05$ — x; $p = 0.01$ — xx

Bulwy badanych odmian cechowały się niską skłonnością do kumulowania azotanów, ich zawartość niezależnie od wielkości zastosowanej dawki azotu wynosiła od 16 mg w bulwach odmiany Ametyst do 61 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy bulw u odmiany Tetyda. Nawożenie azotem jest głównym czynnikiem wpływającym na gromadzenie azotanów w bulwach stąd wraz z podwyższaniem dawki azotu do 200 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ wzrastała istotnie ich zawartość w bulwach u wszystkich odmian (tab. 6). Największym przyrostem azotanów w bulwach nawożonych najwyższą dawką azotu, tj. 200 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ cechowała się odmiana Tetyda, u której wzrost wyniósł 64 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, zaś najmniejszym odmiana Ametyst, u której zawartość zwiększyła się tylko o 9 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy bulw. Niska zawartość azotanów w bulwach wynikała przede wszystkim z przebiegu warunków pogodowych w okresie wegetacji roślin. Lata z nadmiernymi okresowymi opadami (2010 i 2011) przyczyniły się prawdopodobnie do częściowego wymycia azotu z zastosowanego nawozu mineralnego i mniejszego jego pobrania przez rośliny ziemniaka, niż w roku o umiarkowanych opadach z równomiernym rozkładem (2012), co potwierdzili różni badacze (Reda, Łojkowska, 1993; Lis, 1996; Wierzbicka, Trawczyński, 2011; Trawczyński, Wierzbicka, 2012). Analiza komponentów wariancyjnych wykazała, że czynnikiem związanym z warunkami pogody (opady i temperatura powietrza) i cechami genetycznymi odmiany przypisać

można ponad 30%, a czynnikowi nawozowemu (dawki azotu) około 10% udziału w zmienności całkowitej poziomu azotanów w bulwach (tab. 8).

Podobnie jak zawartość skrobi i azotanów, istotnie determinowana szczególnie warunkami pogodowymi w okresie wegetacji oraz cechami genetycznymi odmian była zawartość suchej masy w bulwach. Czynnikiem lat badań determinował w ponad 60% zawartość suchej masy w bulwach, a odmianowy wynosił około 30%, natomiast najslabszy wpływ miało nawożenie azotem, które stanowiło tylko 0,8% udziału wariancji w zmienności całkowitej (tab. 8). Zawartość suchej masy w bulwach zbieżna była z zawartością skrobi w odniesieniu do badanych czynników. Przyrost zawartości suchej masy wykazano do dawki $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Po zastosowaniu wyższych dawek azotu stwierdzono istotne obniżenie zawartości suchej masy. W roku 2012, najbardziej sprzyjającym kumulacji plonu uzyskano też największą zawartość suchej masy, istotnie mniejszą w 2011 roku, a istotnie najmniejszą w 2010 roku. Bulwy odmiany Ametyst charakteryzowały się istotnie największą zawartością suchej masy, a odmiany Tetyda istotnie najmniejszym poziomem tego składnika (tab. 7).

Wielu badaczy podkreśla, że zawartość suchej masy w największym stopniu uwarunkowana jest czynnikiem genetycznym, ale podlega też dużej zmienności pod wpływem warunków meteorologicznych. Wzrost zawartości suchej masy następuje szczególnie w miarę zwiększania dni słonecznych i temperatury powietrza w miesiącach lipiec — sierpień (Simmonds, 1977; Silva, Andrew, 1987; Roztropowicz, 1989; Sawicka, 1991; Leszczyński, 1994; Holden i in., 2003).

WNIOSKI

1. Odmiany Ametyst i Jutrzenka charakteryzowały się średnimi, natomiast odmiana Tetyda małymi wymaganiami w stosunku do nawożenia mineralnego azotem.
2. Poziom skrobi oraz suchej masy w bulwach wzrastał do dawki $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, natomiast przyrost azotanów w bulwach stwierdzono do dawki $200 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$.
3. Zawartość skrobi i suchej masy najwyższa była w bulwach odmiany Ametyst, zaś azotanów w bulwach odmiany Tetyda.
4. Największy wpływ na wielkość uzyskanego plonu bulw oraz zawartość suchej masy w bulwach miał układ warunków pogodowych w okresie wegetacji, gromadzenie azotanów w bulwach kształtowały głównie cechy genetyczne, natomiast zawartość skrobi determinowały zarówno przebieg warunków pogodowych, jak i cechy genetyczne odmian.

LITERATURA

- Chotkowski J. 1997. Produkcja ziemniaków. Technologia. Ekonomika. Marketing. Wyd. IHAR Oddział Bonin: 352 ss.
- Dmowski Z., Nowak L., Chmura K. 2004. Reakcja odmian ziemniaka o różnej długości wegetacji na zróżnicowane warunki wodno-nawozowe. Biul. IHAR 232: 141 — 148.
- Holden N. W. M., Brereton A. J., Sweeney J., Fealy R. 2003. The predicted change in Irish climate and its impact on barley and potato yields. Agric. For. Meteorol. 116: 181 — 196.

- Jabłoński K. 2002. Wpływ poziomu nawożenia azotowego nowych odmian ziemniaków jadalnych w latach 1998-2000 na plon i jego jakość oraz trwałość przechowalniczą. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 484: 211 — 217.
- Jabłoński K. 2004 a. Wpływ nawożenia azotowego na plon i jakość nowych odmian ziemniaka jadalnego uprawianych na glebach średnio żwyzłych. Biul. IHAR 232: 157 — 165.
- Jabłoński K. 2004 b. Efektywność nawożenia azotem nowych odmian ziemniaków skrobiowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 500: 253 — 262.
- Jabłoński K. 2006. Wpływ poziomu nawożenia azotem na plon i zawartość skrobi oraz na jakość nowych odmian ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 512: 193 — 200.
- Leszczyński W. 1994. Wpływ czynników działających w okresie wegetacji ziemniaka na jego jakość. Post. Nauk Rol. 41/46 (6): 55 — 68.
- Leszczyński W. 2002. Zależność jakości ziemniaka od stosowania w uprawie nawozów i pestycydów. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 489: 47 — 64.
- Lis B. 1996. Wpływ długości okresu wegetacji odmian i nawożenia azotowego na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 440: 217 — 222.
- Lisińska G. 2006. Wartość technologiczna i jakość konsumpcyjna polskich odmian ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 511: 81 — 94.
- Mercik S. 2002. Chemia rolna-podstawy teoretyczne i praktyczne. Wyd. SGGW: 237 — 245.
- Roztropowicz S. 1989. Środowiskowe, odmianowe i nawozowe źródła zmienności składu chemicznego bulw ziemniaka. *Fragm. Agron.* 6 (6): 33 — 75.
- Reda S., Łojkowska E. 1993. Wpływ nawożenia azotem na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka. Biul. Inst. Ziemn. 42: 29 — 37.
- Roztropowicz S., Wierzejska-Bujakowska A. 1993. Nitrogen fertilization of Polish potato cultivars. *Potato Res.* 4: 384.
- Sawicka B. 1991. Studia nad zmiennością wybranych cech oraz degeneracją różnych odmian ziemniaka w rejonie białkopodlaskim. Wyd. AR Lublin: 141.
- Sawicka B., Michałek W., Pszczółkowski P. 2011. Uwarunkowania potencjału plonowania średnio późnych i późnych odmian ziemniaka w warunkach środkowo-wschodniej Polski. Biul. IHAR 259: 219 — 228.
- Silva G. H., Andrew W.T. 1987. Hill to hill variations in tuber field in Alberta. *Am. Potato J.* 62 (3): 119 — 127.
- Simmonds N. W. 1977. Relations between specific gravity, dry matter content and starch content of potatoes. *Potato Research*, 20 (2): 134 — 140.
- Trawczyński C. 2004. Zależność między dawką azotu a plonem odmian ziemniaka. Biul. IHAR 232: 131 — 140.
- Trawczyński C. 2007. Reakcja kilku nowych odmian ziemniaka na nawożenie azotem. Biul. IHAR 246: 73 — 81.
- Trawczyński C. 2008. Reakcja nowych odmian ziemniaka na nawożenie azotem. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 530: 187 — 196.
- Trawczyński C. 2010. Wykorzystanie azotu z nawozów przez odmiany ziemniaka o zróżnicowanych wymaganiach w stosunku do tego składnika. Biul. IHAR 256: 133 — 140.
- Trawczyński C., Wierzbicka A. 2011. Reakcja nowych odmian ziemniaka na nawożenie azotem. Biul. IHAR 259: 193 — 201.
- Trawczyński C., Wierzbicka A. 2012. Relacje między zawartością witaminy C i azotanów w bulwach odmian ziemniaka należących do różnych grup wczesności. Biul. IHAR 266: 143 — 150.
- Wierzbicka A., Lis B. 2002. Optymalizacja nawożenia azotem wczesnych odmian ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 489: 203 — 212.
- Wierzbicka A. 2006. Zmienność wybranych cech jakości bulw wczesnych odmian ziemniaka w zależności od nawożenia azotem i terminu zbioru. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 511: 175 — 187.
- Wierzbicka A., Mazurczyk W., Wroniak J. 2008. Wpływ nawożenia azotem i terminu zbioru na plon i wybrane cechy jakości bulw wczesnych odmian ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 530: 207 — 216.

- Wierzejska-Bujakowska A. 1994. Rola odmian w dążeniu do zwiększenia efektywności nawożenia azotem. W: Makroproblemy produkcji ziemniaka w Polsce w okresie przemian organizacyjno-ekonomicznych. Sesja Naukowa PAN. Inst. Ziemn. Bonin: 48 — 51.
- Wierzejska-Bujakowska A. 1996 a. Maksymalne biologiczne dawki azotu dla 22 odmian ziemniaka i ich zmiana pod wpływem ochrony przed zarazą ziemniaka (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary). Biul. Inst. Ziem. 46: 51 — 62.
- Wierzejska-Bujakowska A. 1996 b. Wpływ ochrony ziemniaka przed zarazą (*Phytophthora infestans* (Mont) de Bary) na długość okresu wegetacji i na zawartość skrobi w bulwach modyfikowaną nawożeniem azotem. Biul. Inst. Ziem. 46: 63 — 71.

MILENA PIETRASZKO**DOMINIKA BOGUSZEWSKA-MAŃKOWSKA****WOJCIECH NOWACKI**

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB

Zakład Agronomii Ziemniaka w Jadwisinie

Rozwój bakteriozy pierścieniowej ziemniaka w bulwach odmiany Drop, zachodzący w okresie przechowywania

Development of potato ring rot in tubers of cultivar Drop during storage period

Badania przeprowadzono w latach 2007–2009 na mikroplotkach i w przechowalni doświadczalnej IHAR — PIB Oddział w Jadwisinie. Celem badań była ocena rozwoju bakteriozy pierścieniowej w bulwach potomnych ziemniaka odmiany Drop, po sześciomiesięcznym okresie przechowywania. Przed sadzeniem sadzeniaki inokulowano zawiesiną bakteryjną *Cms* o dwóch gęstościach: 10^6 jtk/ml i 10^8 jtk/ml. Bulwy potomne oceniano pod względem wystąpienia objawów bakteriozy pierścieniowej na ich przekroju oraz poddano analizie laboratoryjnej testem IF w celu stwierdzenia bezobjawowej postaci choroby. Bulwy potomne z objawami porażenia przez *Cms* stanowiły łącznie 1,9% bulw poddanych ocenie makroskopowej. Wyższy udział bulw z objawami porażenia stwierdzono w bulwach ocenianych po okresie przechowywania, pochodzących od sadzeniaków inokulowanych zawiesiną bakteryjną *Cms* o gęstości 10^8 jtk/ml. Udział prób z wykrytą obecnością komórek *Cms*, na podstawie obserwacji testu IF wzrósł po okresie przechowywania o 9%. Obserwowano różnice w nasileniu porażenia latentnego bulw badanych po zbiorze i po przechowywaniu. Silniej porażone przez *Cms* były bulwy po okresie przechowywania. Stwierdzono wyższy stopień porażenia latentnego bulw potomnych, pochodzących od sadzeniaków inokulowanych zawiesiną bakteryjną o większym zagęszczeniu komórek *Cms*, tj. 10^8 jtk/ml, zarówno w próbach badanych bezpośrednio po zbiorze jak i po okresie przechowywania.

Słowa kluczowe: bakterioza pierścieniowa ziemniaka, *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*, przechowywanie ziemniaka, test IF, monitoring *Cms*, porażenie bezobjawowe

The study was conducted on microplots and in potato storage at the Plant Breeding and Acclimatization Institute – National Research Institute, Division Jadwisin in 2007–2009. The aim of this study was to assess the development of latent form of ring rot in progeny tubers of Drop cultivar during storage period (6 months). Before planting, seed tubers were inoculated with bacterial suspension of two concentrations of *Cms* cells: 106 cfu/ml and 108 cfu/ml. The share of progeny tubers with visible symptoms was found in a 1.9% of the assessed tubers. The share of samples with *Cms* cells

detected using IF test increased after storage by 9%. Latent tuber infection rate increased after storage in comparison to results obtained directly after harvest. The highest percentage of latently infected progeny tubers was determined for samples in which potato seed tubers were inoculated with bacterial suspension of 108 cfu/ml *Cms* concentration.

Key words: bacterial ring rot, *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*, storage period, test IF, monitoring *Cms*, latent infection

WSTĘP

Bakterioza pierścieniowa ziemniaka wywoływana przez bakterie z gatunku *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* (*Cms*) jest groźną chorobą kwarantannową. Dla producentów ziemniaka wykrycie choroby oznacza drastyczne konsekwencje w postaci: strat materialnych, restrykcji prawnych i fitosanitarnych skutkujących ograniczeniami w produkcji, obrocie krajowym i eksporcie ziemniaków.

Największe znaczenie w rozprzestrzenianiu bakterii *Cms* mają porażone sadzeniaki, dlatego tak istotne jest stosowanie kwalifikowanego materiału sadzeniakowego. Inną drogą szerzenia się choroby są zainfekowane maszyny, narzędzia, worki i pomieszczenia. W celu uniknięcia porażenia i rozprzestrzeniania *Cms* należy przestrzegać zasad higieny i dezynfekcji. Bakteria infekuje w sposób systemiczny wiązkę naczyniową roślin ziemniaka utrudniając bezpośrednie chemiczne bądź biologiczne jej zwalczanie.

Dopóki nie wystąpią wyraźne objawy choroby jest ona trudna do wykrycia na plantacji i w przechowalni. Pierwsze symptomy choroby na częściach nadziemnych roślin ziemniaka pojawiają się na niżej położonych liściach, wokół łodygi bądź z jednej jej strony. Brzegi liści zwijają się do zewnątrz ku górze, bledną i więdną. Liście stają się stopniowo matowo zielone, czasem są cętkowane, w końcu brunatnieją i obumierają.

Objawy porażenia bulw bakteriozą pierścieniową są obserwowane po przekrojeniu bulwy, w postaci wąskich, szklistych do kremowo żółtych przebarwień wiązek przewodzącej. W przypadku bardziej zaawansowanej infekcji przebarwienie wiązek przewodzącej może być koloru jasnobrażowego i obejmować cały jej obwód. Po ściśnięciu bulwy, w miejscu wiązek następuje jej rozwarstwienie i wyciek kremowego, bezwonnoego soku bakteryjnego.

Objawy chorobowe, uwiadcniają się często dopiero pod koniec okresu wegetacji lub przechowywania bulw ziemniaka. Na roślinach mogą być mylone lub maskowane objawami innych chorób, takich jak: zaraza ziemniaka (*Phytophthora infestans*), więdnienie (*Verticillium albo-atrum*), lub błędnie identyfikowane jako objawy starzenia się rośliny. Natomiast na bulwach mogą być mylone z objawami mokrej zgnilizny (*Ervinia carotovora* subsp. *atroseptica*). Nasilenie objawów jest uzależnione od warunków otoczenia, stężenia bakterii wewnątrz rośliny, jak również odmiany ziemniaka (Pastuszevska, 2004).

Prawidłowa diagnostyka choroby przysparza wiele trudności powodując ograniczone możliwości zwalczania i kontrolowania rozprzestrzeniania się jej sprawcy (Przewodowski, 2012). Bakterie *Cms* trudno wykryć przede wszystkim ze względu na ich niskie tempo wzrostu. Koncentracja bakterii w bulwach i łodygach roślin ziemniaka przez długi czas jest bardzo niska, a rozwój choroby w pierwszej fazie zachodzi bezobjawowo (Dykstra, 1941;

Slack, 1987). Zanim bakterie *Cms* rozmnożą się do poziomu wywołującego makroskopowe objawy lub do poziomu wykrywalnego metodami immunologicznymi, choroba w postaci latentnej może utrzymywać się nawet przez kilka kolejnych rozmnożeń wegetatywnych roślin, stwarzając zagrożenie infekcyjne (De Boer i McNaughton, 1986; Slack, 1987; Manzer i in., 1987; De Boer i in., 1992a). Przypuszcza się, że na wielkość populacji bakterii *Cms* oraz zmienność nasilenia porażenia roślin i bulw ziemniaka mają wpływ warunki środowiskowe i odmiana (De Boer i McNaughton 1986; De Boer i in., 1992a; Nelson i in., 1992; Westra i in., 1994; Kawchuk i in., 1998; Pastuszewska i Junosza-Kisielevska, 2002, 2004).

Celem pracy była ocena rozmnażania się bakterii *Cms* w bulwach potomnych odmiany Drop, pochodzących od zainfekowanych sadzeniaków, w okresie przechowywania.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe prowadzono w latach 2007–2009 na mikropoletkach, w Oddziale Jadwisin Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy. Materiał do badań stanowiły bulwy potomne ziemniaków odmiany Drop, których sadzeniaki każdego roku inokulowano zawiesiną komórek *Cms*. Do badań wykorzystano mieszaninę mukoidalnych szczepów *Cms*. Użyto dwie gęstości zawiesiny bakteryjnej: 10^6 jtk/ml i 10^8 jtk/ml (jednostek tworzących kolonie/ml). Inokulację sadzeniaków prowadzono przy zastosowaniu skalpela. Ostrze zanurzano w zawieszynie bakteryjnej, a następnie nakłuwano bulwy 10 razy w okolicy oczek. Daną zawiesiną bakteryjną zakażano 24 sadzeniaki, które następnie wysadzano do gleby.

Rośliny ziemniaka były sadzone i zbierane w zbliżonych do optymalnych terminach agrotechnicznych. Sadzenie i zbiór ziemniaków wykonywano ręcznie. Gęstość sadzenia wynosiła 60×40cm. Stosowano chemiczną ochronę roślin przeciwko stoncy i zarazie ziemniaka. Chwasty usuwano ręcznie.

W czasie wegetacji nie obserwowano objawów chorobowych na roślinach ziemniaka.

Bezpośrednio po zbiorze wybrane losowo bulwy analizowano pod względem wystąpienia objawów chorobowych na ich przekroju, oraz poddano je serologicznemu testowi immunofluorescencji pośredniej IF w celu stwierdzenia występowania komórek bakterii *Cms*. Następnie, bulwy złożono do przechowywania w plastikowych skrzyniach o pojemności 15 kg, ustawionych jedna nad drugą. W pomieszczeniu, w którym przechowywano bulwy utrzymywano temperaturę 4–6°C i wilgotność powietrza na poziomie 85–90%. Po sześciu miesiącach przechowywania przeprowadzono ponownie badanie tej samej partii ziemniaków przeprowadzając obserwacje objawów chorobowych oraz wykonując test immunofluorescencji pośredniej IF.

Losowo wybranych 10 bulw potomnych pochodzących z jednej rośliny stanowiło jedną próbę. W jednym terminie, dla każdej z dwóch w/w zawiesin *Cms* zastosowanych do zakażenia sadzeniaków, zbadano 24 próby. Łącznie przebadano 288 prób. Postępowanie z każdą z prób było zgodne z procedurą dla testu IF, podaną w Dyrektywie Komisji 2006/56/WE z dnia 12 czerwca 2006 roku.

Z umytych bulw wycinano zdezynfekowanym skalpelem fragment tkanki przewodzącej z części przystolonowej. Wycinki bulw umieszczano w pojemniku plastikowym, zalewano buforem do maceracji PB 0,05M, pH 7,0 i wytrząsano na wytrząsarce. Roztwór wirowano, oddzielony w ten sposób supernatant odrzucano, a osad zawieszano w buforze PB 0,01M, pH 7,2.

Osad rozcieńczano dziesięcio- i stukrotnie w buforze PB 0,01M, pH 7,2. Kolejne rozcieńczenia osadu nanoszono na szkiełka wielopunktowe w ilości 20 µl na okienko, które suszono i utrwalano 95% alkoholem etylowym. Następnie stosowano kozie przeciwciała poliklonalne i koniugat króliczy firmy Loeve. Preparaty pokryte przeciwciałami inkubowano przez 30 min. w wilgotnej, ciemnej komorze. Następnie przeprowadzano dwukrotnie płukanie w buforze PBS 0,01M, pH 7,2 i suszenie. Nanoszono koniugat przeciwciał króliczych, który płukano dwukrotnie jak poprzednio. Następnie na szkiełka nanoszono 0,1M roztwór PB z glicerolem, pH 7,6 i przykrywano je szkiełkami nakrywkowymi. Test odczytywano pod mikroskopem epifluorescencyjnym Nikon Eclipse E600, przy powiększeniu 1000 razy. W preparatach z badanych prób, w przynajmniej 10 polach widzenia, poszukiwano morfologicznie typowych, jaskrawo fluoryzujących komórek *Cms* i przeliczano ich liczbę na mililitr nierozcieńczonego osadu.

Do wykonania analiz statystycznych zebranych wyników użyto 8-stopniowej skali porażenia bulw w próbie. Skalę utworzono w oparciu o liczebność komórek *Cms* w 1 ml nierozcieńczonego osadu. W skali tej, 0 oznacza brak komórek *Cms* w preparacie, a 8 najwyższą liczbę i koncentrację komórek *Cms* w 1 ml osadu (tab. 1).

Tabela 1

Skala porażenia latentnego przez *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* (*Cms*) bulw ziemniaka, na podstawie testu IF (opracowanie: Zakład Agronomii Ziemniaka IHAR-PIB w Jadwisinie)
Scale of latent tubers infection caused by *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* (*Cms*) on the basis of IF test

Stopień porażenia The degree of infection	Liczebność komórek <i>Cms</i> w 1 ml nierozcieńczonego osadu (jtk/ml) Concentration of <i>Cms</i> cells in 1 ml of pellet	Liczba komórek <i>Cms</i> obserwowanych w okienku preparatu lub polu widzenia Number of <i>Cms</i> cells observed in window of microscopic slide or field of vision
0	brak komórek <i>Cms</i> w preparacie lack of <i>Cms</i> cells	brak komórek <i>Cms</i> w okienku preparatu lack of <i>Cms</i> cells in window of microscopic slide
1	50-10 ³	1-20 w okienku preparatu — in window of a slide
2	1,4×10 ⁵	0-5 w polu widzenia — in field of vision
3	2,9×10 ³ -1,4×10 ⁵	1-5 w polu widzenia — in field of vision
4	1,4×10 ⁵ -2,9×10 ⁵	5-10 w polu widzenia — in field of vision
5	1,4×10 ⁶	50 w polu widzenia — in field of vision
6	2,9×10 ⁶	100 w polu widzenia — in field of vision
7	5,8×10 ⁶	200 w polu widzenia — in field of vision
8	1,4×10 ⁷ i więcej	500 i więcej w polu widzenia — in field of vision

Wartości wyrażone w stopniach przeliczono na ogólny stopień porażenia bezobjawowego bulw z danego obiektu, według wzoru Townsenda i Heubergera (1943): $\frac{\sum n \cdot v}{i \cdot N} \cdot 100$ i średni stopień porażenia bulw: $\frac{\sum n \cdot v}{N}$, gdzie n — liczba prób z danego obiektu w danym stopniu porażenia, v — stopień porażenia, i — najwyższy stopień skali porażenia,

N — całkowita liczba badanych prób z danego obiektu. Wyniki poddano analizie statystycznej programem SAS Enterprise Guide 4, wykonując analizę wariancji ($\alpha = 0,05$) dla trzech zmiennych tj. terminu badania bulw, poziomu zawiesiny bakteryjnej i lat badań.

WYNIKI I DYSKUSJA

W latach 2007–2009 w 2,7% prób wykryto bulwy z objawami porażenia bakteriozą pierścieniową ziemniaka. Udział bulw z jawnymi objawami choroby stanowił 1,9% wszystkich badanych bulw. Charakterystyczne przebarwienie wiązek przewodzących zaobserwowano na 5 bulwach ocenianych bezpośrednio po zbiorze, oraz 10 bulwach ocenianych po okresie przechowywania. Bardziej podatnymi okazały się bulwy potomne pochodzące od sadzeniaków inokulowanych zawiesiną bakteryjną *Cms* o gęstości 10^8 jtk/ml.

Porażenie latentne bulw wykryto łącznie w 76,7% prób badanych bezpośrednio po zbiorze i po okresie przechowywania. Na podstawie testów wykonanych metodą IF, wyższy o 9% udział prób w których wykrywano obecność komórek *Cms*, stwierdzono w przypadku prób badanych po przechowywaniu (81,2%), w porównaniu do prób badanych bezpośrednio po zbiorze (72,2%). Liczba porażonych prób pobranych z bulw potomnych pochodzących od sadzeniaków zakażonych zawiesiną bakteryjną o gęstości 10^6 jtk/ml wzrosła o 4%, natomiast pochodzących od sadzeniaków zakażonych zawiesiną bakteryjną o gęstości 10^8 jtk/ml wzrosła o ok. 14% (tab. 2).

Tabela 2

**Porażenie latentne przez *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* (*Cms*) bulw potomnych odmiany Drop – procentowy udział prób w których na podstawie testu IF stwierdzono obecność komórek *Cms*.
Lata 2007–2009**

Latent infection by *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* of potato cultivar Drop progeny tubers — percentage of infected samples (IF test). Years 2007–2009

Termin badania bulw potomnych Date of <i>Cms</i> detection in progeny tubers	Po zbiorze After harvest		Po przechowywaniu After storage	
Gęstość zawiesiny <i>Cms</i> użytej do zakażenia sadzeniaków Concentration of <i>Cms</i> suspension used to inoculate seed	106jtk/ml	108jtk/ml	106jtk/ml	108jtk/ml
Procent prób w których stwierdzono obecność <i>Cms</i> Percentage of infected samples	75,0	69,4	79,1	83,3

Obserwowano istotne różnice w nasileniu porażenia bulw w zależności od terminu badania. Silniej porażone przez *Cms* były bulwy po okresie przechowywania. Najsilniej porażone były bulwy ziemniaków przechowywanych, pochodzące od sadzeniaków zakażonych zawiesiną bakteryjną o gęstości 10^8 jtk/ml. Ogólny stopień porażenia tych bulw osiągnął poziom 54,9%, średni stopień porażenia — 4,39. Najsłabsze porażenie odnotowano w bulwach badanych bezpośrednio po zbiorze, pochodzących od sadzeniaków zakażonych zawiesiną bakteryjną o gęstości 10^6 jtk/ml. Ogólny stopień porażenia bulw w tym przypadku wyniósł 37%, a średni stopień porażenia — 2,96.

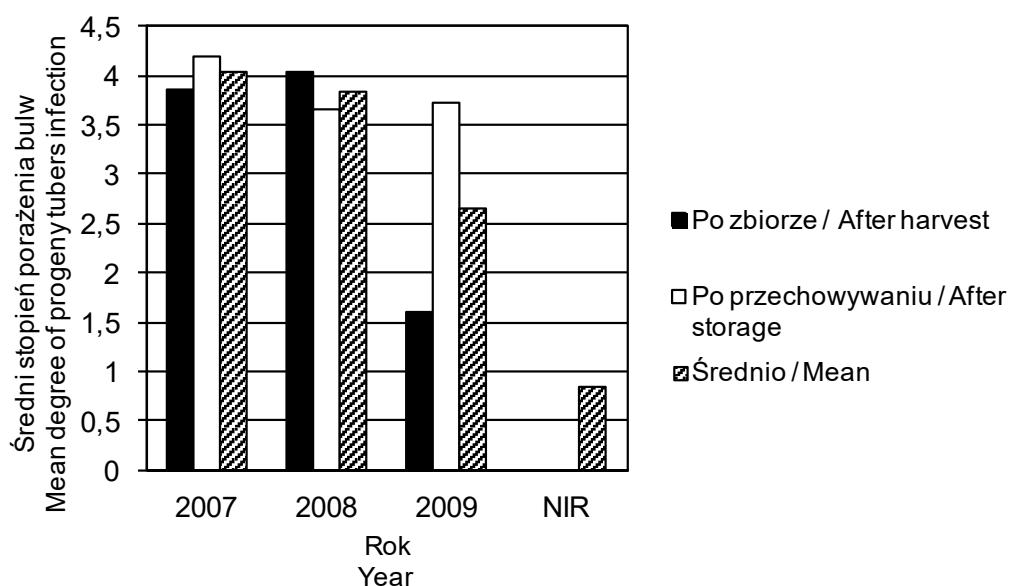
Stwierdzono istotne zróżnicowanie stopnia porażenia bulw potomnych w zależności od koncentracji komórek bakterii *Cms* w zawieszynie bakteryjnej, zastosowanej do zakażenia

sadzeniaków. Średni stopień porażenia bulw dla gęstości zawiesiny bakteryjnej równej 10^6 jtk/ml wynosił 3,14, zaś dla zawiesiny o liczebności komórek *Cms* 10^8 jtk/ml — 3,90 (NIR = 0,59). Porażenie przez bakterie *Cms* bulw potomnych zebranych z roślin wyrastających z sadzeniaków zakażanych zawiesiną bakteryjną o gęstości 10^8 jtk/ml było wyższe zarówno w przypadku oceny przeprowadzonej po zbiorze jak i po przechowywaniu (tab. 3).

Tabela 3

Stopień porażenia przez *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* (*Cms*) bulw potomnych odmiany Drop, na podstawie wyników testu IF, w latach 2007–2009
Infection of potato cultivar Drop progeny tubers by *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* on the basis of IF test, in the years 2007–2009

Termin badania bulw potomnych Date of <i>Cms</i> detection in progeny tubers	Po zbiorze After harvest		Po przechowywaniu After storage	
Gęstość zawiesiny <i>Cms</i> użytej do zakażenia sadzeniaków Concentration of <i>Cms</i> suspension used to inoculate seed	10^6 jtk/ml 10^6 cfu/ml	10^8 jtk/ml 10^8 cfu/ml	10^6 jtk/ml 10^6 cfu/ml	10^8 jtk/ml 10^8 cfu/ml
Ogólny stopień porażenia bulw (%) General degree of tubers infection (%)	37,0	42,5	41,5	54,9
Średni stopień porażenia bulw Mean degree of progeny tubers infection	2,96	3,40	3,32	4,39
NIR $p=0,05$ — LSD $p=0,05$	3,18		3,85	
			0,59	



Rys. 1. Porażenie latentne przez *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* bulw potomnych w zależności od terminu i roku badań, na podstawie testu IF

Fig. 1. Latent infection of potato progeny tubers by *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* depending on the date and year of research, on the basis of IF test

Średni stopień porażenia bulw w roku 2009 był najniższy. Jednocześnie, wzrost nasilenia porażenia *Cms* po okresie przechowywania bulw był w tym roku największy. W

roku 2008 odnotowano wyższe porażenie bulw w próbach badanych bezpośrednio po zbiorze. W latach 2007 i 2009 wyższe porażenie przez *Cms* wykazywały bulwy ziemniaków przechowywanych (rys. 1).

Uzyskane wyniki potwierdzają wcześniejsze badania Boguszewskiej i Brzozowskiego (2007). Wykazali oni znaczny wzrost liczby wykryć porażenia latentnego bakteriozą pierścieniową bulw ziemniaka po sześciu miesiącach przechowywania. Udowodnili także, zależność poziomu porażenia bulw potomnych od koncentracji zawiesiny bakterii *Cms* użytej do zakażenia sadzeniaków. Uzyskali wyższy poziom porażenia bulw potomnych pochodzących od sadzeniaków zakażanych zawiesiną o największej liczebności komórek *Cms* — 10^8 jtk/ml. Kawchuk i inni (1998) prowadząc 11-letnie obserwacje dotyczące rozwoju bakteriozy pierścieniowej na roślinach ziemniaka, zwrócili uwagę, że liczebność komórek *Cms* w tkance, jest czynnikiem decydującym o poziomie porażenia i wystąpieniu objawów choroby. Podobne wyniki uzyskali wcześniej De Boer i in. (1992 b) oraz Westra i Slack (1994).

W pracy, mimo zastosowania wysokich poziomów koncentracji *Cms* w zawieszynie służącej do zakażenia sadzeniaków wykazano zaledwie 1,9% udział bulw potomnych z wyraźnymi objawami porażenia. Pastuszewska (2002, 2004) sztucznie zakażając *Cms* sadzeniaki tej samej odmiany Drop, stwierdziła blisko 50% (2002) i ponad 21% (2004) udział bulw potomnych z widocznymi objawami porażenia, oceniany po zbiorze. Być może na zaistniałe różnice miały wpływ warunki meteorologiczne.

Zaobserwowany w badaniach własnych wzrost populacji komórek *Cms* w bulwach potomnych ziemniaka odmiany Drop w miarę upływu czasu, można spróbować odnieść do wyników badań Pastuszewskiej (2008). W swoich badaniach odnotowała znaczny wzrost liczby komórek *Cms* w bulwach potomnych, następujący w kolejnych sześciu rozmnożeniach wegetatywnych roślin ziemniaka. Wyniki te potwierdzają możliwość bezobjawowego zasiedlania bulw przez żywe bakterie *Cms* przez wiele lat, stanowiąc źródło porażenia (Manzer i in., 1987).

Wysoki udział w plonie bulw porażonych latentnie jest zjawiskiem często notowanym w literaturze (Golenia i Pajewska 1978; De Boer i McCann 1990; Kawchuk i in., 1998; Pastuszewska i Junosza-Kisieleska 2002, 2004; Pastuszewska i in., 2004, 2008, 2010). W przedstawionej pracy również odnotowano wysoki udział prób z wykrytą za pomocą testu IF obecnością komórek *Cms*, równy 76,7%. Porażenie bezobjawowe bulw wynikające z niskiej koncentracji komórek *Cms* w tkance, mogące utrzymywać się przez kilka rozmnożeń wegetatywnych roślin jest główną przyczyną rozprzestrzeniania się choroby i jednocześnie głównym problemem w jej zwalczaniu.

Namnażanie się komórek *Cms* w tkance ziemniaka po okresie przechowywania wydaje się być istotne dla systemu prowadzenia kontroli fitosanitarnej. Wiadomo, że istnieje problem z identyfikacją niskiej koncentracji komórek *Cms* w bulwach nawet najbardziej zaawansowanymi metodami molekularnymi. Stąd możliwe jest występowanie rozbieżności w wynikach rutynowych kontroli prowadzonych przez służby fitosanitarne, w zależności od czasu jej przeprowadzenia. Skrajnie niska, niewykrywalna stosowanymi obecnie metodami liczebność komórek bakterii *Cms* w bulwach występująca po zbiorze, i jej wzrost w okresie przechowywania, może być przyczyną otrzymywania dwóch różnych

wyników kontroli tej samej partii ziemniaków. W celu skutecznego zwalczania występowania bakteriozy pierścieniowej w kraju, warto by zwrócić jeszcze większą uwagę na fakt, iż to sadzeniaki są główną przyczyną jej rozprzestrzeniania (Dykstra 1941) oraz na zwiększone prawdopodobieństwo wykrycia bakterii *Cms* po okresie przechowywania bulw.

WNIOSKI

1. Objawy porażenia przez *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* wystąpiły zaledwie na 1,9% badanych bulw. Liczba bulw z objawami wzrosła po okresie przechowywania i była wyższa dla bulw pochodzących od sadzeniaków zakażanych zawiesiną bakteryjną o koncentracji *Cms* równej 10^8 jtk/ml.
2. Po okresie przechowywania bulw ziemniaka odmiany Drop wzrosła liczba prób w których na podstawie testu IF stwierdzono obecność komórek *Cms* oraz zwiększył się stopień porażenia latentnego bulw przez *Cms*.
3. Większa liczebność komórek *Cms* w zawieszynie bakteryjnej zastosowanej do inokulowania sadzeniaków powodowała zwiększenie liczby prób, w których stwierdzono występowanie *Cms* oraz wzrost stopnia porażenia latentnego bulw przez *Cms*.
4. Niższa koncentracja bakterii *Cms* w bulwach stwierdzona po zbiorze i jej wzrost w okresie przechowywania, może być przyczyną otrzymywania rozbieżnych wyników kontroli tej samej partii ziemniaków, zależnie od jesiennego czy wiosennego terminu jej badania.

LITERATURA

- Boguszewska D., Brzozowski S. 2007. Identification of *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* in potato tubers during storage period using PCR method. Polish J. Environ. Stud. Vol. 16, No 3A: 32 — 37.
- De Boer S. H., Van Vaerenbergh J., Stead D. E., Janse J. D., Mc Kenzie A. R. 1992 a. A comparative study in five laboratories on detection of *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* in potato stems and tubers. Potato Research 35: 217 — 226.
- De Boer S. H., Janse J. D., Stead D. E., Van Vaerenbergh J., Mc Kenzie A.R. 1992 b. Detection of *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* in potato stems and tubers grown from seed pieces with various levels of inoculums. Potato Research 35: 202 — 216.
- De Boer S. H., Mc Cann M. 1990. Detection of *Corynebacterium sepedonicum* in potato cultivars with different propensities to express ring rot symptoms. Am. Potato J., 57: 685 — 694.
- De Boer S. H., McNaughton M. E., 1986. Evaluation of immunofluorescence with monoclonal antibodies for detecting latent bacterial ring rot infection. Am. Potato J. 63: 533 — 542.
- Dykstra T.P. 1941. Result of experiments in control of bacterial ring rot of potatoes in 1940. Am. Potato J. 18: 17, 27 — 55.
- Dyrektywa Komisji 2006/56/WE z dnia 12 czerwca 2006 r. zmieniająca załączniki do dyrektywy Rady 93/85/EWG w sprawie zwalczania bakteriozy pierścieniowej ziemniaka. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L.182/ PL/1 — 43.
- Golenia A., Pajewska M. 1978. Badania nad rozprzestrzenianiem bakteriozy pierścieniowej ziemniaka (*Corynebacterium sepedonicum* (Spieck. et Koth.) skapt. (et Burkh.)) z sadzeniaków na rośliny i bulwy potomne oraz z roślin porażonych na zdrowe na polu. Roczniki Nauk Rolniczych. Seria E, T. 7, Z. 2: 37 — 47.

- Kawchuk L. M., Lynch D. R., Kozub G.A., Nelson G. A., Kulcsar F., Fujimoto D. K. 1998. Multi-year evaluation of *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* disease symptoms in cultivated potato genotypes. *Am. J. Potato Res.*, 75: 235 — 243.
- Manzer F. E., Gudmestad N. C., Nelson G. A. 1987. Factors affecting infection disease development and symptom expression of bacterial ring rot. *Am. Potato J.*, 64: 641 — 676.
- Nelson G. A., Lynch D. R., Kozub G. C. 1992. Ring rot symptom development on potato cultivars and lines in southern Alberta. *Potato Research* 35: 133 — 142.
- 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 bakteriami *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 44 (2): 1014 — 1016.
- Pastuszewska T., Junosza Kisielewska I., Grzech W., Brzozowski S. 2004. Rozwój bakteriozy pierścieniowej ziemniaka w rozmnożeniach wegetatywnych roślin. *Biul. IHAR* 233: 277 — 287.
- 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., Gryń G., Franke K. 2010. Podatność wybranych odmian ziemniaka na porażenie przez *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 50 (1): 245 — 248.
- Przewodowski W. 2012. Wykrywanie zróżnicowanych mukoidalnie szczepów bakterii *Clavibacter michiganensis* ssp. *sepedonicus* w odniesieniu do testów przesiewowych zalecanych przez EPPO. *Mat. Konf. Nasienictwo i Ochrona Ziemniaka, Darłówko 24–25 maja 2012*: 18 — 19.
- Slack S. A. 1987. Biology and ecology of *Corynebacterium sepedonicum*. *Am. Potato J.* 64:665 — 669.
- Townsend G., Heuberger J. 1943. Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *Pl. Dis. Rep.* 27: 340–343.
- Westra A. A. G., Slack S. A. 1994. Effect of interaction of inoculums dose, cultivar, and geographic location on the magnitude of bacterial ring rot symptom expression in potato. *Phytopathology* 84 (3): 228 — 235.

ANNA PŁAZA**BARBARA GĄSIOROWSKA****ARTUR MAKAREWICZ****MILENA ANNA KRÓLIKOWSKA**

Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin

Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach

Rola wsiewek międzyplonowych w systemie integrowanej i ekologicznej produkcji ziemniaka jadalnego

Role of undersown catch crops in integrated and organic production systems of table potato

W pracy przedstawiono wyniki badań z lat 2006–2009 mające na celu określenie wpływu wsiewek międzyplonowych przyoranych jesienią i pozostawionych do wiosny w formie mulczu na plonowanie ziemniaka jadalnego uprawianego w integrowanym i ekologicznym systemie produkcji w okresie przestawiania. W doświadczeniu badano dwa czynniki. I. Nawożenie wsiewką międzyplonową: obiekt kontrolny (bez nawożenia wsiewką międzyplonową), obornik, nostrzyk biały, życica westerwoldzka, nostrzyk biały — mulcz, życica westerwoldzka — mulcz. II. Systemy produkcji: integrowany i ekologiczny w okresie przestawiania. Bezpośrednio po zastosowaniu nawożenia wsiewkami międzyplonowymi uprawiano ziemniaki jadalne. Podczas zbioru ziemniaka określono plon ogólny świeżej masy bulw, a po zbiorze — plon handlowy. W pobranych próbach bulw oznaczono zawartość suchej masy, skrobi i białka ogólnego, które przeliczono na plon tych składników. W obu systemach produkcji największe plony bulw ziemniaka otrzymano z obiektu nawożonego nostrzykiem białym w formie mulczu. Większe plony bulw ziemniaka odnotowano w integrowanym niż w ekologicznym systemie produkcji w okresie przestawiania. Nostrzyk biały niezależnie od formy stosowania i systemu produkcji w pełni zastępuje obornik.

Słowa kluczowe: mulcz, nawożenie, plon, system produkcji, wsiewka międzyplonowa, ziemniak

The work presents results of studies conducted in 2006–2009. Our goal was to determine the effect of undersown catch crops, which were either autumn-incorporated or left as mulch on the soil surface till spring, on the yields of table potato cultivated under either an integrated or organic farming system in the reorganization period. Two factors were examined in the experiment: I — undersown catch crops applied as fertilizer (not fertilized control, farmyard manure, white sweet clover (*Melilotus albus*), Westerwold ryegrass, white sweet clover — mulch, Westerwold ryegrass — mulch); II — an integrated and organic farming system in the reorganization period. The undersown catch crops were incorporated

prior to table potato planting. The total fresh mass yield of potato tubers was determined during potato harvest and marketable yield after the harvest. Also, tuber samples were taken to determine dry matter, starch and total protein contents which were then expressed in terms of yields of these components. In both farming system the highest yields of potato tubers were harvested from white sweet clover mulch-fertilized plots. Higher yields were recorded under the integrated rather than organic farming system in the reorganization period. White sweet clover was found to have the same manuring value as farmyard manure irrespective of the timing of its application and farming system of potato.

Key words: farming system, manure, mulch, undersown catch crop, potato, yield

WSTĘP

Uprawie międzyplonów sprzyja nowoczesny system gospodarki integrowanej, która umożliwia jak najlepsze wykorzystanie przyrodniczych czynników warunkujących plonowanie roślin uprawnych. Podobnie w gospodarstwach ekologicznych, uprawa międzyplonów jest standardowym elementem zmianowania (Sawicka i in., 2007). Wśród międzyplonów najtańszym źródłem substancji organicznej są wsiewki przyorane jesienią lub pozostawione do wiosny w formie mulczu (Spiertz i in., 1996; Płaza i Ceglarek, 2009). Spośród gatunków zalecanych do uprawy, nostryk biały i życica westerwoldzka wyróżniają się dużą produkcją biomasy (Sadowski, 1992; Spiertz i in., 1996; Rudella i in., 2005). W Polsce brak jest badań dotyczących oceny wartości nawozowej wsiewek międzyplonowych stosowanych w formie mulczu. Stąd jest potrzeba prowadzenia tego typu badań. Celem ich było określenie wpływu wsiewek międzyplonowych przyoranych jesienią i pozostawionych do wiosny w formie mulczu na plonowanie ziemniaka jadalnego uprawianego w integrowanym i ekologicznym systemie produkcji w okresie przestawiania.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe przeprowadzono w latach 2006–2009 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej w Zawadach należącej do Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Badania prowadzono na glebie płowej wytworzonej z piasku gliniastego mocnego, o odczynie obojętnym, średniej zasobności w przyswajalny fosfor, potas i magnez. Zawartość próchnicy wynosiła 1,43%. Doświadczenie założono w układzie split-blok, w trzech powtórzeniach. Badano dwa czynniki. I. Nawożenie wsiewką międzyplonową: obiekt kontrolny (bez nawożenia wsiewką międzyplonową), obornik ($30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), nostryk biały (norma wysiewu nasion $26 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), życica westerwoldzka (norma wysiewu nasion $20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), nostryk biały — mulcz (norma wysiewu nasion $26 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), życica westerwoldzka — mulcz (norma wysiewu nasion $20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). II. System produkcji: integrowany i ekologiczny w okresie przestawiania.

Wsiewki międzyplonowe wsiewano w pszenżyto jare uprawiane na ziarno. W pierwszym roku po nawożeniu wsiewkami międzyplonowymi uprawiano ziemniaki jadalne odmiany Zeus. W integrowanym systemie produkcji ziemniaka wczesną wiosną rozsiano nawozy mineralne, których ilość w przeliczeniu na 1 ha wynosiła: 90 kg N, 36,9 kg P i 99,6 kg K. Dawki nawożenia mineralnego dostosowano do zasobności gleby i wielkości przewidywanego plonu. Na poletkach, na których jesienią wykonano orkę

przedzimową, nawozy mineralne wymieszano z glebą za pomocą kultywatora zagregowanego z broną. Natomiast na poletkach z mulczem stosowano bronę talerzową i kultywator. W ekologicznym systemie produkcji w okresie przestawiania zamiast nawożenia mineralnego, stosowano obornik w dawce $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ pod pszenżyto jare uprawiane z wsiewkami międzyplonowymi. Ziemniaki wysadzano w 3. dekadzie kwietnia, a zbierano w 2. dekadzie września. W integrowanym systemie produkcji, na plantacji ziemniaka stosowano pielęgnację mechaniczno-chemiczną. Do wschodów co 7 dni ziemniaki obsypywano i bronowano, a tuż przed wschodami wykonano opryskiwanie mieszką herbicydową Afalon 50 WP + Reglone Turbo 200 SL ($1 \text{ kg} + 1 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$). Stonkę ziemniaczaną zwalczano preparatem Fastac ($0,1 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), a zarazę ziemniaczaną fungicydem Ridomil MZ 72 WP ($2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$). Natomiast w ekologicznym systemie produkcji w okresie przestawiania chwasty zwalczano mechanicznie. Od posadzenia do zwarcia rzędów, co 7 dni stosowano obsypnik z broną. Stonkę ziemniaczaną zwalczano preparatem Novodor ($2,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), a zarazę ziemniaczaną fungicydem Miedzian 50 WP ($4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Ziemniaki uprawiano w 3 roku od uprawy konwencjonalnej. Pasy pól ekologicznych pod ziemniak dla 3 serii doświadczenia wydzielono z uprawy konwencjonalnej w latach 2005–2007. Wówczas w zmianowaniu uprawiano owies, w którym już nie stosowano chemicznych środków ochrony roślin.

Podczas zbioru ziemniaka, na każdym poletku określono plon ogólny i handlowy, przyjmując za plon handlowy bulwy zdrowe, o średnicy powyżej 40 mm. Następnie z każdego poletka pobrano próby bulw w celu oznaczenia zawartości suchej masy (metodą suszarkowo-wagową), skrobi (metodą Reimanna) i białka ogólnego (metodą Kjeldahla), które przeliczono na plon z hektara. Każdą z badanych cech poddano analizie wariancji zgodnie ze schematem układu split-blok. W przypadku istotnych źródeł zmienności dokonano szczegółowego porównania średnich testem Tuckeya.

Lata prowadzenia badań charakteryzowały się znacznym zróżnicowaniem warunków pogodowych (tab. 1).

Tabela 1

Warunki pogody podczas badań zgodnie z danymi ze Stacji Meteorologicznej w Zawadach
Weather conditions in the period of investigation, according to the data from the Meteorological Station at Zawady

Lata Years	Miesiąc — Month						Średnie Means
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Temperatura (°C) Temperature (°C)							
2007	8,6	14,6	18,2	18,9	18,9	13,1	15,4
2008	9,1	12,7	17,4	18,4	18,5	12,2	14,7
2009	10,3	12,9	15,7	19,4	17,7	14,6	15,1
1951-2000	7,8	13,8	17,1	18,7	18,0	13,0	14,7
Suma opadów (mm) Rainfall sum (mm)							
2007	21,2	59,1	59,0	70,2	31,1	67,6	308,2
2008	28,1	85,6	49,0	69,8	75,4	63,4	371,2
2009	8,1	68,9	145,2	26,4	80,9	24,9	354,4
1951-2000	37,1	50,6	61,5	71,6	53,8	50,0	324,6

Największą sumę opadów odnotowano w 2008 roku. W tym też roku średnia temperatura była niższa o 0,4°C od średniej temperatury wieloletniej. Takie warunki pogodowe wpłynęły korzystnie na wielkość plonu ziemniaka. W 2009 roku suma opadów była niższa niż w 2008 roku, ale wyższa od sumy wieloletniej. Średnia miesięczna temperatura oscylowała wokół średniej wieloletniej. Był to rok mniej korzystny do plonowania ziemniaka. W 2007 roku odnotowano najmniejszą sumę opadów, przy najwyższej temperaturze. W tym też roku plon bulw ziemniaka był najmniejszy.

WYNIKI

Plon ogólny, handlowy i plon suchej masy bulw ziemniaka były istotnie różnicowane przez badane czynniki doświadczenia i ich interakcję (tab. 2, 3, 4). Największe plony bulw ziemniaka otrzymano z obiektu nawożonego nostrzykiem białym w formie mulczu. Plony bulw ziemniaka nawożonego nostrzykiem białym przyoranym jesienią nie różniły się istotnie od plonów otrzymanych na oborniku. Tylko po życicy westerwoldzkiej, niezależnie od formy jej stosowania plony bulw ziemniaka były istotnie niższe niż na oborniku. System produkcji także istotnie różnicował plony bulw ziemniaka. Większe plony otrzymano w integrowanym niż w ekologicznym systemie produkcji w okresie przestawiania. Wykazano interakcję czynników doświadczenia, z której wynika, że największy plon ogólny, handlowy i plon suchej masy bulw ziemniaka otrzymano z obiektu nawożonego nostrzykiem białym w formie mulczu w integrowanym systemie produkcji, a najmniejsze plony z obiektu kontrolnego w ekologicznym systemie produkcji w okresie przestawiania.

Tabela 2

Wpływ nawożenia wsiewką międzyplonową i systemu produkcji na plon ogólny świeżej masy bulw ziemniaka, t·ha⁻¹ (średnie z lat 2006–2008)
The influence of undersown crop fertilization and production system on the total yield of fresh mass of potato tubers, t·ha⁻¹ (means for 2006–2008)

Nawożenie wsiewką międzyplonową Undersown crop fertilization	System produkcji — Production system		Średnie Means
	integrowany integrated	ekologiczny w okresie przestawiania organic in the reorganization period	
Obiekt kontrolny Control object	30,2	24,8	27,5
Obornik Farmyard manure	45,4	32,7	39,0
Nostrzyk biały White sweet clover	45,2	32,9	39,1
Życica westerwoldzka Westerwold ryegrass	38,0	28,2	33,1
Nostrzyk biały — mulcz White sweet clover — mulch	47,3	35,4	41,4
Życica westerwoldzka — mulcz Westerwold ryegrass — mulch	36,4	26,9	31,7
Średnie — Means	40,4	30,2	—
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			
Nawożenie wsiewką międzyplonową — Undersown crop fertilization			1,2
System produkcji — Production system			0,9
Interakcja — Interaction			1,5

Tabela 3

Wpływ nawożenia wsiewką międzyplonową i systemu produkcji na plon handlowy bulw, t·ha⁻¹ (średnie z lat 2006–2008)

The influence of undersown crop fertilization and production system on the marketable yield of tubers, t·ha⁻¹ (means for 2006–2008)

Nawożenie wsiewką międzyplonową Undersown crop fertilization	System produkcji — Production system		Średnie Means
	integrowany integrated	ekologiczny w okresie przestawiania organic in the reorganization period	
Obiekt kontrolny Control object	23,8	19,4	21,6
Obornik Farmyard manure	42,5	30,1	36,3
Nostrzyk biały White sweet clover	42,4	30,3	36,4
Życica westerwoldzka Westerwold ryegrass	31,9	23,4	27,7
Nostrzyk biały — mulcz White sweet clover — mulch	45,6	32,8	39,2
Życica westerwoldzka — mulcz Westerwold ryegrass — mulch	30,3	21,7	26,0
Średnie — Means	36,1	26,3	—
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			
Nawożenie wsiewką międzyplonową — Undersown crop fertilization			1,1
System produkcji — Production system			0,8
Interakcja — Interaction			1,3

Tabela 4

Wpływ nawożenia wsiewką międzyplonową i systemu produkcji na plon suchej masy, t·ha⁻¹ (średnie z lat 2006–2008)

The influence of undersown crop fertilization and production system on the dry mass yield, t·ha⁻¹ (means for 2006–2008)

Nawożenie wsiewką międzyplonową Undersown crop fertilization	System produkcji — Production system		Średnie Means
	integrowany integrated	ekologiczny w okresie przestawiania organic in reorganization period	
Obiekt kontrolny Control object	6,22	4,96	5,59
Obornik Farmyard manure	9,94	6,93	8,44
Nostrzyk biały White sweet clover	10,35	7,14	8,75
Życica westerwoldzka Westerwold ryegrass	8,27	5,89	7,08
Nostrzyk biały — mulcz White sweet clover — mulch	10,97	7,89	9,43
Życica westerwoldzka — mulcz Westerwold ryegrass — mulch	8,12	5,78	6,95
Średnie — Means	8,98	6,43	—
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			
Nawożenie wsiewką międzyplonową — Undersown crop fertilization			0,39
System produkcji — Production system			0,21
Interakcja — Interaction			0,43

Analiza statystyczna wykazała istotny wpływ czynników doświadczenia i ich współdziałania na plon skrobi (tab. 5). Największy plon skrobi otrzymano z obiektu nawożonego nostrzykiem białym w formie mulczu. Plon skrobi uzyskany z obiektu nawożonego nostrzykiem białym przyoranym jesienią, nie różnił się istotnie od odnotowanego na oborniku. Tylko po zastosowaniu życicy westerwoldzkiej plon skrobi był istotnie niższy niż na obiekcie z obornikiem. System produkcji także istotnie modyfikował plon skrobi. Więcej skrobi zgromadził ziemniak uprawiany w integrowanym niż w ekologicznym systemie produkcji w okresie przestawiania. Ze współdziałania badanych czynników wynika, że największy plon skrobi otrzymano z obiektu nawożonego nostrzykiem białym stosowanym w formie mulczu w integrowanym systemie produkcji, a najmniejszy plon skrobi z obiektu kontrolnego w ekologicznym systemie produkcji w okresie przestawiania.

Tabela 5

Wpływ nawożenia wsiewką międzyplonową i systemu produkcji na plon skrobi, t·ha⁻¹ (średnie z lat 2006–2008)

The influence of undersown crop fertilization and production system on the starch yield, t·ha⁻¹ (means for 2006–2008)

Nawożenie wsiewką międzyplonową Undersown crop fertilization	System produkcji — Production system		Średnie Means
	integrowany integrated	ekologiczny w okresie przestawiania organic in the reorganization period	
Obiekt kontrolny Control object	4,14	3,32	3,73
Obornik Farmyard manure	6,72	4,64	5,68
Nostrzyk biały White sweet clover	6,46	4,44	5,45
Życica westerwoldzka Westerwold ryegrass	5,60	4,00	4,80
Nostrzyk biały — mulcz White sweet clover — mulch	6,91	5,03	5,97
Życica westerwoldzka — mulcz Westerwold ryegrass — mulch	5,50	3,95	4,73
Średnie — Means	5,89	4,23	—
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			
Nawożenie wsiewką międzyplonową — Undersown crop fertilization			0,28
System produkcji — Production system			0,23
Interakcja — Interaction			0,32

Plon białka ogólnego był istotnie modyfikowany przez badane czynniki doświadczenia i ich interakcję (tab. 6). Najwięcej białka ogólnego zgromadził ziemniak uprawiany po nostrzyku białym stosowanym w formie mulczu. Również plon białka ogólnego ziemniaka uprawianego po nostrzyku białym przyoranym jesienią był istotnie większy od plonu odnotowanego z ziemniaka uprawianego na oborniku. Tylko po życicy westerwoldzkiej, niezależnie od formy jej stosowania plon białka ogólnego był istotnie mniejszy od otrzymanego na oborniku. Najmniej białka ogólnego zgromadziły bulwy ziemniaka uprawianego na obiekcie kontrolnym. Więcej białka ogólnego otrzymano z bulw ziemniaka uprawianego w integrowanym niż w ekologicznym systemie produkcji w

okresie przestawiania. Wykazano interakcję badanych czynników, z której wynika, że najwięcej białka ogólnego otrzymano z obiektu nawożonego nostrzykiem białym w formie mulczu w integrowanym systemie produkcji, a najmniejszy plon z obiektu kontrolnego w ekologicznym systemie produkcji w okresie przestawiania.

Tabela 6

Wpływ nawożenia wsiewką międzyplonową i systemu produkcji na plon białka ogólnego, $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$
(średnie z lat 2006–2008)
The influence of undersown crop fertilization and production system on the total protein yield, $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$
(means for 2006–2008)

Nawożenie wsiewką międzyplonową Undersown crop fertilization	System produkcji — Production system		Średnie Means
	integrowany integrated	ekologiczny w okresie przestawiania organic in the reorganization period	
Obiekt kontrolny Control object	544	418	481
Obornik Farmyard manure	943	636	790
Nostrzyk biały White sweet clover	1093	705	899
Życica westerwoldzka Westerwold ryegrass	753	515	634
Nostrzyk biały — mulcz White sweet clover — mulch	1235	803	1019
Życica westerwoldzka — mulcz Westerwold ryegrass — mulch	782	542	662
Srednie — Means	892	603	—
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			
Nawożenie wsiewką międzyplonową — Undersown crop fertilization			45
System produkcji — Production system			38
Interakcja — Interaction			57

DYSKUSJA

Zmniejszająca się produkcja obornika oraz rozwój integrowanej i ekologicznej uprawy ziemniaka skłaniają do poszukiwania alternatywnych rozwiązań w zakresie nawożenia. W tej sytuacji dużego znaczenia nabierają nawozy zielone (Spiertz i in., 1996; Reust i in., 1999; Boligłowa i Gleń, 2003; Dzienia i in., 2004; Płaza i Ceglarek, 2009). Nowak (1982) wskazuje na przewagę nawozów zielonych nad obornikiem. Wynika to z faktu, iż składniki pokarmowe zawarte w nawozie zielonym są na ogół łatwiej przyswajalne niż składniki obornika dzięki szybszemu rozkładowi masy organicznej. W badaniach własnych największe plony bulw ziemniaka otrzymano z obiektu nawożonego nostrzykiem białym w formie mulczu. Jak podaje Nowak (1982), Makaraviciute i in. (2003) oraz Rudella i in. (2005), podczas rozkładu roślin bobowatych mogą zachodzić wysokie straty azotu. W zależności od temperatury, wilgotności o czasu rozkładu straty azotu mogą dochodzić nawet do 50%. Aby temu zapobiec należy do rozkładającej się biomasy roślin bobowatych dodać substancji organicznej bogatej w węgiel np. traw w celu rozszerzenia stosunku C:N lub pozostawić je do wiosny w formie mulczu, co spowalnia proces mineralizacji i ogranicza straty składników pokarmowych, a zwłaszcza azotu. W przeprowadzonym

eksperymentcie plony bulw ziemniaka nawożonego nostrzykiem białym przyorany jesienią nie różniły się istotnie od plonów uzyskanych z obiektu nawożonego obornikiem. Tylko po nawożeniu życią westerwoldzką, niezależnie od formy jej stosowania plony bulw ziemniaka były istotnie niższe od odnotowanych na oborniku. Jednak i w tym przypadku plony bulw były większe od otrzymanych na obiekcie kontrolnym, bez nawożenia wsiewką międzyplonową. Wzrost plonu bulw po przyoraniu traw stwierdzili także Sadowski (1992), Spiertz i in. (1996), Duer i Jończyk (1989) oraz Reust i in. (1999), jednak one były istotnie mniejsze niż na oborniku. Wynika to z faktu wprowadzenia do gleby dużej ilości biomasy, o niskiej zawartości makroelementów (Sadowski, 1992; Duer i Jończyk, 1998). Ponadto trawy charakteryzują się szerokim stosunkiem C:N. W takim przypadku mineralizuje się mniej azotu, który wykorzystywany jest głównie przez mikroorganizmy glebowe.

W przeprowadzonym eksperymencie analogicznie, jak u Sawickiej i Kusia (2000), Brandt i Molgaard (2008) oraz Finckh i in. (2009) stwierdzono, że wielkość plonu bulw ziemniaka zależy od systemu produkcji. W badaniach Zarzyńskiej i Golszewskiego (2006), Sawickiej i in. (2007) oraz Płazy i in. (2013) plony bulw ziemniaka uprawianego w systemie integrowanym były większe w porównaniu do plonów bulw pochodzących z uprawy ekologicznej. Potwierdzają to wyniki badań własnych. Należy tłumaczyć to tym, iż w integrowanej produkcji ziemniaka, poza obornikiem czy nawozami zielonymi, stosowane jest uzupełniające nawożenia mineralne dostosowane do zasobności gleby i wielkości przewidywanego plonu. Składniki pokarmowe dostarczone roślinie w formie mineralnej są łatwiej przyswajalne niż z nawozów zielonych czy obornika, co przekłada się na wielkość uzyskanego plonu bulw ziemniaka.

WNIOSKI

1. W obu systemach produkcji największe plony bulw ziemniaka otrzymano z obiektu nawożonego nostrzykiem białym w formie mulczu.
2. Większe plony bulw ziemniaka odnotowano w integrowanym niż w ekologicznym systemie produkcji w okresie przedstawiania.
3. Nostrzyk biały niezależnie od formy stosowania i systemu produkcji w pełni zastępuje obornik.

LITERATURA

- Boligłowa E., Gleń K. 2003. Yielding and quality of potato tubers depending on the kind of organic fertilization and tillage method. *Elec. Jour. Pol. Agric. Univ., Top Agron.* 1,6, www.ejpau.media.pl.
- Brandt K., Molgaard J. P. 2008. Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plant foods? *J. Sci. Food Agric.*, 81 (9): 924 — 931.
- Duer I., Jończyk K. 1998. Nawożenie pod ziemniak uprawiany w gospodarstwach ekologicznych. *Fragm. Agron.*, 1 (57): 85 — 95.
- Dzienia S., Szarek P., Pużyński S. 2004. Plonowanie i jakość ziemniaka w zależności od systemu uprawy roli i rodzaju nawożenia organicznego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 500: 235 — 242.
- Finckh M. R., Schulte-Geldermann E., Bruns C. 2009. Challenges to Organic Potato Farming: Disease and Nutrient Management. *Potato Res.*, 49 (1): 27 — 42.

- Makaraviciute A. 2003. Effect of organic and mineral fertilizers on the yield and quality of different potato varieties. *Agron. Res.* 1 (2): 197 — 209.
- Nowak G. 1982. Przemiany roślinnej materii organicznej znakowanej izotopem C₁₄ w glebach intensywnie nawożonych. *Zesz. Nauk. ART Olsztyn, Ser. Rol.* 35: 3 — 57.
- Płaza A., Ceglarek F. 2009. Tuber quality of edible potato fertilized with catch crops and barley straw. *Annales UMCS, Sec. E, LXIV* (3): 79 — 90.
- Płaza A., Gąsiorowska B., Makarewicz A., Królikowska M. A. 2013: Plonowanie ziemniaka nawożonego wsiewkami międzyplonowymi w integrowanym i ekologicznym systemie produkcji. *Biul. IHAR* 267: 71 — 78.
- Reust W., Neyroud J. A., Dutoid J. P. 1999. Potato fertilization in integrated farming system. 14th Triennial Conference of the European Association for Potato Research. Sorrento, Italy, 02-07.05.1999: 259 — 260.
- Rudella C. A., Davenport J. R., Evans R. G., Hattendorf M. J., Alva A. K., Boydston R. A. 2005. Relating potato yield and quality to field scale variability in soil characteristics. *Amer. J. Pot. Res.* 79 (5): 317 — 323.
- Sadowski J. 1992. Porównanie efektywności obornika, słomy, nawozów zielonych i biohumusu w uprawie ziemniaka. *Mat. konf. nauk. nt. „Produkcyjne skutki zmniejszenia nakładów na agrotechnikę roślin uprawnych.* ART Olsztyn, 25–26.03.1992: 216 — 222.
- Sawicka B., Kuś J. 2000. Zmienność składu chemicznego bulw ziemniaka w warunkach ekologicznego i integrowanego systemu produkcji. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 489: 273 — 282.
- Sawicka B., Barbaś P., Kuś J. 2007. Variability of potato yield and structure in organic and integrated crop production systems. *Elec. Jour. Pol. Agric. Univ., Top. Agron.* 10,1, www.ejpau.media.pl.
- Spiertz J. H. J., Haverkort A. J., Vereijken P. H. 1996. Environmentally safe and consumer friendly potato production in The Netherlands. 1. Development of ecologically sound production system. *Pot. Res.* 39: 371 — 378.
- Zarzyńska K., Goliszewski W. 2006. Uprawa ziemniaka w systemie ekologicznym i integrowanym a jakość plonu bulw. *Pam. Puł.* 142: 617 — 626.

ANNA PŁAZA**BARBARA GĄSIOROWSKA****ARTUR MAKAREWICZ**

Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin

Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach

Wartość nawozowa wsiewek międzyplonowych i obornika w integrowanym systemie produkcji ziemniaka jadalnego

Fertilizing value of undersown catch crops and farmyard manure in the integrated system of table potato cultivation

W pracy przedstawiono wyniki badań z lat 2006–2009 mające na celu ocenę wartości nawozowej wsiewek międzyplonowych przyoranych jesienią lub pozostawionych do wiosny w formie mulczu w integrowanej uprawie ziemniaka jadalnego. W doświadczeniu badano następujące kombinacje nawożenia wsiewką międzyplonową: obiekt kontrolny (bez nawożenia wsiewką międzyplonową), obornik, koniczyna perska, życica westerwoldzka, koniczyna perska — mulcz, życica westerwoldzka — mulcz. W biomase wsiewek międzyplonowych oznaczono zawartość suchej masy i makroelementów (N, P, K, Ca i Mg). Bezpośrednio po zastosowaniu nawożenia wsiewkami międzyplonowymi uprawiano ziemniaki jadalne. Oceniono plon ogólny świeżej masy bulw oraz plon handlowy i strukturę plonu bulw. Spośród wsiewek międzyplonowych życica westerwoldzka wprowadziła do gleby najwięcej suchej masy, a koniczyna perska najwięcej makroelementów. Największy plon ogólny świeżej masy bulw ziemniaka otrzymano z obiektu nawożonego koniczyną perską w formie mulczu. Nawożenie koniczyną perską zarówno pozostawioną do wiosny w formie mulczu, jak i przyoraną jesienią zastępuje w pełni obornik w integrowanej uprawie ziemniaka jadalnego.

Słowa kluczowe: mulcz, nawożenie organiczne, plon, struktura plonu bulw, wsiewka międzyplonowa, ziemniak

The work presents results of studies carried out in 2006–2009 to evaluate the fertilizing value of undersown catch crops in the integrated system of potato cultivation. Undersown catch crops were either ploughed in autumn or remained as mulch in place till spring. The following treatments were examined in the experiment: control (no undersown catch crop), farmyard manure, Persian clover, Westerwold ryegrass, Persian clover — mulch, Westerwold ryegrass — mulch. Dry matter content and macronutrients (N, P, K, Ca and Mg) contents were determined in the biomass of the undersown catch crops. Table potatoes were cultivated following fertilization with the undersown catch crops. The total

fresh mass of yield of potato tubers was determined and marketable yield as well as tuber yield structure. Dry matter was introduced into the soil when Westerwold ryegrass was incorporated. In turn, Persian clover supplied most of macronutrients. The highest total yield of potato tubers was determined for the Persian clover mulch treatment. Moreover, Persian clover, either autumn — or spring-incorporated, can fully replace farmyard manure under the integrated system of potato cultivation.

Key words: mulch, organic fertilization, potato, undersown catch crop, tuber yield structure, yield

WSTĘP

Podstawowym nawozem naturalnym stosowanym w uprawie ziemniaka jest obornik. Zmniejszająca się produkcja obornika oraz rozwój integrowanej uprawy ziemniaka skłaniają do wysycenia płodozmianu międzyplonami (Songin, 1989; Płaza i in., 2010). Są one traktowane jako rośliny wychwytyjące niewykorzystane w przedplonie składniki pokarmowe. Ich wymywanie do wód gruntowych z areałów pokrytych szatą roślinną jest wielokrotnie mniejsze niż z gleb pozostających w czarnym ugorze, co ma istotne znaczenie w ochronie środowiska rolniczego (Spiertz i in., 1996; Reust i in., 1999; Dzienia i in., 2004). Spośród międzyplonów najtańszym źródłem substancji organicznej są wsiewki, które można przyorać jesienią lub pozostawić do wiosny w formie mulczu (Ceglarek i in., 1998; Witkowicz, 1998; Kuraszkiewicz i Pałys, 2002). W literaturze jest brak badań dotyczących stosowania wsiewek międzyplonowych w formie mulczu. Stąd też wyłania się potrzeba prowadzenia badań dotyczących oceny wartości nawozowej wsiewek międzyplonowych przyorywanych jesienią lub pozostawionych do wiosny w formie mulczu w integrowanej uprawie ziemniaka jadalnego.

MATERIAŁ I METODY

Eksperyment polowy przeprowadzono w latach 2006–2009 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej w Zawadach należącej do Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Badania prowadzono na glebie płowej wytworzonej z piasku gliniastego mocnego, o odczynie obojętnym, średniej zasobności w przyswajalny fosfor, potas i magnez. Zawartość próchnicy wynosiła 1,42%. Doświadczenie założono w układzie losowanych bloków, w trzech powtórzeniach. Badano następujące kombinacje nawożenia wsiewką międzyplonową: obiekt kontrolny (bez nawożenia wsiewką międzyplonową), obornik ($30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), koniczyna perska ($26,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), życica westerwoldzka ($36,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), koniczyna perska — mulcz ($26,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), życica westerwoldzka – mulcz ($35,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Wsiewki międzyplonowe wsiewano w pszenżyto jare uprawiane na ziarno. Jesienią, w losowo wybranych miejscach, z każdego poletka międzyplonu pobrano średnie próby części nadziemnej i resztek poźniwnych roślin łącznie z ich masą korzeniową z 30 cm warstwy gleby w celu określenia plonu świeżej masy. W pobranym materiale roślinnym oznaczono zawartość suchej masy i makroelementów (N, P, K, Ca i Mg). Następnie na wyznaczone poletka wywieziono obornik bydlęcy i wykonano orkę przedzimową, z wyjątkiem poletek z wsiewkami międzyplonowymi pozostawionymi do wiosny w formie mulczu. Bezpośrednio po zastosowaniu nawożenia wsiewkami międzyplonowymi uprawiano ziemniaki jadalne. Wielkość poletka w założeniu wynosiła 20 m^2 , a do zbioru

15 m². Wczesną wiosną rozsiano nawozy mineralne, których ilość w przeliczeniu na 1 ha wynosiła: 90 kg N, 39,6 kg P i 99,6 kg K. Na poletkach, na których jesienią wykonano orkę przedzimową, nawozy mineralne wymieszano z glebą za pomocą kultywatora zagregowanego z broną. Natomiast na poletkach z mulczem stosowano bronę talerzową i kultywator. Ziemniaki wysadzano w III dekadzie kwietnia, a zbierano w II dekadzie września. Podczas zbioru ziemniaka określono plon ogólny bulw, a po zbiorze plon handlowy. Za plon handlowy przyjęto bulwy zdrowe o średnicy ≥ 40 mm. Ponadto pobrano próby bulw w celu oznaczenia struktury plonu. W pobranych próbach plonu ogólnego bulw ziemniaka wydzielono frakcje o średnicy poniżej 30, 30–40, 40–50, 50–60 i powyżej 60 mm (Roztropowicz i in., 1999). Otrzymane wyniki badań opracowano statystycznie.

Lata prowadzenia badań charakteryzowały się znacznym zróżnicowaniem warunków pogodowych (tab. 1). Największą sumę opadów odnotowano w 2008 roku. W tym też roku średnia temperatura była niższa o 0,4°C od średniej temperatury wieloletniej. Takie warunki pogodowe wpłynęły korzystnie na wielkość plonu ziemniaka. W 2009 roku suma opadów była niższa niż w 2008 roku, ale wyższa od sumy wieloletniej. Średnia miesięczna temperatura oscylowała wokół średniej wieloletniej. Był to rok mniej korzystny do plonowania ziemniaka.

Tabela 1

**Warunki termiczno-opadowe w okresie wegetacji roślin wg danych Stacji Meteorologicznej
w Zawadach**
**Thermal-rainfall conditions in the growing period of plants according to the Zawady Meteorological
Station**

Lata Years	Miesiąc Month						Średnie Means
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Temperatura powietrza (°C) Air temperature (°C)							
2007	8,6	14,6	18,2	18,9	18,9	13,1	15,4
2008	9,1	12,7	17,4	18,4	18,5	12,2	14,7
2009	10,3	12,9	15,7	19,4	17,7	14,6	15,1
1951–2000	7,8	13,8	17,1	18,7	18,0	13,0	14,7
Suma opadów (mm) Rainfall sum (mm)							
2007	21,2	59,1	59,0	70,2	31,1	67,6	308,2
2008	28,1	85,6	49,0	69,8	75,4	63,4	371,2
2009	8,1	68,9	145,2	26,4	80,9	24,9	354,4
1951–2000	37,1	50,6	61,5	71,6	53,8	50,0	324,6
Współczynnik hydrotermiczny Sielanianowa Hydrothermal Sielianinov's coefficient							
2007	0,6	1,3	1,2	1,1	0,7	1,4	1,1
2008	0,8	1,8	1,0	1,1	1,7	1,3	1,3
2009	0,2	1,5	3,0	0,4	1,9	0,5	1,2

Wartości współczynnika; Coefficient values
do 0,50 — silna posucha; up till 0,5 strong drought
0,51–0,69 — posucha; mild drought
0,70–0,99 — słaba posucha; weak drought
 $\geq 1,0$ — brak posuchy; no drought

W 2007 roku odnotowano najmniejszą sumę opadów, przy najwyższej temperaturze. W tym też roku plon bulw ziemniaka był najmniejszy. Na podstawie obliczonego współczynnika hydrotermicznego Sielanianowa K wykazano brak posuchy we wszystkich latach prowadzenia badań.

WYNIKI

Spośród badanych wsiewek międzyplonowych życica westerwoldzka zarówno przyorana jesienią, jak i pozostawiona do wiosny w formie mulczu wprowadziła do gleby więcej suchej masy niż koniczyna perska przyorana jesienią i pozostawiona do wiosny w formie mulczu (tab. 2).

Tabela 2

Ilość suchej masy ($t \cdot ha^{-1}$) i makroelementów ($kg \cdot ha^{-1}$) wniesionych do gleby w formie wsiewek międzyplonowych i obornika (średnie z lat 2006-2008)
The amount of dry matter and macroelements introduced into the soil by the applied undersown catch crops and farmyard manure (means for 2006-2008)

Wyszczególnienie Specification	Sucha masa Dry mass	Makroelementy Macroelements				
		N	P	K	Ca	Mg
Obornik Farmyard manure	7,8	158,2	42,7	130,9	62,2	38,9
Koniczyna perska Persian clover	6,3	156,3	35,4	114,2	52,6	27,4
Życica westerwoldzka Westerwold ryegrass	7,4	119,8	29,7	110,6	37,4	16,2
Koniczyna perska — mulcz Persian clover — mulch	6,4	156,4	35,6	114,2	52,5	27,5
Życica westerwoldzka — mulcz Westerwold ryegrass — mulch	7,3	119,9	29,8	110,5	37,5	16,4
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,9	10,4	1,2	7,7	4,7	2,6

Życica westerwoldzka w obydwu formach stosowania wprowadziła do gleby porównywalną ilość suchej masy, jak obornik. Największą ilość makroelementów wprowadził do gleby obornik. Koniczyna perska zarówno przyorana jesienią, jak i pozostawiona do wiosny w formie mulczu wprowadziła do gleby porównywalną ilość azotu, jak obornik. Ilość fosforu, potasu, wapnia i magnezu wprowadzona do gleby przez wsiewki międzyplonowe była istotnie niższa niż przez obornik. Życica westerwoldzka chociaż wprowadziła do gleby więcej suchej masy niż koniczyna perska, to o niższej zawartości makroelementów, co przełożyło się na ich ilość.

Plon ogólny świeżej masy bulw ziemniaka nawożonego koniczyną perską w formie mulczu był największy (tab. 3). Plon bulw ziemniaka nawożonego koniczyną perską przyoraną jesienią nie różnił się istotnie od plonu otrzymanego na oborniku. Po życicy westerwoldzkiej, niezależnie od formy jej stosowania plon ogólny bulw ziemniaka był istotnie niższy niż na oborniku. Jednak i w tym przypadku plon bulw ziemniaka był wyższy od plonu odnotowanego na obiekcie kontrolnym, bez nawożenia wsiewką międzyplonową.

Tabela 3

**Wpływ wsiewek międzyplonowych i obornika na plon ogólny świeżej masy bulw ziemniaka, t·ha⁻¹
(średnie z lat 2007-2009)**

The influence of the undersown catch crops and farmyard manure on the total yield of fresh mass of potato tubers (means for 2007-2009)

Kombinacje nawozowe Fertilizer combination	Plon ogólny Total yield t·ha ⁻¹	Wzrost plonu w porównaniu z obiektem kontrolnym Increase in yield as compared to control object		Wzrost plonu w porównaniu z obornikiem Increase in yield as compared to the effects of farmyard manure	
		t·ha ⁻¹	%	t·ha ⁻¹	%
Obiekt kontrolny Control object	29,2	0,0	0,0	-13,6	-31,8
Obornik Farmyard manure	42,8	+13,6	+46,6	0,0	0,0
Koniczyna perska Persian clover	42,1	+12,9	+44,2	-0,7	-1,6
Życica westerwoldzka Westerwold ryegrass	36,2	+7,0	+24,0	-6,6	-15,4
Koniczyna perska-mulcz Persian clover-mulch	44,1	+14,9	+51,0	+1,3	+3,0
Życica westerwoldzka-mulcz Westerwold ryegrass-mulch	33,8	+4,6	+15,8	-9,0	-21,0
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	1,0	—	—	—	—

Analiza statystyczna wykazała istotny wpływ warunków pogodowych sezonu wegetacyjnego i nawożenia wsiewką międzyplonową na plon handlowy (tab. 4). Największe plony bulw ziemniaka zebrano w 2008 roku o największej ilości opadów, a istotnie mniejsze w latach 2007 i 2009 o mniejszej ilości opadów.

Tabela 4

Wpływ wsiewek międzyplonowych i obornika na plon handlowy, t·ha⁻¹

The influence of the undersown catch crops and farmyard manure on the marketable yield, t·ha⁻¹

Kombinacje nawozowe Fertilizer combination	Lata — Years			Średnie Means
	2007	2008	2009	
Obiekt kontrolny Control object	22,9	25,2	22,4	23,5
Obornik Farmyard manure	39,7	41,9	39,3	40,3
Koniczyna perska Persian clover	38,8	40,9	38,1	39,3
Życica westerwoldzka Westerwold ryegrass	33,4	34,9	32,7	33,7
Koniczyna perska — mulcz Persian clover — mulch	41,2	43,0	40,6	41,6
Życica westerwoldzka — mulcz Westerwold ryegrass — mulch	30,4	32,9	29,7	31,0
Średnie Means	34,4	36,5	33,8	—
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}				
Lata — years				0,7
Kombinacje nawozowe — fertilizer combination				0,9
Interakcja — interaction				n.i.—n.s.

Nawożenie wsiewką międzyplonową także istotnie różnicowało plon handlowy bulw ziemniaka. Największy plon handlowy otrzymano z obiektu nawożonego koniczyną perską w formie mulczu. Plon handlowy bulw ziemniaka nawożonego koniczyną perską przyoraną jesienią nie różnił się istotnie od plonu odnotowanego na oborniku. Tylko po życicy westerwoldzkiej, niezależnie od formy jej stosowania, był istotnie mniejszy. Jednak i w tym przypadku plon handlowy bulw ziemniaka był większy od odnotowanego na obiekcie kontrolnym.

Nawożenie wsiewką międzyplonową w istotny sposób oddziaływało nie tylko na plon, ale i jego strukturę (tab. 5). Największy udział bulw jadalnych i sadzeniaków, a najmniejszy udział frakcji bulw małych w plonie odnotowano na obiekcie nawożonym koniczyną perską w formie mulczu. Stosowanie koniczyny perskiej przyoranej jesienią spowodowało istotny spadek udziału frakcji ziemniaków jadalnych i sadzeniaków, a wzrost udziału frakcji bulw małych w plonie. Dalszy spadek udziału frakcji bulw jadalnych i sadzeniaków w plonie odnotowano na obiektach nawożonych życią westerwoldzką, niezależnie od formy jej stosowania. Najmniejszy udział ziemniaków jadalnych i sadzeniaków, a największy udział bulw drobnych w plonie odnotowano na obiekcie kontrolnym, bez nawożenia wsiewką międzyplonową.

Tabela 5

Wpływ wsiewek międzyplonowych i obornika na procentowy udział masy bulw w plonie o średnicy ≤ 30 mm, ≥ 40 mm, 30–60 mm (średnie z lat 2007–2009)
The influence of the undersown catch crops and farmyard manure on the fractions of tubers in diameter ≤ 30 mm, ≥ 40 mm, 30–60 mm in the yield (means for 2007–2009)

Kombinacje nawozowe Fertilizer combination	Ziemniaki jadalne Table potatoes ≥ 40 mm	Sadzeniaki Seed potatoes 30–60 mm	Bulwy małe Small tubers ≤ 30 mm
Obiekt kontrolny Control object	58,2	55,3	33,4
Obornik Farmyard manure	88,9	87,3	6,2
Koniczyna perska Persian clover	94,3	90,8	3,6
Życica westerwoldzka Westerwold ryegrass	70,2	69,7	17,6
Koniczyna perska — mulcz Persian clover — mulch	98,0	96,4	1,4
Życica westerwoldzka — mulcz Westerwold ryegrass — mulch	68,7	66,7	19,3
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	2,1	2,0	1,3

DYSKUSJA

Niedobór obornika spowodowany spadkiem pogłowia zwierząt gospodarskich, niska opłacalność produkcji oraz przesłanki przemawiające za systemem integrowanej uprawy ziemniaka skłaniają do przeprowadzenia alternatywnych rozwiązań. Na szczególną uwagę zasługują tu nawozy zielone (Spiertz i in., 1996; Songin, 1998; Duer, 1999; Pałys i in., 2009). Niezwykle cennym gatunkiem jest koniczyna perska. W badaniach własnych

dostarczyła ona porównywalną ilość azotu, jak obornik. Na wysoką wartość nawozową wsiewek roślin bobowatych wskazują też wyniki badań innych autorów (Ceglarek i in., 1998; Witkiewicz, 1998; Kuraszkiewicz i Pałys, 2002; Płaza, 2013). Sadowski (1992) oraz Płaza i in. (2010) wskazują na przewagę nawozów zielonych nad obornikiem. Wynika to z faktu, iż składniki pokarmowe zawarte w nawozie zielonym są na ogół łatwiej przyswajalne niż składniki obornika, dzięki szybszemu rozkładowi masy organicznej (Nowak, 1982; Makaraviciute, 2003). W omawianym doświadczeniu, spośród badanych międzyplonów najwyższą wartość nawozową, wyrażoną plonem bulw ziemniaka, wykazała koniczyna perska stosowana w formie mulczu. Jak podaje Nowak (1982), Makaraviciute (2003) oraz Rudella i in. (2005) podczas rozkładu roślin bobowatych mogą zachodzić wysokie straty azotu. W zależności od temperatury, wilgotności i czasu rozkładu, mogą one dochodzić nawet do 50%. Aby temu zapobiec należy do rozkładającej się biomasy roślin bobowatych dodać substancji organicznej bogatej w węgiel, np. traw w celu rozszerzenia stosunku C:N lub pozostawić do wiosny w formie mulczu, co spowalnia proces mineralizacji i ogranicza straty składników pokarmowych, a zwłaszcza azotu. W badaniach własnych plony bulw ziemniaka nawożonego koniczyną perską przyoraną jesienią nie różniły się istotnie od uzyskanych na oborniku. Tylko po nawożeniu życicą westerwoldzką, niezależnie od formy jej stosowania plony bulw ziemniaka, były istotnie mniejsze niż na oborniku. Jednak i w tym przypadku plony bulw ziemniaka były większe od odnotowanych na obiekcie kontrolnym, bez nawożenia wsiewką międzyplonową. Wzrost plonu bulw po przyoraniu traw stwierdzili także Sadowski (1992), Spiertz i in. (1996), Duer i Jończyk (1998) oraz Reust i in. (1999), jednak plony te były istotnie mniejsze niż na oborniku. Zdaniem Sadowskiego (1992) oraz Duer i Jończyk (1998) jest to spowodowane wprowadzeniem do gleby dużej ilości biomasy, o niskiej zawartości makroelementów. Ponadto trawy charakteryzują się szerokim stosunkiem C:N. W takim przypadku mineralizuje się mniej azotu, który wykorzystywany jest głównie przez mikroorganizmy glebowe.

Badania Roztropowicz (1989), Makaraviciute (2003), Głuskiej (2004) oraz Płazy (2013) dowodzą, że wielkość plonu bulw ziemniaka zależy nie tylko od czynników agrotechnicznych, lecz również od czynników środowiskowych, a przede wszystkim od sumy opadów i rozkładu temperatur w okresie wegetacji roślin. Potwierdziły to wyniki badań własnych. Niedobór opadów w 2007 i 2009 roku przyczynił się do uzyskania niższego plonu handlowego bulw ziemniaka, w porównaniu z plonem w roku 2008. O największej ilości opadów. Należy to tłumaczyć tym, iż niedobór opadów w okresie wegetacji ziemniaka hamował rozkład biomasy w glebie, co zmniejszało ilość składników pokarmowych udostępnianych roślinie uprawnej, efektem czego był niższy plon handlowy bulw ziemniaka.

Z badaniach własnych wynika, że nawożenie wsiewką międzyplonową oddziaływało nie tylko na plon bulw ziemniaka, ale i na jego strukturę. Spośród badanych wsiewek międzyplonowych najkorzystniej na omawianą cechę oddziaływało nawożenie koniczyną perską w formie mulczu. Jest to zbieżne z wynikami badań Roztropowicz (1989), Dziemi i in. (2004) oraz Kołodziejczyka i in. (2007). W omawianym doświadczeniu najmniejszy

udział ziemniaków jadalnych i sadzeniaków, a największy udział bulw drobnych w plonie odnotowano na obiekcie kontrolnym, bez nawożenia wsiewką międzyplonową.

WNIOSKI

1. Spośród wsiewek międzyplonowych życica westerwoldzka zarówno przyorana jesienią, jak i pozostawiona do wiosny w formie mulczu wprowadziła do gleby najwięcej suchej masy, a koniczyna perska w obu formach stosowania najwięcej makroelementów.
2. Najwyższą wartość nawozową wyrażoną plonem ogólnym świeżej masy bulw ziemniaka wykazała koniczyna perska stosowana w formie mulczu.
3. Największy udział frakcji bulw jadalnych i sadzeniaków, a najmniejszy udział frakcji bulw małych w plonie odnotowano z kombinacji nawożonej koniczyną perską w formie mulczu.
4. Nawożenie koniczyną perską zarówno pozostawioną do wiosny w formie mulczu, jak i przyoraną jesienią w pełni zastępowało obornik w integrowanej uprawie ziemniaka jadalnego.

LITERATURA

- Ceglarek F., Płaza A., Buraczynska D., Jabłońska-Ceglarek R. 1998. Alternatywne nawożenie organiczne ziemniaka jadalnego w makroregionie środkowo-wschodnim. Cz. I. Wartość nawozowa wsiewek poplonowych w zależności od ich sposobu użytkowania na tle obornika i nawożenia słomą. *Rocz. Nauk Rol. Ser. A*, T. 113, Z. 3-4: 173 — 188.
- Duer I. 1999. Plon suchej masy kilku odmian koniczyny uprawianej w ekologicznym i integrowanym systemie produkcji oraz akumulacja azotu w glebie. *Zesz. Nauk. AR Kraków* 347: 69 — 77.
- Duer I., Jończyk K. 1998. Nawożenie pod ziemniak uprawiany w gospodarstwach ekologicznych. *Frag. Agron.* 1 (57): 85 — 95.
- Dzienia S., Szarek P., Pużyński S. 2004. Plonowanie i jakość ziemniaka w zależności od systemu uprawy roli i rodzaju nawożenia organicznego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 500: 235 — 242.
- 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.
- Kołodziejczyk M., Szmigiel A., Kielbasa S. 2007. Plonowanie oraz skład chemiczny bulw ziemniaka w warunkach zróżnicowanego nawożenia. *Frag. Agron.* 2 (94): 142 — 150.
- Kuraszkiewicz R., Pałys E. 2002. Wpływ roślin ochronnych na plon masy nadziemnej wsiewek międzyplonowych. *Annales UMCS, Sec. E* 57: 105 — 112.
- Makaraviciute A. 2003. Effect of organic and mineral fertilizers on the yield and quality of different potato varieties. *Agron. Res.* 1 (2): 197 — 209.
- Nowak G. 1982. Przemiany roślinnej materii organicznej znakowanej izotopem C_{14} w glebach intensywnie nawożonych. *Zesz. Nauk. ART Olsztyn, Ser. Rol.* 35: 3 — 57.
- Pałys E., Kuraszkiewicz R., Kraska P. 2009. Następczy wpływ wsiewek międzyplonowych i roślin ochronnych na chemiczne właściwości gleby lekkiej. *Annales UMCS, Sec. E, LXIV* (4): 81 — 92.
- Płaza A., Ceglarek F., Królikowska M. A., Próchnicka M. 2010. Rola wsiewek międzyplonowych w nawożeniu ziemniaka jadalnego odmiany Syrena. *Biul. IHAR* 257/258: 137 — 143.
- Płaza A. 2013. Wpływ wsiewek międzyplonowych na plonowanie ziemniaka uprawianego w integrowanym systemie produkcji. *Biul. IHAR* 267: 79 — 86.
- Reust W., Neyroud J. A., Dutoid J. P. 1999. Potato fertilization in integrated farming system. 14th Triennial Conference of the European Association for Potato Research. Sorrento, Italy, 02-07.05.1999: 259 — 260.

- Roztropowicz S. 1989. Środowiskowe, odmianowe i nawozowe źródła zmienności składu chemicznego bulw ziemniaka. *Frag. Agron.* 1 (21): 33 — 75.
- Roztropowicz S., Czerko Z., Głuska A., Goliszewski W., Gruczek T., Lis B., Lutomińska B., Nowacki W., Rykaszevska K., Sowa-Niedziałkowska G., Szutkowska M., Wierzbicka-Bujakowska B., Zarzyńska K., Zgórska K. 1999. *Metodyka obserwacji i pobierania prób w agrotechnicznych doświadczeniach z ziemniakiem*. Red. S. Roztropowicz. Wyd. IHAR Oddz. Jadwisin.
- Rudella C. A., Davenport J. R., Evans R. G., Hattendorf M. J., Alva A. K., Boydston R. A. 2005. Relating potato yield and quality to field scale variability in soil characteristics. *Amer. J. Pot. Res.* 79 (5): 317 — 323.
- Sadowski J. 1992. Porównanie efektywności obornika, słomy, nawozów zielonych i biohumusu w uprawie ziemniaka. *Mat. konf. nauk. nt. „Produkcyjne skutki zmniejszenia nakładów na agrotechnikę roślin uprawnych*. ART Olsztyn, 25-26.03.1992: 216 — 222.
- Sawicka B., Barbaś P., Kuś J. 2007. Variability of potato yield and its structure in organic and integrated crop production systems. *Elec. Jour. Pol. Agric. Univ., Top. Agron.*, 10, 1, www.ejpau.media.pl.
- Spiertz J. H. J., Haverkort A. J., Vereijken P. H. 1996. Environmentally safe and consumer-friendly potato production in The Netherlands. 1. Development of ecologically sound production system. *Pot. Res.* 39: 371 — 378.
- Songin W. 1998. Międzyplony w rolnictwie proekologicznym. *Post. Nauk Rol.* 2: 43 — 51.
- Witkowicz R. 1998. Porównanie plonowania oraz wartości przedplonowej wsiewek roślin motylkowatych i traw na glebie lekkiej. *Rocz. AR Poznań CCCVII, Ser. Rol.* 52: 65 — 70.

MAREK GUGAŁA**KRYSTYNA ZARZECKA****IWONA MYSTKOWSKA**

Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin

Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach

Wpływ stosowania herbicydów i ich mieszanin na plon rośliny ziemniaka oraz ciemnienie mięszu bulw surowych

The applying of herbicides and their mixtures on the productivity of potato plant and darkening of raw tuber flesh

Wyniki badań pochodzą z doświadczenia polowego przeprowadzonego w latach 2007–2010 w RSD Zawady. Doświadczenie założono jako dwuczynnikowe w układzie split-plot w trzech powtórzeniach. W doświadczeniu badano dwa czynniki: I czynnik — odmiany ziemniaka: Satina, Tajfun, Cekin. II czynnik — pięć sposobów odchwaszczania: 1. pielęgnacja mechaniczna — obiekt kontrolny, 2. Command 480 EC $0,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, 3. Command 480 EC $0,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ + Afalon Dyspersyjny $450 \text{ SC } 1,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, 4. Stomp $3,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, 5. Stomp $3,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ + Afalon Dyspersyjny $450 \text{ SC } 1,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Celem badań było określenie wpływu herbicydów na wydajność jednostkową i wybrane cechy wartości konsumpcyjnej bulw trzech odmian ziemniaka jadalnego. Największą masę bulw pod jedną rośliną i średnią masę jednej bulwy otrzymano u odmiany Tajfun odpowiednio $1351,9 \text{ g}$ i $123,1 \text{ g}$, zaś najmniejszą u odmiany Satina odpowiednio $985,7 \text{ g}$ i $93,1 \text{ g}$. Również sposoby zwalczania chwastów w istotny sposób różnicowały masę bulw z jednej rośliny oraz średnią masę jednej bulwy. Największą wartość omawianych cech zanotowano na obiekcie, na którym zastosowano mieszankę herbicydów Command 480 EC w dawce $0,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ + Afalon Dyspersyjny 450 SC w dawce $1,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Średnia masa jednej bulwy wyniosła — $126,8 \text{ g}$, a masa bulw z jednej rośliny — $1336,7 \text{ g}$. O ciemnieniu mięszu bulw surowych oznaczonych po 10 min. oraz po 4 godzinach decydowały zarówno właściwości odmianowe, sposoby odchwaszczania jak i warunki meteorologiczne panujące w poszczególnych latach badań. Największym ciemnieniem mięszu bulw surowych oznaczonym po 10 min. i po 4 godz. charakteryzowała się odmiana Cekin najmniejszym zaś Tajfun. Czynnikiem wywierającym istotny wpływ na ciemnienie mięszu bulw surowych były sposoby odchwaszczania. Warunki atmosferyczne w okresie wegetacji istotnie modyfikowały średnią masę jednej bulwy, masę i liczbę bulw pod jedną rośliną oraz stopień ciemnienia mięszu surowych bulw ziemniaka.

Słowa kluczowe: ciemnienie mięszu bulw surowych, herbicydy, odmiana, wydajność jednostkowa

The results of a field experiment conducted in the years 2007–2010 at the Zawady Experimental Station are presented in this paper. The experiment was a split-plot arrangement with three replicates. The following two factors were examined: three potato cultivars (Satina, Tajfun, Cekin) and five weed control methods (1. mechanical cultivation – a control, 2. Command 480 EC 0.2 dm³·ha⁻¹, 3. Command 480 EC 0.2 dm³·ha⁻¹ + Afalon 450 SC 1.0 dm³·ha⁻¹, 4. Stomp 3.5 dm³·ha⁻¹, 5. Stomp 3.5 dm³·ha⁻¹ + Afalon 450 SC 1.0 dm³·ha⁻¹). The purpose of the study was to determine the effect of herbicides on the productivity of one potato plant and selected attributes of tuber cooking quality of three edible potato cultivars. The greatest weight of tubers produced by one plant and the greatest average weight of one tuber were determined for cultivar Tajfun, 1351.9 and 123.1 g respectively, whereas the lowest values were recorded for cultivar Satina, 985.7 g and 93.1 g, respectively. The weed control methods significantly influenced the weight of tubers formed by one plant and the average weight of one tuber. The greatest values of both the traits were recorded in plots treated with a mixture of Command 480 EC applied at the rate of 0.2 dm³·ha⁻¹ and Afalon 450 SC at the rate of 1.0 dm³·ha⁻¹. The average weight of one tuber was 126.8 g whereas the weight of tubers produced by one plant was 1336.7 g. The study demonstrated that the darkening of raw tuber flesh determined after 10 min. and 4 hours was cultivar-related and also influenced by the weed control methods and weather conditions in individual study years. Both, after 10 min. and 4 hours, tubers of cultivar Cekin darkened most and ones of the cultivar Tajfun - least. Weed control methods significantly affected the darkening of raw tuber flesh. The weather conditions during the growing seasons significantly affected the average weight of one tuber, the weight and number of tubers formed by one plant and darkening of raw tuber flesh.

Key words: cultivar, darkening of raw tuber flesh, herbicides productivity of one plant

WSTĘP

Wieloletnie badania dotyczące ochrony ziemniaka przed chwastami, wskazują na celowość stosowania preparatów zawierających dwie, lub więcej substancji aktywnych. Mieszaniny herbicydów są bardziej skuteczne w ograniczaniu zachwaszczenia, co z kolei wpływa na wzrost plonu i strukturę bulw ziemniaka oraz ich jakość (Gugła i Zarzecka, 2010 a; Gugła i in., 2009; Rola i Rola, 1996; Rymaszewski i in., 1996).

Ziemniak jadalny oprócz takich cech jakościowych, jak zawartość suchej masy, zawartość skrobi, powinien charakteryzować się wysokim poziomem wskaźników określających jego użytkowość, jak smak oraz ciemnienie mięszu bulw surowych Zarzecka i Gugła (2004).

Celem badań było określenie wpływu herbicydów na wydajność jednostkową i wybrane cechy wartości konsumpcyjnej bulw trzech odmian ziemniaka jadalnego.

MATERIAŁ I METODY

Wyniki badań pochodzą z doświadczenia polowego przeprowadzonego w latach 2007–2010 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady należącej do Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Doświadczenie założono jako dwuczynnikowe w układzie split-plot w trzech powtórzeniach.

W doświadczeniu badano dwa czynniki:

I. czynnik — odmiany ziemniaka: Satina, Tajfun, Cekin.

II czynnik — pięć sposobów odchwaszczania:

— 1. pielęgnacja mechaniczna — obiekt kontrolny,

- 2. pielęgnacja mechaniczno-chemiczna, tj. do wschodów obredlanie połączone z bronowaniem, a około 7 dni przed wschodami herbicyd Command 480 EC $0,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$,
- 3. pielęgnacja mechaniczno-chemiczna, tj. do wschodów obredlanie połączone z bronowaniem, a około 7 dni przed wschodami opryskiwanie mieszaniną herbicydów Command 480 EC $0,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ + Afalon Dyspersyjny 450 SC $1,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$,
- 4. pielęgnacja mechaniczno-chemiczna, tj. do wschodów obredlanie połączone z bronowaniem, a około 7 dni przed wschodami herbicyd Stomp $3,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$,
- 5. pielęgnacja mechaniczno-chemiczna, tj. do wschodów obredlanie połączone z bronowaniem, a około 7 dni przed wschodami opryskiwanie mieszaniną herbicydów Stomp $3,5 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ + Afalon Dyspersyjny 450 SC $1,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

Przed przystąpieniem do zbioru doświadczenia ze wszystkich poletek wykopano losowo bulwy spod 10 roślin ziemniaka (z wyłączeniem roślin brzeżnych). W próbach tych określono liczbę bulw pod jedną rośliną, masę bulw z jednej rośliny i wyliczono średnią masę jednej bulwy (masę bulw spod jednej rośliny podzielono przez liczbę bulw pod jedną rośliną). Ocenę ciemnienia miąższu bulw surowych wykonano na przekroju podłużnym po 10 minutach oraz 4 godzinach w skali 1–9 według barwnych tablic skali duńskiej (Roztropowicz i in., 1999).

Tabela 1

Warunki pogodowe w okresie wegetacji ziemniaka (2008–2010)
Weather conditions during potato growing seasons (2008–2010)

Rok Yers	Miesiąc Month						IV-IX
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Opady — Rainfalls (mm)							Suma — Sum
2008	28,2	85,6	49,0	69,8	75,4	63,4	371,4
2009	8,1	68,9	145,2	26,4	80,9	24,9	354,4
2010	10,7	93,2	62,6	77,0	106,3	109,9	459,7
Suma z wielolecia Multiyear sum (1987–2000)	38,6	44,1	52,4	49,8	43,0	47,3	275,2
Temperatura powietrza — Air temperature (°C)							Średnio — Mean
2008	9,1	12,7	17,4	18,4	18,5	12,2	14,7
2009	10,3	12,9	15,7	19,4	17,7	14,6	15,1
2010	8,9	14,0	17,4	21,6	19,8	11,8	15,6
Średnia z wielolecia Multiyear mean (1987–2000)	7,8	12,5	17,2	19,2	18,5	13,1	14,7
Współczynnik hydrotermiczny Sielanianowa — Sielanianov's hydrothermic coefficients*							Średnio — Mean
2008	1,04	2,18	0,94	1,25	1,36	1,73	1,39
2009	0,26	1,72	3,08	0,44	1,48	0,57	1,28
2010	0,40	2,14	1,20	1,15	1,74	3,10	1,61

*Wartość współczynnika — Coefficient value (Bac i in., 1998)

< 0,5 — Silna posucha — Strong drought

0,51–0,69 — Posucha — Mild drought

0,70–0,99 — Słaba posucha — Weak drought

≥ 1 — Brak posuchy — Lack of drought

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).

Poszczególne okresy wegetacyjne w trakcie prowadzenia badań cechowały się zmiennymi warunkami atmosferycznymi (tab. 1). Największą liczbę opadów zanotowano w okresie wegetacyjnym w 2010 roku — 459,7 mm a średnia temperatura powietrza była wyższa o 1,28°C w porównaniu do średniej wieloletniej. Najmniejszą sumę opadów — 354,4 mm odnotowano w 2009 roku średnia temperatura była wyższa o 0,9°C. Sezon wegetacyjny 2008 cechował się sumą opadów na poziomie 371,4 mm a temperatura powietrza nie odbiegała od normy z wieloletniej i wynosiła 14,9°C. Według obliczonego współczynnika hydrotermicznego Sielanianowa sezony wegetacyjne 2008, 2009 i 2010 roku charakteryzowały się brakiem posuchy, jednakże w na przemian występowały miesiące o skrajnych warunkach od silnej posuchy po brak posuchy.

WYNIKI I DYSKUSJA

Masa bulw z jednej rośliny, średnia masa jednej bulwy jak również liczba bulw z jednej rośliny są to cechy, które decydują o wydajności ziemniaka z jednostki powierzchni. Z przeprowadzonych badań wynika, że istotny wpływ zarówno na masę bulw z jednej rośliny jak również na średnią masę jednej bulwy miały uprawiane odmiany ziemniaka natomiast nie wywarły istotnego wpływu na liczbę bulw pod jedną rośliną (tab. 2). Największą masę bulw pod jedną rośliną i średnią masę jednej bulwy otrzymano u odmiany Tajfun odpowiednio 1351,9 g i 123,1 g, zaś najmniejszą w przypadku odmiany Satina odpowiednio 985,7 g i 93,1 g. Wyniki te znalazły potwierdzenie w badaniach Krzysztofik i in. (2009) oraz Gugały i Zarzeckiej (2010 b), którzy również wykazali istotny wpływ testowanych odmian zarówno na średnią masę jednej bulwy jak i masę bulw pod jedną rośliną.

Sposoby zwalczania chwastów w istotny sposób różnicowały także masę bulw z jednej rośliny oraz średnią masę jednej bulwy. Największą wartość omawianych cech zanotowano na obiekcie, na którym zastosowano mieszaninę herbicydów Command 480 EC w dawce $0,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ + Afalon Dyspersyjny 450 SC w dawce $1,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Średnia masa jednej bulwy wyniosła — 126,8 g, a masa bulw z jednej rośliny — 1336,7 g. Najniższe wartości jednostkowo uzyskano na obiekcie kontrolnym pielęgnowanym wyłącznie mechanicznie. Wyniki te są zbieżne z badaniami przeprowadzonymi Urbanowicza (2010 a) oraz Krzysztofik i in. (2009), z których wynika, że masa jednostkowa bulw jest uzależniona od ochrony plantacji ziemniaka przed chwastami, a ograniczenie pielęgnacji obniża znacząco te parametry. Natomiast Rychcik i in. (2004) wykazała, że stosowane w doświadczeniu herbicydy wpływają również na liczbę bulw z 1 rośliny.

Otrzymane wyniki badań wykazały, że średnia masa jednej bulwy oraz masa i liczba bulw pod jedną rośliną była zróżnicowana także przez warunki meteorologiczne panujące w poszczególnych sezonach wegetacyjnych. Również zdaniem wielu autorów Zarzyńskiej (2010), Krzysztofik i in. (2009) oraz Gugały i Zarzeckiej (2010 b) zmienne warunki pogodowe panujące w poszczególnych latach badań mają istotną wpływ na wydajność pojedynczą roślin ziemniaka.

Tabela 2

Wpływ czynników doświadczenia na parametry plonu
The impact of experimental factors on yield parameters

Czynniki doświadczenia Experimental factors	Wydajność jednostkowa bulw ziemniaka Single potato plant productivity		
	masa bulw z jednej rośliny weight of tubers per one plant (g)	liczba bulw z jednej rośliny number of tubers per one plant	średnia masa jednej bulwy mean weight of one tuber
Cekin	1134,1	11,69	98,64
Satina	985,7	10,92	93,09
Tajfun	1351,9	11,62	123,06
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	78,7	r.n., n.s.	11,4
1. Obiekt kontrolny — Control object	941,6	11,28	84,40
2. Command 480 EC — 0,2 dm ³ ·ha ⁻¹	1136,3	11,58	100,88
3. Command 480 EC 0,2 l·ha ⁻¹ + Afaon Dyspersyjny 450 SC 1,0 l·ha ⁻¹	1336,7	11,18	126,82
4. Stomp 3,5 l·ha ⁻¹	1082,9	11,61	96,47
5. Stomp 3,5 l·ha ⁻¹ + Afaon Dyspersyjny 450 SC 1,0 l·ha ⁻¹	1288,6	11,39	117,07
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	108,7	r.n., n.s.	14,8
2008	1599,8	11,07	150,35
2009	877,2	12,58	70,06
2010	994,7	10,58	94,39
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	78,1	0,82	11,4

Z badań Sawickiej (2000) oraz Homouza i in. (2005) wynika, że cechy morfologiczne oraz właściwości miąższu są uwarunkowane przede wszystkim genetycznie jednakże mogą zmieniać się również pod wpływem zabiegów agrotechnicznych oraz warunków pogodowych.

Wyniki badań Dworaka i Remesovej (1999) oraz Laaniste i in. (1999) dowodzą, że stosowanie herbicydów może wpływać na zmiany cech jakościowych bulw ziemniaka w tym na wzrost ciemnienia miąższu bulw surowych.

O ciemnieniu miąższu bulw surowych oznaczonych po 10 min. oraz po 4 godzinach decydowały zarówno właściwości odmianowe, sposoby odchwaszczania, jak i warunki meteorologiczne panujące w poszczególnych latach badań (tab. 3). Największym ciemnieniem miąższu bulw surowych oznaczonym po 10 min. i po 4 godz. charakteryzowała się odmiana Cekin (8,86 i 7,74 w 9° skali) najmniejszym zaś Satina (8,95 i 8,40 w 9° skali). Również o wpływie odmian na badaną cechę donoszą w swoich badaniach Sawicka i in. (2006), Zarzyńska i Goliszewski (2006) oraz Urbanowicz (2010 b).

Czynnikiem wywierającym istotny wpływ na ciemnienie miąższu bulw surowych oznaczonym po 10 minutach oraz po 4 godzinach były sposoby odchwaszczania. Najbardziej ciemniały bulwy zebrane z obiektów, na których zastosowano mieszanie herbicydów, tj. 3. (pielęgnacja mechaniczno-chemiczna, do wschodów obredlanie połączone z bronowaniem, a około 7 dni przed wschodami opryskiwanie mieszaniną herbicydów Command 480 EC 0,2 dm³·ha⁻¹ + Afaon Dyspersyjny 450 SC 1,0 dm³·ha⁻¹) i 5. (pielęgnacja mechaniczno-chemiczna, tj. do wschodów obredlanie połączone z bronowaniem, a około 7 dni przed wschodami opryskiwanie mieszaniną herbicydów

Stomp 3,5 dm³·ha⁻¹ + Afalon Dyspersyjny 450 SC 1,0 dm³·ha⁻¹). Najmniejsze ciemnienie miąższu oznaczone po 10. minutach — średnio 8,97° oraz po 4. godzinach — średnio 8,23° zanotowano na obiekcie kontrolnym pielęgnowanym wyłącznie mechanicznie. Wyniki te są zbieżne z wcześniejszymi badaniami Zarzeckiej i in. (2006) oraz Rymuzy i in. (2013), którzy wykazali istotny wpływ mieszanin herbicydowych na ciemnienie miąższu bulw surowych, natomiast mieszaniny herbicydowe stosowane łącznie z adiutantem nie miały wpływu na ciemnienie miąższu. Również zdaniem Sawickiej i in. (2006) do większego stopnia ciemnienia miąższu bulw surowych i gotowanych w systemie integrowanym mogły się przyczynić także stosowane pestycydy. Natomiast Urbanowicz (2010 b) nie stwierdził istotnego wpływu stosowania powschodowo Sencoru na ciemnienie miąższu bulw surowych.

Tabela 3

Wpływ czynników doświadczenia na ciemnienie miąższu bulw surowych
The impact of experimental factors on darkening of raw tuber flesh

Czynniki doświadczenia Experimental factors	Ciemnienie miąższu bulw surowych Darkening of raw tubers	
	po 10 minutach after 10 minutes	po 4 godzinach after 4. hours
Cekin	8,86	7,74
Satina	8,95	8,40
Tajfun	8,92	8,09
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,06	0,15
1. Obiekt kontrolny — Control object	8,97	8,23
2. Command 480 EC — 0,2 dm ³ ·ha ⁻¹	8,92	8,11
3. Command 480 EC 0,2 l·ha ⁻¹ + Afalon Dyspersyjny 450 SC 1,0 l·ha ⁻¹	8,88	7,98
4. Stomp 3,5 l·ha ⁻¹	8,91	8,08
5. Stomp 3,5 l·ha ⁻¹ + Afalon Dyspersyjny 450 SC 1,0 l·ha ⁻¹	8,87	7,98
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,08	0,19
2008	8,96	8,36
2009	8,92	8,20
2010	8,85	7,67
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,06	0,15

Warunki atmosferyczne w okresie wegetacji również istotnie modyfikowały stopień ciemnienia miąższu surowych bulw ziemniaka. Największe ciemnienie zaobserwowano w sezonie wegetacyjnym 2010, gdzie w miesiącach sierpień i wrzesień zanotowano opady powyżej 100 mm. Analogiczną zależność odnotowała w swoich badaniach Płaza i Soszyński (2010). Sawicka i in. (2006) wykazała, że pogoda słoneczna i sucha bardziej sprzyjała zachowaniu jasnej barwy miąższu bulw surowych.

WNIOSKI

1. Na całkowita masę bulw i średnią masę jednej bulwy w istotny sposób wpływały uprawiane w doświadczeniu odmiany, stosowane sposoby odchwaszczania oraz warunki atmosferyczne w latach badań.

2. Zarówno stosowane w badaniach herbicydy, jak i uprawiane odmiany nie miały istotnego wpływu na liczbę bulw z jednej rośliny, cecha ta była modyfikowana wyłącznie przez warunki meteorologiczne panujące w poszczególnych sezonach wegetacyjnych.
3. Stosowane w doświadczeniu herbicydy i ich mieszaniny miały wpływ na ciemnienie miąższu bulw surowych. Najbardziej ciemniały bulwy zebrane z obiektów, na których zastosowano mieszaninę herbicydów Command 480 EC + Afalon Dyspersyjny 450 SC oraz Stomp + Afalon Dyspersyjny 450 SC, natomiast najmniejszym ciemnieniem miąższu cechowały się bulwy zebrane z obiektu kontrolnego.
4. Ciemnienie miąższu bulw surowych było w dużym stopniu uzależnione od cech odmianowych i warunków atmosferycznych w poszczególnych sezonach wegetacyjnych.

LITERATURA

- Bac S., Koźmiński Cz., Rojek M. 1998. Agrometeorologia. PWN, Warszawa: 274.
- Dworak J., Remesova I. 1999. Sensitivity of potatoes to post-emergence application of metribuzin and bentazon. Rost. Vyr. 45 (11): 477 — 486.
- Gugąła M., Zarzecka K. 2010 a. Zachwaszczenie i plonowanie ziemniaka w zależności od sposobów pielęgnacji. Biul. IHAR 255: 59 — 65.
- Gugąła M., Zarzecka K., 2010 b. Kształtowanie się wydajności pojedynczej rośliny ziemniaka pod wpływem zabiegów pielęgnacyjnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 557: 85 — 93.
- Gugąła M., Zarzecka K., Baranowska A. 2009. Oddziaływanie sposobów uprawy roli i pielęgnacji na jednostkową wydajność ziemniaka. Biul. IHAR 251: 207 — 214.
- Hamouz K., Lachman J., Dvořák P., Pivec V. 2005. The effect of ecological growing on the potatoes yield and quality. Plant Soil Environ. 51 (9): 397 — 402.
- Krzysztofik B., Marks N., Baran D. 2009. Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na ilościowe cechy plonu bulw ziemniaka. Inż. Roln. 5 (114): 123 — 129.
- Laaniste P., Joudu J., Lohmus A., Jeremejev V. 1999. Mechanical and chemical weed control influence to the potato weediness, yield and quality Estonian Agric. Univ. Agron. 203: 106 — 110.
- Plaża A., Soszyński J. 2010. Wpływ wsiewek międzyplonowych na cechy konsumpcyjne bulw ziemniaka odmiany Syrena. Biul. IHAR 257/258: 145 — 152.
- Rola J., Rola H. 1996. Problemy zwalczania chwastów we współczesnym rolnictwie. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rol., 290: 153 — 162.
- Roztropowicz S., Czerko Z., Głuska M., Goliński W., Gruczek T., Lis B., Lutomińska B., Nowacki W., Wierzejska-Bujakowska A., Zarzyńska K., Zgórska K. 1999. Metodyka obserwacji pomiarów i pobierania prób w agrotechnicznych doświadczeniach z ziemniakiem. Wyd. IHAR, Oddział w Jadwisinie: 1 — 50.
- Rychcik B., Tyburski J., Zawislak K. 2004. Kształtowanie się plonu i jakości bulw ziemniaka pod wpływem zmianowania i ochrony roślin. Annales UMCS Sec. E, 59: 1283 — 1288.
- Rymaszewski J., Sobiech S., Więckowski A. 1996. Przydatność herbicydów i ich mieszanek do przed i powstającego zwalczania chwastów w ziemniakach. Prog. in Plant Protection / Post. w Ochr. Roślin, 36 (2): 314 — 316.
- Rymuza K., Zarzecka K., Gugąła M., 2013: Przydatność wielowymiarowej analizy porównawczej do oceny jakości bulw ziemniaka. Fragm. Agron. 30 (2): 134 — 142.
- Sawicka B. 2000. Wpływ technologii produkcji na jakość bulw ziemniaka. Pam. Puł. 120: 391 — 401.
- Sawicka B., Kuś J., Barbaś P. 2006. Ciemnienie miąższu bulw ziemniakach ekologicznego i integrowanego systemu uprawy. Pam. Puł. 142: 445 — 457.
- Trętowski J., Wójcik R. 1991. Metodyka doświadczeń rolniczych. Wyd. WSRP Siedlce: 500 ss.

- Urbanowicz J. 2010 a. Fitotoksyczna reakcja pięciu odmian ziemniaka na powschodowe stosowanie metrybuzyny. Cz. I. Wpływ na plon bulw i jego strukturę. Biul. IHAR 257/258: 185 — 196.
- Urbanowicz J. 2010 b. Fitotoksyczna reakcja pięciu odmian ziemniaka na powschodowe stosowanie metrybuzyny. Cz. I. Wpływ na wybrane cechy jakości bulw. Biul. IHAR 257/258: 197 — 205.
- Zarzecka K., Gugła M. 2004. Wpływ sposobów pielęgnacji ziemniaka na cechy kulinarne bulw. Annales UMCS Sec. E, 59: 1489 — 1495.
- Zarzecka K., Gugła M., Mystkowska I. 2006. Oddziaływanie herbicydów i sposobów uprawy roli na wybrane cechy wartości konsumpcyjnej bulw ziemniaka jadalnego. Prog. in Plant Protection / Post. w Ochr. Roślin, 46 (2): 288 — 290.
- 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.
- Zarzyńska K., Goliszewski W. 2006. Uprawa ziemniaka w systemie ekologicznym i integrowanym a jakość plonu bulw. Pam. Puł. 142: 617 — 626.

KRYSTYNA ZARZECKA¹**MAREK GUGAŁA**¹**HONORATA DOŁĘGA**¹**ALICJA BARANOWSKA**²¹ Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny, Siedlce² Instytut Rolnictwa, Państwowa Szkoła Wyższa, Biała Podlaska

Występowanie *Streptomyces scabies* na bulwach ziemniaka uprawianego w warunkach pielęgnacji mechaniczno-chemicznej

Occurrence of common scab (*Streptomyces scabies*) on potato tubers in conditions of mechanical and chemical crop cultivation

Wyniki badań pochodzą z doświadczenia polowego przeprowadzonego w latach 2008–2010 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej należącej do Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Doświadczenie założono metodą losowanych podbloków jako dwuczynnikowe w trzech powtórzeniach. Czynnikiem I rzędu były odmiany ziemniaka: Cekin, Satina, Tajfun, czynnikiem II rzędu — sposoby odchwaszczania z udziałem herbicydów i ich mieszanin: Command 480 EC, Command 480 EC i Afalon Dyspersyjny 450 SC, Stomp 400 SC, Stomp 400 SC i Afalon Dyspersyjny 450 SC oraz obiekt kontrolny — pielęgnacja mechaniczna. Objawy parcha zwykłego oceniano w 9-stopniowej skali na 100 bulwach pobranych losowo z poszczególnych obiektów doświadczenia. Badania dowiodły, że zastosowane sposoby odchwaszczania z udziałem herbicydów w istotny sposób wpłynęły na ograniczenie występowania parcha zwykłego na bulwach oraz na średni stopień porażenia próby i średni stopień porażenia bulw porażonych.

Słowa kluczowe: odmiany, parch zwykły, sposoby odchwaszczania, ziemniak

The results reported in this work come from a field experiment carried out at the University of Natural Sciences and Humanities in Siedlce in the years 2008–2010. The experiment was set in the split-plot design as a two-factorial, three-replication trial. The factors examined were as follows: factor I — potato cultivars: Cekin, Satina, Tajfun, factor II — weed control methods for application herbicides and their mixtures: Command 480 EC, Command 480 EC and Afalon Dyspersyjny 450 SC, Stomp 400 SC, Stomp 400 SC and Afalon Dyspersyjny 450 SC and control object — mechanical weeding. Symptoms produced by the common scab were evaluated using a nine-grade scale on 100 tubers chosen at random from the experimental objects. The results demonstrated that weed control methods with herbicides significantly reduced the infection of tubers with common scab, mean degree of sample infestation and mean degree of tubers infestation.

Key words: common scab, cultivars, potato, weed control methods

WSTĘP

Choroby występujące na bulwach ziemniaka mogą prowadzić do obniżenia ich jakości i wartości handlowej. Parch zwykły ziemniaka jest najczęściej występującą chorobą skórki, którą powodują bakterie *Streptomyces scabies*. Objawia się on strupowatymi zgrubieniami, które, gdy występują w znacznych ilościach, mogą eliminować ziemniak z obrotu handlowego (Atiq i in., 2013; Sadowski, 2006). Choroby tej nie można całkowicie wyeliminować, ale można częściowo ograniczyć jej rozwój stosując prawidłową agrotechnikę (Baldo i Babiker, 2013; Kurzawińska, 1992; Lenc, 2009). Stan zdrowotny bulw zależy od wielu czynników, takich jak: warunki pogodowe, glebowe, odporność odmian, zabiegi agrotechniczne na plantacji (Bolińska i in., 2004; Głuska, 2002; Gugala i in., 2007; Rębarz i Borówczak, 2009; Singhai i Sarma, 2011). Nowacki (2006) stwierdził, że straty plonu ogólnego spowodowane przez porażenie bulw parchem zwykłym przekraczały nawet 8%. Udział w plonie bulw porażonych przez *Streptomyces scabies* może być duży i osiągać nawet 60–100% (Lenc, 2009; Sawicka i Krochmal-Marczak, 2009). Burgiel i Gleń (1997), Gruczek (2001), Klikocka (2000) uważają, że herbicydy chroniąc rośliny ziemniaka przed chwastami, niszczą jednocześnie źródła infekcji różnych chorób.

Przeprowadzone badania miały na celu określenie, czy zastosowanie zabiegów mechaniczno-chemicznych regulujących zachwaszczenie przyczynia się do poprawy ilości, a tym samym jakości plonu bulw ziemniaka.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2008–2010 metodą losowanych podbloków, w układzie split-plot, w trzech powtórzeniach, jako dwuczynnikowe. Eksperyment założono na glebie zaliczanej do kompleksu żytanego bardzo dobrego, klasy IVa, o odczynie lekko kwaśnym (2009) i kwaśnym (lata 2007 i 2008). Czynnikiem I rzędu były odmiany ziemniaka — Cekin, Satina, Tajfun, a czynnikiem II rzędu — sposoby odchwaszczania: 1. pielęgnacja mechaniczna do i po wschodach rośliny uprawnej, 2. pielęgnacja mechaniczno-chemiczna z herbicydem Command 480 EC w dawce $0,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, 3. pielęgnacja mechaniczno-chemiczna z mieszaniną herbicydów Command 480 EC w dawce $0,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ i Afalon Dyspersyjny $1,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, 4. pielęgnacja mechaniczno-chemiczna z herbicydem Stomp 400 SC stosowanym w dawce $3,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, 5. pielęgnacja mechaniczno-chemiczna z mieszaniną herbicydów Stomp 400 SC w dawce $3,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ i Afalon Dyspersyjny $1,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Odmiany uprawiane w doświadczeniu charakteryzowały się podwyższoną odpornością na parcha zwykłego: Cekin — ocena 6,5, Satina — ocena 6,5, Tajfun — ocena 6,0 w skali 1–9 (Chotkowski i Stypa, 2010; Lista opisowa odmian, 2011).

Oceny porażenia parchem zwykłym dokonano bezpośrednio po zbiorze na 100 bulwach pobranych losowo z każdego obiektu doświadczenia (45 prób). Określono procentowy udział bulw porażonych, średni stopień porażenia próby i średni stopień porażenia bulw

porażonych w skali 1–9, gdzie 9 oznacza bulwy zdrowe, 6 — 16–20% powierzchni chorej, a 1 — ponad 50% powierzchni opanowanej przez parcha (Roztropowicz i in., 1999). Wyniki badań przekształcono za pomocą transformacji Bliss'a i opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji, a ocenę istotności różnic, przy poziomie $p = 0,05$ pomiędzy porównywalnymi średnimi testowano za pomocą wielokrotnych przedziałów Tukeya.

Tabela 1

Warunki meteorologiczne w okresie maj — lipiec w latach 2008–2010
Meteorological conditions over the period May — July in the years 2008–2010

Miesiące Months	Parametr	Dekady — Decades			Średnia/Suma Mean/Sum	Wielolecie Multiyear
		I	II	III		
2008						
Maj	Temperatura — Temperature (°C)	11,9	13,2	13,1	12,7	12,5
May	Opady — Rainfall (mm)	53,5	26,2	5,9	85,6	44,1
Czerwiec	Temperatura — Temperature (°C)	18,3	16,0	17,8	17,4	17,2
June	Opady — Rainfall (mm)	0,1	36,3	12,6	49,0	52,4
Lipiec	Temperatura — Temperature (°C)	17,6	18,3	19,4	18,4	19,2
July	Opady — Rainfall (mm)	44,3	9,9	15,6	69,8	49,8
2009						
Maj	Temperatura — Temperature (°C)	12,3	12,3	14,0	12,9	12,5
May	Opady — Rainfall (mm)	4,8	14,5	49,6	68,9	44,1
Czerwiec	Temperatura — Temperature (°C)	13,9	14,3	19,0	15,7	17,2
June	Opady — Rainfall (mm)	35,6	43,4	66,2	145,2	52,4
Lipiec	Temperatura — Temperature (°C)	19,2	19,7	19,4	19,4	19,2
July	Opady — Rainfall (mm)	14,9	3,9	7,6	26,4	49,8
2010						
Maj	Temperatura — Temperature (°C)	12,7	14,8	14,6	14,0	12,5
May	Opady — Rainfalls (mm)	30,3	41,2	21,7	93,2	44,1
Czerwiec	Temperatura — Temperature (°C)	18,6	16,7	16,9	17,4	17,2
June	Opady — Rainfalls (mm)	12,5	47,3	2,8	62,6	52,4
Lipiec	Temperatura — Temperature (°C)	20,2	23,9	20,6	21,6	19,2
July	Opady — Rainfalls (mm)	0,0	14,3	62,7	77,0	49,8

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza średnich trzyletnich wyników badań wykazała istotny wpływ sposobów odchwaszczania, uprawianych odmian i warunków pogodowych podczas wegetacji na procentowy udział bulw porażonych, średni stopień porażenia próby i średni stopień porażenia bulw porażonych (tab. 2–5). Zastosowanie zabiegów odchwaszczających z udziałem herbicydów i ich mieszanin zmniejszyło występowanie parcha zwykłego na bulwach wszystkich uprawianych odmian ziemniaka. Istotnie mniejszy udział bulw porażonych, stopień porażenia próby oraz średni stopień porażenia bulw porażonych, w porównaniu z obiektem kontrolnym, stwierdzono na wszystkich obiektach doświadczenia, na których aplikowano herbicydy i ich mieszaniny (tab. 2–4). Udowodnione statystycznie różnice, w obrębie wszystkich oznaczanych cech porażenia parchem, wykazano także pomiędzy obiektami odchwaszczanymi pojedynczym herbicydem i mieszaninami herbicydów, tj. 2 i 3 oraz 4 i 5. Według Boligłowy i in. (2004) stan zdrowotny bulw ziemniaka po zbiorze zależał od rodzaju użytego środka chwastobójczego. Z testowanych

substancji aktywnych: linuron, fluorochloridon, cyjanazyna, mieszanina metrybuzyna + fluorochloridon najsilniej ograniczały występowanie parcha zwykłego na bulwach. Natomiast inne preparaty (rimsulfuron + metrybuzyna, linuron + cyjanazyna) zwiększały procentowy udział bulw z objawami *Streptomyces scabies*. Burgiel i Gleń (1997) stwierdzili mniejsze nasilenie tej choroby pod wpływem stosowania linuronu. W badaniach Gugały i in. (2007) sposoby pielęgnacji nie miały istotnego wpływu na udział bulw z objawami parcha i stopień porażenia próby, tym nie mniej zaobserwowano tendencję do zmniejszania udziału bulw zainfekowanych po zastosowaniu herbicydów i ich mieszanin do odchwaszczania ziemniaka.

Tabela 2

Procentowy udział bulw porażonych parchem zwykłym w zależności od odmiany i sposobów odchwaszczania

Percentage of tubers infested by a common scab depending on the cultivar and weed control method

Sposoby odchwaszczania Weed control methods	Procent bulw porażonych — Percentage of infested tubers			
	odmiany — cultivars			średnio mean
	Cekin	Satina	Tajfun	
Obiekt kontrolny — pielęgnacja mechaniczna Control object — mechanical weeding	10,5	18,1	3,0	10,6
Command 480 EC	7,3	12,1	2,5	7,3
Command 480 EC + Afalon Dyspersyjny 450 SC	6,9	9,7	0,4	5,7
Stomp 400 SC	6,5	13,5	2,2	7,4
Stomp 400 SC i Afalon Dyspersyjny 450 SC	5,0	9,5	1,1	5,2
Średnio — Mean	7,3	12,6	1,8	7,2
NIR — LSD _{0,05}				
odmiany — cultivars				1,4
sposoby odchwaszczania — weed control methods				2,3
interakcja — interaction				3,4

Tabela 3

Średni stopień porażenia próby parchem zwykłym w zależności od odmiany i sposobów odchwaszczania

Mean degree of sample infestation by a common scab depending on the cultivar and weed control method

Sposoby odchwaszczania Weed control methods	Średni stopień porażenia próby (skala 1-9) Mean degree of sample infestation (scale 1-9)			
	odmiany — cultivars			średnio mean
	Cekin	Satina	Tajfun	
Obiekt kontrolny — pielęgnacja mechaniczna Control object — mechanical weeding	8,57	8,18	8,90	8,55
Command 480 EC	8,70	8,52	8,92	8,72
Command 480 EC + Afalon Dyspersyjny 450 SC	8,78	8,65	8,99	8,81
Stomp 400 SC	8,77	8,47	8,94	8,72
Stomp 400 SC i Afalon Dyspersyjny 450 SC	8,84	8,65	8,97	8,82
Średnio — Mean	8,73	8,50	8,95	8,72
NIR — LSD _{0,05}				
odmiany — cultivars				0,05
sposoby odchwaszczania —weed control methods				0,09
interakcja — interaction				0,13

Tabela 4

Średni stopień porażenia bulw porażonych parchem zwykłym w zależności od odmiany i sposobów odchwaszczania

Mean degree of tuber infestation by a common scab depending on the cultivar and weed control method

Sposoby odchwaszczania Weed control methods	Średni stopień porażenia bulw porażonych (skala 1–9) Mean degree of tuber infestation (scale 1–9)			
	odmiany — cultivars			średnio mean
	Cekin	Satina	Tajfun	
Obiekt kontrolny — pielęgnacja mechaniczna Control object — mechanical weeding	5,47	4,87	6,53	5,62
Command 480 EC	6,20	5,92	7,45	6,52
Command 480 EC + Afalon Dyspersyjny 450 SC	6,50	5,94	8,33	6,93
Stomp 400 SC	5,98	5,71	7,28	6,32
Stomp 400 SC i Afalon Dyspersyjny 450 SC	6,42	5,85	8,22	6,83
Średnio — Mean	6,12	5,65	7,56	6,45
NIR — LSD _{0,05}				
odmiany — cultivars				0,33
sposoby odchwaszczania — weed control methods				0,57
interakcja — interaction				r.n.-n.s.

r.n. — różnice nieistotne, n.s. — not significant differences

Najmniejszy udział bulw z objawami parcha oraz najmniejszy stopień porażenia bulw wystąpił u odmiany Tajfun, istotnie większy u odmiany Cekin, a największy u odmiany Satina, co świadczy o dużym zróżnicowaniu odmian, a jednocześnie wskazuje, że przy doborze odmian do produkcji należy kierować się ich odpornością na choroby. Znaczne różnice w stopniu porażenia odmian obserwowali również Atiq i in. (2013), Gawińska-Urbanowicz (2007), Lenc (2009), Sadowski (2006), Wróbel (2003). Ponadto Sawicka i Krochmal-Marczak (2009) oraz Sadowski i in. (2004) stwierdzili, że zróżnicowanie w nasileniu parcha zwykłego w większym stopniu zależy od roku prowadzenia badań aniżeli od odmian.

Wyniki uzyskane z oceny występowania parcha zwykłego na badanych odmianach nie w pełni były zgodne z odpornością na tę chorobę podaną przez IHAR i COBORU (Chotkowski i Stypa, 2010; Lista opisowa odmian, 2011). Do podobnych spostrzeżeń doszli Lenc i in. (2006). Również Wróbel (2006) wykazał, że dwie odmiany, których odporność według COBORU była jednakowa, różniły się udziałem bulw porażonych o ok. 30%. Zainfekowanie bulw ziemniaka parchem zwykłym jest uwarunkowane genetycznie, ale jak wynika z badań własnych i wyżej wymienionych autorów, w znacznym stopniu zależy też od warunków środowiskowych. Wielu autorów uważa, że na występowanie parcha zwykłego duży wpływ mają przede wszystkim warunki klimatyczne. Mała wilgotność gleby, szczególnie w czasie tuberyzacji, stwarza korzystne warunki dla rozwoju *Streptomyces scabies* (Gugała i in., 2007; Kurzawińska, 1992; Lenc, 2009; Szutkowska i Lutomirska, 2002; Wróbel, 2003). Natomiast Lutomirska (2008) stwierdziła, że głównym czynnikiem meteorologicznym, który determinował porażenie bulw parchem zwykłym była temperatura gleby w okresie wiązania i wczesnego wzrostu bulw. W ocenianym okresie udział bulw porażonych w zebranych plonie był niewielki, wynosił średnio 7,2% (tab. 5).

Tabela 5

Porażenie bulw ziemniaka parchem zwykłym w latach badań (w % i skali 1–9)
Infestation of potato tubers by a common scab in the years of study (in % and scale 1–9)

Wyszczególnienie Specification	Lata Years			Średnio Mean	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
	2008	2009	2010		
Procent bulw porażonych Percentage of infested tubers	7,6	11,7	2,4	7,2	1,4
Średni stopień porażenia próby (skala 1–9) Mean degree of sample infestation (scale 1–9)	8,75	8,48	8,94	8,72	0,05
Średni stopień porażenia bulw porażonych (skala 1–9) Mean degree of tuber infestation (scale 1–9)	5,97	5,60	7,77	6,45	0,33

Również Gawińska-Urbanowicz (2007) stwierdziła niewielkie zagrożenie odmian średnio wczesnych parchem zwykłym, a ich udział w plonie wynosił przeciętnie 8,2%. Natomiast Sawicka i Krochmal-Marczak (2009) analizując wpływ biostymulatorów, odmian i lat badań wykazały, że średni udział bulw porażonych *Streptomyces scabies* wynosił 68,3% i w największym stopniu zależał od warunków pogodowych podczas wegetacji. W prowadzonych badaniach wykazano, że procentowy udział bulw porażonych, średni stopień porażenia próby jak i średni stopień porażenia bulw porażonych zależały od warunków meteorologicznych w latach badań. Najmniejsze nasilenie choroby wystąpiło w 2010 roku, w którym temperatury powietrza w okresie początkowego wzrostu i wiązania bulw były największe (czerwiec, lipiec). Potwierdzają to spostrzeżenia Lutomirskiej (2008), że pomiędzy temperaturą a udziałem bulw porażonych parchem zwykłym występuje zależność prostoliniowa ujemna. Oznacza to, że wraz ze wzrostem temperatury w zakresie ok. 19–25°C następuje pogorszenie warunków dla rozwoju patogena. Warunki wilgotnościowe w okresie badawczym były zróżnicowane. Największe opady w maju i lipcu wystąpiły w 2010 roku, natomiast w czerwcu w 2009 roku (145,2 mm) i były one aż trzykrotnie większe w porównaniu do okresu wieloletniego. Liczni autorzy (Lenc, 2009; Sawicka i Krochmal-Marczak, 2009; Szutkowska, 2002; Wróbel, 2003, 2006) uważają, że choroba bardziej się nasila w warunkach mniejszej wilgotności, a nawet suchej aury w okresie tuberyzacji. Badania Jankowskiej i Lutomirskiej (2013) prowadzone na 125 genotypach różnej wczesności wykazały, że wraz ze wzrostem sumy opadów w okresie kwitnienia następowało ograniczenie nasilenia zmian chorobowych powodowanych przez parcha zwykłego na bulwach. Kapsa i Gawińska-Urbanowicz (2013) obserwowały corocznie przez cztery lata występowanie głównych chorób ziemniaka w 9-11 województwach i odnotowały, że średnie porażenie roślin parchem zwykłym wahało się między 10,8-21,2% w zależności od lat i terenu badań. Ponadto stwierdziły, że monitorowanie plantacji pod kątem chorób wywoływanych przez bakterie jest niezwykle ważne z powodu nowych źródeł infekcji i dużych zmian w składzie sprawców tych chorób.

Lenc i in. (2006) stwierdzili, że prawidłowa pielęgnacja, wykonany w optymalnym terminie i warunkach pogodowych zbiór, ograniczały porażenie bulw *Streptomyces scabies* i *Fusarium* spp.

WNIOSKI

1. Udział bulw z objawami parcha, średni stopień porażenia próby i średni stopień porażenia bulw porażonych parchem zwykłym były istotnie determinowane przez sposoby odchwaszczania, uprawiane odmiany i warunki pogodowe podczas wegetacji ziemniaka.
2. Herbicydy i ich mieszaniny zastosowane do odchwaszczania plantacji ograniczały porażenia bulw wywołane przez *Streptomyces scabies*, co przyczyniło się do poprawy jakości plonu ziemniaka.
3. Najmniejszy udział bulw z objawami parcha oraz najmniejszy stopień porażenia bulw stwierdzono u odmiany Tajfun, a istotnie większy u pozostałych uprawianych w doświadczeniu odmian, co sugeruje, że właściwy dobór odmian stwarza możliwości ograniczenia występowania parcha zwykłego.
4. Warunki atmosferyczne w okresie wegetacji wpływały istotnie na występowanie parcha zwykłego. W 2010 roku, w którym temperatury powietrza w okresie początkowego wzrostu i wiązania bulw były największe (czerwiec, lipiec) infekcja bulw parchem zwykłym była najmniejsza.

LITERATURA

- Atiq M., Khalid A. R., Hussian W., Nawaz A., Asad S., Ahmad T. M. 2013. Genetic potential of potato germplasm against common scab disease caused by *Streptomyces scabies*. Pak. J. Phytopathol. 25 (01): 27 — 30.
- Baldo N. H., Babiker M. Y. 2013. Effect of some cultural practices on common scab (*Streptomyces scabies* [Thaxter]) of potato at two production sites in Khartoum State. Int. J. of Sudan Res. 3 (2): 149 — 166.
- Boligłowa E., Gleń K., Pisulewski P. 2004. Wpływ stosowania herbicydów na plonowanie i niektóre cechy jakości bulw ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 500: 391 — 397.
- Burgiel Z., Gleń K. 1997. Wpływ herbicydu Afalon na zdrowotność bulw ziemniaka. Pestycydy 3–4: 85 — 91.
- Choćkowski J., Stypa I. 2010. Odmiany ziemniaków. Charakterystyka tabelaryczna. Wyd. IHAR, Bonin: 1 — 12.
- Gawińska-Urbanowicz H. 2007. Ocena występowania chorób grzybowych i bakteryjnych ziemniaka w warunkach polowych. Biul. IHAR 243: 191 — 197.
- Głuska A. 2002. Wpływ warunków glebowych i rozkładu opadów na plon i niektóre cechy jakości bulw jako ograniczenia w produkcji ekologicznej ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 489: 113 — 121.
- Gruczek T. 2001. Efektywne sposoby walki z chwastami i ich wpływ na jakość bulw ziemniaka. Biul. IHAR 217: 221 — 231.
- Gugała M., Zarzecka K., Rymuza K. 2007. Wpływ uprawy roli i sposobu odchwaszczania plantacji ziemniaka na porażenie bulw parchem zwykłym (*Streptomyces scabies* Thaxt). Biul. IHAR 246: 127 — 133.
- Jankowska J., Lutomirska B. 2013. Środowiskowa i genotypowa zmienność występowania parcha zwykłego na bulwach zaawansowanych materiałów hodowlanych ziemniaka. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 53 (3): 538 — 544.
- Kapsa J., Gawińska-Urbanowicz H. 2013. Nasilenie sprawców chorób ziemniaka na terenie Polski w latach 2009–2013. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 53 (3): 545 — 551.
- Klikocka H. 2000. Wpływ stosowania różnych metod pielęgnowania i uprawy roli na porażenie bulw ziemniaka parchem zwykłym (*Streptomyces scabies* (Thaxt.) Waksman et Henrici). Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 38 (2): 634 — 636.
- Kurzawińska H. 1992. Wpływ zróżnicowanego nawożenia mineralnego oraz trzech terminów sadzenia wybranych odmian ziemniaka na występowanie parcha zwykłego (*Streptomyces scabies* (Thaxt) Waksman et Henrici). Zesz. Nauk. AR w Krakowie 267: 149 — 158.

- Lenc L. 2009. Występowanie *Streptomyces scabies* na bulwach ośmiu odmian ziemniaka uprawianego w systemie ekologicznym i integrowanym. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 40: 669 — 676.
- Lenc L., Sadowski Cz., Nowacki W. 2006. Wpływ podkielkowania sadzeniaków na występowanie parcha zwykłego (*Streptomyces scabies*) i suchej zgnilizny bulw (*Fusarium* spp.) sześciu odmian ziemniaka uprawianego systemem ekologicznym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 511: 337 — 345.
- Lista opisowa odmian. Rośliny rolnicze. 2011. Cz. 2. Wyd. COBORU, Słupia Wielka: 1 — 151.
- Lutomirska B. 2008. Wpływ czynników meteorologicznych na porażenie bulw ziemniaka parchem zwykłym. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 48 (1): 216 — 220.
- Nowacki W. 2006. Straty plonu handlowego ziemniaków powodowane przez choroby i szkodniki w 2005 roku. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 46 (1): 193 — 201.
- Rębarz K., Boróweżak F. 2009. Porażenie patogenami bulw ziemniaków odmiany Satina w zależności od deszczowania, technologii uprawy i nawożenia azotowego. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 49 (4): 1762 — 1766.
- Roztropowicz S., Czerko Z., Głuska A., Goliszewski W., Gruczek T., Lis B., Lutomirska B., Nowacki W., Rykaczewska K., Sowa-Niedziałkowska G., Szutkowska M., Wierzejska-Bujakowska A., Zarzyńska K., Zgórska K. 1999. Metodyka obserwacji, pomiarów i pobierania prób w agrotechnicznych doświadczeniach z ziemniakiem. Wyd. IHAR Radzików, Oddział Jadwisin: 1 — 50.
- Sadowski Cz. 2006. Stan zdrowotności polskiego ziemniaka i jej zagrożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 511: 37 — 51.
- Sadowski Cz., Pańka D., Lenc L. 2004. Porównanie zdrowotności bulw i kielków wybranych odmian ziemniaka uprawianych w systemie ekologicznym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 500: 373 — 381.
- Sawicka B., Krochmal-Marczak B. 2009. Wpływ stosowania nawozu dolistnego Insol 7 i bioregulatora Asahi SL na zdrowotność bulw kilku odmian ziemniaka. *Annales UMCS, E* 64 (2): 29 — 38.
- Singhai P. K., Sarma B. K. 2011. Phenolic acid content in potato peel determines natural infection of common scab caused by *Streptomyces* spp. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 27: 1559 — 1567.
- Szutkowska M., Lutomirska B. 2002. Wpływ środowiska i niektórych czynników agrotechnicznych na porażenie się bulw ziemniaka parchem zwykłym. *Biul. IHAR* 221: 153 — 166.
- Wróbel S. 2003. Porażenie bulw ziemniaka parchem i rizoktoniozą w zależności od zabiegów stosowanych w nasiennictwie. *Biul. IHAR* 228: 283 — 289.
- Wróbel S. 2006. Wpływ podkielkowania sadzeniaków na plon oraz porażenie bulw ospowością i parchem zwykłym. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 5 (1): 93 — 101.

JOANNA SOBCZAK

Instytut Ochrony Roślin — Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu

Możliwości rotacji środków ochrony roślin w strategii zapobiegania uodpornianiu się agrofagów ziemniaka

Possibilities of plant protection products rotation in strategy against spreading of resistance amongst potato pests

Do ochrony ziemniaka w Polsce zarejestrowanych mamy obecnie 40 insektycydów (19 substancji aktywnych), 71 fungicydów (25 substancji aktywnych) oraz 80 herbicydów (18 substancji aktywnych). Substancje aktywne środków reprezentują wiele różnych mechanizmów działania. Znajomość mechanizmów działania jest bardzo przydatna z uwagi na to, że zdarza się, że substancje należące do różnych grup chemicznych reprezentują ten sam mechanizm działania. Zatem przemienne stosowanie środków ochrony roślin zawierających substancje aktywne z różnych grup chemicznych nie zawsze stanowi skuteczne narzędzie zapobiegania odporności. Różnorodność pod względem sposobów działania środków ochrony roślin przeznaczonych do ochrony ziemniaka, zwłaszcza przed szczególnie podatnymi na wystąpienie odporności agrofagami takimi jak stonka ziemniaczana czy sprawca zarazy ziemniaka, pozwala na rotację preparatów i tym samym zapobieganie odporności. Zadowalające są możliwości rotacji herbicydów za wyjątkiem graminicydów, które działają tak samo. Dodatkowe możliwości rotacji środków są widoczne w grupie insektycydów, z uwagi na to, że w ostatnich latach zarejestrowano w Polsce środki zawierające nowe substancje aktywne o innych mechanizmach działania. Obecność dwóch różniących się sposobem działania substancji aktywnych w dużej liczbie zarejestrowanych fungicydów oraz w niektórych insektycydach i herbicydach stanowi dodatkowy, ważny element strategii zapobiegania odporności.

Słowa kluczowe: mechanizm działania, substancje aktywne, ochrona ziemniaka, odporność

There are currently 40 insecticides (19 active substances), 71 fungicides (25 active substances) and 80 herbicides (18 active substances) registered on the Polish market for the protection of potato. Active substances represent many various modes of action. The knowledge of modes of action is very useful because it is possible, that active substances from different chemical groups represent the same mode of action. That is why alternate application of plant protection products containing active substances from different chemical groups is not always an effective tool in resistance prevention. Diversity of plant protection products in respect of mode of action particularly against pests prone to resistance occurrence, like Colorado potato beetle and pathogen causing late blight, allows to rotate the preparations and prevent resistance. Herbicides rotation possibilities are satisfying except for

graminicides, which have the same mode of action. Additional possibilities of plant protection products rotation are visible in insecticide group, due to the fact that in recent years plant protection products containing new active substances, with different modes of action were registered in Poland. The presence of two active substances with various modes of action in a large number of fungicides and in some insecticides and herbicides is an additional, important element of resistance prevention strategy.

Key words: mode of action, active substances, potato protection, resistance

WSTĘP

Odporność jest naturalnie pojawiającym się, nieuniknionym dostosowaniem zdolności jednostek w populacji do przetrwania zastosowania środka ochrony roślin, który normalnie powodowałby efektywne zwalczanie tych jednostek (EPPO, 2002). Rozwój odporności jest elementem procesu ewolucji. Każdy organizm poddawany próbom usunięcia go ze środowiska, poprzez wykształcenie nowych cech przystosowawczych będzie dążył do zaadaptowania się do nowych warunków. Istotnym elementem w procesie rozwoju odporności jest presja selekcyjna. W odniesieniu do ochrony roślin wielokrotne stosowanie środków zawierających substancje aktywne o takim samym mechanizmie działania może prowadzić do stale zwiększającej się liczebności, rozwoju i ostatecznie dominacji agrofagów odpornych, przy jednoczesnym eliminowaniu osobników wrażliwych. Istnieje wiele różnych mechanizmów powstawania odporności. Część z nich jest charakterystyczna dla określonych grup agrofagów. Przykładowo tzw. odporność behawioralna dotyczy szkodników i polega na unikaniu lub ucieczce owada z miejsca potraktowanego insektycydem. Odporność jakościowa oraz odporność ilościowa specyficzne są dla patogenów grzybowych. Mechanizm powstawania odporności jakościowej polega na niemożności zadziałania substancji aktywnej w dotychczasowym miejscu wiązania, co jest konsekwencją mutacji w genie sterującym określonym szlakiem metabolicznym grzybów. Zdolność patogenu do przeżycia mimo kontaktu ze środkiem grzybobójczym, wynikająca ze zmian w wielu genach to odporność ilościowa. Charakterystyczne dla tego typu odporności jest to, że nie jest przekazywana dziedzicznie jako cecha dominująca, a po odstawieniu środków grzybobójczych populacja rozwija się dalej w kierunku pierwotnym (Bayer, 2013).

Inne znane mechanizmy odporności, które można przypisać dla różnych grup agrofagów to: odporność w miejscu działania (najczęściej mutacja punktowa w sekwencji genu prowadzi do takiej zmiany miejsca wiązania substancji aktywnej w organizmie szkodliwym, że substancja nie może zadziałać), odporność metaboliczna (zdolność do rozkładu substancji aktywnej w procesie metabolicznym na nieszkodliwe produkty przemiany materii), odporność penetracyjna (wolniejsze przyjmowanie przez odpornego agrofaga substancji aktywnej lub pobieranie mniejszej ilości w porównaniu z osobnikiem wrażliwym). Odporność agrofaga na kilka substancji aktywnych o określonym mechanizmie działania określana jest mianem odporności krzyżowej. Istnieje również zjawisko odporności wielokrotnej polegające na uodparnianiu się agrofaga na kilka substancji o różnych mechanizmach działania (Bayer, 2013).

Odporność agrofagów na środki ochrony roślin stanowi zagrożenie dla skutecznej ochrony wielu gatunków roślin uprawnych. Niezbędne jest zatem tzw. zarządzanie

odpornością poprzez realizację określonej strategii zapobiegawczej. Jednym z podstawowych narzędzi zapobiegania uodparnianiu się agrofagów jest przemienne stosowanie środków o różnym mechanizmie działania.

Celem niniejszej pracy była ocena możliwości rotacji środków ochrony roślin zawierających substancje aktywne o różnych mechanizmach działania, przeznaczonych do ochrony ziemniaka — uprawy wymagającej dużego użycia środków ochrony roślin zwłaszcza fungicydów czy insektycydów. W pracy przeanalizowano zarejestrowane obecnie insektycydy, herbicydy oraz fungicydy ze szczególnym uwzględnieniem zawartych w nich substancji aktywnych i ich mechanizmów działania.

MATERIAŁ I METODY

Przeanalizowano dostępny w serwisie internetowym Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi rejestr insektycydów, fungicydów oraz herbicydów dopuszczonych do obrotu i stosowania, mających zastosowanie w ochronie ziemniaka, aktualny na dzień 02.07.2013. Na podstawie rejestru sporządzono wykaz środków ochrony roślin wraz z substancjami aktywnymi. Na podstawie informacji zawartych w serwisach internetowych IRAC (Insecticide Resistance Action Committee), FRAC (Fungicide Resistance Action Committee) oraz HRAC (Herbicide Resistance Action Committee) określono mechanizmy działania substancji aktywnych, którym przypisano odpowiednie oznaczenia (IRAC 2013, FRAC I 2013, HRAC 2013). Jednocześnie na podstawie zebranych danych literaturowych przeanalizowano możliwości uodparniania się agrofagów ziemniaka na grupy substancji aktywnych o określonym mechanizmie działania.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zjawisko uodparniania się dotyczy wszystkich grup agrofagów. Proces ten, w miarę rozwoju obejmował swoim zasięgiem w skali światowej coraz to nowe gatunki najpierw szkodników roślin uprawnych (3 odporne gatunki w 1949, 179 w 1968 roku), następnie choć ze znacznym opóźnieniem pojawiły się odporne biotypy chwastów (29 biotypów w 1965 roku, 33 w 1968 roku), a w dalszej kolejności grzyby (3 odporne rasy w 1965 roku, 5 w 1968 roku), gryzonie (3 odporne gatunki w 1965 roku oraz kolejne 3 w 1968 roku), bakterie (2 odporne szczepy w 1965 roku oraz kolejne 2 w 1968 roku) (Łakocy, 1973).

Największym problemem w rolnictwie są uodparniające się owady szkodliwe. W niniejszej pracy nie bez powodu przeanalizowano możliwości ochrony ziemniaka. Stonka ziemniaczana, najważniejszy szkodnik w uprawie ziemniaka jest przykładem agrofaga, który wytworzył różne mechanizmy odporności na większość stosowanych insektycydów. „Żaden szkodliwy gatunek owada nie przyczynił się tak bardzo do rozwoju ochrony roślin w Polsce jak stonka ziemniaczana. Ponad pięćdziesięcioletnia historia walki z tym szkodnikiem przy użyciu wszystkich metod ochrony inspirowała stale do ich rozwoju i doskonalenia” (Węgorek, 2007).

Tabela 1

Mechanizm działania substancji aktywnych zarejestrowanych do ochrony ziemniaka w Polsce w 2013 roku (stan na dzień 02.07.2013)

Mode of action of active ingredients registered for the protection of potato in Poland in 2013 (as of 02.07.2013)

Grupa Chemiczna Chemical group	Liczba substancji aktywnych Number of active ingredients	Substancja aktywna Active ingredient	Mechanizm działania według IRAC Mode of action by IRAC
1	2	3	4
Insektycydy — Insecticides			
—	1	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>Tenebrionis</i>	11A Zakłócanie przepuszczalności błony i liza komórek jelita środkowego
Antranilowe diamidy	1	Chlorantraniliprol	28 Modulator receptora rianodyny
Fosforoorganiczne	1	Chloropirifos	1B Inhibitor enzymu acetylocholinoesterazy
Karbaminiany	1	Pirykaryb	1A Inhibitor enzymu acetylocholinoesterazy
Karboksamidy	1	Flonikamid	9C Zakłócanie procesów odżywiania owadów rodzaju Homoptera
Karbonylohydrazydy	1	Metaflumizon	22B Blokowanie napięciowo zależnych kanałów sodowych
Makrocycliczne laktony	1	Spinosad	5 Aktywator allosteryczny nikotynowych receptorów acetylocholin
Neonikotynoidy	5	Acetamipryd Chlotianidyna Imidachlopyryd Tiachlopyryd Tiametoksam	4A Agonista nikotynowych receptorów acetylocholin
Pyretroidy	7	Beta-cyflutryna Cypermetryna Deltametryna Esfenwalerat Gamma-cyhalotryna Lambda-cyhalotryna Zeta-cypermetryna	3A Zakłócanie działania kanałów sodowych w neuronach
Fungicydy — Fungicides			
Acyloalaniny	4	Benalaksyl Benalaksyl-M Metalaksyl Metalaksyl-M	A1 Zakłócanie syntezy kwasów nukleinowych, miejsce działania: polimeraza I RNA
Acylpikolidy	1	Fluopikolid	B5 Zakłócanie mitozy i podziałów komórkowych, miejsce działania: delokalizacja protein spektryno-podobnych
Amidy	1	Mandipropamid	H5 Zakłócanie biosyntezy ściany komórkowej, miejsce działania: syntaza celulozy
Benzamidy	1	Flutolanil	C2 Zakłócanie procesu oddychania, miejsce działania: kompleks II, dehydrogenaza bursztynianowa
Cyjanoimidazole	1	Cyjazofamid	C4 Zakłócanie procesu oddychania, miejsce działania: kompleks III po stronie Q _i , cytochrom bc ₁ (ubichinon-reduktaza)
Ditiokarbaminiany	3	Mankozeb Metiram Propineb	„Multi-site”/M3 Wielokierunkowe kontaktowe działanie
Ftalany	1	Chlorotalonil	„Multi-site”/M5 Wielokierunkowe kontaktowe działanie

c. d. Tabela 1

1	2	3	4
Ftalimidy	1	Folpet	„Multi-site”/M4 Wielokierunkowe kontaktowe działanie
Imidazole	1	Imazalil	G1 Zakłócanie biosyntezy sterolu, miejsce działania: C-14 demetylaza
Imidazolinony	1	Fenamidon	C3 Zakłócanie procesu oddychania, miejsce działania: kompleks III po stronie Qo, cytochrom bc1 (ubichinon-oksydaza)
Iminoacetylomoczniki	1	Cymoksanil	U/27 Mechanizm działania nie znany
Karbaminiany	1	Bentiowalikarb	H5 Zakłócanie biosyntezy ściany komórkowej, miejsce działania: syntaza celulozy
Nieorganiczne	1	Miedź	„Multi-site”/M1 Wielokierunkowe kontaktowe działanie
Oksazolidyny	1	Famoksat	C3 Zakłócanie procesu oddychania, miejsce działania: kompleks III po stronie Qo, cytochrom bc1 (ubichinon-oksydaza)
Pochodne aniliny	1	Fluazynam	C5 Zakłócanie procesu oddychania, miejsce działania: fosforylacja oksydacyjna
Pochodne kwasu cynamonowego	1	Dimetomorf	H5 Zakłócanie biosyntezy ściany komórkowej, miejsce działania: syntaza celulozy
Pochodne fenylocmoczniaka	1	Pencykuron	B4 Zakłócanie podziałów komórkowych
Pochodne kwasu karbaminowego	1	Propamokarb	F4 Zakłócanie syntezy lipidów, miejsce działania: kwasy tłuszczowe
Strobiluryny	2	Azoksystrobina Piraklostrobina	C3 Zakłócanie procesu oddychania, miejsce działania: kompleks III po stronie Qo, cytochrom bc1 (ubichinon-oksydaza)
Herbicydy — Herbicides			
Aminofosfoniany	2	Glifosat	G Hamowanie syntezy EPSP (syntazy 5-enolopirogroniano-szkimowo-3-fosforanowej)
		Glufosynat amonu	H Hamowanie syntetazy glutaminowej
Cykloheksanodiony	3	Cykloksydym	A Hamowanie biosyntezy lipidów (w miejscu działania karboksylazy acetylo-COA)
		Kletodym Tepraloksydym	
Diazyny	1	Bentazon	C3 Hamowanie fotosyntezy, fotosystemu II
Dinitroaniliny	1	Pendimetalina	K1 Hamowanie mikrotubul
Fenoksykwasy	1	MCPA	O Sposób działania podobny do syntetycznych auksyn
Izoksazolidiony	1	Chlomezon	F3 Hamowanie biosyntezy karotenoidów
Oksyacetamidy	1	Flufenacet	K3 Hamowanie podziałów komórkowych
Pirydyle	1	Jon dikwatu	D Zakłócenia fotosyntezy, fotosystemu I – przekaz elektronów
Pochodne kwasu arylo-fenoksypropionowego	2	Chizalofop-P-etylu Propachizalofop	A Hamowanie biosyntezy lipidów (w miejscu działania karboksylazy acetylo-COA)
Pochodne mocznika	1	Linuron	C2 Hamowanie fotosyntezy, fotosystemu II
Pochodne sulfonilomocznika	1	Rimsulfuron	B Hamowanie ALS (syntazy acetylmleczanowej)
Pochodne pyrolidonu	1	Flurochloridon	F1 Hamowanie biosyntezy karotenoidów w PDS (w miejscu działania enzymu desaturazy fitoenuowej)
Triazolininy	1	Karfentrazon etylu	E Hamowanie PPO (oksydazy protoporfirynogenu)
Triazynony	1	Metrybuzyna	C1 Hamowanie fotosyntezy, fotosystemu II

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi, IRAC, FRAC oraz HRAC
Source: Own study based on data from Ministry of Agriculture and Rural Development, IRAC, FRAC and HRAC

Obecnie w Polsce zarejestrowanych jest łącznie 40 insektycydów mających zastosowanie w ochronie ziemniaka. Zarejestrowane środki zawierają 19 różnych substancji aktywnych (MRiRW, 2013). Substancje aktywne reprezentują 8 różnych mechanizmów działania (tab. 1, 2).

Tabela 2

Insektycydy zarejestrowane do ochrony ziemniaka w Polsce w 2013 roku (stan na dzień 02.07.2013)
Insecticides for the protection of potato registered in Poland in 2013 (as of 02.07.2013)

Nazwa handlowa Trade name	Substancja aktywna Active ingredient	Mechanizm działania według IRAC Mode of action by IRAC	Działanie w roślinie Action in plant
Novodor SC ¹	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. Tenebrionis	11A	
Alfazot 025 EC ¹ , Bulldock 025 EC ¹	Beta-cyflutryna	3A	
Cyperkill Max 500 EC ¹ , Sherpa 100 EC ¹ , Super Cyper 500 EC ¹	Cypermetyryna	3A	
Agria-Deltametryna 2,5 EC ¹ , Decis 2,5 EC ¹ , Decis Mega 50 EW ¹ , Decis Ogród 015 EW ¹ , Khoisan 25 EC ¹	Deltametryna	3A	
Sumi-Alpha 050 EC ¹	Esfenwalerat	3A	Powierzchniowe
Rapid 060 CS ¹	Gamma-cyhalotryna	3A	
Karate Zeon 050 CS ² , Kirkuk B 050 CS ² , Kirkuk C 050 CS ² , Wojownik 050 CS ²	Lambda-cyhalotryna	3A	
Alverde 240 SC ¹	Metaflumizon	22B	
Alstar Pro 100 EW ¹ , Ammo Super 100 EW ¹ , Fury 100 EW ¹ , Minuet 100 EW ¹ , Rage 100 EW ¹ , Titan 100 EW ¹	Zeta-cypermetyryna	3A	
Teppeki 50 WG ³	Flonikamid	9C	
Nuprid 200 SC ¹	Imidachlopyryd	4A	
Prestige Forte 370 FS ²	Imidachlopyryd	4A	Systemiczne
Agro Pirykarm 500 WG ³ , Pirimor 500 WG ³	Pirykarm	1A	
Calypso 480 SC ¹	Tiachlopyryd	4A	
Acetamip 20 SP ¹ , Mospilan 20 SP ¹ , Scorpion 20 SP ¹ , Sumitox 20 SP ¹	Acetamipryd	4A	Powierzchniowe, wgłębne
Apacz 50 WG ¹	Chlotianidyna	4A	i systemiczne
Actara 25 WG ¹	Tiametoksam	4A	
Proteus 110 OD ¹	Deltametryna + Tiachlopyryd	3A+4A	Powierzchniowe i systemiczne
Coragen 200 SC ¹	Chlorantraniliprol	28	
Nurelle D 550 EC ¹	Chloropiryfos + Cypermetyryna	1B+3A	Powierzchniowe i wgłębne
SpinTor 240 SC ¹	Spinosad	5	

¹ Środki mające zastosowanie w ochronie ziemniaka przed stonką ziemniaczaną; ¹ Products used in potato protection against Colorado potato beetle

² Środki mające zastosowanie w ochronie ziemniaka zarówno przed stonką ziemniaczaną jak i mszycami; ² Products used in potato protection against Colorado potato beetle as well as aphids

³ Środki mające zastosowanie w ochronie ziemniaka przed mszycami; ³ Products used in potato protection against aphids

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi oraz IRAC

Source: Own study based on data from Ministry of Agriculture and Rural Development and IRAC

Zakres stosowania większości środków (37) obejmuje ochronę ziemniaka przed stonką ziemniaczaną (24 środki o działaniu powierzchniowym w roślinie, zawierające substancje

należące do grup: 3A — pyretroidy (22), 11A — środki biologiczne (1), 22B — karbonylohydrazydy (1), 3 środki o działaniu systemicznym zawierające substancje z grup: 4A — neonikotynoidy, 6 środków o działaniu powierzchniowym, wgłębnym i systemicznym, zawierających substancje z grupy 4A — neonikotynoidy, 1 środek o działaniu powierzchniowym i systemicznym, zawierający substancje należące do grup: 3A — pyretroidy + 4A — neonikotynoidy, 3 środki o działaniu powierzchniowym i wgłębnym, zawierające substancje należące do grup: 1B — fosforoorganiczne + 3A — pyretroidy (1), 5 — makrocykliczne laktony (1), 28 — antranilowe diamidy (1).

W Polsce odporność stonki ziemniaczanej w największym nasileniu stwierdzono w przypadku preparatu, zawierającego substancję aktywną chlorfenwinfos z grupy insektycydów fosforoorganicznych. Wcześniej odporność stwierdzono również choć na mniejszą skalę w odniesieniu do insektycydów chloroorganicznych: DDT, lindanu, metoksychloru oraz karbaminianów: karbarylu i propoksuru. W dalszej kolejności stwierdzono odporność na insektycydy z grupy pyretroidów oraz pochodną nereistoksyny — bensultap (Węgorek i in., 2003). Wyniki prac prowadzonych kilka lat później potwierdzają utrzymującą się odporność stonki ziemniaczanej na związki fosforoorganiczne (chloropiryfos) (Zamojska i in., 2010). Słaby poziom wrażliwości szkodnika na chloropiryfos stwierdzono podczas badań prowadzonych w latach 2008–2010, a jednocześnie nie stwierdzono odporności stonki ziemniaczanej na acetamipryd z grupy neonikotynoidów (Węgorek i in., 2011). W ostatnich latach obserwowany jest w Polsce spadek odporności stonki ziemniaczanej na pyretroidy, co może być wytłumaczone stosowaniem na dużą skalę środków zawierających substancje aktywne z grupy neonikotynoidów oraz substancji fipronil należącej do fenylopirazoli oraz mniejszą zdolnością adaptacyjną osobników odpornych (Zamojska i in., 2011). Warto jednak zaznaczyć, że od 2007 roku nie ma już w Polsce zarejestrowanych środków ochrony roślin zawierających fipronil.

Arthropod Pesticide Resistance Database (2013) na podstawie danych z różnych krajów opisuje przypadki uodparniania się stonki ziemniaczanej na różne substancje insektycydowe z grupy 1B (fosforoorganiczne), 3A (pyretroidy), 4A (neonikotynoidy), 11A (preparaty biologiczne), 5 (makrocykliczne laktony).

Analizując dane z tabel 1 i 2 można stwierdzić, że obecnie istnieje niewielkie ryzyko uodparniania się stonki ziemniaczanej na substancje z grupy fosforoorganicznych, z uwagi na dostępność jedynie jednego środka, który zawiera również drugą substancję aktywną o innym mechanizmie działania, co dodatkowo stanowi element strategii zapobiegania odporności. Dostępność środków ochrony roślin zawierających nowe substancje aktywne zarejestrowane w Polsce w ostatnich kilku latach (chlorantraniliprol: 28 — antranilowe diamidy, metaflumizon: 22B — karbonylohydrazydy) poszerza możliwości rotacji środków o różnym sposobie działania, a tym samym ogranicza nacisk selekcyjny na substancję o tym samym działaniu, sprzyjający wystąpieniu odporności.

Zakres stosowania ośmiu środków obejmuje ochronę ziemniaka przed mszycami (4 środki o działaniu powierzchniowym w roślinie, zawierające substancję z grupy 3A — pyretroidy, 4 środki o działaniu systemicznym zawierające substancje z grup: 9C — karboksamidy (1), 1A — karbaminiany (2 środki przeznaczone jedynie do ochrony plantacji nasiennych ziemniaka) oraz 4A — neonikotynoidy (1 zaprawa).

Zgodnie z danymi Arthropod Pesticide Resistance Database (2013) na świecie odnotowano przypadki uodparniania się mszycy brzoskwiniowo-ziemniaczanej w różnych uprawach m.in. na substancje z grupy karbaminianów, neonikotynoidów i pyretroidów. W Polsce prowadzone są badania nad odpornością mszyc, ponieważ zjawisko to nie było dotąd w naszym kraju badane (Węgorek i in., 2011).

Tak jak w przypadku ochrony insektycydowej stonka ziemniaczana stanowi nie lada wyzwanie, tak w przypadku ochrony fungicydowej patogenem charakteryzującym się dużym zagrożeniem rozwoju odporności jest organizm grzybopodobny *Phytophthora infestans*, sprawca zarazy ziemniaka. Obecnie w Polsce zarejestrowanych jest 71 fungicydów, mających zastosowanie w ochronie ziemniaka (MRiRW, 2013). Dostępne na rynku polskim środki grzybobójcze zawierają 25 substancji aktywnych, wśród których wyodrębnić można 12 mechanizmów działania (6 substancji zaliczanych jest do grupy M — o wielokierunkowym kontaktowym działaniu) (tab. 1, 3). Zakres stosowania 60 środków, obejmuje ochronę ziemniaka przed zarazą ziemniaka (28 środków o działaniu kontaktowym w roślinie, zawierających substancje z grup: M5 — ftalany (4), C4 — cyanoimidazole (2), C5 — pochodne aniliny (6), M4 — ftalimidy (1), M3 — ditiokarbaminiany (7), M3 — ditiokarbaminiany + C3 — oksazolidyny (1), M1 — nieorganiczne (7), 1 środek o działaniu wgłębnym, zawierający substancję z grupy U/27 — iminoacetylomoczniki, 10 środków o działaniu kontaktowym i systemicznym, zawierających substancje z grup: M3 — ditiokarbaminiany + A1 — acyloalaniny, 2 środki o działaniu wgłębnym i systemicznym, zawierające substancje z grup: C3 — imidazolinony + F4 — pochodne kwasu karbaminowego (1), B5 — acylpikolidy + F4 — pochodne kwasu karbaminowego (1), 18 środków o działaniu kontaktowym i wgłębnym, zawierających substancje z grup: M3 — ditiokarbaminiany + H5 — karbaminiany (1), M3 — ditiokarbaminiany + H5 — pochodne kwasu cynamonowego (1), M3 — ditiokarbaminiany + U/27 — iminoacetylomoczniki (8), H5 — amidy (1), C3 — oksazolidyny + U/27 — iminoacetylomoczniki (5), C5 — pochodne aniliny + H5 — pochodne kwasu cynamonowego (1), M1 — nieorganiczne + U/27 — iminoacetylomoczniki (1), 1 środek o działaniu wgłębnym, lokalnie systemicznym i translaminarnym, zawierający substancje z grup: H5 — pochodne kwasu cynamonowego + C3 — strobiluryny).

W ochronie ziemniaka przed alternarią zastosowanie ma obecnie 37 fungicydów (14 środków o działaniu kontaktowym w roślinie, zawierających substancje z grup: C5 — pochodne aniliny (6), M4 — ftalimidy (1), M3 — ditiokarbaminiany (6), M3 — ditiokarbaminiany + C3 — oksazolidyny (1), 8 środków o działaniu kontaktowym i systemicznym, zawierających substancje z grup: M3 — ditiokarbaminiany + A1 — acyloalaniny, 7 środków o działaniu wgłębnym i systemicznym, zawierających substancje z grup: C3 — strobiluryny (5), C3 — imidazolinony + F4 — pochodne kwasu karbaminowego (1), B5 — acylpikolidy + F4 - pochodne kwasu karbaminowego (1), 7 środków o działaniu kontaktowym i wgłębnym, zawierających substancje z grup: M3 — ditiokarbaminiany + H5 — pochodne kwasu cynamonowego (1), C3 — oksazolidyny + U/27 — iminoacetylomoczniki (5), C5 — pochodne aniliny + H5 — pochodne kwasu cynamonowego (1), 1 środek o działaniu wgłębnym, lokalnie systemicznym i translaminarnym, zawierający substancje z grup: H5 — pochodne kwasu cynamonowego + C3 — strobiluryny).

Tabela 3

Fungicydy zarejestrowane do ochrony ziemniaka w Polsce w 2013 roku (stan na dzień 02.07.2013)
Fungicides for the protection of potato registered in Poland in 2013 (as of 02.07.2013)

Nazwa handlowa Trade name	Substancja aktywna Active ingredient	Mechanizm działania według FRAC Mode of action by FRAC	Działanie w roślinie Action in plant
1	2	3	4
Banko 500 SC ¹ , Chron 500 SC ¹ , Golden CTL 500 SC ¹ , Gwarant 500 SC ¹	Chlorotalonil	M5	Kontaktowe
Ranman 400 SC Twinpack ¹ , Ranman Top 160 SC ¹	Cyjazofamid	C4	
Altima 500 SC ² , Banjo 500 SC ² , Jetlan 500 SC ² , Nando 500 SC ² , Stefes Fluazynam 500 SC ² , Zignal 500 SC ²	Fluazynam	C5	
Folpan 80 WG ²	Folpet	M4	
Dithane NeoTec 75 WG ² , Indofil 80 WP ² , Penncozeb 80 WP ² , Sancozeb 80 WP ¹ , Vondozeb 75 WG ²	Mankozeb	M3	
CLIP SuperKontakt 69 WG ²	Mankozeb + Famoksat	M3+C3	Systemiczne
Champion 50 WP ¹ , Cuproflow 375 SC ¹ , Cuproksat 349 ¹ SC, Mag 50 WP ¹ , Miedzian 50 WP ¹ , Neoram 37,5 WG ¹ , Nordox 75 WG ¹	Miedź	M1	
Polyram 70 WG ²	Metiram	M3	
Monceren 12,5 DS ⁴ , Monceren 250 FS ⁴	Pencykuron	B4	
Prestige Forte 370 FS ⁴	Pencykuron	B4	
Antracol 70 WG ²	Propineb	M3	Wgłębne
Drum 45 WG ¹	Cymoksanil	U/27	
Moncut 460 SC ⁴	Flutolanil	C2	
Fungazil 100 SL ⁶	Imazalil	G1	
Galben M 73 WP ¹ , Mohican 73 WP ¹	Mankozeb + Benalaksyl	M3+A1	
Fantic M WP ²	Mankozeb + Benalaksyl-M	M3+A1	Kontaktowe i systemiczne
Armetil M 72 WP ² , Ekonom 72 WP ² , Ekonom MM 72 WP ² , Konkret Mega 72 WP ³ , Planet 72 WP ¹ , Rywal 72 WP ²	Mankozeb + Metalaksyl	M3+A1	
Crocodil MZ 67,8 WG ² , Ridomil Gold MZ Pepite 67,8 WG ²	Mankozeb + Metalaksyl-M	M3+A1	
Amistar 250 SC ⁵ , Arastar 250 SC ⁵ , Atol 250 SC ⁵ , Mirador 250 SC ⁵ , Strobi 250 SC ⁵	Azoksystrobina	C3	
Pyton Consento 450 SC ²	Fenamidon + Propamokarb	C3+F4	
Infinito 687,5 SC ²	Fluopikolid + Propamokarb	B5+F4	Wgłębne i systemiczne
Valbon 72 WG ¹	Mankozeb + Bentiowalikarb	M3+H5	
Curzate M 72,5 WP ¹ , Curzate Top 72,5 WG ¹ , Ekonom MC 72,5 WP ¹ , Helm-Cymi 72,5 WP ¹ , Inter Optimum 72,5 WP ¹ , Kursor 72,5 WG ¹ , Micexanil 76 WP ¹ , Solace M 72,5 WG ¹	Mankozeb + Cymoksanil	M3+U/27	
Revus 250 SC ¹	Mandipropamid	H5	
Acrobat MZ 69 WG ²	Mankozeb + Dimetomorf	M3+H5	
Agria FamoCymo 50 WG ² , Navaho 50 WG ² , Tanos 50 WG ² , Tewa 50 WG ² , Twist 50 WG ²	Famoksat + Cymoksanil	C3+U/27	Kontaktowe i wgłębne
Banjo Forte 400 SC ²	Fluazynam + Dimetomorf	C5+H5	
Curzate Cu 49,5 WP ¹	Miedź + Cymoksanil	M1+U/27	

c.d. Tabela 3

1	2	3	4
Cabrio Duo 112 EC ²	Dimetomorf + Piraklostrobina	H5+C3	Wgłębne, lokalnie systemiczne i translaminarne

¹ Środki mające zastosowanie w ochronie ziemniaka przed zarazą ziemniaka; ¹ Products used in potato protection against late blight

² Środki mające zastosowanie w ochronie ziemniaka zarówno przed zarazą ziemniaka jak i alternariozą; ² Products used in potato protection against late blight as well as early blight

³ Środki mające zastosowanie w ochronie ziemniaka przed alternariozą; ³ Products used in potato protection against early blight

⁴ Środki mające zastosowanie w ochronie ziemniaka przed rizoktoniozą; ⁴ Products used in potato protection against rhizoctoniosis

⁵ Środki mające zastosowanie w ochronie ziemniaka przed alternariozą i rizoktoniozą; ⁵ Products used in potato protection against early blight and rhizoctoniosis

⁶ Środki mające zastosowanie w przechowywaniu ziemniaka; ⁶ Products used in potato protection before storage

Kilka zarejestrowanych obecnie środków grzybobójczych ma zastosowanie w ochronie ziemniaka przed rizoktoniozą (5 środków z substancją o działaniu wgłębny i systemicznym w roślinie z grupy C3 — strobiluryny, 1 zaprawa z substancją o działaniu systemicznym z grupy C2 — benzamidy, 3 zaprawy z substancją o działaniu kontaktowym z grupy B4 — pochodne fenylocetenu).

Obecnie jest jeszcze zarejestrowany 1 fungicyd, który ma zastosowanie w przechowywaniu i chroni bulwy ziemniaka przed parchem srebrzystym, ospowatością bulw, suchą zgnilizną bulw i gangreną (środek z substancją o działaniu systemicznym w roślinie z grupy G1 — imidazole).

Na podstawie danych z różnych krajów opisywane są przypadki uodporniania się sprawcy zarazy ziemniaka na substancje z grup A1, H5 oraz przypadki uodporniania się sprawców alternariozy ziemniaka na substancje z grup C3 (FRAC 2011, FRAC 2012, FRAC II 2013, FRAC III 2013, Sobczak 2012). Również doniesienia z polskich badań potwierdzają możliwość wystąpienia odporności sprawcy zarazy ziemniaka na substancje z grupy A1 (Kapsa, 1992, 2002).

Analizując dane zawarte w tabelach 1, 3 oraz możliwości uodporniania się patogenów na niektóre substancje aktywne można ocenić, że dostępny obecnie na rynku polskim asortyment fungicydów do ochrony ziemniaka pozwala na rotację środków zawierających substancje aktywne o różnych mechanizmach działania. Większość zarejestrowanych obecnie fungicydów zawierających substancje z grup A1, H5, C3, dla których istnieje pewne ryzyko wystąpienia odporności, zawiera w swoim składzie drugą substancję aktywną, o innym mechanizmie działania, co stanowi ważny element strategii zapobiegania odporności. Analizując tabelę 1 warto zauważyć, że większość substancji, dla których istnieje ryzyko wystąpienia odporności (z grup C3, H5) pomimo, że reprezentuje 1 mechanizm działania, należy do różnych grup chemicznych.

Rozwój odporności u chwastów w przeciwieństwie do owadów czy patogenów jest procesem długotrwałym, z uwagi na to, że chwasty tworzą zazwyczaj jedno pokolenie rocznie. W serwisie internetowym www.weedscience.org dostępne są zebrane z całego świata przypadki wystąpienia odporności biotypów chwastów. W uprawach ziemniaka

opisano jedynie przypadki uodparniania się biotypów komosy białej oraz szarłat szorstkiego na substancje herbicydowe z grupy C1. (Weedscience, 2013). W Polsce zarejestrowanych mamy na chwilę obecną 80 herbicydów mających zastosowanie w ochronie ziemniaka (MRiRW, 2013). Zarejestrowane środki zawierają 18 różnych substancji aktywnych, które działają na 14 różnych sposobów (tab. 1, 4). Zdecydowana większość zarejestrowanych środków ma zastosowanie w zwalczaniu chwastów zarówno jedno i dwuliściennych przed wschodami ziemniaka (28 preparatów zawierających substancje należące do grup: F3 — izoksazolidiony (8), F3 — izoksazolidiony + C2 — pochodne mocznika (1), K3 — oksyacetyamidy + C1 — triazynony (1), F1 — pochodne pyrolidonu (1), G — aminofosfoniany (14), K1 — dinitroaniliny (3)) lub przed i po wschodach (17 preparatów zawierających substancje należące do grup: C1 — triazynony (7), B — pochodne sulfonilomocznika (10)). Część herbicydów ma zastosowanie w zwalczaniu jedynie chwastów dwuliściennych przed wschodami ziemniaka (11 preparatów zawierających substancje z grup: C2 — pochodne mocznika (10), O — fenoksykwasy (1)) lub po wschodach ziemniaka (7 preparatów zawierających substancje z grupy C3 — diazyny) oraz jedynie chwastów jednoliściennych po wschodach ziemniaka (10 preparatów zawierających substancje z grupy A: pochodne kwasu arylofenoksypropionowego (6), cykloheksanodiony (4)). Pozostałe herbicydy przeznaczone są głównie do desykcji — niszczenia naci ziemniaczanej (7 preparatów zawierających substancje z grup: H — aminofosfoniany (1), D — pirydyle (5), E — triazolininy (1)). Analizując tabele 1, 4 można zauważyć, że graminicydy reprezentują 1 mechanizm działania, a substancje aktywne w nich zawarte należą do dwóch różnych grup chemicznych.

Na podstawie danych zawartych w serwisie WeedScience dotyczących wystąpienia odporności w innych uprawach opisano 131 biotypów chwastów odpornych na substancje z grupy B (w tym biotypy chabry bławatka, miotły zbożowej, przymiotna kanadyjskiego oraz wyczynica polnego z Polski), 71 biotypów odpornych na substancje z grupy C1 (w tym biotypy chwastnicy jednostronnej, komosy białej, paluszniaka krwawego, przymiotna kanadyjskiego, psianki czarnej, szarłat szorstkiego, tasznika pospolitego, wierzbownicy gruczołowatej z Polski), 42 biotypy odporne na substancje z grupy A (w tym biotyp miotły zbożowej z Polski), 30 biotypów odpornych na substancje z grupy O, 28 biotypów odpornych na substancje z grupy D, 24 biotypy odporne na substancje z grupy G (w tym biotyp przymiotna kanadyjskiego z Polski), 22 biotypy odporne na substancje z grupy C2, 11 biotypów odpornych na substancje z grupy K1, 6 biotypów odpornych na substancje z grupy E, 5 biotypów odpornych na substancje z grupy F3, 4 biotypy odporne na substancje z grupy C3, 4 biotypy odporne na substancje z grupy K3, 3 biotypy odporne na substancje z grupy F1 oraz 2 biotypy odporne na substancje z grupy H (WeedScience, 2013).

Na podstawie badań prowadzonych w Polsce stwierdzono obecność biotypów owsa głuchego odpornych na niektóre herbicydy z grupy A oraz prawdopodobną obecność biotypów wyczynica polnego odpornych na herbicydy z grup A, B oraz C2 (Adamczewski, 2008), odporność miotły zbożowej na herbicydy z grupy B (Adamczewski, Kierzek, 2007; Adamczewski, 2009). Wyniki badań dotyczą biotypów chwastów zebranych z pól gdzie uprawiano zboża.

Tabela 4

Herbicydy zarejestrowane do ochrony ziemniaka w Polsce w 2013 roku (stan na dzień 02.07.2013)
Herbicides for the protection of potato registered in Poland in 2013 (as of 02.07.2013)

Nazwa handlowa Trade name	Substancja aktywna Active ingredient	Mechanizm działania według HRAC Mode of action by HRAC
Agro Bentazon 480 SL ² , Basagran 480 SL ² , Mac-Bentazon 480 SL ² , Rea Chemie Bentazon SL ² , Wolof A 480 SL ² , Wolof B 480 SL ² , Wolof C 480 SL ²	Bentazon	C3
Leopard Extra 05 EC ⁴ , Pilot 10 EC ⁴ , Targa 10 EC ⁴ , Targa Super 05 EC ⁴	Chizalofop-P-etylu	A
Command 360 CS ³ , Command 480 EC ³ , Gadwall ³ , Golden Clomazon 360 CS ³ , Golden Clomazon 480 EC ³ , Kilof 480 EC ³ , Reactor 360 CS ³ , Szpada 480 EC ³	Chlomazon	F3
Harrier 295 ZC ³	Chlomazon+Linuron	F3+C2
Focus Ultra 100 EC ⁴	Cykloksydym	A
Plateen 41,5 WG ³	Flufenacet+Metrybuzyna	K3+C1
Racer 250 EC ³	Flurochloridon	F1
Acomac ³ , Clayton Rhizeup SL ³ , Cleaner 360 SL ³ , Etna 360 SL ³ , Figaro 360 SL ³ , Glifosat Classic 360 SL ³ , Glifto 360 SL ³ , Katamaran 360 SL ³ , Marker 360 SL ³ , Rea Chemie Glifosat 360 SL ³ , Roundup 360 SL ³ , Roundup Max 2 ³ , Roundup TransEnergy 450 SL ³ , Torinka SL ³	Glifosat	G
Basta 150 SL ⁶	Glufosynat amonu	H
Barclay D-Quat SL ⁶ , D-Foliate SL ⁶ , D-Quatflash SL ⁶ , MondaQuat SL ⁶ , Reglone 200 SL ⁶	Jon dikwatu	D
Spotlight Plus 060 EO ⁶	Karfentrazon etylu	E
Select Super 120 EC ⁴	Kletodym	A
Afalon Dyspersyjny 450 SC ¹ , Aflex Super 450 SC ¹ , Hufiec 500 SC ¹ , Ipiiron 450 SC ¹ , Linur 450 SC ¹ , Linurex 500 SC ¹ , Nightjar B 450 SC ¹ , Nightjar C 450 SC ¹ , Nightjar D 450 SC ¹ , Nuflon 450 SC ¹	Linuron	C2
Chwastox Extra 300 SL ¹	MCPA	O
Emana A 70 WG ⁵ , Emana B 70 WG ⁵ , Koral 70 WG ⁵ , Maestro 70 WG ⁵ , Mistral 70 WG ⁵ , Sencor 70 WG ⁵ , Sencor Liquid 600 SC ⁵	Metrybuzyna	C1
Pilar-Pendimetalina 400 SC ³ , Stomp 330 EC ³ , Stomp 400 SC ³	Pendimetalina	K1
Agil 100 EC ⁴ , Aria 100 EC ⁴	Propachizafop	A
Agria-Rimsulfuron 25 WG ⁵ , Harfur ⁵ , Mac-Rimsulfuron 25 WG ⁵ , Mambo 25 WG ⁵ , Miecz 25 WG ⁵ , Pro-Rimsulfuron 25 WG ⁵ , Ramzes 25 WG ⁵ , Rea Chemie Rimsulfuron WG ⁵ , Rima ⁵ , Titus 25 WG ⁵	Rimsulfuron	B
Aramo 050 EC ⁴ , Golden Tepra 050 EC ⁴	Tepraloksydym	A

¹ Środki mające zastosowanie w zwalczaniu chwastów dwuliściennych przed wschodami ziemniaka; ¹ Products used in potato protection to control dicotyledonous weeds before potato emergence

² Środki mające zastosowanie w zwalczaniu chwastów dwuliściennych po wschodach ziemniaka; ² Products used in potato protection to control dicotyledonous weeds after potato emergence

³ Środki mające zastosowanie w zwalczaniu chwastów jedno i dwuliściennych przed wschodami ziemniaka; ³ Products used in potato protection to control monocotyledonous and dicotyledonous weeds before potato emergence

⁴ Środki mające zastosowanie w zwalczaniu chwastów jednoliściennych po wschodach ziemniaka; ⁴ Products used in potato protection to control monocotyledonous weeds after potato emergence

⁵ Środki mające zastosowanie w zwalczaniu chwastów jedno i dwuliściennych przed wschodami i po wschodach ziemniaka; ⁵ Products used in potato protection to control monocotyledonous and dicotyledonous weeds before and after potato emergence

⁶ Desykanty; ⁶ Desiccants

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi oraz HRAC

Source: Own study based on data from Ministry of Agriculture and Rural Development and HRAC

Uwaga: W tabeli nie uwzględniono środka Golden Rimsulfuron 25 WG, zawierającego rimsulfuron, który może być stosowany do 13 września 2013

Analizując dostępne herbicydy mające zastosowanie na plantacjach ziemniaka, można zauważyć duże możliwości rotacji środków zawierających substancje o różnych mechanizmach działania. Dwa zarejestrowane środki zawierają dwie substancje aktywne, co dodatkowo ogranicza możliwość wystąpienia odporności. Jedynie wśród graminicydów wszystkie zarejestrowane środki zawierają substancje o jednakowym sposobie działania. Biorąc pod uwagę dostępność herbicydów do zwalczania chwastów zarówno jedno jak i dwuliściennych, można stwierdzić, że istnieją możliwości zastosowania innych środków, co nie wyklucza potrzeby rejestracji nowych herbicydów do zwalczania chwastów jednoliściennych. Nie jest to jednak takie proste w obliczu faktu, że w ciągu ostatnich 30 lat nie odkryto żadnego nowego mechanizmu działania herbicydu (Bayer, 2013).

WNIOSKI

1. Wielokrotne stosowanie środków ochrony roślin zawierających substancje aktywne o takim samym sposobie działania stanowi czynnik ryzyka wystąpienia odporności.
2. Asortyment dostępnych obecnie na rynku polskim środków ochrony roślin pozwala na rotację preparatów różniących się działaniem, przeznaczonych do ochrony ziemniaka zwłaszcza przed szczególnie podatnymi na wystąpienie odporności agrofagami takimi jak stonka ziemniaczana czy sprawca zarazy ziemniaka.
3. Dostępność nowych na rynku polskim substancji owadobójczych zwiększa możliwości rotacji środków.
4. Znaczna część fungicydów oraz niektóre herbicydy i insektycydy zawierają dwie substancje aktywne różniące się mechanizmem działania, co ogranicza ryzyko uodporniania się agrofagów.
5. Możliwości rotacji herbicydów są zadowalające. Jedynie wśród graminicydów dostępne są substancje o jednakowym sposobie działania.
6. Przemienne stosowanie środków ochrony roślin zawierających substancje aktywne z różnych grup chemicznych nie zawsze stanowi skuteczne narzędzie zapobiegania odporności z uwagi na możliwy wspólny mechanizm działania substancji z różnych grup chemicznych.

LITERATURA

- Adamczewski K. 2008. Chwasty odporne na herbicydy. Owies głuchy i wyczyniec polny. Ochrona Roślin 7-8/2008. 24 — 25.
- Adamczewski K. 2009. Wpływ sześcioletniego stosowania herbicydów na uodpornianie się miotły zbożowej (*Apera spica-venti* (L.) P.B.) na preparaty sulfonilomocznikowe. *Fragm. Agron.* 26 (2) 2009: 7 — 15.
- Adamczewski K., Kierzek R. 2007. Występowanie biotypów miotły zbożowej (*Apera spica-venti* L.) odpornej na herbicydy sulfonilomocznikowe. *Progress in Plant Protection* 47 (3): 333 — 340.
- Arthropod Pesticide Resistance Database 2013. <http://www.pesticideresistance.com/search.php> (data dostępu 02.07.2013).
- Bayer 2013. Zarządzanie odpornością w uprawach polowych. Broszura informacyjna: 29 ss.
- EPPO 2003. PP 1/213(2) Resistance risk analysis. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 33: 37 — 63.
- FRAC 2011. QoI Working Group. http://www.frac.info/work/FRAC%20QoI%20Minutes%202011_Sep%20update.pdf (data dostępu 02.07.2013).

- FRAC 2012. QoI Working Group. <http://www.frac.info/work/FRAC%20QoI-Minutes%20of%20the%202012%20meeting-Recommendations%20for%202013.pdf> (data dostępu 02.07.2013).
- FRAC 2013 [I]. FRAC Code List: Fungicides sorted by mode of action (including FRAC Code numbering). <http://www.frac.info/publication/anhang/FRAC%20Code%20List%202013-update%20April-2013.pdf> (data dostępu 02.07.2013).
- FRAC 2013 [II]. FRAC List of plant pathogenic organisms resistant to disease control agents. http://www.frac.info/publication/anhang/List%20of%20resistant%20plant%20pathogenic%20organisms_Febuary%202013%20updated.pdf (data dostępu 01.07.2013).
- FRAC 2013 [III]. Phenylamides. http://www.frac.info/frac/work/work_phen.htm (data dostępu 02.07.2013).
- HRAC 2013. <http://www.hracglobal.com/Publications/ClassificationofHerbicideSiteofAction.aspx> (data dostępu 02.07.2013).
- IRAC 2013. <http://www.irac-online.org/documents/moa-classification/?ext=pdf> (data dostępu 02.07.2013).
- Kapsa J. 1992. Nasilenie występowania form grzyba *Phytophthora infestans* odpornych na fenyloamidy w latach 1989–1991. Materiały XXXII Sesji Naukowej Instytutu Ochrony Roślin Cz. II. Postery: 38 — 42.
- Kapsa 2002. Zmiany w europejskich populacjach *Phytophthora infestans*. Biul. IHAR 223/224. 329 — 335.
- Łakocy A. 1973. Teoretyczne i praktyczne aspekty odporności szkodników roślin rolniczych na pestycydy. Prace Naukowe Instytutu Ochrony Roślin, Tom XIV, Zeszyt 2, 83 ss.
- Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi. 2013. Rejestr insektycydów, herbicydów oraz fungicydów stosowanych w ochronie ziemniaka (wyszukiwarka). <http://www.minrol.gov.pl/pol/Informacje-branzowe/Wyszukiwarka-srodkow-ochrony-roslin> (data dostępu 02.07.2013).
- Sobczak J. 2012. Zmiany w dostępności substancji aktywnych w fungicydach na zapobieganie uodparniania się ważniejszych patogenów ziemniaka. Biul. IHAR 266: 251 — 260.
- WeedScience 2013. International Survey of herbicide resistant weeds. <http://www.weedscience.org/summary/SOASummary.aspx> (data dostępu 02.07.2013).
- Węgorzek P. 2007. Historia odporności owadów na insektycydy na przykładzie stonki ziemniaczanej (*Leptinotarsa decemlineata* Say.). ISBN 978-83-89867-80-3: 68 ss.
- Węgorzek P., Pawińska M., Mrówczyński M., Wachowiak H., Przybysz E. 2003. Strategia chemicznego zwalczania stonki ziemniaczanej (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) w Polsce. ISBN 83-916204-6-8: 28 ss.
- Węgorzek P., Zamojska J., Mrówczyński M. 2011. Susceptibility level of the Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) to chlorpyrifos and acetamiprid in Poland and resistance mechanisms of the pest to chlorpyrifos. Journal of Plant Protection Research. Vol. 51, No 3: 279 — 284.
- Węgorzek P., Ruszkowska M., Korbas M., Wachowiak K., Kierzek R. 2011. Obecny stan badań nad odpornością szkodników na insektycydy w Polsce. Progress in Plant Protection. 51 (1): 232 — 240.
- Zamojska J., Węgorzek P., Mrówczyński M. 2010. Obecny poziom odporności na insektycydy dla wybranych gatunków owadów w Polsce. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin, 2010; 50 (3): 1205 — 1212.
- Zamojska J., Węgorzek P., Mrówczyński M. 2011. Susceptibility level of the colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) to chlorpyrifos And acetamiprid in poland and resistance Mechanisms of the pest to chlorpyrifos. Journal of Plant Protection Research. Vol. 51, No 3 (2011): 279 — 284.
- Zamojska J., Węgorzek P., Mrówczyński M. 2011. Changes in the Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) susceptibility level to pyrethroids and the pest resistance mechanisms to deltamethrin. Journal of Plant Protection Research. Vol. 51, No 3 (2011): 294 — 299.

ZBIGNIEW CZERKO
MAGDALENA GRUDZIŃSKA
KAZIMIERA ZGÓRSKA

Zakład Przechowalnictwa i Przetwórstwa Ziemniaka
IHAR — PIB Radzików, Oddział Jadwisin

Porównanie zarejestrowanych odmian ziemniaka z nowymi rodami pod względem strat przechowalniczych

Comparison of registered potato varieties and new breeding lines in respect of storage losses

Celem badań było porównanie zarejestrowanych odmian ziemniaka z rodami pod względem trwałości przechowalniczej. Badania przeprowadzono w latach 2008–2011 i w sumie objęto nimi 46 odmian ziemniaka i 106 rodów. Po przechowywaniu w temperaturze 5 i 8°C określano ubytki naturalne, straty wywołane rozwojem chorób oraz kiełkowaniem. Najwcześniejszym terminem rozpoczęcia kiełkowania (1 dekada marca) charakteryzowały się genotypy z grupy bardzo wczesnych i wczesnych. Genotypy z grupy średnio późnych rozpoczęły kiełkowanie o 1 dekadę później (2 dekada marca). Podczas przechowywania w temperaturze 5°C ubytki naturalne rodów były na niższym poziomie niż ubytki odmian (odpowiednio 7,3% i 8,0%). W wyższej temperaturze przechowywania 8°C poziom ubytków naturalnych był wyrównany i wynosił 10,0% dla rodów i odmian. Wystąpiła istotna różnica w poziomie porażenia chorobami między rodami i odmianami przechowywanymi w temperaturze 5°C. Zgnilizny wywołane chorobami wynosiły średnio dla rodów 1,1% a dla odmian 2,36%. Zanotowano natomiast większe porażenie chorobami rodów niż odmian tylko w grupie genotypów wczesnych (odpowiednio 1,72 i 1,46%). Współczynnik korelacji między opadami w okresie wegetacji a występowaniem chorób przechowalniczych dla wszystkich genotypów przechowywanych w temperaturze 5°C wyniósł 0,52. Suma strat, na którą składają się ubytki naturalne, bulwy zgniłe porażone chorobami oraz masa kiełków średnio dla odmian i rodów przechowywanych w temperaturze 5°C wynosiła około 10% a w temperaturze 8°C około 13%. Większe straty ogółem zanotowano w odmianach niż w rodach, chociaż istotne różnice wystąpiły tylko w niższej temperaturze przechowywania 5°C. Poziom sumy strat zależał od grupy wczesności.

Słowa kluczowe: choroby, kiełki, przechowywalność, straty, ubytki naturalne, ziemniak

The aim of this study was to compare the registered cultivars of potato with the breeding lines in relation to storage stability. The study was conducted in 2008–2011. In total, 46 registered cultivars and 106 breeding lines were assessed. After storage at 5 and 8°C natural losses, storage diseases and

mass of sprouts were determined. The earliest sprouting (1st decade of March) was observed for a group of very early and early genotypes. Genotypes from the late group of maturity started sprouting one decade later (2nd decade of March). During storage at 5°C natural losses of the breeding lines were lower than the losses of registered cultivars (respectively 7.3% and 8.0%). In the higher storage temperature (8°C) the natural losses were the same and amounted to 10.0% for the breeding lines and cultivars. There was a significant difference in the level of disease infection between breeding lines and registered cultivars stored at 5°C. The losses caused by the storage diseases were 1.10% for breeding lines and 2.36% for the varieties. In the group of early maturity the breeding lines had larger level of diseases than registered cultivars (respectively 1.72 and 1.46%). The correlation coefficient between sum of precipitation during vegetation period and the level of the storage diseases for all genotypes stored at 5°C was 0.52. Total losses, which consisted of the natural losses, tuber diseases and sprouts for all genotypes stored at 5°C were about 10% and at temperature of 8°C - about 13%. Larger total losses were reported for varieties than for breeding lines, although significant differences were confirmed only for lower storage temperature (5°C). The level of overall losses depended also on the group of earliness.

Key word: diseases, natural losses, potato, sprouting, storability

WSTĘP

W okresie przechowywania ziemniaków zachodzą przemiany fizjologiczne, chemiczne i biologiczne, które prowadzą do strat ilościowych i jakościowych bulw. Tempo tych zmian zależy głównie od właściwości genotypu, który może ulegać modyfikacjom pod wpływem warunków przechowywania oraz czynników agrotechnicznych i klimatycznych (Sowa-Niedziałkowska, 2000 i 2004 a).

Straty ilościowe określające trwałość przechowalniczą odmiany, składają się z: ubytków naturalnych, chorób przechowalniczych i strat spowodowanych kiełkowaniem.

Ubytki naturalne powstają w wyniku transpiracji i oddychania ziemniaków. Transpiracja zależy od odmiany, stopnia skorkowacenia skórki, stopnia zabliznienia uszkodzeń oraz od warunków przechowywania (temperatura, wilgotność).

Oddychanie ziemniaków zależy głównie od temperatury przechowywania i odmiany. Najmniejsza intensywność oddychania występuje w ziemniakach przechowywanych w temperaturze 5°C. Ziemniaki przechowywane w wyższej jak i niższej temperaturze oddychają intensywniej (Frydecka-Mazurczyk, 1978; Kubicki, 1988). Dlatego optymalna temperatura przechowywania ziemniaków jadalnych została określona na poziomie 5°C. Dla przetwórstwa istotniejszym parametrem niż ubytki naturalne jest zawartość cukrów redukujących, których poziom może zostać obniżony podczas przechowywania bulw w wyższej temperaturze. Optymalna temperatura dla ziemniaków przeznaczonych do przetwórstwa wynosi 8°C (Rastovski i in., 1981; Copp i in., 2000; Burton i in., 1992; Zgórska., Frydecka-Mazurczyk, 2000).

Straty powstające w wyniku chorób przechowalniczych, takich jak: mokra zgnilizna, sucha zgnilizna oraz mieszana zgnilizna zależą głównie od odmiany, warunków przechowywania oraz warunków agrotechnicznych (Kuźniewicz, 1982; Pringle i in., 1991; Sowa-Niedziałkowska, 2000; Czerko, 2009). Także w latach o zwiększonych opadach w okresie wegetacji obserwuje się zwiększony rozwój chorób przechowalniczych (Czerko, 2011).

W podwyższonej temperaturze przechowywania (6°C–10°C) i dużej wilgotności względnej powietrza (powyżej 95%) oraz w pryzmach słabo wietrzonych zwiększa się gnienie ziemniaków w wyniku rozwoju mokrej zgnilizny (Perombelon, 1970; Pett, 1978). Sucha zgnilizna bulw intensywniej rozwija się w ziemniakach przechowywanych w wyższej temperaturze z intensywnym wietrzeniem (Langerfeld 1979; Desjardinis i in., 1992). W niektórych warunkach obserwowano wzrost porażenia bulw tą chorobą także w niskiej temperaturze (Kuźniewicz, 1982).

Straty w wyniku kiełkowania zależą głównie od odmiany i temperatury przechowywania. Wyższa temperatura przechowywania skraca okres uśpienia bulw oraz zwiększa intensywność wzrostu kiełków (Sowa-Niedziałkowska, 2004 b; Czerko, 2008, 2010). Ponadto temperatura przechowywania sadzeniaków uzależniona jest od tempa fizjologicznego starzenia się bulw, długości okresu spoczynku oraz warunków panujących podczas plonowania roślin (Rykaczewska, 1993; Reust i in., 2001; Zarzyńska, 2004). Zauważa się duży wpływ warunków wegetacji na termin rozpoczęcia kiełkowania jak i na intensywność wzrostu kiełków. Szczególnie w latach o większych opadach w okresie wegetacji następuje opóźnienie kiełkowania w przechowalni (Czerko, 2010). Na zróżnicowanie okresu spoczynku ma także wpływ zmienność (duże wahania) temperatury w okresie wegetacji (Ittersum, 1992).

Hodowla ziemniaka systematycznie wprowadza do rejestru nowe odmiany mające uwzględnić rosnące wymagania konsumentów. Nowe odmiany, które nie sprostają wymaganiom konsumenta i producenta są bezużyteczne i podnoszą koszty hodowli i produkcji ziemniaka. W strategii hodowli ziemniaka wykorzystuje się bardzo wiele cech jakości powiązanej ze sposobem wykorzystania ziemniaka, ochroną i produkcją (Pawlak, 2012). Wśród tych cech trwałość przechowalnicza ma duże znaczenie.

Celem badań było porównanie trwałości przechowalniczej grupy zarejestrowanych odmian ziemniaka będących w produkcji z grupą zaawansowanych materiałów hodowlanych (rodów) przechowywanych w temperaturze 5°C i 8°C w latach 2008–2012.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2008–2011 i w sumie objęto nimi 46 odmian ziemniaka i 106 rodów (tab. 1). W każdym badanym roku genotypy analizowano z podziałem na grupy wczesności. Celem zapewnienia takich samych warunków uprawy i rozwoju roślin materiał kwalifikowany wysadzano na polu doświadczalnym w Jadwisinie. Ziemniaki uprawiano w systemie integrowanym. Dodatkowo przeprowadzono dwukrotnie selekcję negatywną usuwając rośliny i bulwy porażone chorobami (czarna nóżka, silne objawy porażeniem wirusami i rizoktoniozą). W końcowym okresie wegetacji nać niszczone rozbijaczem łęcin, a po upływie 2–3 tygodni przeprowadzono zbiór kopaczką i kombajnem. Termin zbioru przypadał na koniec września. Badania prowadziło przez 4 sezony przechowalnicze.

Bulwy przechowywano w następujących warunkach:

- w okresie przygotowawczym, przez pierwsze dwa tygodnie po zbiorze utrzymywano temperaturę na poziomie 15°C, przy wilgotności względnej powietrza około 90%;

- w ciągu następnych dwóch tygodni temperaturę stopniowo obniżano, zachowując taką samą wilgotność;
- w długotrwałym składowaniu, trwającym 5 miesięcy, próby (2×5 kg — rody i 2×10 kg — odmiany) umieszczano w przechowalni w temperaturze 5°C i 8°C, przy wilgotności względnej powietrza 90–95%.

Tabela 1

Odmiany i rody ziemniaka badane w poszczególnych latach z podziałem na grupy wczesności
Investigated cultivars and potato breeding lines divided according to earliness group

Lata Years	Wczesność, Earliness	Rody — Breeding lines	Odmiany — Cultivars
2008	Bardzo wczesne i wczesne Very early and early	U 2, U 3, U 4,, U 5, U 6, U 7, U 8, U 10, U 11, U 12	Flaming, Justa, Miłek, Aruba, Bellarosa, Cyprian, Ewelina, Oman, Owacja, Tucan
	Średnio wczesne Mid early	B, C, D, E, F, G, H, I, J, M, N, O, P, R, S, T	Agnes, Benek, Elanda, Finezja, Marlen, Meridian, Roxana, Adam, Zuzanna
	Średnio późne i późne Mid late	Z 1, Z 2, Z 3, Z 4, Z 5, Z 6, Z 7, Z 8	Jelly, Medea, Zagłoba, Inwestor, Kuras, Sekwana, Wist
2009	Bardzo wczesne i wczesne Very early and early	A 1, A 2, A 6, A 8, A 10, A 11, A 12, A 13, A 14	Flaming, Justa, Miłek, Altesse, Aruba, Bellarosa, Cyprian, Ewelina, Owacja,
	Średnio wczesne Mid early	B 2, B 3, B 9, B 10, B 14, B 15, B 16, B 18, B 19, B 20, B 21, B 22, B 23, B 24, B 25, B 26, B 27	Almera, Benek, Elanda, Finezja, Promyk, Wiarus
	Średnio późne i późne Mid late	C 2, C 3, C 5, C 7, C 9, C 10, C 11, C 12, C 13, C 14	Zagłoba, Bosman, Kuras, Sekwana
2010	Bardzo wczesne i wczesne Very early and early	A 10, A 12, A 13, A 14, A 15, A 16, A 17, A 18,	Flaming, Justa, Ingrid, Altesse, Aruba, Cyprian, Carrera, Etola, Tucan
	Średnio wczesne Mid early	B 10, B 15, B 18, B 19, B 21, B 23, B 24, B 25, B 26, B 27, B 28, B 29, B 30, B 31, B 32, B 33, B 34, B 35, B 36, B 37, B 38, B 39, B 40, B 41, B 42, B 43	Almera, Ametyst, Elanda, Jutrzenka, Promyk, Sagitta, Tetyda, Wiarus, Zuzanna
	Średnio późne i późne Mid late	C 9, C 14, C 15, C 16	Zagłoba, Bosman, Kuras, Sekwana
2011	Bardzo wczesne i wczesne Very early and early	A 12, A 14, A 16, A 19, A 20, A 21, A 22, A 23, A 24, A 25,	Ingrid, Vivianna, Altesse, Carrera, Etola, Michalina,
	Średnio wczesne Mid early	B 26, B 27, B 30, B 31, B 32, B 40, B 44, B 45, B 46, B 47, B 48, B 49, B 50, B 51, B 52, B 53, B 54, B 55, B 56,	Almera, Ametyst, Bursztyn, Gawin, Jutrzenka, Legenda, Promyk, Sagitta, Stasia, Tetyda, Wiarus,
	Średnio późne i późne Mid late	C 9, C 14, C 16, C 17, C 18, C 19	Gustaw, Zenia, Bosman

Do określenia terminu i intensywności kiełkowania dodatkowo badane formy były przechowywane w oddzielnych skrzynkach (po 35 bulw). Ocenę stanu kiełków

prowadzono co 10 dni, a po przechowywaniu (początek kwietnia) oceniano długość kielków.

Po zakończonym sezonie przechowalniczym określano ubytki naturalne, straty wywołane rozwojem chorób oraz kielkowaniem. Dla porównania odmian i rodów w grupach wczesności i latach przeprowadzono analizę wariancji dla poszczególnych rodzajów strat przechowalniczych (ubytki naturalne, choroby, kielki, suma strat). Obliczono korelację między warunkami wegetacji a poziomem strat przechowalniczych i terminem rozpoczęcia kielkowania.

WYNIKI I DYSKUSJA

Średnia temperatura w okresie wegetacji (maj-wrzesień) w badanych latach nie była mocno zróżnicowana: wahała się od 15,5°C w roku 2008 do 16,6°C w 2009. Na wyższą średnią temperaturę w roku 2009 miała wpływ głównie wyższa temperatura występująca we wrześniu.

Największa ilość opadów w okresie wegetacji — 504,1 mm wystąpiła w roku 2010, a najniższa 304,9 mm w roku 2008. W czterech badanych latach średni współczynnik Sielanianowa w okresie wegetacji ziemniaków wynosił powyżej 1 (od 1,36 do 2,31) co wskazuje na warunki wilgotne we wszystkich latach. Rozpatrując dokładniej warunki w poszczególnych miesiącach zauważa się, że tylko w dwóch miesiącach współczynnik Sielanianowa wynosił poniżej 1 (w czerwcu 2008 i we wrześniu 2009).

Kielkowanie: początek kielkowania, długość kielków, straty

Termin rozpoczęcia kielkowania ziemniaków zmieniał się zależnie od genotypów, grup wczesności oraz lat uprawy. Badane odmiany i rody przechowywane w temperaturze 5°C rozpoczynały kielkowanie średnio na przełomie 2 i 3 dekady marca (tab. 2). Nie stwierdzono istotnych różnic między średnim terminem początku kielkowania rodów i odmian, chociaż nieznacznie wcześniej (średnio 2 dni) rozpoczęły kielkowanie odmiany. Większe tempo wzrostu kielków podczas przechowywania w temperaturze 5°C, niekorzystne dla przechowalnictwa ziemniaków, zanotowano dla odmian niż dla rodów. Na koniec przechowywania średnia długość kielków dla odmian wynosiła 10,1 mm a dla rodów 6,8 mm.

Odmiany ziemniaka z różnych grup wczesności różniły się między sobą terminem rozpoczęcia kielkowania. Najwcześniejszym terminem rozpoczęcia kielkowania (III dekada lutego) charakteryzowały się odmiany z grupy bardzo wczesnych i wczesnych. Odmiany z grupy średnio późnych rozpoczęły kielkowanie o 2 dekady później (2 dekada marca). Długość kielków po okresie przechowywania nie różniła się istotnie między grupami wczesności. Lata uprawy miały istotny wpływ na termin rozpoczęcia kielkowania i na długość kielków po przechowywaniu. Najwcześniejsze kielkowanie genotypów wystąpiło w roku 2008 (w 3 dekadzie stycznia), a najpóźniej w latach 2010 i 2011 (1 dekada kwietnia). Podobnie układała się długość kielków po przechowywaniu. W roku 2008 średnia długość wynosiła 17,8 mm, a w latach 2010 i 2011 odpowiednio 4,7 i 4,6 mm. Na taki obraz kielkowania miał wpływ przebieg warunków podczas wegetacji.

Tabela 2

Początek kielkowania i długość kielków odmian i rodów ziemniaka przechowywanych w temperaturze 5°C w poszczególnych grupach wczesności i latach

The beginning of sprouting and length of sprouts of the cultivars and potato breeding lines during storage at temperatures 5°C in particular groups of earliness and years

Wyszczególnienie Specification	Wczesności Earliness	Lata Years	Początek kielkowania Beginning of sprouting	Długość kielków (mm) Length of sprouts (mm)
Rody Breeding line	bardzo wczesne i wczesne very early and early	2008	2 d. I	18,2
		2009	3 d. III	3,1
		2010	3 d. III	3,7
		2011	3 d. III	2,4
		Średnio — mean	1 d. III	6,9
	średnio wczesne mid early	2008	2 d. I	19,4
		2009	3 d. III	4,2
		2010	1 d. IV	1,5
		2011	3 d. III	3,0
		średnio — mean	2 d. III	7,0
	średnio późne mid late	2008	3 d. I	17,0
		2009	3 d. III	3,3
		2010	3 d. III	3,7
		2011	1 d. IV	2,2
		średnio — mean	2 d. III	6,6
Odmiany Cultivars	bardzo wczesne i wczesne very early and early	2008	2 d. I	17,4
		2009	2 d. II	11,0
		2010	3 d. III	7,8
		2011	1 d. IV	6,2
		średnio — mean	3 d. II	10,6
	średnio wczesne mid early	2008	1 d. II	16,5
		2009	3 d. II	11,0
		2010	3 d. III	7,0
		2011	3 d. III	7,9
		średnio — mean	1 d. III	10,6
	średnio późne mid late	2008	1 d. II	18,0
		2009	1 d. III	8,0
		2010	2 d. IV	4,5
		2011	2 d. IV	6,0
		średnio — mean	2 d. III	9,1
Średnie dla genotypów Average for genotype	rody — breeding lines		2 d. III	6,8
	odmiany — cultivars		1 d. III	10,1
Średnie dla wczesności Average for earliness	NIR — LSD		1 d.	1,28
	bardzo wczesne — very early		1 d. III	8,7
	średnio wczesne — mid early		1 d. III	8,8
	średnio późne — mid late		2 d. III	7,8
Średnie dla lat Average for years	NIR — LSD		1 d.	n.u.
	2008		3 d. I	17,8
	2009		2 d. III	6,8
	2010		1 d. IV	4,7
	2011		1 d. IV	4,6
	NIR — LSD		1 d.	1,8

Duża korelacja wystąpiła między terminem rozpoczęcia kielkowania oraz intensywnością wzrostu kielków a opadami w okresie wegetacji. W latach o większych średnich opadach w okresie wegetacji (maj — wrzesień) ziemniaki podczas

przechowywania kielkowały później i przyrost kielków był mniejszy (tab. 7 i 8). Podobne wyniki, w których na straty w wyniku kielkowania miały wpływ warunki wegetacji, tj. przebieg temperatury powietrza i rozkład opadów, uzyskano w pracach Sow-Niedziałkowskiej (2002 a) i Czerki (2009).

Kielkowanie jako straty przechowalnicze

Straty w postaci masy kielków zależały przede wszystkim od temperatury przechowywania, ale ich poziom nie był duży. W temperaturze przechowywania 8°C straty nie przekraczały 1,0%, a w temperaturze 5°C wynosiły około 0,1% (tab. 3).

Tabela 3

Porównanie strat masy kielków (%) odmian i rodów ziemniaka przechowywanych w temperaturze 5 i 8°C w poszczególnych grupach wczesności i latach
Comparison of sprouting losses (%) between cultivars and potato breeding lines after storage at temperatures 5°C and 8°C in particular groups of earliness and years

Wyszczególnienie Specification	Wczesność Earliness	Lata Years	Temperatura przechowywania Storage temperature	
			5°C	8°C
1	2	3	4	5
Rody Breeding lines	bardzo wczesne i wczesne very early and early	2008	0,51	2,49
		2009	0,03	0,56
		2010	0,03	0,31
		2011	0,03	0,05
		średnio — mean.	0,15	0,85
	średnio wczesne mid early	2008	0,48	2,63
		2009	0,05	0,55
		2010	0,02	0,40
		2011	0,04	0,10
		średnio — mean.	0,15	0,92
	średnio późne mid late	2008	0,15	1,09
		2009	0,05	0,61
		2010	0,08	0,32
		2011	0,03	0,05
		średnio — mean	0,08	0,52
Odmiany Cultivars	bardzo wczesne i wczesne very early and early	2008	0,22	2,66
		2009	0,05	1,50
		2010	0,10	0,91
		2011	0,02	0,22
		średnio — mean.	0,10	1,32
	średnio wczesne mid early	2008	0,09	1,36
		2009	0,15	1,00
		2010	0,06	0,79
		2011	0,10	0,39
		średnio — mean	0,10	0,89
	średnio późne mid late	2008	0,09	1,08
		2009	0,03	0,80
		2010	0,07	0,80
		2011	0,03	0,25
		średnio — mean	0,06	0,73
Średnie dla genotypów Average for genotypes	rody — breeding lines		0,13	0,76
	odmiany — cultivars		0,08	0,98
	NIR — LSD		n.u.	n.u.

c.d. Tabela 3

1	2	3	4	5
	bardzo wczesne i wczesne — very early and early		0,12	1,09
Średnie dla wczesności	średnio wczesne — mid early		0,12	0,90
Average for earliness	średnio późne — mid late		0,07	0,63
	NIR — LSD		0,12	0,50
		2008	0,26	1,89
		2009	0,06	0,84
Średnie dla lat		2010	0,06	0,59
Average for years		2011	0,04	0,18
		NIR — LSD	0,14	0,58

Różnice w poziomie strat w poszczególnych grupach wczesności nie były istotne. Natomiast istotnie wyższe straty w wyniku kiełkowania wystąpiły w roku 2008 charakteryzującym się najniższymi średnimi opadami. W temperaturze przechowywania 8°C straty wyniosły 1,89%, a w temperaturze 5°C — 0,26%.

Ubytki naturalne

Ziemniaki przechowywane w 8°C charakteryzowały się wyższymi ubytkami naturalnymi niż przechowywane w temperaturze 5°C. Dotyczyło to odmian i rodów ziemniaka we wszystkich grupach wczesności. Istotnym celem pracy było porównanie poziomu ubytków naturalnych między rodami a odmianami. Podczas przechowywania w temperaturze 5°C ubytki naturalne rodów były na istotnie niższym poziomie niż ubytki odmian (odpowiednio 7,3% i 8,0%). W wyższej temperaturze przechowywania 8°C poziom ubytków naturalnych był wyrównany i wynosił 10,0% dla rodów i odmian (tab. 4).

Tabela 4

Porównanie ubytków naturalnych (%) odmian i rodów ziemniaka przechowywanych w temperaturze 5° i 8°C w poszczególnych grupach wczesności i latach
Comparison of natural losses (%) between cultivars and potato breeding lines after storage at temperatures 5°C and 8°C in particular groups of earliness and years

Wyszczególnienie Specification	Wczesność Earliness	Lata Years	Temperatura przechowywania Storage temperature	
			5°C	8°C
1	2	3	4	5
		2008	6,80	10,50
	bardzo wczesne i	2009	6,90	9,80
	wczesne	2010	9,16	12,66
	very early and early	2011	5,82	7,69
		średnio — mean	7,17	10,16
		2008	6,90	10,20
	średnio wczesne	2009	6,90	9,68
	mid early	2010	7,64	10,49
		2011	6,16	7,00
		średnio — mean	6,90	9,34
		2008	7,20	10,80
	średnio późne	2009	8,20	11,81
	mid late	2010	8,30	10,70
		2011	7,60	8,64
		średnio — mean	7,83	10,49

c.d. Tabela 4

1	2	3	4	5
Odmiany Cultivars	bardzo wczesne i wczesne very early and early	2008	6,31	8,85
		2009	6,72	8,74
		2010	7,42	9,64
		2011	4,84	6,29
		średnio — mean	6,32	8,38
	średnio wczesne mid early	2008	7,22	9,70
		2009	7,10	9,52
		2010	9,70	11,93
		2011	7,30	9,30
		średnio — mean	7,83	10,11
	średnio późne mid late	2008	9,45	15,92
		2009	9,78	10,90
		2010	11,80	11,00
		2011	7,83	9,45
		średnio — mean	9,72	11,82
	Średnie dla genotypów Average for genotypes	rody — breeding line	7,30	10,00
		odmiany — cultivars	8,00	10,00
		NIR — LSD	0,58	n.u.
Średnie dla wczesności Average for earliness	bardzo wczesne i wczesne — very early and early		6,70	9,20
	średnio wczesne — mid early		7,40	9,60
	średnio późne — mid late		8,80	11,20
	NIR — LSD		0,71	1,48
Średnie dla lat Average for years		2008	7,30	10,9
		2009	7,60	10,1
		2010	9,00	11,0
		2011	6,50	8,10
		NIR — LSD	0,82	1,71

Rody i odmiany ziemniaków z grupy średnio późnych charakteryzowały się większymi ubytkami naturalnymi niż genotypy pozostałych grup wczesności (bardzo wczesne i wczesne oraz średnio wczesne). Rozpatrując genotypy w grupach wczesności zanotowano wyższy poziom ubytków naturalnych rodów i odmian w ziemniakach z grupy późnych. Nastąpiło istotne zróżnicowanie ubytków naturalnych w poszczególnych latach badań. Największe ubytki naturalne rodów i odmian przechowywanych w temperaturze 5°C wystąpiły w roku 2010. W wyższej temperaturze przechowywania 8°C ubytki naturalne układały się podobnie jak w temperaturze 5°C z wyjątkiem odmian średnio późnych, które najwyższe ubytki miały w roku 2008. Wiele badań i obserwacji prowadzone przez osoby zajmujące się doświadczalnictwem rolniczym (Sowa-Niedziałkowska, 2000; Czerko, 2011) przedstawiają wyniki, w których ubytki naturalne malały w roku o większych opadach w okresie wegetacji. W tym badaniu rok 2010 charakteryzował się dużymi opadami w okresie wegetacji. Warunki te przyczyniły się do wzrostu porażenia chorobami przechowalniczymi (mokra zgnilizna), co pośrednio spowodowało wzrost ubytków naturalnych, gdyż bulwy zgniłe odparowują więcej wody i tym samym przyczyniają się do wzrostu ubytków naturalnych. Taki układ warunków występujący w jednym roku mógł zmienić zależność ubytków naturalnych od opadów.

Choroby przechowalnicze

Choroby przechowalnicze w badanych latach układały się na poziomie średnim do dużego.

Tabela 5

Porównanie porażenia chorobami przechowalniczymi (%) odmian i rodów ziemniaka przechowywanych w temperaturze 5 i 8°C w poszczególnych grupach wczesności i latach
Comparison of storage disease infections (%) between cultivars and potato breeding lines after storage at temperatures 5°C and 8°C in particular groups of earliness and years

Wyszczególnienie Specification	Wczesność Earliness	Lata Years	Temperatura przechowywania Storage temperature	
			5°C	8°C
Rody Breeding lines	bardzo wczesne i wczesne very early and early	2008	0,89	0,83
		2009	1,30	0,77
		2010	4,15	7,66
		2011	0,54	0,90
		średnio — mean	1,72	2,54
	średnio wczesne mid early	2008	0,52	0,24
		2009	0,64	0,65
		2010	0,55	0,62
		2011	0,13	0,14
		średnio — mean	0,46	0,41
	średnio późne mid late	2008	1,29	2,05
		2009	2,10	0,16
		2010	0,60	2,52
		2011	0,43	0,13
		średnio — mean	1,11	1,22
Odmiany Cultivars	bardzo wczesne i wczesne very early and early	2008	0,28	0,60
		2009	1,06	0,96
		2010	3,69	2,36
		2011	0,81	0,36
		średnio — mean	1,46	1,07
	średnio wczesne mid early	2008	0,22	1,26
		2009	0,63	0,32
		2010	5,73	4,20
		2011	2,32	3,01
		średnio — mean	2,23	2,20
	średnio późne mid late	2008	2,06	4,90
		2009	2,10	3,60
		2010	6,67	3,40
		2011	2,76	2,10
		średnio — mean	3,40	3,50
Średnie dla genotypów Average for genotypes	rody — breeding line		1,10	1,39
	odmiany — cultivares		2,36	2,26
	NIR — LSD		1,16	n.u.
Średnie dla wczesności Average for earliness	bardzo wczesne i wczesne — very early and early		1,59	1,81
	średnio wczesne — mid early		1,34	1,31
	średnio późne — mid late		2,25	2,36
	NIR — LSD		n.u.	n.u.
Średnie dla lat Average for years	2008		0,88	1,65
	2009		1,31	1,08
	2010		3,57	3,46
	2011		1,17	1,11
	NIR — LSD		1,65	1,97

W latach 2008, 2009, 2011 porażenie chorobami wynosiło około 1,0 % natomiast w roku 2010 około 3,5%. Wystąpiła istotna różnica w poziomie porażenia chorobami między rodami i odmianami przechowywanymi w temperaturze 5°C (tab. 5).

Mniejsze zgnilizny wywołane chorobami wynosiły dla rodów 1,10% a większe dla odmian 2,36%. Zauważa się natomiast nieznacznie większe porażenie chorobami rodów niż odmian w grupie genotypów wczesnych (odpowiednio 1,72 i 1,46%). W późniejszych grupach wczesności we wszystkich latach większe porażenie chorobami przechowalniczymi wystąpiło w odmianach niż w rodach. Podobną tendencję można było zauważyć także dla ziemniaków przechowywanych w 8°C. Poziom porażenia chorobami przechowalniczymi zmieniał się w poszczególnych latach. Największe średnie porażenie chorobami przechowalniczymi wystąpiło w roku 2010. Gnucie ziemniaków w przechowalni związane jest z przebiegiem warunków wegetacji. W roku 2010 średnie miesięczne opady w okresie od maja do września były największe i wyniosły 100,8 mm (tab. 6).

Współczynnik korelacji między opadami a występowaniem chorób przechowalniczych dla wszystkich genotypów przechowywanych w temperaturze 5°C wyniósł 0,52 (tab. 7). Podobny wpływ zwiększonych opadów podczas wegetacji na wzrost chorób przechowalniczych (szczególnie mokrej zgnilizny) przedstawiono w pracach Naerstad i in. (2007) oraz Czerko (2011). W obu pracach stwierdzono, że w latach o większych opadach wystąpił wzrost gnicia ziemniaków w przechowalni w wyniku rozwoju zarazy ziemniaka.

Tabela 6

Warunki pogodowe w okresie wegetacji (średnia temperatura, opady i współczynnik Sielanianowa za V–IX) w latach 2008–2011

Weather conditions during vegetation period (average temperature, precipitation and Sielanianov's coefficient in V–IX) in years 2008–2011

Wyszczególnienie Specifications	Lata — Years			
	2008	2009	2010	2011
Temperatura — temperature (°C)	15,5	16,6	15,6	15,8
Opady — precipitation (mm)	305	341	504	432
Współczynnik Sielanianowa Sielanianov's coefficient, K	1,4	1,4	2,3	1,8

Tabela 7

Współczynniki korelacji Pearsona pomiędzy warunkami podczas wegetacji (temperatura, opady) a stratami przechowalniczymi podczas przechowywania w temperaturze 5°C

Pearson correlation coefficients between vegetation conditions (temperature, precipitation) and storage losses at temperature 5°C

Wyszczególnienie Specifications	Ubytki naturalne Natural losses	Choroby Diseases	Masa kielków Mass of sprouts	Długość kielków Length of sprouts	Początek kielkowania Beginning of sprouting
Temperatura — temperature	0,13	0,21	-0,30	-0,29	0,16
Opady — precipitation	0,31	0,52	-0,46	-0,70	0,78

Tabela 8

Suma strat przechowalniczych (%) odmian i rodów ziemniaka przechowywanych w temperaturze 5° i 8°C w poszczególnych grupach wczesności i latach
Sums of storage losses (%) of cultivars and potato breeding lines after storage at temperatures 5°C and 8°C in particular groups of earliness and years

Wyszczególnienie Specification	Wczesność Earliness	Lata Years	Temperatura przechowywania Temperature of storage	
			5°C	8°C
Rody Breeding lines	bardzo wczesne i wczesne very early and early	2008	8,16	13,80
		2009	8,23	11,11
		2010	13,34	20,63
		2011	6,39	8,64
		średnio — mean	9,03	13,55
	średnio wczesne mid early	2008	7,94	13,20
		2009	7,59	10,89
		2010	8,21	11,51
		2011	6,33	7,27
		średnio — mean	7,52	10,72
	średnio późne mid late	2008	8,62	13,96
		2009	10,35	12,58
		2010	8,98	13,54
		2011	8,06	8,82
		średnio — mean	9,00	12,23
Odmiany Cultivars	bardzo wczesne i wczesne very early and early	2008	6,81	12,10
		2009	7,82	11,20
		2010	11,21	11,91
		2011	5,66	6,86
		średnio — mean	7,88	10,52
	średnio wczesne mid early	2008	7,53	12,33
		2009	7,88	10,83
		2010	15,50	16,92
		2011	9,67	12,70
		średnio — mean	10,15	13,20
	średnio późne mid late	2008	11,61	21,91
		2009	11,91	15,30
		2010	18,54	15,20
		2011	10,61	11,80
		średnio — mean	13,17	15,82
Średnie dla genotypów Average for genotypes	rody — breeding line		8,52	12,16
	odmiany — cultivars		10,40	13,48
	NIR — LSD		1,63	n.u.
Średnie dla wczesności Average for earliness	bardzo wczesne i wczesne, very early and early		8,45	12,03
	średnio wczesne, mid early		8,84	12,29
	średnio późne, mid late		11,09	14,14
	NIR, LSD		1,99	n.u.
Średnie dla lat Average for years	2008		8,45	14,55
	2009		8,96	11,99
	2010		12,63	15,40
	2011		7,80	9,35
	NIR — LSD		2,30	3,43

Suma strat

Suma strat, na którą składają się ubytki naturalne, bulwy porażone chorobami oraz masa kielków średnio dla odmian i rodów przechowywanych w temperaturze 5°C wyniosła

około 10%, a w temperaturze 8°C około 13% (tab. 8). Mniejsze straty ogółem zanotowano w rodach niż w odmianach, chociaż istotne różnice wystąpiły tylko w niższej temperaturze przechowywania 5°C. Poziom sumy strat zależał od grupy wczesności. Największymi stratami charakteryzowały się genotypy późne. Duża różnica w stratach ogółem wystąpiła między latami badań. Najkorzystniejszy układ temperatury i opadów wystąpił w roku 2011 w którym odnotowano najniższą sumę strat podczas przechowywania.

WNIOSKI

1. Średnio większe straty przechowalnicze badanych genotypów stwierdzono po przechowywaniu bulw w temperaturze 8°C niż w 5°C.
2. Suma strat przechowalniczych dla całej puli rodów była na niższym poziomie niż dla badanej puli odmian co sugeruje uzyskanie przez hodowców postępu hodowlanego w tej złożonej cesze.
3. Większymi stratami przechowalniczym charakteryzowały się genotypy z późnej grupy wczesności i niż genotypy wcześniejsze.
4. Wśród czterech badanych lat największe porażenie chorobami przechowalniczymi wystąpiło w roku o największych opadach w okresie wegetacji.

LITERATURA

- Burton W. G., Es van A., Hartmans K. J. 1992. The physics and physiology of storage. In: The Potato Crop. The scientific basis for improvement. Second edition, ed. by Paul Harris (Chapman and Hall), London: 608 — 727.
- Copp L. J., Blenkisop R. W., Yada R. Y., Marangoni A. G. 2000. The relationship between respiration and chip colour during long term storage of potato tubers. Amer. J. of Potato Res. 279 — 287.
- Czerko Z. 2008. Trwałość przechowalnicza wybranych odmian ziemniaka. Ziem. Pol. 3: 24 — 28.
- Czerko Z. 2009. Wpływ odmiany i temperatury przechowywania ziemniaków na wielkość strat masy bulw. Biul. IHAR 254: 159 — 168.
- Czerko Z. 2010. Wpływ wybranych czynników na intensywność kiełkowania ziemniaków podczas przechowywania. Biul. IHAR 257/258: 215 — 223.
- Czerko Z. 2011. Przechowywalność sześciu odmian ziemniaka uprawianych w latach 2007–2009. Biul. IHAR 262: 127 — 139.
- Desjardins A., Christ E., Mc Cornick S., Secor G. A. 1992. Heritability and other characteristics of thiabendazole-resistance in *Fusarium sambucinum* from dry rotted potato tubers. Phytopathology 83: 164 — 170.
- Frydecka-Mazurczyk A. 1978. Oddychanie bulw ziemniaka w zależności od warunków termicznych w czasie przechowywania, Biul. Inst. Ziem. 22: 113 — 124.
- Ittersum van M. K. 1992. Dormancy and growth vigour of seed potatoes. Doctoral thesis. Wageningen Agricultural University: 187 pp.
- Kubicki K. 1988. Biologiczne i techniczne uwarunkowania przechowywania ziemniaków. PWN, Warszawa, 206 ss.
- Kuźniewicz M. 1982. Czynniki warunkujące występowanie chorób w czasie przechowywania ziemniaków oraz możliwości ograniczania ich rozwoju. Praca doktorska. Inst. Ziem. Bonin.
- Langerfeld E. 1979. Prüfung des Resistenzverhaltens von Kartoffelsorten gegen über *Fusarium coeruleum* (Lib.) Sacc. Potato Res. 22: 107 — 122.
- Naerstad R. H., Hermanson A., Bjor T. 2007. Effect of cultivar resistance and haulm killing method on tuber infection by *Phytophthora infestans*. Pot. Res. Vol. 50 (2): 157 — 173.

- Pawlak A. 2012. Kierunki w hodowli nowych odmian ziemniaka. W: Produkcja i rynek ziemniaka. Pod red. J. Chotkowskiego, Wieś Jutra 77 — 87.
- Perombelon M. C. M. 1970 b. The biology of contamination of the potato tuber by soft rotting *Erwinia* spp. Proc. Fourth Trien. Conf. EAPR Brest 1969. S: 196 — 197.
- Pett B. 1978. Einfluss der Wundheilung an Kartoffelsorten auf Faulnisinfektion. Nachrichtenblatt für Pflanzenschutz DDR 6: 114 — 116.
- Pringle R. T., Robinson K., Wale S., Burnett G. 1991. Comparison of the effect of storage environment on tuber contamination with *Erwinia carotovora*. Potato Research, 34: 17 — 28
- Rastovski A., Buitelaar N., Van Es A., De Haan P. H., Hartmans K. J., Meijers C. P., Van der Schild J. H. W., Sijbring P. H., Sparenberg H., Van Zwol B. H., Van der Zaag D. E. 1981. Storage of potatoes. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen: 262 pp.
- Reust W., Winiger F. A., Hebeisen T., Dutoit J. P. 2001. Assessment of the physiological vigour of new potato cultivars in Switzerland. Potato Res. 44: 11 — 17.
- Rykaczewska K. 1993. Znaczenie wieku fizjologicznego sadzeniaków w rozwoju i plonowaniu ziemniaka. W: Znaczenie jakości materiału siewnego w produkcji roślinnej. Mat. Konf. Nauk. SGGW Warszawa: 260 — 266.
- Sowa-Niedziałkowska G. 2000. Wpływ warunków wzrostu roślin i magazynowania bulw odmian jadalnych ziemniaka na ich trwałość przechowalniczą. Biul. IHAR 213: 225 — 232.
- Sowa-Niedziałkowska G. 2002 a. Wpływ naturalnych sposobów ograniczających intensywność przemian ilościowych w bulwach ziemniaka w czasie przechowywania. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 489: 355 — 363.
- Sowa-Niedziałkowska G. 2002 b. Określenie optymalnej temperatury przechowywania sadzeniaków różnych odmian ziemniaka w skali 9-stopniowej. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 223/224: 361 — 368.
- Sowa-Niedziałkowska G. 2004 a. Wpływ odmiany ziemniaka i warunków przechowywania bulw na długość okresu uspienia i intensywność kiełkowania. Biul. IHAR 232: 23 — 36.
- Sowa-Niedziałkowska G. 2004 b. Wskaźniki procesów życiowych zachodzących w sadzeniakach ziemniaka podczas długotrwałego przechowywania. Część I. Okres uspienia i intensywność wzrostu kiełków. Biul. IHAR 233: 219 — 236.
- Zarzyńska K. 2004. Długość okresu spoczynku bulw odmian ziemniaka. Biul. IHAR 232: 5 — 14.
- Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 2000. Wpływ warunków w czasie wegetacji oraz temperatury przechowywania na cechy jakości ziemniaków przeznaczonych do przetwórstwa. Biul. IHAR 213: 239 — 251.

CEZARY TRAWCZYŃSKI

Zakład Agronomii Ziemiaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Oddział Jadwisin

Bilans azotu, fosforu i potasu w systemie produkcji ekologicznej na glebie lekkiej

Balance of nitrogen, phosphorus and potassium in the organic crop production system on the light soil

Celem badań było określenie bilansu azotu, fosforu i potasu w poszczególnych członach płodozmianu ekologicznego na glebie lekkiej. Zmianowanie obejmowało następujące gatunki roślin rolniczych: ziemniak, gryka, łubin żółty + owies, żyto, owies. Oprócz gatunków głównych uprawiano 2 gatunki roślin międzyplonowych na przyoranie: peluszkę i seradellę. Dodatkowo przed uprawą ziemniaka stosowano obornik w dawce $25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ i pod owoce 0,5 dawki obornika, czyli $12,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Obliczenia oparto o rzeczywiste dane uzyskanych plonów i zawartości składników w plonach. Bilans NPK sporządzono metodą „na powierzchni pola”. W płodozmianie uzyskano dodatnie saldo bilansu azotu ($+39,5 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) i potasu ($+19,6 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) oraz nieznacznie ujemne saldo fosforu ($-1,5 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$).

Słowa kluczowe: bilans składników, gleba lekka, system ekologiczny, zmianowanie

The aim of this investigation was to determine balance of nitrogen, phosphorus and potassium in organic crop rotation system on light soil. The crop rotation comprised following agricultural plant species: potato, buckwheat, yellow lupine + oat, rye, oat. Apart from these main species 2 plants were cultivated as an intercrop that was ploughed in: field pea and serradella. Before potato cultivation the manure in dose of $25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ was applied and before the cultivation of oat 0.5 dose of manure, that is $12.5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ was applied. The calculations were based on real data of obtained yields and nutrients content in the yields. The „on surface of field” method was used in this investigation. In the crop rotation positive balances of nitrogen ($+39.5 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ per year}^{-1}$) and potassium ($+19.6 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ per year}^{-1}$) and slightly negative one for phosphorus ($-1.5 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ per year}^{-1}$) were noted.

Key words: crop rotation, nutrient balance, light soil, organic system

WSTĘP

Nadrzędnym czynnikiem w uzyskiwaniu odpowiednio wysokich i stabilnych plonów w ekologicznym systemie uprawy roślin jest stosowanie rozbudowanego zmianowania z uwzględnieniem międzyplonów i stosowaniem słomy, obornika, kompostu, czy innych

Redaktor prowadzący: Stanisława Roztropowicz-Szkubel

rodzajów dostępnych nawozów naturalnych i organicznych, nie tylko jako źródeł substancji organicznej, ale przede wszystkim składników pokarmowych (Tyburski, Żakowska-Biemans, 2007). Właściwie skonstruowany płodozmian oraz stosowanie nawozów naturalnych czy organicznych w warunkach zaprzestania stosowania syntetycznych nawozów czy chemicznych środków ochrony roślin spełniać powinny podstawową funkcję aktywizowania naturalnych mechanizmów sprzyjających uprawianym gatunkom roślin oraz ochronną zapobiegającą lub ograniczającą występowanie chorób, szkodników czy chwastów (Duer, 2001; Gruczek i in., 2005; Tyburski i in., 2008). Prowadzenie monitoringu obiegu podstawowych składników pokarmowych w układzie gleba — roślina oraz ich bilansowanie umożliwia racjonalne gospodarowanie i pozwala kształtować właściwą żyzność gleby, co jest szczególnie potrzebne w tym systemie produkcji (Krysztoforski, Stachowicz, 2008).

Celem badań było określenie bilansu podstawowych składników pokarmowych, azotu, fosforu i potasu w poszczególnych członach płodozmianu prowadzonego w systemie ekologicznym na glebie lekkiej.

MATERIAŁ I METODY

W Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB Oddział Jadwisin w 5-letniej rotacji płodozmianu ekologicznego zlokalizowanego na glebie lekkiej, o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego określono bilans podstawowych składników pokarmowych (N, P, K) za lata 2008–2012. Zawartość składników N, P, K w glebie w analizowanym okresie badań przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Zmiany zawartości azotu ogólnego (%) oraz przyswajalnych form fosforu i potasu ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) w glebie
Changes of total nitrogen content (%) and available form of phosphorus and potassium ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) in the soil

Składnik Nutrient	Lata Years	
	2008	2012
N	0,04	0,04
P	82,8 — wysoka*/high	75,2 — wysoka*/high
K	58,1 — niska*/low	64,3 — niska*/low

* Klasa zasobności gleby — Class of soil fertility

Zmianowanie 5-polowe obejmowało następujące gatunki roślin rolniczych: ziemniak, gryka, mieszanka strączkowo-zbożowa (lubin żółty + owies), żyto i owies. Technologia uprawy wszystkich gatunków prowadzona była według zasad obowiązujących w rolnictwie ekologicznym. Oprócz gatunków zbioru głównego, stosowano w zmianowaniu 2 gatunki roślin międzyplonowych: peluszka i seradela. Po owsie stosowany był wysiew peluszki jako międzyplonu na przyoranie poprzedzające uprawę mieszanki strączkowo-zbożowej, a w żyto zastosowano również na przyoranie wsiewkę seradeli. W tak skonstruowanym płodozmianie był następujący udział zasiewów: rośliny zbożowe — 40%,

okopowe — 20%, mieszanka strączkowych i zbożowych — 20%, inne (gryka) — 20%, a międzyplony stanowiły 40% łącznej powierzchni wszystkich zasiewów w płodozmianie.

Wyliczenia bilansowe oparto o rzeczywiste dane dotyczące uzyskanych plonów i zawartości w nich składników pokarmowych na podstawie średnich za lata 2010–2012. Na podstawie wielkości uzyskanych plonów suchej masy i zawartości oznaczonych w suchej masie składników N, P, K określono pobranie ich z plonem uprawianych roślin. Bilans NPK sporządzono metodą „na powierzchni pola” (Mercik, 2002) wyliczając saldo bilansu składników (S_{pp}) ze wzoru:

$$S_{pp} = S_{org} + S_{min} + S_{bio} + S_{atm} - S_{wyn}$$

gdzie:

S_{pp} — bilans składników na powierzchni pola,

S_{org} — ilość składników wprowadzonych do gleby w nawozach naturalnych i organicznych,

S_{min} — ilość składników wprowadzonych do gleby w nawozach mineralnych,

S_{bio} — ilość azotu wiązanego biologicznie przez bakterie brodawkowe,

S_{atm} — ilość azotu wprowadzonego do gleby z opadem atmosferycznym,

S_{wyn} — ilość składników zbieranych z pola z plonami głównymi i ubocznymi roślin.

Ilość składników wniesionych z nawozami naturalnymi i organicznymi (S_{org}) określono na podstawie masy stosowanego jesienią pod ziemniaki i owies obornika – odpowiednio 25 i 12,5 t·ha⁻¹ oraz rzeczywistej zawartości w nim azotu, fosforu i potasu. Składników wnoszonych do gleby w formie nawozów mineralnych (S_{min}) nie uwzględniono, gdyż nawożenia mineralnego nie stosowano. Ponadto w przypadku salda azotu po stronie przychodu uwzględniono ilość azotu wiązanego biologicznie przez bakterie symbiotyczne współżyjące z roślinami motylkowatymi (S_{bio}). W tym celu określono wielkość plonu głównego (nasiona) i ubocznego (słoma) uprawianego gatunku rośliny motylkowatej.

Tabela 2

Azot wiązany przez bakterie brodawkowe roślin motylkowatych (na podstawie różnych źródeł)
The nitrogen fixation by nodule bacteria of legume plants (based on different sources)

Roślina Plant	Rodzaj plonu Kind of crop	Ilość N symbiotycznie związanego Quantity of N symbiotic fixation	
		w 1 t s. m. części nadziemnych lub nasion (kg) in 1 t d. m. shoot or seeds (kg)	w resztkach poźniwnych (kg·ha ⁻¹) in crop residue (kg·ha ⁻¹)
Lucerna — Lucerne	siano — hay	21	112
Koniczyna — Clover	siano — hay	18	65
Wyka, Peluszką, Seradela Vetch, Field pea, Serradella	poplon — aftercrop	14	18
Bobik, Wyka, Groch Faba bean, Vetch, Pea	nasiona — seeds	31*	12
Łubiny — Lupines	nasiona — seeds	43*	17
Soja — Soybean	nasiona — seeds	36*	13

* Wraz z odpowiednim plonem ubocznym — With by-product yield

W zależności od wielkości uzyskanej masy plonu określono ilość azotu symbiotycznie związanego w glebie, uwzględniając również ilość azotu pozostającą w resztkach

poźniowych i korzeniowych roślin motylkowatych (tab. 2) — Gorlach i Mazur (2001). W odniesieniu do mieszanki łubinu z owsem przyjęto o połowę mniejszą niż wykazana w tabeli nr 2, ilość azotu symbiotycznie wiążanego przez ten gatunek rośliny.

Ilość azotu z opadów atmosferycznych (S_{atm}) przyjęto, że wynosi $17 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ na rok (Mercik, 2002), natomiast ilości fosforu i potasu ustalono odpowiednio na $0,4 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$ na rok oraz $4 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$ na rok (Barszczewski, Burs, 2003). W celu obliczenia ilości składników wyniesionych z pola (S_{wyn}) uwzględniono rzeczywiste wielkości uzyskanych plonów głównych (ziarno, nasiona, bulwy) oraz zawartości w nich NPK. Plonu ubocznego (słoma, łęty) roślin głównych oraz masy roślin międzyplonowych nie uwzględniono jako pozycji wynoszenia składników, gdyż pozostawały na polu i były przyorywane.

WYNIKI I DYSKUSJA

W badaniach wykazano, że spośród roślin podstawowych, najwięcej azotu z plonem głównym pobrały ziemniaki a najmniejszą ilością pobrania tego składnika charakteryzował się łubin z owsem. Z kolei w odniesieniu do uprawy łubinu z owsem stwierdzono największe pobranie azotu z plonem ubocznym (słoma). Mniejsze pobranie azotu z plonem głównym łubinu z owsem w porównaniu do pozostałych gatunków roślin wynikało ze stosunkowo niskiego plonu uprawianej mieszanki w tym płodozmianie. Znacznie większe w porównaniu do podstawowych uprawianych gatunków roślin pobranie azotu stwierdzono w przypadku stosowanych międzyplonów. Peluszką charakteryzowała się nieznacznie mniejszą ilością pobranego azotu, niż seradela (tab. 3).

Tabela 3
Pobranie składników pokarmowych ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) w biomase roślin głównych i międzyplonów. Średnie z lat 2010–2012

The uptake of nutrients ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) in biomass of main yield plants and intercrops. Mean of years 2010–2012

Składnik Nutrient	Element Elemet	Ziemniak Potato	Gryka Buckwheat	Łubin+Owies Lupine+Oat	Żyto Rye	Owies Oat	Peluszką Field pea	Seradela Serradella
N	Plon główny* Main yield*	63,0	36,2	24,4	37,0	38,4	—	—
N	Plon uboczny** By-product yield**	10,4	47,1	52,3	43,6	25,2	123,4	125,2
P	Plon główny* Main yield*	16,7	8,0	5,7	11,2	9,4	—	—
P	Plon uboczny** By-product yield**	9,5	17,8	12,1	15,3	8,8	12,2	16,2
K	Plon główny* Main yield*	114,8	11,8	31,7	14,6	11,7	—	—
K	Plon uboczny** By-product yield**	14,9	74,0	68,4	20,0	11,0	79,2	84,6

* Bulwy, ziarno, nasiona — Potato, grain, seeds

** Międzyplony, słoma, łęty — Intercrops, straw, haulm

W przypadku uprawy ziemniaka stwierdzono również największe pobranie fosforu i potasu z plonem głównym. Z kolei najmniejszym fosforu pobrały nasiona i ziarno łubinu z owsem, natomiast potasu ziarno owsa i nasiona gryki. Podobnie jak w przypadku azotu

więcej fosforu i potasu z gleby pobrała seradela niż peluszką. Generalnie oprócz ziemniaków i owsa większe pobranie azotu, fosforu i potasu zanotowano z plonem ubocznym, niż z plonem głównym roślin zmianowania (tab. 3), co wynikało z wielkości uzyskanych plonów głównych i ubocznych w odniesieniu do uprawianych gatunków (tab. 4).

Tabela 4

Bilans NPK ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) ekologicznego płodozmianu na glebie lekkiej
Balance of NPK ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) in organic crop rotation on light soil

Roślina Plant	Plon $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ Yield $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$	Składniki wniesione Inputs			Składniki wyniesione Outputs			Różnica bilansowa Balance difference		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K
Ziemniak — Potato + Obornik — Manure ($25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	5,6*/0,56**	+97,5	+27,5	+175,0	-63,0	-16,7	-114,8	+34,5	+10,8	+60,2
Gryka — Buckwheat	1,9*/4,4**				-36,2	-8,0	-11,8	-36,2	-8,0	-11,8
Łubin+Owies — Lupine+Oat	1,7*/3,9**	+45,0			-24,4	-5,7	-31,7	+20,6	-5,7	-31,7
Żyto — Rye + Seradela — Serradella	3,6*/4,9** 2,2***	+48,8			-37,0	-11,2	-14,6	+11,8	-11,2	-14,6
Owies — Oat +Obornik — Manure ($12,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) + Peluszką — Field pea	2,7*/2,6** 3,8***	+48,8 +71,2	+13,8	+87,5	-38,4	-9,4	-11,7	+81,6	+4,4	+75,8
Opad atmosferyczny ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \times \text{lata}$) Precipitation ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \times \text{years}^{-1}$)		+85,0	+2,0	+20,0				+85,0	+2,0	+20,0
Saldo bilansu Balance								+39,5	-1,5	+19,6

* Sucha masa plonu głównego (bulwy, ziarno, nasiona) — Dry matter of main yield (potato, grain, seeds)

** Sucha masa plonu ubocznego (słoma, łęty) — Dry matter of by-product yield (straw, haulm)

*** Sucha masa międzyplonów (część nadziemna) — Dry matter of intercrops (shoot)

Głównym źródłem azotu w płodozmianie były uprawiane międzyplony: peluszką i seradela, a także mieszanka strączkowo-zbożowa (łącznie w trzech członach zmianowania $165,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) oraz obornik stosowany pod ziemniaki i owies (łącznie w dwóch członach zmianowania $146,3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) — tabela 4. Z uwagi na zastosowany obornik w uprawie owsa i ziemniaków stwierdzono nie tylko dodatnie saldo bilansowe azotu, ale również fosforu i potasu. Z kolei ujemne salda bilansowe wszystkich składników wykazano w uprawie gryki, natomiast w odniesieniu do fosforu i potasu uprawiając mieszankę strączkowo-zbożową oraz żyto.

W całym płodozmianie uzyskano dodatnie saldo bilansu azotu ($+39,5 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) i wykazana nadwyżka przekraczała $30 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ określonej jako wartość bezpieczna dla środowiska naturalnego (Rozporządzenie MŚ, 2002). Dodatkowo wynoszenie azotu z pól badanego zmianowania ograniczało się jedynie do zbioru plonów głównych, czyli ziarna żyta i owsa, nasion łubinu i gryki oraz bulw ziemniaka. Dostarczony azot pochodzący z uprawy międzyplonów uwalniany może być przez 2–3 lata, a z zastosowanego obornika stopniowo do 3 lat i z dużym prawdopodobieństwem stwierdzić można, że wykazana nadwyżka bilansowa tego składnika po uprawie owsa i ziemniaków w znacznej części wykorzystana zostanie przez rośliny następcze. Największą dodatnią wartość bilansową azotu stwierdzono w członie zmianowania z owsem i ziemniakami (tab. 4), co jak podkreślono wcześniej wynikało głównie z zastosowania obornika pod ziemniaki i owies

oraz uprawy międzyplonu z gatunku motylkowatych po zbiorze owsa. Podobne wyniki w odniesieniu do wartości bilansowej azotu w płodozmianie z udziałem ziemniaka uzyskali Borówczak i in. (2007).

Saldo bilansu potasu w analizowanym płodozmianie, podobnie jak azotu było dodatnie ($+19,6 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$), ale nie stanowiło zagrożenia dla środowiska, a saldo bilansu fosforu nieznacznie ujemne ($-1,5 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$), co wynikało głównie ze stosowania obornika, który stanowił jedyne i znacznie większe źródło wnoszonego do gleby potasu niż fosforu (tab. 4). W poprzedniej rotacji tego płodozmianu (lata 2007–2009) wykazano mniejsze od obecnie stwierdzonego dodatnie saldo azotu ($+20,4 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) oraz ujemne saldo fosforu ($-3,1 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) i potasu ($-4,5 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) — Trawczyński (2010). Wynikało to głównie ze stosowania obornika tylko raz w rotacji płodozmianu, pod ziemniaki. W obecnie analizowanej rotacji płodozmianu zwiększono dawkę obornika, co sprowadzało się do 2-krotnego jego zastosowania, pod ziemniaki i owies, a tym samym poprawy salda bilansu wszystkich składników, a szczególnie korzystne, z ujemnego na dodatnie potasu. Z kolei wyniki uzyskane w obecnej rotacji odnośnie wartości bilansowej, szczególnie azotu wskazują, że w kolejnej rotacji płodozmianu należy jeszcze raz skorygować ilość wnoszonych nawozów pod określone gatunki roślin. Aby nie doprowadzić do deficytu potasu dla uprawianych roślin, który jak wynika z tabeli nr 1, w glebie jest na poziomie niskim wydaje się, że bardziej zasadne będzie zastąpienie części dawki obornika, a tym samym obniżenie ilości wnoszonego azotu, zastosowaniem potasu w formie dopuszczanych do stosowania w rolnictwie ekologicznym nawozów z naturalnych kopalin zawierających ten składnik.

Wykazane w badaniach saldo bilansu fosforu i potasu zbieżne było z oceną zasobności gleby w te składniki. W analizowanym okresie zawartość fosforu w glebie nieznacznie obniżyła się, natomiast potasu wzrosła (tab. 1). Borówczak i in. (2008) stwierdzili ujemne saldo bilansowe potasu w znacznej liczbie gospodarstw, szczególnie uprawiających ziemniaki. Z kolei badania Stalengi i in. (2004) wykazały, że salda wszystkich składników ocenianych w systemie ekologicznym były ujemne, a zwłaszcza potasu, co w głównej mierze, jak tłumaczyli badacze wynikało z oparcia się wyłącznie na produkcji roślinnej, a to utrudniało racjonalne zagospodarowanie plonu koniczyny z trawami i najbardziej zaburzało obieg potasu i azotu w ramach tego systemu. Mankamentem płodozmianu ekologicznego, na którym prowadzono niniejsze badania był również brak produkcji zwierzęcej. Oparcie się wyłącznie na produkcji roślinnej utrudniało racjonalne zagospodarowanie plonu słomy i zielonej masy roślin motylkowatych, a w konsekwencji zakłócało nieco obieg składników pokarmowych w ramach tego systemu. Barszczewski i in. (2007) na podstawie badań monitoringowych zróżnicowanych obszarowo gospodarstw wykazali, że salda bilansowe azotu, fosforu i potasu zależały głównie od obsady zwierząt oraz struktury zasiewów. Struktura użytkowania gruntów nie miała wpływu na wielkość sald bilansowych analizowanych składników. Wzrost sald bilansowych badanych składników wiązał się z większą obsadą zwierząt w gospodarstwie. W gospodarstwach obszarowo większych (od 20,1 do 50,0 ha oraz powyżej 50,0 ha) ujemne salda składników wynikały z niższej w porównaniu do obszarowo mniejszych gospodarstw obsady zwierząt. Barszczewski i in. (2007) zwrócili również uwagę, że ujemne salda bilansowe w

odniesieniu do fosforu i potasu poprawić można poprzez stosowanie naturalnych kopalin stanowiące źródła tych składników. Stalenga i in. (2004) wykazali, że zastosowanie patentkami i siarczanu potasu poprawiło bilans potasu w zmianowaniu, ale w ekologicznym systemie produkcji należy zdecydowanie dążyć do zamkniętego obiegu składników pokarmowych.

WNIOSKI

1. Największe wniesienie azotu do gleby uzyskano w członie zmianowania z uprawą owsa, stosując przed uprawą tego gatunku obornik oraz wysiewając po zbiorze międzyplon peluszkii na przyoranie.
2. Największe wniesienie fosforu i potasu stwierdzono w członie z ziemniakami stosując pełną dawkę obornika — $25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, ale jednocześnie na tym członie zmianowania uzyskano największy plon suchej masy i wynoszenie wszystkich składników (NPK) z plonem bulw ziemniaka.
3. Największy ujemny bilans fosforu uzyskano w uprawie żyta, a potasu uprawiając łubin z owsem, natomiast w odniesieniu do azotu ujemny bilans stwierdzono w członie zmianowania z uprawą gryki.
4. W pięciopolowym zmianowaniu (ziemniak + obornik, gryka, łubin żółty + owies, żyto + wsiewka seradeli, owies + obornik + międzyplon peluszkii) na glebie lekkiej prowadzonym w systemie ekologicznym uzyskano dodatnie saldo bilansu azotu ($+39,5 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) i potasu ($+19,6 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) oraz nieznacznie ujemne saldo bilansu fosforu ($-1,5 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$).

LITERATURA

- Barszczewski J., Burs W. 2003. Polowe bilanse azotu, fosforu i potasu w gospodarstwie na przykładzie Zakładu Doświadczalnego w Falentach. Woda — Środowisko — Obszary Wiejskie. T. 3, z. 1 (7): 25 — 37.
- Barszczewski J., Jankowska-Huflejt H., Wolicka M. 2007. Bilans azotu, fosforu i potasu w zróżnicowanych obszarowo gospodarstwach ekologicznych. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. PIMR Poznań, vol. 52 (3): 5 — 9.
- Borówcza F., Alaszkiewicz M., Miłkowska A. 2007. Bilans azotu w wybranych gospodarstwach rolnych gmin Święciechowa i Wschowa. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. PIMR Poznań, vol. 52 (3): 15 — 18.
- Borówcza F., Alaszkiewicz M., Miłkowska A., Szamańska K. 2008. Bilans fosforu i potasu w wybranych gospodarstwach rolnych trzech gmin regionu leszczyńskiego. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. PIMR Poznań, vol. 53 (3): 18 — 21.
- Duer I. 2001. Kształtowanie żyzności gleby w rolnictwie zrównoważonym. Mat. szkoleniowe 80/01. IUNG Puławy: 52 ss.
- Gorlach E., Mazur T. 2001. Chemia rolna. Podstawy żywienia i zasady nawożenia roślin. PWN, Warszawa: 92 — 99.
- Gruźek T., Nowacki W., Zarzyńska K. 2005. Ekologiczny system produkcji ziemniaków. Instrukcja, wyd. IHAR Oddział Jadwisin 34: ss.
- Kryštoforowski M., Stachowicz T. 2008. Płodzmian w gospodarstwie ekologicznym. Instrukcja, wyd. Centrum Doradztwa Rolniczego Radom: 44 ss.
- Mercik S. (red.). 2002. Chemia rolna — Podstawy teoretyczne i praktyczne. Wyd. SGGW Warszawa: 256 — 263.

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać programy działań mających na celu ograniczenie odpływu azotu ze źródeł rolniczych. Dz. U. z 2003 r. Nr 4, poz. 44.
- Stalenga J., Jończyk K., Kuś J. 2004. Bilans składników pokarmowych w ekologicznym i konwencjonalnym systemie produkcji roślinnej. *Annales UMCS, Sec. E*, 59, 1: 383 — 389.
- Trawczyński C. 2010. Bilans składników w ekologicznym systemie produkcji roślinnej na glebie lekkiej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. PIMR Poznań*, vol. 55 (4): 166 — 168.
- Tyburski J., Żakowska-Biemans S. 2007. Wprowadzenie do rolnictwa ekologicznego. W: *Zasady uprawy roślin w gospodarstwie ekologicznym*. Wyd. SGGW Warszawa: 29 — 102.
- Tyburski J., Jończyk K., Kibler M., Krysztoforowski M. 2008. Zawartość składników pokarmowych w glebach gospodarstw ekologicznych. Instrukcja, wyd. Centrum Doradztwa Rolniczego Radom: 24 ss.

ELŻBIETA CZEMBOR
MAGDALENA MATUSIAK
ROMAN WARZECHA

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Radzików

Poszukiwanie źródeł odporności kukurydzy na fuzariozę kolb i zgorzel podstawy łodyg metodą rodowodową*

Looking for sources of resistance to ear rot and stalk rot on the basis of the pedigree selection

Fuzarioza kolb kukurydzy oraz zgorzel podstawy łodygi należą do chorób kukurydzy, które mają wpływ nie tylko na plon uzyskiwanego ziarna lub zielonej masy, lecz w sposób istotny warunkują jego jakość. Hodowla i wykorzystanie w uprawie odmian odpornych są powszechnie uznane za najbardziej opłacalną i przyjazną środowisku metodę ochrony roślin, a do hodowli odpornościowej potrzebne są źródła odporności. Dlatego celem realizowanych prac było określenie skuteczności metody rodowodowej w poszukiwaniu nowych źródeł odporności kukurydzy na fuzariozę kolb i zgorzel podstawy łodygi jednocześnie w obrębie pul genowych o typie ziarna szklistym, zęboksztalnym i pośrednim. Badania prowadzono w cyklu trzyletnim. Materiał roślinny stanowiły sześćdziesiąt trzy populacje pokolenia F_2 uzyskane na bazie krzyżowań odległych genetycznie linii wsobnych. Odporność najwcześniej kwitnących i zapylanych wsobnie roślin na fuzariozę kolb oceniano po zakażeniu sztucznym izolatami *Fusarium graminearum*. Odporność na zgorzel podstawy łodygi oceniano przy infekcji naturalnej. Analizując stopień odporności badanych populacji na fuzariozę kolb w obrębie materiału wyjściowego (pokolenie S_1) oraz materiału uzyskanego po trzech cyklach selekcji (pokolenie S_3) stwierdzono, że w obrębie form o ziarnie szklistym udział pojedynków o podwyższonej odporności był średnio wyższy o ok. 30%. Jednak dalsze badania w tym kierunku są potrzebne ze względu na fakt, że specyfika okrywy owocowo-nasiennej tych form istotnie wpływa na objawy fenotypowe stopnia porażenia. W obrębie populacji o ziarnie zęboksztalnym udział genotypów o podwyższonej odporności na fuzariozę kolb był średnio od 10 do 15% wyższy w stosunku do materiałów wyjściowych. Duży postęp biologiczny uzyskano również dla zgorzeli podstawy łodygi. Materiały pokolenia S_3 były średnio o 10 dni wcześniejsze w stosunku do form wyjściowych. Stwierdzono dodatnią współzależność pomiędzy wczesnością a odpornością na fuzariozę kolb.

Słowa kluczowe: fuzarioza kolb, kukurydza, zgorzel podstawy łodygi, źródła odporności

* Wyniki badań uzyskane w ramach projektu finansowanego przez MRiRW w zakresie badań podstawowych na rzecz postępu biologicznego w produkcji roślinnej (PBwPR) „Epidemiologia chorób powodowanych przez grzyby z rodzaju *Fusarium* spp. na kukurydzy oraz poszukiwanie nowych źródeł odporności.”

Ear rots caused by *Fusarium graminearum* and *F. verticillioides* are some of the most economically significant diseases of maize occurring widely throughout maize growing regions of the world. Another very destructive disease in Central Europe is the stalk rot caused by *F. graminearum*. The major objective of this study was to determine effectiveness of the pedigree selection to develop improved maize flint and dent genotypes with increased resistance to the ear and stalk rots caused by *F. graminearum*. Sixty three maize populations were evaluated under field conditions. In each population group at least 170 the earliest flowering S_0 plants were self-pollinated and inoculated with *F. graminearum* into the developing kernels. Ear rot resistance was scored using 1–7 scale. Stalk rot resistance was evaluated under natural infection, where *F. graminearum* prevails, using 1–9 scale. All genotypes rated lower than 3 for ear rot and lower than 5 for stalk rot were selected to continue the selfing procedure. Phenotypic variation for ear rot, stalk rot resistance and flowering time were significant. Genetic gain obtained for ear rot and stalk rot was higher in the flint group than in the dent forms. For flint forms it was determined that frequency of genotypes belong to the S_3 generation and scored as a moderate resistant was about 30% higher than within S_1 generation. In the group of dent forms frequency of genotypes belong to the S_3 generation and scored as a moderate resistant was 15 - 20% higher than within S_1 generation. Materials of the S_3 generations were on average more than 10 days earlier than the S_0 . Positive correlation between ear rot resistance and flowering time was observed.

Key words: ear rot, maize, sources of resistance, stalk rot

WSTĘP

Kukurydza 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%. Wyróżnia się wysokimi plonami ziarna powyżej 10 t/ha i około 20 t/ha suchej masy w uprawie na kiszonkę. W uprawie na ziarno kukurydza jest jedną z roślin uprawnych o najwyższej opłacalności, która wciąż daje możliwość zwiększenia plonów, a tym samym dochodów rolnika. Jest też rośliną, dla której hodowcy uzyskują znaczny postęp biologiczny. To, że tę roślinę można uprawiać obecnie w całej Polsce, zarówno na ziarno, jak i na kiszonkę z całych roślin jest zasługą także polskiej hodowli (Adamczyk i in., 1997, 2003). Jednym z ważniejszych czynników świadczących o jej wartości gospodarczej jest odporność na fuzariozę kolb. Choroba ta jest powodowana przez grzyby z rodzaju *Fusarium* spp. Powoduje ona nie tylko straty w plonie ziarna ale przede wszystkim obniża jego jakość — ze względu na związki toksyczne produkowane przez te grzyby (Garcia i in., 2009; Logrieco i in., 2002).

Hodowla i wykorzystanie w uprawie odmian odpornych są powszechnie uznane za najbardziej opłacalną i przyjazną środowisku metodę ochrony roślin przed porażeniem przez choroby, co opisano również w pracach przeglądowych (Meissler i in., 2010; Vasileaidis i in., 2011, Zijlstra i in., 2011). Stosowanie fungicydów jest trudne i mało efektywne, ponieważ trudno jest ocenić nasilenie choroby. Ograniczenie występowania owadów i szkodników, które w trakcie żerowania uszkadzają kolby kukurydzy istotnie wpływa również na ograniczenie występowania fuzariozy kolb (Munkvold, 2003 a, 2003 b). Na szczególną uwagę zasługują odmiany z genem *Bt*, który pochodzi z bakterii *Bacillus thuringiensis* i jest odpowiedzialny za produkcję białka, które jest toksyczne dla szkodników, w tym omacnicy prosowianki (Papst i in., 2005). Jednak w Polsce, podobnie jak w wielu innych krajach Europy, uprawa tych odmian jest zakazana. Dobra Praktyka

Rolnicza obejmuje również Integrowaną Ochronę Roślin, a od dnia 1 stycznia 2014 r. będzie obowiązywał na terenie UE obowiązek stosowania jej zasad przez wszystkich profesjonalnych użytkowników środków ochrony roślin.

Zarówno w trakcie badań prowadzonych w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie, jak i w doniesieniach literaturowych stwierdzono, że nie ma genotypów odpornych na fuzariozę kolb i znalezienie ich raczej nie będzie możliwe (Bartok i in., 2006, 2010; Czembor i in., 2013). Do hodowli odpornościowej potrzebne są źródła odporności. Wiadomo, że jako źródła odporności mogą być wykorzystywane różne materiały genetyczne w tym dzicy krewniacy kukurydzy, rasy, odmiany populacyjne, genetyczne i cytogenetyczne markery, odmiany syntetyczne i linie wsobne (Adamczyk, 1998, 1999; Czembor i in., 2011). Jednak z praktycznego punktu widzenia jedynie odmiany syntetyczne i nowe linie wsobne, uzyskane na bazie odmiennej puli genowej, niż posiadana, mogą poszerzyć zakres zmienności. Pozostałe źródła, szczególnie w przypadku kukurydzy, mogą być wykorzystywane jedynie w programach hodowlanych trwających wiele lat, dla poprawy takich cech jak wigor czy właśnie odporność na stresy.

Analiza stopnia porażenia roślin na podstawie ocen fenotypowych po ich inokulacji oraz na podstawie analiz stopnia zawartości toksyn w próbkach ziarna jest trudna ze względu na fakt dużej zmienności pomiędzy izolatami w obrębie tego samego gatunku, pod względem ich agresywności, jak i zdolności do produkcji toksyn. Jednak wykazano, że prowadząc zakażenia sztuczne właściwie dobranym izolatem *F. graminearum* 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; Czembor i in., 2013).

Celem realizowanych prac było określenie skuteczności metody rodowodowej w poszukiwaniu nowych źródeł odporności kukurydzy na fuzariozę kolb i zgorzel podstawy łodygi jednocześnie w obrębie pul genowych o typie ziarna szklistym, zęboksztalnym i pośrednim.

MATERIAŁY I METODY

Doświadczenia prowadzono na polach doświadczalnych Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie w latach 2008–2010. Odporność populacji pokolenia F₂ na fuzariozę kolb oceniano po zakażeniu sztucznym kolb grzybami *Fusarium graminearum*. Odporność na zgorzel podstawy łodygi oceniano przy infekcji naturalnej. Nasiona wysiewano w siewie rzędownym, średnio 20 roślin w rzędzie, w terminie do 1 maja. Rozstawa pomiędzy roślinami w rzędzie wynosiła średnio 20 cm a pomiędzy rzędami 75 cm. Zastosowano nawożenie w dawce 200 kg/ha N, 80 kg/ha P₂O₅, 120 kg/ha K₂O.

Materiał roślinny

Materiał roślinny stanowiły sześćdziesiąt trzy populacje pokolenia F₂ należące do pięciu pul genowych o zróżnicowanym pochodzeniu i budowie ziarna. Materiały przekazane zostały przez Małopolską Hodowlę Roślin sp. z o.o. oraz Hodowlę Roślin Smolice sp. z o.o. i badano je jako osobne pule genowe. W ich skład wchodziły formy szkliste (flint), formy zęboksztalne (dent) oraz formy pośrednie (semident oraz flint/semident) (tab. 1).

Tabela 1

Liczba populacji włączonych do badań w latach 2008–2010
Number of populations evaluated across 2008–2010

Pula genowa Gene pool	Typ ziarna Kernel type	Liczba populacji Number of populations	Liczba roślin Number of plants
1	szklisty — flint	19	248
2	szklisty — flint	7	97
3	zębokształtny — dent	22	294
4	zębokształtny — dent	4	106
5	pośredni — semident	5	69
6	pośredni — flint/ semident	6	96
Suma Total		63	910

Patogen

W badaniach wykorzystano 4 izolaty *F. graminearum* należące do kolekcji Pracowni Traw Pastewnych i Roślin Motylkowatych, IHAR — PIB w Radzikowie, najbardziej obficie zarodnikujące na pożywce PDA. Izolaty tworzące kolekcję zostały wyosobnione z prób ziarna, które pobrano w roku 2007. Pozyskano je zgodnie z procedurą opisaną w pracy Czembor i in. (2013). Odkazone powierzchniowo ziarniaki wykładano na pożywkę PDA, inkubowano pod światłem UV, a kultury o charakterystycznej dla *Fusarium* spp. barwie i kształcie zarodników izolowano na szalkach z pożywką PDA oraz SNA, tak aby dokonać identyfikacji metodą mikroskopową. Następnie przygotowano kultury jednozarodnikowe. Jednozarodnikowe kultury odszczepiano na pożywkę SNA i przechowywano w temperaturze 4°C do czasu przygotowania inokulum. Przygotowując inokulum, izolaty po odszczepieniu na szalkach z pożywką PDA inkubowano tak jak poprzednio przez okres 3–4 tygodni. Następnie grzybnie zmywano i rozcieńczano płynną pożywką SNA (3 g agar / 1 wody), kontrolując ilość zarodników w powstałej zawieszynie (inokulum). Docelowe stężenie to 5×10^5 zarodników / ml.

Ocena fenotypowa stopnia odporności na fuzariozę kolb i zgorzel podstawy łodygi

Ocenę fenotypową stopnia odporności na fuzariozę kolb prowadzono po zakażeniach sztucznych kolb (inokulacji) 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% and 7 = 76–100% (Reid, Hamilton, 1996 a; Reid i in., 1996 b).

Stopień odporności badanych mieszańców na zgorzel podstawy łodygi prowadzono przy infekcji naturalnej. 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) (Dolstra i in., 1993, Prończuk i in., 2007).

Test odpornościowy

W roku 2008 w obrębie każdej populacji do badań włączono średnio 13–14 roślin (łącznie 910 roślin). Przed kwitnieniem kwiatostanów żeńskich nakładano na nie izolatory plastikowe, aby nie doszło do przepyleń. Następnie prowadzono zapylenia wsobne i na

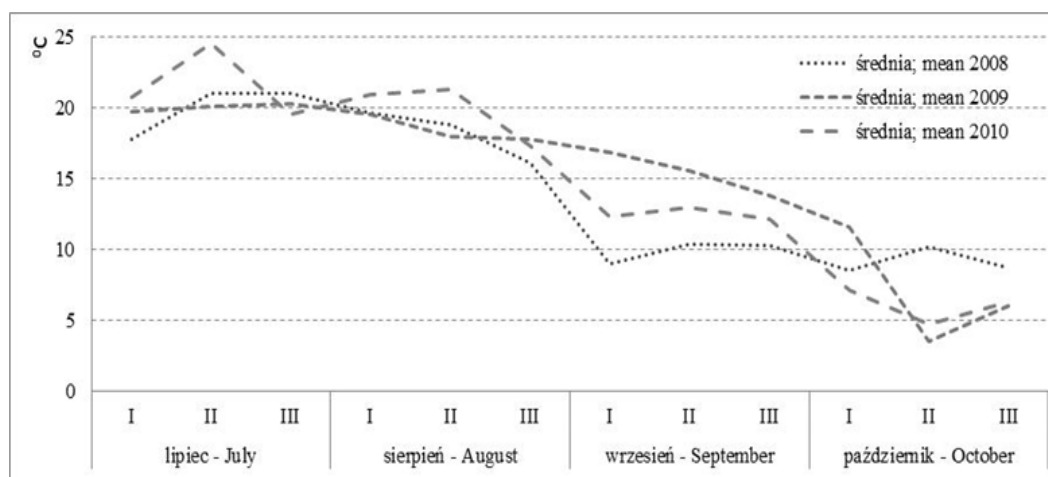
wykształcające się kolby zakładano izolatory pergaminowe. Przez 7–10 dni, od daty zapylenia wsobnych, kolby były zakażane sztucznie. Nakłuwano je bolcem zanurzonym w zawieszynie zarodników grzyba *F. graminearum* w dniach 7–10, od daty kwitnienia kwiatostanów żeńskich, różnicując wielkość bolca w zależności od wielkości kolby. Ocenę stopnia porażenia prowadzono w fazie dojrzałości pełnej. Rośliny, których stopień porażenia kolb oceniono w zakresie 2–3 (poniżej 10% ziarniaków miało objawy porażenia) oraz stopień porażenia łodyg w zakresie 2–5 typowano jako potencjalne źródła odporności i włączano do kolejnego cyklu selekcji jako linie pokolenia S_1 . W roku 2009 w obrębie każdej linii pokolenia S_1 izolowano minimum 4 rośliny, zapylano je wsobnie, a kolby zakażano sztucznie. W fazie dojrzałości pełnej prowadzono ocenę fenotypową stopnia porażenia kolb i łodyg, a potencjalne źródła odporności typowano do kolejnego cyklu badań jako linie pokolenia S_2 . W roku 2010 badania prowadzono jak w roku poprzednim, uzyskując linie pokolenia S_3 .

Analizy statystyczne

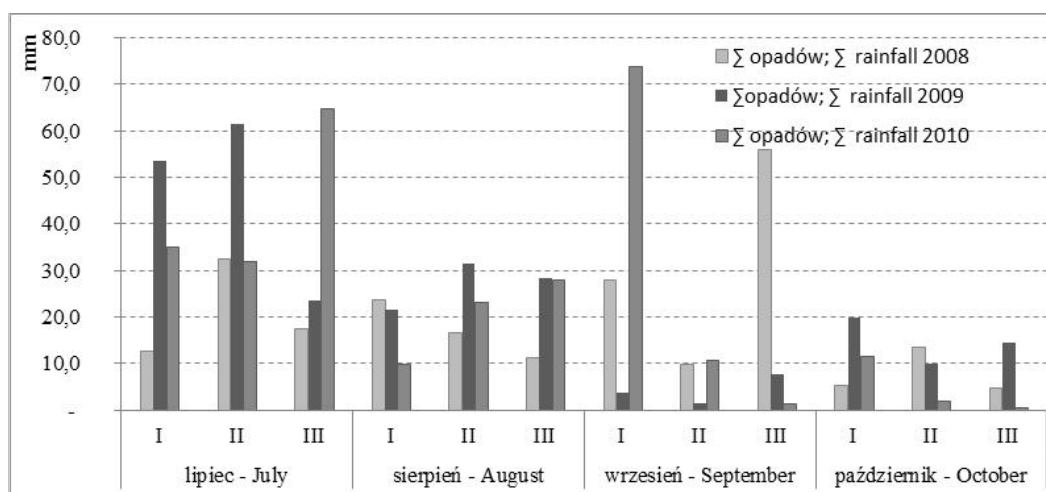
Do oceny istotności różnic pod względem cech: stopnia odporności na fuzariozę kolb po zakażeniu sztucznym i zgorzel podstawy łodygi przy infekcji naturalnej oraz wczesności sześciu pul genowych oraz różnic pomiędzy pokoleniami należącymi do tej samej puli genowej na przestrzeni lat (pokoleń S_1 , S_2 i S_3 uzyskanych w 1, 2 i 3 roku badań) zastosowano dwuczynnikową analizę wariancji (czynniki były pokolenia i pula genowa). Po odrzuceniu hipotezy, o braku różnic pomiędzy pulami genowymi, oraz pomiędzy pokoleniami S_1 , S_2 i S_3 należącymi do tych samych pul genowych na poziomie istotności 0,05, dla każdej uwzględnionej w badaniach cechy (odporność na fuzariozę kolb, odporność na zgorzel podstawy łodygi i wczesność), przeprowadzono wielocechową charakterystykę pokoleń S_1 , S_2 i S_3 z wykorzystaniem analizy czynnikowej metodą składowych głównych (PCA). Długość wektora przypisanego dla określonej cechy świadczy o jej mocy dyskryminacyjnej. Kąt nachylenia wektora określonej cechy do osi składowej głównej świadczy o współzależnościach pomiędzy nimi. Kąty nachylenia pomiędzy wektorami reprezentującymi poszczególne cechy świadczą o współzależnościach pomiędzy tymi cechami. Analizy danych przeprowadzono za pomocą programu InfoStat 1.6.

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. Opracowano je jako średnie dekadowe wartości temperatur powietrza oraz dekadowe sumy opadów i przedstawiono w formie wykresów (rys. 1 i 2). Warunki meteorologiczne w trakcie trwania badań były bardzo zróżnicowane. Duże różnice pomiędzy latami stwierdzono zarówno dla średnich temperatur powietrza, jak i dla ilości opadów (rys. 1, 2).



Rys. 1. Średnie dekadowe temperatury powietrza w Radzikowie w latach 2008–2010
Fig. 1. Mean decade temperatures in Radzików across 2008–2010



Rys. 2. Dekadowe sumy opadów w Radzikowie w latach 2008–2010
Fig. 2. Decade total precipitation in Radzików during 2008–2010

Najwyższe średnie temperatury powietrza w lipcu i sierpniu były w 2010 roku. W drugiej dekadzie lipca różnice te wynosiły ok. 5°C. Jednak we wrześniu spadły i były niższe w stosunku do roku 2009. Średnie temperatury powietrza we wrześniu 2008 roku były średnio o ok. 5°C niższe niż w roku 2009. Różnice pomiędzy latami, w odniesieniu do ilości opadów w lipcu w zależności od dekady, sięgały ok. 40 mm/m². W pierwszej i drugiej dekadzie lipca najwięcej opadów odnotowano w 2009 roku, natomiast w trzeciej dekadzie tego miesiąca suma opadów była najwyższa w 2010 roku (ponad 60 mm/m²). W sierpniu różnice te nie były aż tak duże, natomiast we wrześniu rokiem najbardziej suchym był 2009

(suma opadów w poszczególnych dekadach nie przekraczała 10 mm/m²), podczas gdy w pierwszej dekadzie 2010 roku suma opadów przekroczyła 70 mm/m².

WYNIKI

Do badań włączono sześć pul genowych: dwie o ziarnie szklistym, czyli flint, dwie o ziarnie zęboksztalnym, czyli dent oraz dwie to formy o ziarnie pośrednim, czyli semident i flint/semident). Materiały zróżnicowano pod względem stopnia odporności na fuzariozę kolb stosując zakażenia sztuczne (inokulację), zgorzel podstawy łodygi przy infekcji naturalnej oraz wczesności.

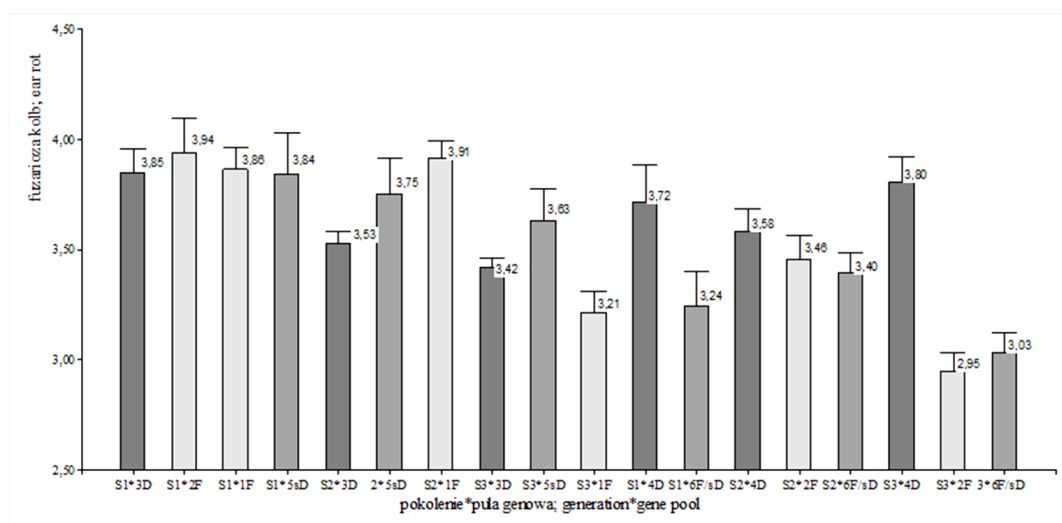
We wszystkich latach zakażenia sztuczne kolb pozwoliły na zróżnicowanie materiału roślinnego pod względem stopnia odporności na fuzariozę kolb (tab. 2).

Tabela 2

Analiza wariancji dla stopnia odporności na fuzariozę kolb po zakażeniu sztucznym i zgorzel podstawy łodygi przy infekcji naturalnej oraz wczesności pul genowych o ziarnie szklistym, zęboksztalnym i pośrednim na podstawie doświadczenia prowadzonego w latach 2008–2010
Fixed model analysis of variance for the resistance level of gene pools for ear rot after inoculation and stalk rot under natural infection and for their maturity time based on data from the trial carried out during 2008–2010

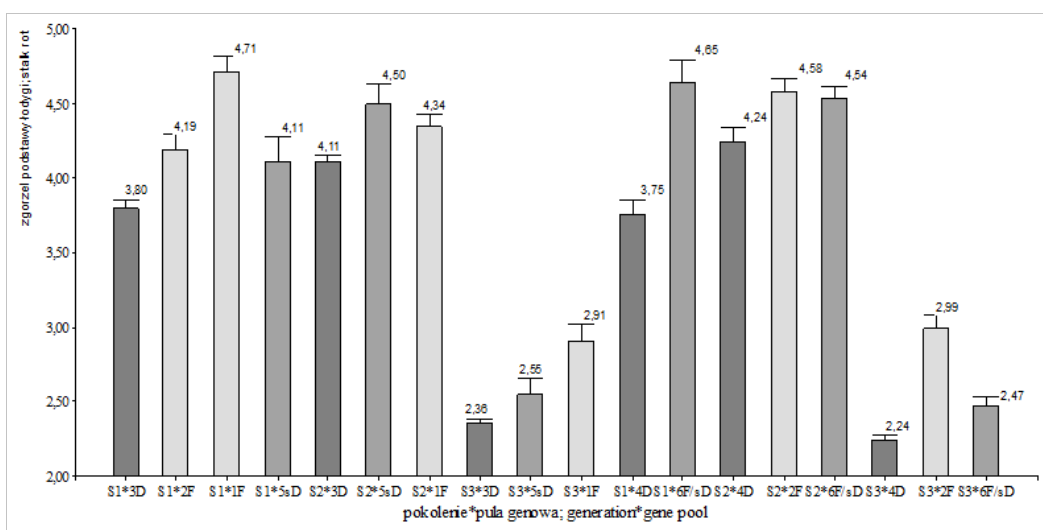
Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody DF	Średni kwadrat odchyleń Mean Square	wartość F F- value	wartość p p - value
Fuzarioza kolb — Ear rot				
Rok — year	2	52,81	19,68	<0,0001
Pula genowa — gene pool	5	17,6	6,56	<0,0001
Rok*pula genowa — year*gene pool	10	10,92	4,07	<0,0001
Błąd — error	5453	2,68		
Zgorzel podstawy łodygi — Stalk rot				
Rok — year	2	1449,45	922,89	<0,0001
Pula genowa — gene pool	5	56,49	35,97	<0,0001
Rok*pula genowa — year*gene pool	10	10,24	6,52	<0,0001
Błąd — error	5454	1,57		
Wczesność — Maturity				
Rok — year	2	32343,63	2049,63	<0,0001
Pula genowa — gene pool	5	10316,8	653,78	<0,0001
Rok*pula genowa — year*gene pool	10	398,84	25,27	<0,0001

Nasilenie zgorzeli podstawy łodygi przy infekcji naturalnej było również wystarczająco duże, aby stwierdzić istotne różnice dla stopnia odporności na tą chorobę. Wartości średnie tych cech dla pokoleń S₁, S₂ i S₃ poszczególnych pul genowych przedstawiono w formie rysunków 3 i 4.



Rys. 3. Wartości średnie i błąd standardowy stopnia odporności na fuzariozę kolb pokoleń S1, S2 i S3 6 pul genowych (2 o ziarnie szklistym: 1F i 2F, 2 o ziarnie zębokształtnym: 3D i 4D oraz 2 o ziarnie pośrednim: 5sD i 6F/sD) badanych w latach 2008–2010

Fig. 3. Mean values and standard error of levels of resistance to ear rot S₁, S₂ i S₃ generations of 6 gene pools (2 flint: 1F and 2F; 2 dent: 3D and 4D and, 5 sD: semident and 6F/sD: flint/semident) evaluated during 2008–2010



Rys. 4. Wartości średnie i błąd standardowy stopnia odporności na zgorzel podstawy łodygi pokoleń S1, S2 i S3 6 pul genowych (2 o ziarnie szklistym: 1F i 2F, 2 o ziarnie zębokształtnym: 3D i 4D oraz 2 o ziarnie pośrednim: 5sD i 6F/sD) badanych w latach 2008–2010

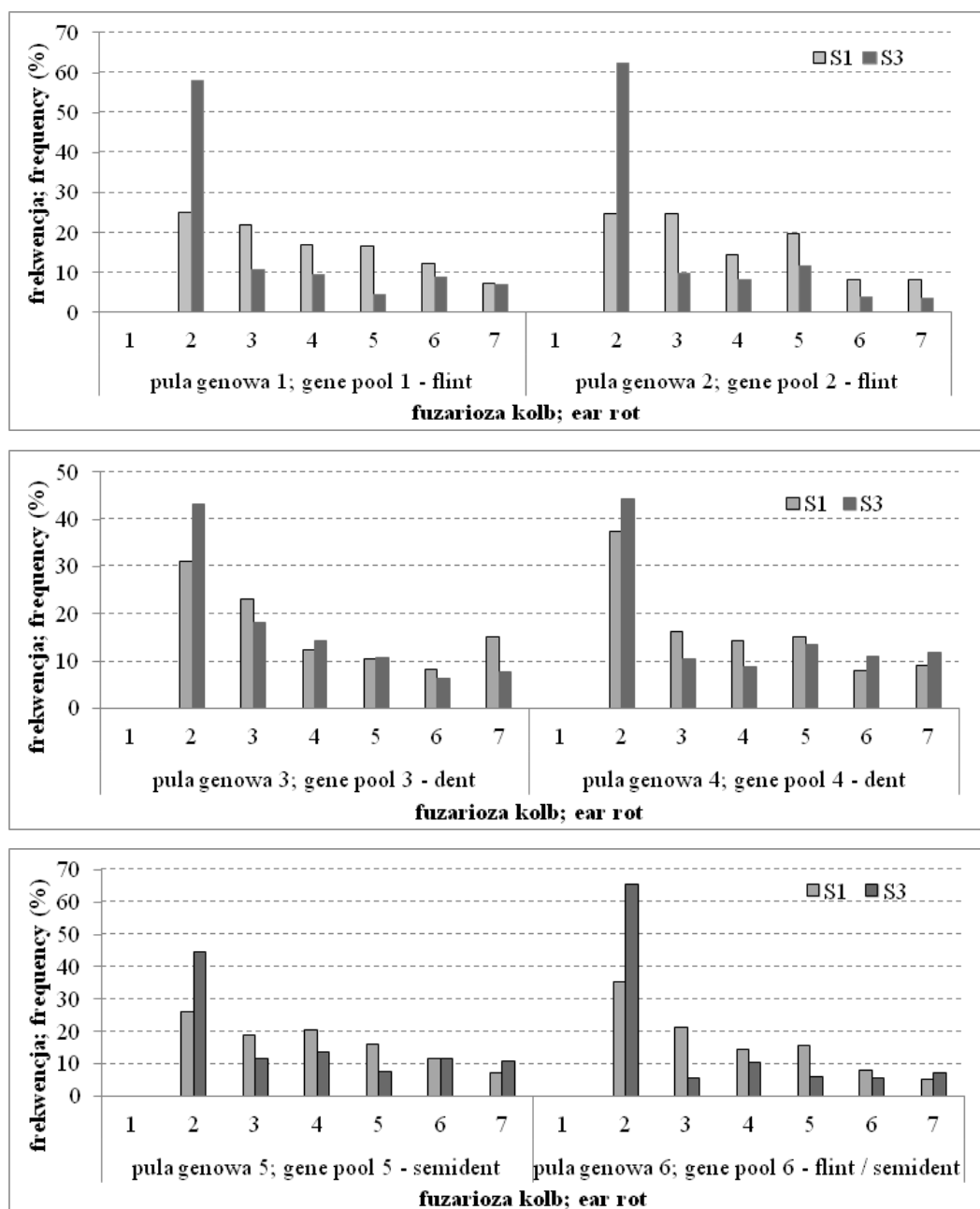
Fig. 4. Mean values and standard error of levels of resistance to stalk rot S₁, S₂ i S₃ generations of 6 gene pools (2 flint: 1F and 2F; 2 dent: 3D and 4D and, 5 sD: semident and 6F/sD: flint/semident) evaluated during 2008–2010

Rozkład liczebności pojedynków o określonym stopniu porażenia kolb oceniano bonitacyjnie w skali 1–7, stopień odporności na zgorzel podstawy łodygi również oceniano bonitacyjnie w skali 1–9, a wczesność oceniano jako liczbę dni od daty siewu do daty kwitnienia kwiatostanów żeńskich, co pozwoliło w sposób bardzo dokładny śledzić postęp genetyczny jaki uzyskano dla tych cech na przestrzeni 3 lat.

Analizując rozkład liczebności dla stopnia odporności na fuzariozę kolb wykazano, że w populacjach wyjściowych (pokolenie S_1) należących do 1 i 2 puli genowej o typie ziarna szklistym oraz do puli genowej 5 o typie ziarna pośrednim liczba pojedynków, których stopień odporności na fuzariozę kolb po zakażeniu sztucznym grzybem *F. graminearum* oceniono na 2 (do 3% ziarniaków z objawami porażenia) była zbliżona i wynosiła ok. 25% (rys. 5). W grupie populacji o ziarnie szklistym liczba pojedynków, których stopień odporności oceniono na 3 (4–10% ziarniaków z objawami porażenia) była podobna i wynosiła również ok. 25%. Liczba genotypów ocenionych w zakresie 4–7 wahała się od 20% (pojedynki ocenione na 5 w populacji 2) do 7% (pojedynki ocenione na 7 w pulach genowych 1 i 2). W obrębie materiału uzyskanego po dwóch cyklach selekcji (pokolenie S_3) udział pojedynków o bardzo niewielkim stopniu porażenia wynosił ok. 70% w tym porażenie ok. 60% roślin było bardzo małe (zostało ocenione na 2). W populacjach o typie ziarna zęboksztalnym liczba pojedynków o podwyższonym stopniu odporności była wyższa niż w grupie form o ziarnie szklistym. Liczba pojedynków, których stopień odporności na fuzariozę kolb oceniono na 2 wynosiła odpowiednio 30% wszystkich badanych w puli genowej 3 oraz 35% w puli genowej 4. W obrębie pokolenia S_3 liczba pojedynków o podwyższonej odporności była ok. 10% wyższa w stosunku do populacji wyjściowych.

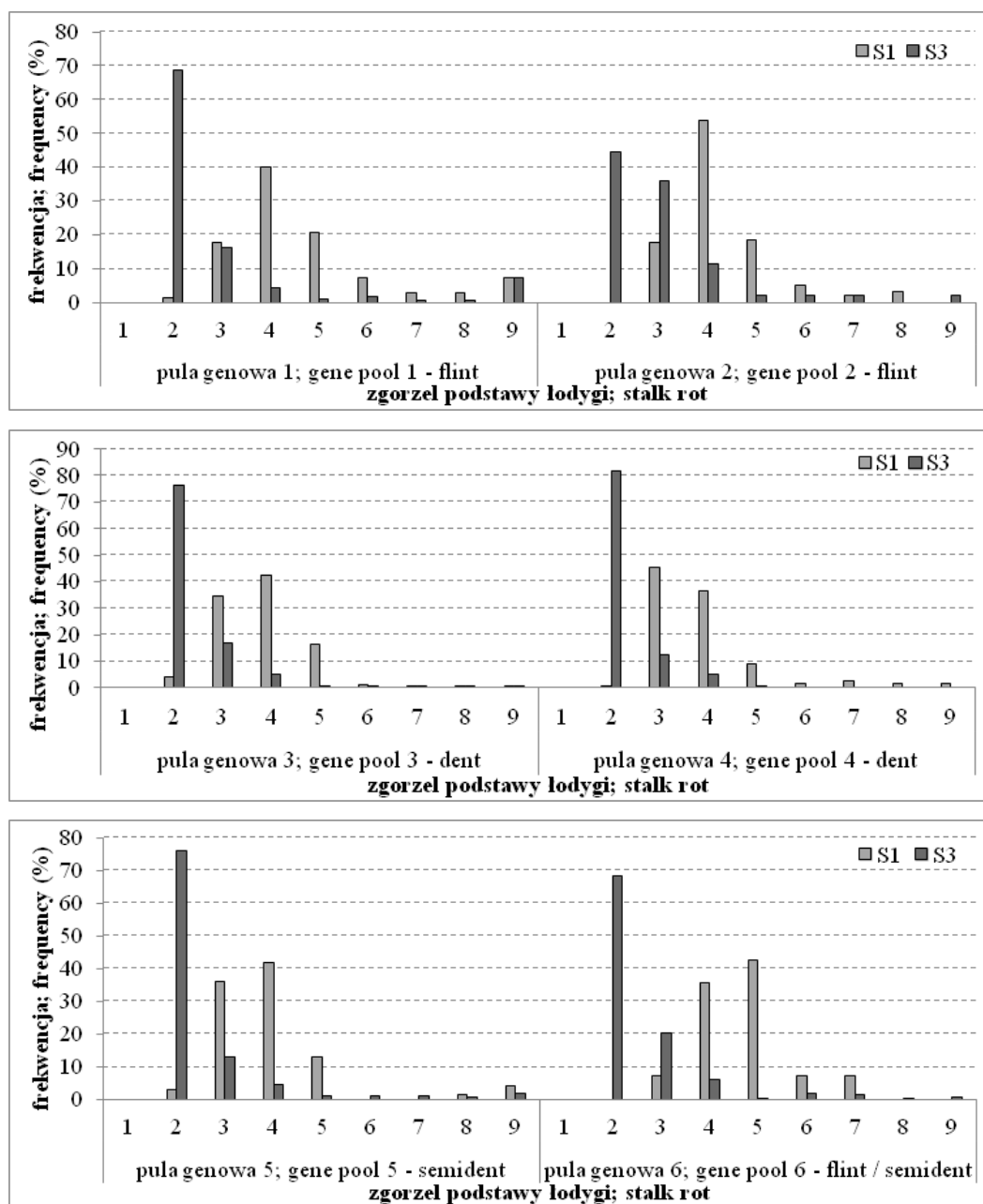
Duży postęp biologiczny stwierdzono dla stopnia odporności na zgorzel podstawy łodygi. Analizując stopień odporności badanych populacji w obrębie materiału wyjściowego (pokolenie S_1) oraz materiału uzyskanego po dwóch cyklach selekcji (pokolenie S_3) stwierdzono, że w obrębie form o ziarnie szklistym udział pojedynków o bardzo niewielkim stopniu porażenia wahał się w zakresie od 40% (2 pula genowa) do 70% (1 pula genowa) (rys. 6). Liczebność w pozostałych grupach była jednocześnie dużo niższa. Formy wyjściowe należące do drugiej puli genowej były bardziej podatne w stosunku pierwszej puli genowej. Podobne zależności stwierdzono w grupach form o typie ziarna zęboksztalnym i pośrednim. Średnio, stopień odporności form semident był zbliżony do form tworzących drugą pulę genową o ziarnie szklistym. Pokolenie S_1 populacji tworzących 3 pule genową o typie ziarna zęboksztalnym były bardziej odporne w stosunku do form należących do puli genowej 4. Ale również w obu z nich postęp genetyczny był bardzo duży.

Materiały pokolenia S_3 były znacznie wcześniejsze w stosunku do populacji wyjściowych. Wartości średnie tej cechy pokoleń S_1 , S_2 i S_3 poszczególnych pul genowych przedstawiono na rysunku 7. Okres od daty siewu do daty kwitnienia kwiatostanów żeńskich był krótszy o 7 dni (w obrębie form o ziarnie szklistym) do 13 dni (w obrębie form o ziarnie zęboksztalnym). Postęp biologiczny dla tej cechy uzyskano uwzględniając w obrębie populacji wyjściowej S_0 , a następnie w obrębie linii pokoleń S_1 i S_2 pojedynki najwcześniej kwitnące.



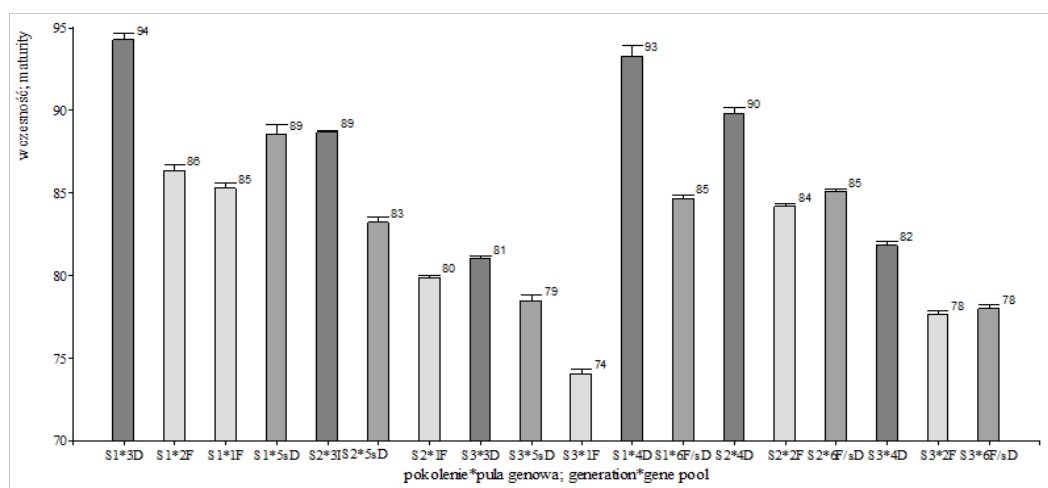
Rys. 5. Udział genotypów w obrębie pokolenia S₁ (materiał roślinny wyjściowy) oraz w obrębie pokolenia S₃ (materiał roślinny po 3 cyklach selekcji) w grupach o różnym stopniu odporności na fuzariozę kolb po zakażeniach sztucznych ocenianym w skali 1–7

Fig. 5. Frequency of genotypes belonging to the S₁ generation and to the S₃ generation (after 3 years of the selection) in groups with different levels of ear rot resistance scored using 1–7 scale



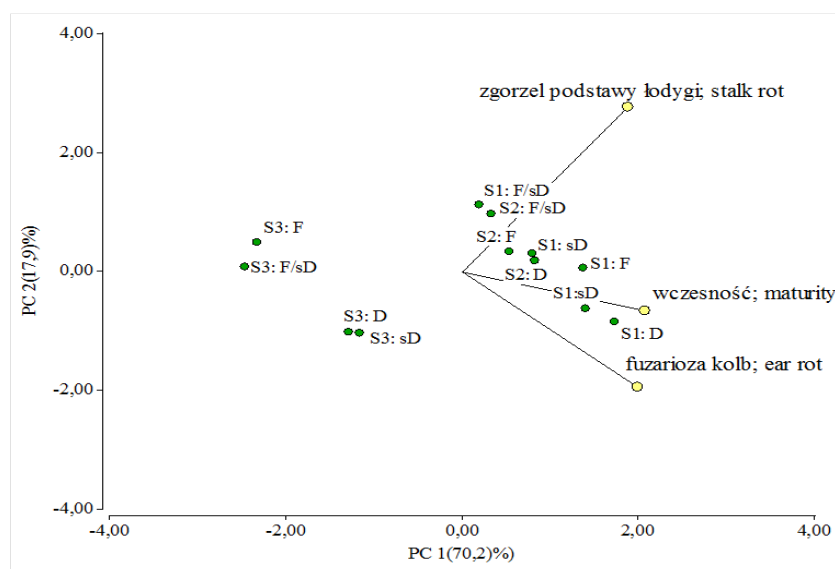
Rys. 6. Udział genotypów w obrębie pokolenia S₁ (materiał roślinny wyjściowy) oraz w obrębie pokolenia S₃ (materiał roślinny po 3 cyklach selekcji) o określonym stopniu odporności na zgorzel podstawy lodygi przy infekcji naturalnej ocenianym w skali 1–9

Fig. 6. Frequency of genotypes belonging to the S₁ generation and to the S₃ generation (after 3 years of the selection) with different levels of stalk rot resistance scored under natural infection using 1–9 scale



Rys. 7. Wartości średnie i błąd standardowy dla wczesności pokoleń S₁, S₂ i S₃ 6 pul genowych (2 o ziarnie szklistym: 1F i 2F, 2 o ziarnie zębokształtnym: 3D i 4D oraz 2 o ziarnie pośrednim: 5sD i 6F/sD) badanych w latach 2008–2010

Fig. 7. Mean values and standard error for levels of maturity time in S₁, S₂ i S₃ generations of 6 gene pools (2 flint: 1F and 2F; 2 dent: 3D and 4D and, 5 sD: semident and 6F/sD: flint/semident) evaluated during 2008–2010



Rys. 8. Relacje pomiędzy pokoleniami S₁, S₂ i S₃ form o ziarnie szklistym (F), zębokształtnym (D) oraz pośrednim (F/sD i sD) w układzie dwóch pierwszych składowych głównych wyodrębnionych na bazie danych stopnia odporności na fuzariozę kolb po zakażeniach sztucznych, stopnia odporności na zgorzel podstawy łodygi przy infekcji naturalnej oraz wczesności

Fig. 8. Relationships between S₁, S₂ and S₃ generations flint (F), dent (D), semident (sD), flint/semident (F/sD) forms based on the data obtained for ear rot resistance after inoculation, stalk rot resistance under natural infection and flowering time

Podsumowując, można stwierdzić, że uwzględniając pojedynki najwcześniej kwitnące poszukiwanie źródeł odporności na fuzariozę kolb po zakażeniach sztucznych oraz na zgorzel podstawy łodygi przy infekcji naturalnej metodą rodowodową można uzyskać zadawalający postęp biologiczny dla wszystkich tych cech jednocześnie (rys. 8). Największe różnice dla stopnia odporności na fuzariozę kolb i wczesności jednocześnie stwierdzono dla materiałów o ziarnie szklistym (formy flint). W grupie form o ziarnie zębkoskształtnym oraz pośrednim, różnice te były również istotne. Drugi rok badań (uzyskanie pokolenia S_2 i jego ocena) był rokiem przejściowym, gdy różnice pomiędzy pokoleniem S_1 badanym w 2008 roku a S_2 badanym w roku 2009 nie były tak istotne.

DYSKUSJA

Fuzarioza kolb kukurydzy oraz zgorzel podstawy łodygi należą do chorób kukurydzy, które mają wpływ nie tylko na plon uzyskiwanego ziarna lub zielonej masy, lecz w sposób istotny warunkują jego jakość. Sprawcami są metabolity wtórne grzybów z rodzaju *Fusarium* spp., które są wysoce szkodliwe dla ludzi i zwierząt, powodując groźne choroby a nawet śmierć. Jak wspomniano, nie ma genotypów odpornych na fuzariozę kolb oraz na akumulację toksyn, a znalezienie ich raczej nie będzie możliwe (Mesterhazy i in., 2012). W Polsce głównym sprawcą zgorzeli podstawy łodygi jest *F. graminearum*, natomiast fuzariozy kolb *F. graminearum* (produkujący deoksyniwalenol — DON i zearalenon — ZEA) oraz *F. verticillioides* (produkujący fumonizyny) (Czembor i in., 2013). Dla ludzi mikotoksyny są szkodliwe nawet w niskich stężeniach, ponieważ szybko wchłaniają się do krwi i nie są usuwane z organizmu, lecz kumulowane. Skutki w postaci chorób ujawniają się dopiero po kilku lub kilkunastu latach. U zwierząt przeżywających toksyny w dużym stopniu zostaną rozłożone, a mimo to mają szkodliwy wpływ na zwierzę.

W ostatnich latach w Polsce obserwuje się wzrost poziomu skażenia ziarna kukurydzy oraz jej pochodnych szczególnie deoksyniwalenolem, przez co jakość produktów żywnościowych i pasz uzyskiwanych jest niższa (Czembor, Matusiak, 2013). Wpływa na to wzrost powierzchni uprawy tego gatunku, a co za tym idzie zmiany w stosowanym dotychczas płodozmianie.

Rozwój hodowli odpornościowej metodami klasycznymi jest ściśle związany z dostępnością źródeł odporności, a także opiera się na wiedzy dotyczącej interakcji pomiędzy rośliną — patogenem, z uwzględnieniem zróżnicowanych warunków środowiska. Dotychczas stosowane metody hodowlane, są pracochłonne i długotrwałe, ponieważ prowadzone są tylko w warunkach polowych. Trudno jest znaleźć warunki środowiskowe, które w sposób zadawalający różnicowałyby badany materiał na przestrzeni lat. Dlatego konieczne jest stosowanie zakażeń sztucznych, które muszą być prowadzone w warunkach polowych (próby zakażeń sztucznych w warunkach szklarniowych nie powiodły się; Mesterhazy i in., 2012).

Brak jest wielu doniesień literaturowych dotyczących poszukiwania źródeł odporności w pierwszych etapach, zarówno metodami klasycznymi w warunkach polowych jak i z wykorzystaniem markerów molekularnych. Markery molekularne są wykorzystywane w programach hodowli odpornościowej wielu gatunków roślin.

Jednak w przypadku kukurydzy prace te nie są aż tak zaawansowane, jak na przykład dla pszenicy, a interakcja pomiędzy kukurydzą a tymi patogenami jest bardziej skomplikowana. Wciąż brak jest jednoznacznych doniesień opisujących efektywność dla tej cechy QTL. Wiadomo, że odporność kukurydzy na grzyby z rodzaju *Fusarium* spp. uwarunkowana jest poligenicznie, co zostało wykazane przez zespoły m.in., Eller i in. (2008 b), Ali i in. (2005), Zhi-Min Li i in. (2011), Robertson-Hoyt i in. (2006 c) oraz Presello i in. (2011 a, b).

Jedną z metod klasycznych wykorzystywanych do poszukiwania źródeł odporności na fuzariozę kolb jest metoda rodowodowa. Brak jest w literaturze doniesień opisujących skuteczność tej metody w pierwszych etapach dla materiałów wykorzystywanych w programach hodowlanych prowadzonych na terenie Europy. Efektywność tej metody została opisana dla materiałów wykorzystywanych w Ameryce Północnej i Południowej (Presello i in., 2005, 2011 a; Reid i in., 2001 a, b, 2003). W ramach projektów realizowanych w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie — PIB w latach 2002–2005 wykazano wstępnie, że metoda rodowodowa umożliwia uzyskanie postępu biologicznego dla stopnia odporności na te choroby (Czembor i in., 2005). Celem bieżących badań było porównanie skuteczności tej metody w różnych grupach pochodzeniowych kukurydzy, różniących się typem ziarna tzn. w obrębie form o ziarnie szklistym, zębokształtnym i pośrednich. Wykazano, że uwzględniając w programach hodowlanych pojedynki najwcześniej kwitnące poszukiwanie źródeł odporności na fuzariozę kolb po zakażeniach sztucznych oraz na zgorzel podstawy łodygi przy infekcji naturalnej metodą rodowodową można uzyskać zadawalający postęp biologiczny dla wszystkich tych cech jednocześnie. Największe różnice pomiędzy stopniem odporności na fuzariozę kolb i wczesności jednocześnie stwierdzono dla materiałów o ziarnie szklistym (formy flint). Jednak szczególnie dla tej grupy roślin należy badania kontynuować. Formy te są szczególnie trudne do oceny stopnia porażenia kolb przez grzyby z rodzaju *Fusarium* spp., ponieważ często objawy są mało widoczne ze względu na specyfikę okrywy owocowo-nasiennej ziarniaka, która jest bardziej twarda niż form zębokształtnych. Różnice dla podatności na porażenie przez grzyby z rodzaju *Fusarium* spp. pomiędzy formami o ziarnie szklistym i zębokształtnym zostały wstępnie opisane również w pracy Czembor, Ochodzki (2009). W grupie form o ziarnie zębokształtnym oraz pośrednim, różnice te były również istotne. Drugi rok badań (uzyskanie pokolenia S_2 i jego ocena) był rokiem przejściowym, gdy różnice pomiędzy pokoleniem S_1 badanym w 2008 roku a S_2 badanym w roku 2009 nie były tak istotne. Potwierdziło to badania prowadzone przez Presello i in., (2005, 2010, 2011) oraz Reid i in., (2001a, b, 2003), które obejmowały bardzo odległe genetycznie formy od materiałów włączonych do bieżących badań.

Dla linii pokolenia S_3 uzyskanego po 3 cyklach selekcji powinna zostać opisana ogólna i specyficzna zdolność kombinacyjna. Badania takie nie były dotychczas prowadzone dla chorób powodowanych przez grzyby z rodzaju *Fusarium* spp. Mesterhazy i in., (2012) wskazuje, że ogólna i swoista zdolność kombinacyjna dla stopnia odporności na fuzariozę kolb oraz zgorzel podstawy łodygi może być różna.

WNIOSKI

1. Metoda rodowodowa pozwala na uzyskanie postępu biologicznego dla wczesności, stopnia odporności na fuzariozę kolb po zakażeniach sztucznych i na zgorzel podstawy łodygi przy infekcji naturalnej jednocześnie w obrębie populacji kukurydzy o typie ziarna szklistym, zębokształtnym i pośrednim.
2. Na podstawie ocen fenotypowych stopnia porażenia kolb po zakażeniach sztucznych *F. graminearum* stwierdzono, że w grupie form o ziarnie szklistym częstotliwość występowania form o podwyższonej odporności jest średnio o 30% wyższa niż w obrębie form wyjściowych, a w grupie o ziarnie zębokształtnym średnio do 20% wyższa w stosunku do form wyjściowych.
3. Materiały pokolenia S₃ kukurydzy były średnio o 10 dni wcześniejsze w stosunku do form wyjściowych.
4. Stwierdzono dodatnią współzależność pomiędzy wczesnością kukurydzy a jej stopniem odporności na fuzariozę kolb.

LITERATURA

- Adamczyk J. 1991. Breeding value of collected maize open pollinated varieties and synthetics. Plant Genetic Res. Conservation, Reports 1986–1990, Radzików: 57 — 58.
- Adamczyk J. 1998. Przegląd metod hodowli kukurydzy i ich skuteczność w praktyce. Biul. IHAR 208: 123 — 130.
- Adamczyk J. 1999. Oszacowanie wartości hodowlanej odmian populacyjnych i syntetycznych kukurydzy (*Zea mays* L.). Biul. IHAR 209: 223 — 245.
- Adamczyk J., Królikowski Z. 1997. U progu 45- lecia polskiej hodowli mieszańców kukurydzy — dorobek i perspektywy. W: Hodowla Roślin — materiały z I Krajowej Konferencji. Poznań, 19–20 XI 1997: 61 — 64.
- 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., Taylor J. H., Jie L., Sun G., William M., Kasha K. J., Reid L. M., Pauls K. P. 2005. Molecular mapping of QTLs for resistance to Gibberella ear rot, in corn, caused by *Fusarium graminearum*. Genome 48: 521 — 533.
- 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.
- 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., Warzecha R., Adamczyk J. 2005. Wytwarzanie materiałów wyjściowych o podwyższonej odporności na fuzariozę kolb i zgorzel podstawy łodygi. Biul. IHAR 236: 203 — 214.
- Czembor E., Presello D., Adamczyk J., Wójcik K. 2011. 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. 11: 116.

- Czembor E., Waśkiewicz A., Stępień L. 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, Bordoux, Francia, 2013.
- Dolstra O., Marton C., Menzi M., Mohr I., Plienegger D. I., Prończuk M. 1993. Evaluation of recurrent selection for stalk rot resistance in a synthetic maize population. Proc. of Maize and Sorghum. Eucarpia XVIth Conference, June 6–9 1993, Bergamo, Italy: 1 — 7.
- Eller M. S., Robertson- Hoyt L. A., 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.
- 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.
- Meissler M., Mouron P., Musa T., Bigler F., Pons X., Vasileiadis V.P., Otto S., Antichi D., Kiss J., Pálinkás, Z., Dörner 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., 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: Miller J. D., Trenholm H. L. (eds), Mycotoxins in grain: Compounds other than Aflatoxin. The American Phytopathological Society, St. Paul, MN.: 339 — 358.
- Papst C., Utz H. F., Melchinger A. E., Eder J., Magg T., Klein D., Bohn M. 2005 Mycotoxins produced by *Fusarium* spp. in isogenic Bt vs. non — Bt maize hybrids under European corn borer pressure. Agron. J. 97: 219 — 224.
- 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.
- Presello D. A., Fauguel C. M., Rodríguez Giomi, S. D. A., Iglesias J., Fernández. 2011 b. Traits associated to ear rot and mycotoxin contamination caused by *Fusarium* spp. Book of abstracts ISM Conference “Strategies to reduce the impact of mycotoxins in a global context”.
- Prończuk M., Bojanowski J., Warzecha R., Laudański Z. 2007. Badania nad odpornością kukurydzy na zgorzel podstawy łodyg. Część I. Ocena podatności odmian mieszańcowych w warunkach infekcji naturalnej. Biul. IHAR 245: 155 — 169.
- 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., Hamilton R. I., Mather D. E. 1996 b. Screening Maize for Resistance to Gibberella Ear Rot. Agriculture and Agri - Food Canada Technical Bulletin., Publication: 196 — 205.
- 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.

- 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 c. QTL mapping for *Fusarium* ear rot and fumonisin contamination resistance in two maize populations. *Crop Sci.* 46: 1734 — 1743.
- 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.
- 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.
- Zhi-Min, Jun-Qiang, Rui-Xia Wang, Jia-Fa, Xiao-Dong, Wei Chen, Wei-Bing, Hua-Fang, Xiao-Dong, Zong-Liang, Jian-Yu. 2011. A new QTL for resistance to *Fusarium* ear rot in maize. *J. Appl. Genetics* 52: 403 — 406.

PODZIĘKOWANIE

Autorzy serdecznie dziękują pracownikom Małopolskiej Hodowli Roślin sp. z o.o. oraz Hodowli Roślin Smolice sp. z o.o. za udostępnienie materiału wyjściowego oraz wskazówki merytoryczne w trakcie prowadzenia badań.

TERESA PASTUSZEWSKA**KATARZYNA FRANKE****MIROSLAW NOWAKOWSKI**

Zakład Technologii Produkcji Roślin Okopowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Bydgoszczy

Badanie wpływu uprawy gorczycy białej na zagęszczenie populacji mątwika ziemniaczanego (*Globodera rostochiensis*) w glebie

Effect of white mustard on density of potato cyst nematode (*Globodera rostochiensis*) population in soil

W pracy przedstawiono wyniki badań doświadczenia polowego, przeprowadzonego w latach 2007–2011 w Bydgoszczy w celu określenia wpływu dziesięciu odmian gorczycy białej, uprawianych w międzyplonie ścierniskowym, na zmiany w populacji mątwika ziemniaczanego (*Globodera rostochiensis*) w glebie. Doświadczenia założono metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach. Analiza prób gleby pobranych przed siewem gorczycy i po ich zbiorze wykazała ok. 30%–50% spadek liczebności populacji mątwika ziemniaczanego, w następstwie uprawy badanych odmian gorczycy białej.

Słowa kluczowe: mątwik ziemniaczany, odmiany gorczycy białej, międzyplon ścierniskowy, ograniczenie populacji mątwika

Field experiments were carried out in 2007–2011 in Bydgoszcz. The aim was to check effect of 10 white mustard varieties sown as stubble catch crop on nematode population decrease in the soil. Split-plot method was used in four replications. The result of presented study showed that chosen white mustard cultivars can reduce *Globodera rostochiensis* population by about 30%–50% when sown as stubble catch crop.

Key words: nematode population decrease, potato cyst nematode, stubble catch crop, white mustard varieties

WSTĘP

Mątwiki, tworzące cysty na korzeniach ziemniaka pochodzą z Andów, skąd wraz z rośliną żywicielską zostały zawleczone do Europy, najprawdopodobniej już w XVI wieku (Kornobis, 2007). Wówczas nie zdawano sobie sprawy z ich istnienia, a szkody przypisywano innym czynnikom. W XIX wieku wraz z rozwojem nematologii, zidentyfikowano sprawcę, a w 1923 roku opisano go jako odrębny gatunek mątwika ziemniaczanego [*Globodera rostochienis* (Wollenweber, 1923) Behrens, 1975]. Gatunek mątwika agresywnego został opisany w 1973 roku [*Globodera pallida* (Stone, 1973) Behrens, 1975].

Oba gatunki są jednymi z najgroźniejszych szkodników ziemniaka i innych roślin z rodziny psiankowatych. Objęte są one przepisami o zapobieganiu rozprzestrzenianiu i zwalczaniu we wszystkich rejonach uprawy ziemniaka na świecie, także w Unii Europejskiej. W Polsce obowiązują następujące przepisy prawa fitosanitarnego: ustawa z 18 grudnia 2003r. o ochronie roślin (Dz. U. nr 11, poz. 94 ze zm.) oraz rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 21 lutego 2008 r. w sprawie zapobiegania wprowadzaniu i rozprzestrzenianiu się organizmów szkodliwych (Dz. U. Nr 46 z 2008 r. pozycja 272) oraz z 13 października 2010 roku w sprawie szczegółowych sposobów postępowania przy zwalczaniu i zapobieganiu rozprzestrzeniania się mątwika ziemniaczanego (*Globodera rostochiensis*) i mątwika agresywnego (*Globodera pallida*) (Dz. U. nr 196, poz. 1303). W Polsce stwierdza się występowanie tylko mątwika ziemniaczanego, a mątwika agresywnego zidentyfikowano kilka ognisk.

Mątwik ziemniaczany jest nicieniem pasożytującym jedynie na niektórych roślinach z rodziny psiankowatych. Z roślin uprawnych żywicielami są ziemniak, pomidor i oberżyna. (Wilski, 1967, Anonim, 1994). Spośród chwastów cysty mątwika mogą się rozwijać na korzeniach psianki słodkogórz (*Solanum dulcamara*), psianki kosmatej (*Solanum luteum*), w mniejszej ilości na korzeniach lulka czarnego (*Hyoscyamus niger*), pokrzyka wilczej jagody (*Atropa belladonna*) i psianki czarnej (*Solanum nigrum*). *Globodera rostochiensis* i *Globodera pallida* są zaliczane do gatunków, u których opuszczanie cyst przez osobniki młodociane jest stymulowane przez dyfuzaty korzeniowe rośliny żywicielskiej (Perry, 2002).

Mątwik ziemniaczany może powodować spadek plonu bulw ziemniaka nawet o 80% (Anonim, 1994; Urbanowicz i Pawińska, 2001), przy czym największe szkody są notowane w plonie podatnego ziemniaka przy częstej (co trzy lata i częściej) jego uprawie na tym samym, zasiedlonym przez szkodnika polu (Malec, 1985). Stwierdzenie szkodnika na polu wywołuje również straty pośrednie, wynikające z nałożenia kwarantanny i związanego z tym ograniczenia produkcji nasiennej i obrotu sadzeniakami, czy utrudnień w eksporcie ziemniaka.

Tradycyjną metodą zwalczania mątwików jest stosowanie zmianowania z udziałem roślin nieżywicielskich aż do czasu, gdy zagęszczenie populacji w glebie zmniejszy się do poziomu rokującego zadawałające plony rośliny żywicielskiej (Wilski, 1978). Zagęszczenie populacji mątwika w glebie zmniejsza się corocznie przy uprawie rośliny nieżywicielskiej o około 20%–50%. Przy małym zagęszczeniu populacji wystarczy może

4–5 lat, przy większym 6–7 lat, a czasem więcej. Stałe obniżenie liczebności populacji mątwika w glebie można osiągnąć dopiero po 10–12 letniej przerwie w uprawie podatnej odmiany ziemniaka (Brzeski, 1975).

Najprostszą w zastosowaniu i skuteczną metodą walki ze szkodnikiem jest uprawa odpornych odmian ziemniaka (Malec, 1977). Lista zarejestrowanych odmian odpornych na patotyp Ro1 mątwika ziemniaczanego jest dostępna na stronie internetowej Centralnego Ośrodka Badania Roślin Odmian Uprawnych. Obecnie w krajowym rejestrze odmiany ziemniaka odporne na porażenie mątwikiem ziemniaczanym stanowią około 90% (www.coboru.pl).

Pewne znaczenie w zwalczaniu mątwika miało stosowanie środków chemicznych. Walka chemiczna traci jednak na znaczeniu, ponieważ używane nematocydy okazały się trudno rozkładalne i zatruwające środowisko, a nie ma dostępnych nowych, bardziej bezpiecznych (Kornobis, 2007).

Według Kornobisa (2007) i Wolnego (2008, 2009) współczesna wiedza naukowa i coraz bogatsza oferta odmian odpornych ziemniaka umożliwiają integrowanie różnych środków i metod zwalczania mątwika. W warunkach polowych oprócz kwarantanny zasadniczymi elementami zwalczania są: włączenie roślin nieżywielskich do płodozmianu lub ugorowanie pola, uprawa odpornych odmian ziemniaka lub roślin pułapkowych i stosowanie nematocydów.

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu uprawy gorczycy białej w międzyplonie ścierniskowym na zagęszczenie populacji mątwika ziemniaczanego.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2007–2011, na polu doświadczalnym w Oddziale Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowego Instytutu Badawczego w Bydgoszczy, na piasku gliniastym lekkim. Gleba stanowiska doświadczalnego miała odczyn kwaśny, średnią zawartość fosforu i magnezu, niską zawartością wapnia i sodu oraz bardzo niską zawartość potasu i azotu azotanowego.

W pierwszym roku badań całe pole doświadczalne zostało na wiosnę sztucznie zasiedlone cystami nicienia z żywą zawartością, a w plonie głównym każdego roku wysadzano odmianę ziemniaka podatną na mątwika ziemniaczanego (Aster lub Bila) w celu utrzymania odpowiedniego zagęszczenia populacji.

Jesienią stosowano nawożenie fosforowe w dawce $50 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$. Przed siewem glebę spulchniono, wyrównano i zastosowano nawożenie mineralne w dawkach $80 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz $50 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Wyznaczono 44 poletka o powierzchni 1 m^2 .

W badaniach testowano 10 odmian gorczycy białej (*Sinapsis alba*): Accent, Bamberka, Bardena, Barka, Concerta, Metex, Nakielska, Radena, Rota i Sirola, które różniły się pod względem morfologicznym. Kontrolę stanowiły poletka bez obsiewu (czarny ugor). Gorczycę wysiano jako międzyplon ścierniskowy w ilości 2,5 g nasion na poletko. Doświadczenia zakładano metodą losowanych bloków w 4 powtórzeniach.

W trakcie wegetacji trzykrotnie wykonywano pomiary roślin dla przeprowadzenia oceny dynamiki wzrostu i intensywności kwitnienia. W trakcie zbioru ważono plon części

nadziemnej oraz korzeni oraz pobierano próby materiału roślinnego dla oznaczenia zawartości suchej masy.

Zagęszczenie populacji mątwika na wszystkich poletkach (obsianych gorczycą i kontrolnych), badano w próbach gleby w dwóch terminach, przed założeniem doświadczenia oraz po zbiorze. Próby gleby o objętości około 500 ml, pobierano z warstwy ornej 0–20 cm, przy pomocy wąskiej łopatk. Wysuszono je powietrznie i przesiano, w celu oddzielenia części organicznych i zanieczyszczeń. Analizowano średnie próby powietrznie suchej gleby o objętości 100 ml, które przesiano przez zestaw sit (o wielkości oczek: 2,8 mm, 1,25 mm i 0,8 mm). Wyizolowano cysty mątwika używając automatycznego ekstraktora, będącego modyfikacją aparatu Seinhorsta. Liczbę żywych jaj i larw nicienia określano przy użyciu mikroskopu stereoskopowego. Każdą cystę, przy pomocy igły preparacyjnej, nakładano na wielootworowe szkiełka mikroskopowe, rozgniatało w kropli wody i liczone żywe osobniki. Po określeniu wielkości populacji nicienia przed założeniem doświadczenia i po jego zbiorze, obliczono spadek lub wzrost populacji.

Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji, a istotność różnic między średnimi weryfikowano przy pomocy testu t-Studenta na poziomie istotności $p = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

W trakcie wegetacji gorczycy białej w trzech terminach (co 4–5 tygodni) określono wysokość roślin oraz udział roślin kwitnących. Największą wysokością roślin wyróżniały się we wszystkich terminach pomiarów odmiany Radena, Accent i Bardena (tab. 1).

Tabela 1

Wysokość roślin, intensywność kwitnienia i plony odmian gorczycy białej, średnie z lat 2007–2011
Height of plants, intensity of flowering and yields of white mustard varieties, mean from 2007–2011

Odmiana Variety	Wysokość roślin Height of plants (cm)			Udział roślin kwitnących Share of flowering plants (%)			Plon części nadziemnej Yield of shoots (t·ha ⁻¹)		Plon korzeni Yield of roots (t·ha ⁻¹)	
	I termin 1 st date	II termin 2 nd date	III termin 3 rd date	I termin 1 st date	II termin 2 nd date	III termin 3 rd date	świeża masa fresh matter	sucha masa dry matter	świeża masa fresh matter	sucha masa dry matter
Accent	33,15	82,46	102,75	0,00	2,62	15,03	26,53	3,96	2,45	0,63
Bamberka	31,63	77,25	94,13	0,00	45,05	67,97	20,93	3,12	2,01	0,51
Bardena	34,27	83,28	102,43	0,00	20,00	40,05	25,78	3,86	2,37	0,61
Barka	31,85	79,83	100,15	0,00	25,52	44,56	23,03	3,43	2,18	0,56
Concerta	31,80	80,90	100,40	0,00	16,60	34,80	24,70	3,67	2,33	0,59
Metex	30,43	78,50	98,00	0,00	18,23	37,83	23,68	3,53	2,18	0,56
Nakielska	30,73	78,60	96,80	0,00	27,80	45,48	23,23	3,44	2,18	0,55
Radena	34,20	83,60	103,98	0,00	18,17	35,83	26,43	3,99	2,4	0,62
Rota	32,78	80,40	100,86	0,00	22,65	42,33	24,33	3,61	2,26	0,58
Siroła	27,93	74,93	95,28	0,00	2,05	13,00	22,2	3,25	2,22	0,56
NIR _{0,05}	2,22	3,65	4,15	n. i.	2,77	3,45	0,24	0,79	0,05	0,10
LSD _{0,05}										

n.i. — różnice nieistotne; not significant differences

Najniższe rośliny stwierdzono natomiast u odmian Bamberka, Siroła i Nakielska. Część wyników zostało przedstawionych wcześniej (Pastuszewska i in., 2010).

W pierwszym terminie pomiarów nie zaobserwowano roślin kwitnących. Największym udziałem roślin kwitnących w drugim i trzecim terminie liczenia odznaczały się odmiany: Bamberka, Nakielska i Barka. Z kolei najmniej roślin kwitnących zanotowano u odmian Sirola i Accent.

W badaniach porównawczych odmian gorczycy białej Kubicki (2009) zarejestrował najwyższe rośliny oraz najwyższy udział roślin kwitnących u odmiany Accent. Nowakowski (2012) wykazał, że wśród odmian gorczycy dużą wysokością roślin charakteryzowały się odmiany Accent, Radena i Concerta, a najmniejszym kwitnieniem odmiana Sirola.

Największe plony świeżej i suchej masy części nadziemnej roślin zebrano po uprawie odmian gorczycy białej: Accent, Radena i Bardena, a najmniejsze plony wydały odmiany Bamberka i Sirola (tab. 1). Poziom plonowania części nadziemnej odmian gorczycy uzależniony był przede wszystkim od wysokości roślin.

Uprawa odmian Accent, Radena i Bardena wpłynęła na uzyskanie największych plonów świeżej i suchej masy korzeni, a najmniejsze plony stwierdzono dla odmian Bamberka i Nakielska. Zarejestrowane podczas realizacji doświadczeń plony biomasy nadziemnej oraz korzeni były zbliżone pod względem wielkości do tych uzyskanych w badaniach Nowakowskiego i Szymczak-Nowak (2003) oraz Buraczyńskiej (2011). Natomiast Wilczewski (2004) oraz Kisielewska i Harasimowicz-Herman (2008) stwierdzili wyższe o około 35% plonowanie gorczycy białej. Plon ogólny biomasy stanowił 65,5%–82,8% średniej dawki obornika bydlęcego ($35 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) stosowanej pod ziemniaki. Plon ogólny suchej masy gorczycy odpowiadał 45,4%–57,4% suchej masy wymienionej dawki obornika ($8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Analizy prób gleby pobranych przed wysiewem gorczycy wykazały, że liczebność populacji mątwika ziemniaczanego (*G. rostochiensis*) wynosiła średnio w 2007 — 536, 2008 — 592, w 2009 — 1225, w 2010 — 769, a w 2011 roku — 4498 żywych jaj i larw w 100 ml gleby. Porównanie wyników badań gleby wykonanych przed siewem gorczycy i po zbiorze wskazuje na to, że we wszystkich latach badań wystąpiło ograniczenie populacji mątwika ziemniaczanego w następstwie uprawy badanych odmian gorczycy białej (tab. 2). Spadek populacji nicienia, zależnie od odmiany, wahał się w granicach od 29,9% do 54,1%. Liczba jaj i larw mątwika została najsilniej zredukowana na obiektach po uprawie odmiany Bardena (o 54,1%), Accent, Radena i Sirola (47,3%–47,2%). Równocześnie odmiany Bardena, Akcent i Radena wyróżniały się najwyższymi plonami świeżej i suchej masy korzeni. Nieco mniejszą redukcję zamątwiczenia zanotowano po uprawie odmiany Concerta (o 43,4%), Bamberka (o 39,8%) i Barka (o 36,6%).

Jones (1970) podaje wyniki prac, które wykazują 30% spontaniczne wychodzenie larw z cyst przy braku rośliny żywicielskiej i 80% przy jej uprawie. Wilski (1978) pisze o 20–50% redukcji populacji mątwika w glebie w ciągu roku przy uprawie rośliny nieżywicielskiej, w zależności od warunków środowiska, a przede wszystkim temperatury, wilgotności i typu gleby. Autor uważa, że rodzaj roślin nieżywicielskich w czasie jednej rotacji nie ma dużego znaczenia, ponieważ nie znaleziono rośliny wrogiej — prócz odmian odpornych ziemniaka, która by stymulowała w znaczącym stopniu wychodzenie larw z cyst, a jednocześnie nie stwarzała im możliwości rozwoju w swych korzeniach. Malec i

Bogaczyk (1978) badali wpływ kilkudziesięciu gatunków roślin uprawnych i niektórych chwastów na wychodzenie larw z cyst mątwika ziemniaczanego.

Tabela 2

Zmiany liczebności populacji mątwika ziemniaczanego (*Globodera rostochiensis*) w glebie pod wpływem uprawy gorczycy białej
Changes of potato cyst nematode (*Globodera rostochiensis*) population density in the soil after white mustard varieties cultivation

Odmiana Variety	Przyrost lub ubytek jaj i larw w 100 ml gleby Increase or decrease of eggs and larvae in 100 ml of soil (%)					średnio mean
	2007	2008	2009	2010	2011	
Czarny ugór — obiekt kontrolny Fallow — control	n.b.	-20,30	-2,20	-13,20	-7,40	-12,93
Accent	-42,40	-61,60	-28,60	-57,64	-46,30	-47,31
Bamberka	-47,00	-34,70	-23,30	-52,59	-41,20	-39,76
Bardena	-77,60	-58,70	-22,40	-66,07	-45,70	-54,09
Barka	-49,90	-48,10	-18,40	-44,67	-21,80	-36,57
Concerta	-68,00	-55,50	-26,50	-39,01	-28,00	-43,40
Metex	-54,60	-34,50	-21,50	-27,68	-20,10	-31,68
Nakielska	-31,60	-54,60	-4,30	-33,30	-25,90	-29,94
Radena	-76,30	-51,20	-26,40	-54,87	-27,60	-47,27
Rota	-23,60	-49,90	-15,90	-47,18	-31,60	-33,64
Siroła	-76,10	-56,70	-34,60	-46,40	-22,30	-47,22
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	5,60	4,70	2,70	3,10	3,80	5,98

n.b. — nie badano; not treated

W badaniach wymienionych autorów uprawa odpornych odmian ziemniaka powodowała redukcję szkodnika w znacznie wyższym stopniu (o 85%) niż inne rośliny jak gorczyca biała, seradela, gryka, rzepak, wyka jara, łubin biały, czy burak pastewny (od 22,9% do 30,9%). Daub i Westphal (2011) podają, że niektóre izotiocyjaniany powstające w następstwie rozkładu glukozynolanu sinigriny odznaczają się szczególnie wysoką toksycznością w stosunku do nicieni. Z kolei Valdes i in. (2011) w badaniach nad trzema gatunkami *Brassicaceae* zawierającymi glukozynolany (gorczyca, rzepak, rzodkiew) i ich wpływem na wychodzenie larw z cyst, nie stwierdzili toksycznego ich działania. Autorzy odnotowali wpływ dyfuzatów korzeniowych tych gatunków roślin tylko w przypadku, gdy w pobliżu cyst znajdowały się dyfuzaty korzeniowe wyizolowane z pomidora, rośliny żywicielskiej dla *Globodera rostochiensis*. Autorzy prezentowanej pracy nie znają odpowiedzi dotyczącej mechanizmu oddziaływania gorczycy stymulującego wyląg larw mątwika i zastanawiają się, czy podobnego wpływu nie miały pozostawione resztki korzeni podatnej odmiany ziemniaka, uprawianej w plonie głównym.

Szymczak i in. (2007) podjęli badania z zastosowaniem psianki stuliszolistnej (*Solanum sisymbriifolium*), w zwalczaniu mątwika ziemniaczanego, na polu zasiedlonym przez nicienia. Autorzy uzyskali wyniki wskazujące na to, że uprawa tej rośliny przyczyniła się do ograniczenia populacji mątwika ziemniaczanego w glebie od 61,0% do 77,9%. Zdaniem autorów uzyskane wyniki świadczą o możliwości wykorzystania tej rośliny jako rośliny sanitarnej na polach o dużej koncentracji uprawy ziemniaka, zagrożonych przez mątwika ziemniaczanego.

Przez jednorazową uprawę ziemniaka odpornego można osiągnąć redukcję populacji szkodnika, wynoszącą rzędu 85–90% (Brzeski i Rogala, 1979; Malec, 1985), a jej wielkość zależy głównie od gęstości przerośnięcia gleby korzeniami. Przy słabym rozwoju roślin spadek liczebności populacji może wynosić 65–75%, a przy dobrym rozwoju — nawet powyżej 90%.

WNIOSKI

1. Na polach zamiatwiczonych można zalecić włączenie do płodozmianu uprawę w poplonie gorzycy białej, rośliny nieżywicielskiej dla *Globodera rostochiensis* jako element walki ze szkodnikiem.
2. Biomasa badanych odmian gorzycy białej zastosowana w poplonie jako zielony nawóz będzie odpowiadała 65,5%–82,8% dawki 35 t·ha⁻¹ obornika.
3. Największym plonem świeżej i suchej masy części nadziemnej oraz korzeni odznaczały się odmiany gorzycy białej: Accent, Radena i Bardena.

LITERATURA

- Anonim 1994. Kwarantannowe agrofagi Europy. Inspektorat Kwarantanny Roślin, Warszawa: 383 — 389; 1069 ss.
- Brzeski M. W. 1975. Integrowane metody zwalczania mątwika ziemniaczanego. Ochr. Roślin 7: 11 — 13.
- Brzeski M. W., Rogala Z. 1979. Tarpan — ziemniaka odporne na mątwika ziemniaczanego. Ochr. Roślin 7: 20 — 21.
- Buraczyńska D. 2011. Wpływ nawożenia słomą jęczmienną i biomasą międzyplonów na plonowanie roślin w ogniwie zmianowania: burak cukrowy — pszenica jara. Rozpr. nauk. nr 96, Wyd. AP Siedlce 2008: 157 ss.
- Daub M., Westphal A. 2011. Integriertes Nematodenmanagement in Fruchtfolgesystemen mit Zuckerrüben. Sugar Industry 9: 41 — 50.
- Jones F. G. W. 1970. The control of the potato cyst nematode. Journal of the Royal Society of Arts March: 179 — 199.
- Kisielewska W., Harasimowicz-Herman G. 2008. Wpływ terminu siewu na plon biomasy gorzycy białej uprawianej w międzyplonie. Frag. Agron. 2 (98): 72 — 80.
- Kornobis S. 2007. Co dalej z mątwikiem ziemniaczanym? Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 47 (1): 267 — 270.
- Kubicki K. 2009. Plonowanie i antymątwikowe oddziaływanie wybranych odmian gorzycy białej uprawianych przy dwóch poziomach nawożenia KMgNa. UTP Wydział Rolniczy. Praca magisterska: 53 ss.
- Malec K. 1977. Problem zwalczania mątwika ziemniaczanego (*Heterodera rostochiensis* Woll.) Biuletyn Instytutu Ziemniaka 19: 43 — 47.
- Malec K., Bogaczyk B. 1978. Wpływ różnych roślin uprawnych i niektórych chwastów na wychodzenie larw z cyst mątwika ziemniaczanego. Biuletyn Instytutu Ziemniaka 21: 151 — 162.
- Malec K. 1985. Mątwik Ziemniaczany (*Globodera rostochiensis* Woll.) i Mątwik Agresywny (*Globodera pallida* Stone). Wyd. Inst. Ziem. Bonin, 32 ss.
- Nowakowski M. 2012. Gorzycyca — ważny przedplon buraka. Polski Cukier: 7 (12): 30 — 34.
- Nowakowski M., Szymczak-Nowak J. 2003. Plony świeżej i suchej masy oraz oddziaływanie antymątwikowe gorzycy białej i rzodkwi oleistej w zależności od odmiany i nawożenia azotem. Rośliny Oleiste — Oilseed Crops. T.XXIV: 501 — 508.

- Pastuszewska T., Franke K., Nowakowski M., Gryń G., Szymczak-Nowak J. 2010. Wpływ odmian gorczycy białej na zmiany w populacji mątwika ziemniaczanego (*Globodera rostochiensis*). Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 50 (3): 1297 — 1300.
- Perry R. N. 2002. Hatching. In: „The Biology of Nematodes” (D. L. Lee, red.), Taylor & Francis, London: 147 — 169; 635 pp.
- Szymczak-Nowak J., Malinowska E., Tyburski J., Rychcik B. 2007. Wpływ *Solanum sisymbriifolium* na ograniczanie populacji mątwika ziemniaczanego. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 47 (4): 224 — 226.
- Urbanowicz J., Pawińska M. 2001. Odmiany mątwikoodporne w strukturze upraw ziemniaka w latach 1995–2000. W: Materiały konferencyjne, IHAR Oddział Bonin: 130 — 133.
- Valdes Y., Viaene N., Perry R.N., Moens M. 2011. Effect of the green manures *Sinapis alba*, *Brassica napus* and *Raphanus sativus* on hatching of *Globodera rostochiensis*. Nematology 13 (8): 965 — 975.
- Wilczewski E. 2004. Wpływ sposobu nawożenia na plon biomasy roślin niemotylkowatych uprawianych w międzyplonie ścierniskowym. Acta. Sci. Pol. Agric. 3, 1: 139 — 148.
- Wilski A. 1967. Nicienie szkodniki roślin uprawnych. PWRiL, Warszawa, 336 ss.
- Wilski A. 1978. Mątwiki tworzące cysty na ziemniaku. PAN KOR, Warszawa, 22 ss.
- Wolny S. 2008. Podstawy naukowe urzędowego programu zwalczania mątwika ziemniaczanego (*Globodera rostochiensis* Woll.) w uprawach ziemniaka na cele konsumpcyjne i przemysłowe (Dyrektywa Rady UE 2007/33/EC. Materiały konferencyjne. Nasiennictwo i Ochrona Ziemniaka. Kołobrzeg 3–4 kwietnia 2008. IHAR ZNiOZ Bonin: 27 — 32.
- Wolny S. 2009. Diagnostyka, monitoring oraz podstawy programu zwalczania mątwika ziemniaczanego [*Globodera rostochiensis* (Wollenweber)] i mątwika agresywnego [*Globodera pallida* (Stone) Behrens] w kontekście znowej Dyrektywy Rady 2007/33/UE z dnia 11 czerwca 2007 zastępującej Dyrektywę Rady 69/465/EWG. Prog Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 49 (4): 1739 — 1745.

KAMIL PROKOPIUK**GRZEGORZ ŻUREK**

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy, Radzików
Zakład Traw, Roślin Motylkowatych i Energetycznych
Pracowania Traw Pozapaszowych i Roślin Energetycznych

Ocena przydatności wiechliny niskiej (*Poa supina* Schrad.) do obsiewu trawników zacienionych

Testing the suitability of prostrate meadow-grass (*Poa supina* Schrad.) for turf in shade

Badania realizowane w latach 2002–2008 objęły 6 odmian w obrębie 6 gatunków traw gazonowych: wiechlinę niską odmianę Supranova, życicę trwałą odmianę Stadion, kostrzewę czerwoną kępową odmianę Nimba, wiechlinę łąkową odmianę Conni, kostrzewę trzcinową odmianę Asterix oraz śmiałkę darniowego formę Brok. W warunkach naturalnego cienia drzew określano podstawowe parametry jakości trawnikowej. Uzyskane wyniki wskazują na przydatność wiechliny niskiej do obsiewu nawierzchni naturalnie zacienionych, np. w parkach. Odmiana Supranova tego gatunku (w porównaniu do innych badanych gatunków) wyróżniała się dobrą jakością trawnikową w okresie zimowym oraz bardzo wolnym odrostem po skoszeniu. Cechami niekorzystnymi tej odmiany były podatność na suszę oraz jasny kolor liści.

Słowa kluczowe: cień, odmiany gazonowe, Supranova, trawniki parkowe

From 2002 to 2008, a study was undertaken to test six cultivars from six turf grass species: prostrate meadow-grass cv. Supranova, perennial ryegrass cv. Stadion, chewings fescue cv. Nimba, smooth-stalked meadow-grass cv. Conni, tall fescue cv. Asterix and tufted hair grass cv. Brok. The experiment was located in a natural tree shade where turf quality parameters were evaluated. Results indicated the ability of prostrate meadow-grass to grow and perform well under a natural park shade. Supranova, compared to other cultivars tested, exhibited good quality in winter periods and slow re-growth. Unfavorable traits of this variety are susceptibility to drought and bright green color of the leaves.

Key words: park lawns, turf varieties, Supranova, shade

WSTĘP

Jednym z wielu problemów związanych z jakością muraw naturalnych jest ich rozwój w warunkach deficytu światła. Światło słoneczne jest podstawowym źródłem energii na Ziemi. Dociera ono do powierzchni Ziemi jako fale o długości od 200 do 1800 nm. Tylko niewielka część energii tego promieniowania (1–5%) jest wykorzystywana przez rośliny jako źródło energii do produkcji złożonych substancji budujących ich organizmy w procesie fotosyntezy. Przebieg tego procesu uwarunkowany jest różnymi czynnikami, wśród których można wymienić m.in.: natężenie promieniowania fotosyntetycznie czynnego o długości fali od 400 do 700 nm (tzw. PAR, ang. *photosynthetically active radiation*), temperaturę otoczenia, dostęp do wody i składników mineralnych w glebie oraz zawartość CO₂ w powietrzu (Bell, 2011; Fry i Huang, 2004). Deficyt któregośkolwiek z wyżej wymienionych czynników powoduje reakcję stresową i zaburzenia wzrostu oraz rozwoju roślin. Przy dłuższej utrzymujących się warunkach stresowych może dojść do skrajnej degeneracji roślin a nawet ich całkowitej śmierci. W naturze deficyt światła występuje najczęściej w najniższych piętrach lasów, w parkach itp. Do gruntu dociera wtedy bardzo niewiele światła, co determinuje charakter występującej tam roślinności, zarówno pod względem składu gatunkowego jaki i zagęszczenia czy modyfikacji anatomicznych.

Spośród wielu gatunków traw, przydatnych do zadarniania muraw w warunkach deficytu światła wymieniana jest wiechlina niska (*Poa supina* Schrader) (Stier i Steinke, 2001; Sorochan i in., 2005). Jest to gatunek spotykany na pastwiskach i wilgotnych stanowiskach górskich rejonów Europy środkowej i południowo-zachodniej (Ellenberg i in., 1992). W Polsce występuje pojedynczo, na stanowiskach w Sudetach oraz w Karpatach (Falkowski, 1982). Jest to gatunek wyróżniający zespołu *Poo-Cerastietum cerastoidis* (Söyr. 1954) Oberd. 1957 w obrębie klasy wysokogórskich zbiorowisk *Salicetea herbaceae* Br. – Bl. Et al. 1947 oraz gatunkiem wyróżniającym dla związku *Rumicion alpini* Klika et Hadam 1944 w klasie *Artemisietea vulgaris* Lohm., Prsg et R.Tx. in R.Tx. 1950 (Matuszkiewicz, 2007). Pod względem budowy i pokroju gatunek ten jest bardzo zbliżony do wiechliny rocznej (*Poa annua* L.), z tą różnicą, że rośliny wiechliny niskiej są nieco większe od roślin wiechliny rocznej, mają rozłogi oraz są wieloletnie (Ellenberg, 1992). Wiechlina niska wytwarza rozłogi nadziemne, z korzeniami rozwijającymi się z każdego węzła. Darń przez nią tworzona jest gęsta i szybko zadarnia powierzchnię. To z kolei powoduje dużą agresywność tego gatunku (Skirde, 1971). Inną cechą charakterystyczną omawianego gatunku jest niewielka wysokość roślin, sięgająca zaledwie 5–15 (30) cm (Edmondson, 1980). To spowodowało zainteresowanie tym gatunkiem do zastosowania na cele trawnikowe (Koeck i Walch, 1977). W roku 1974 w Niemczech zarejestrowano pierwszą odmianę tego gatunku pod nazwą Supra (Bughrara, 2003). Wyniki badań wykazały słabą tolerancję tego gatunku na niskie temperatury oraz dużą wrażliwość na susze w okresie letnim (Skirde, 1971). Równocześnie stwierdzono, iż jest to gatunek tolerancyjny na deptanie (Leinauer, 1998; Minner i Valverde, 2004, 2006) oraz na zacienienie (Budryte-Aleksandraviciene i Schulz, 2000). Badania nad przydatnością omawianego gatunku do zasiewów trawnikowych w Polsce były dotychczas nieliczne (np. Prończuk i Prończuk, 2006).

Celem niniejszej pracy było zbadanie jakości trawnikowej wiechliny niskiej w warunkach wieloletniego użytkowania ekstensywnego w cieniu parkowym, jak również określenie trwałości tego gatunku na tle innych, powszechnie stosowanych gatunków trawnikowych.

MATERIAŁY I METODY

Do badań użyto 6 odmian w obrębie 6 gatunków traw: wiechlinę niską (*Poa supina* Schrad.) odmianę Supranova, życicę trwałą (*Lolium perenne* L.) odmiana Stadion, kostrzewę czerwoną kępową (*Festuca nigrescens* Lam = *F. rubra* ssp. *commutata* Gaud.) odmiana Nimba, wiechlinę łąkową (*Poa pratensis* L.) odmiana Conni, kostrzewę trzcinową (*Festuca arundinacea* Schreb.) odmiana Asterix oraz śmiałka darniowego (*Deschampsia cespitosa* (L.) P.B.) formę Brok. Nasiona zostały wysiane na poletkach o powierzchni 1 m² w trzech powtórzeniach. Zastosowano następujące normy wysiewu (w g/m²): 30 — kostrzewy trzcinowej, 20 — życicy trwałej, 15 — kostrzewy czerwonej oraz po 10 — dla śmiałka darniowego, wiechliny łąkowej i wiechliny niskiej.

Doświadczenie założono w kwietniu 2001 roku w Radzikowie (52°12' N, 20°37' E) w cieniu kilkunastoletnich drzew jarzębiny (*Sorbus aucuparia* L.) na glebie gliniasto piaszczystej. W okresie badań wykonywano następujące zabiegi pielęgnacyjne: koszenie na wysokość ok. 7 cm od 9 do 11 razy w roku; nawożenie mineralne jednokrotnie w roku na wiosnę w ilości (w kg czystego składnika na 1 ha): N — 40, P — 20, K — 30. Doświadczenia nie nawadniano w okresach suszy.

Ocenę wykonywano bonitacyjnie w skali 1–9 według metody IHAR (Prończuk, 1993). Oceny aspektu ogólnego, zadarnienia oraz odrostu po skoszeniu wykonywano trzykrotnie w ciągu roku: wiosną, ok. 15 maja, latem ok. 15 sierpnia i jesienią — 15 października. Przezimowanie oceniano w okresie wczesnej wiosny (marzec — kwiecień). Kolor oceniano wiosną raz w roku. Ocenę porażenia przez choroby prowadzono w okresach największego nasilenia objawów, w latach 2001–2004.

Dla oszacowania ilości światła docierającego do roślin na powierzchni doświadczalnej, w okresie 12 miesięcy, od 1 kwietnia 2009 do 31 marca 2010 mierzono natężenie promieniowania słonecznego fotosyntetycznie czynnego (PAR, ang. *photosynthetically active radiation*), za pomocą fitofotometru, według metodyki opisanej przez Prokopiuk i Żurka (2011).

Średnią temperaturę powietrza, opady oraz nasłonecznienie podano za odczytami z automatycznej stacji meteorologicznej (Vaisala HydroMet™ System MAWS 101) zlokalizowanej na terenie IHAR — PIB w Radzikowie, ok. 300 m od powierzchni doświadczalnej. Analizy statystyczne zrealizowano za pomocą pakietu statystycznego SAS® (SAS, 2004 a, b).

WYNIKI

Warunki naturalne w trakcie doświadczenia

W czasie całego okresu badań średnia temperatura wynosiła 9,3°C, a średnia roczna suma opadów — 435,3 mm (tab. 1). Najcieplejszym rokiem był 2002 rok, a najchłodniejszym 2004. Uwzględniając wartości średnie dla wielolecia, lata 2002 i 2003 można uznać za bardzo suche (roczna suma opadów stanowiła odpowiednio 68,5 i 49,3% analogicznej wartości dla wielolecia), a rok 2005 za rok suchy (86,4% wielolecia). W roku 2002 najbardziej suche były: wrzesień, lipiec, kwiecień i maj (odpowiednio 0, 25,7, 70 i 72,6% sumy miesięcznej opadu z wielolecia). W roku 2003 znaczne deficyty opadów zanotowano we: wrześniu, kwietniu, czerwcu, maju, październiku i sierpniu (odpowiednio: 9,9, 24,8, 40,3, 45,7, 47 i 68,1% sumy miesięcznej opadu z wielolecia). Za miesiące najbardziej krytyczne pod względem zaopatrzenia roślin w wodę należy uznać czerwiec, lipiec, wrzesień i październik. Wtedy to najczęściej notowano znaczne deficyty opadów (od 0 do 75,6% sumy miesięcznej opadu z wielolecia).

Tabela 1

Charakterystyka warunków klimatycznych (sumy opadów oraz temperatury powietrza) w okresie realizacji doświadczenia

Climatic conditions (precipitation and air temperature) during the course of experiment

Lata Years	Miesiąc Month												Suma / średnia dla roku
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Sum / average for year
	Opady — Precipitation (mm)												
1971–2000	21,3	17,5	22,3	30,3	46,0	63,0	74,3	51,8	43,6	31,5	30,4	28,4	460,3
2001	-	-	-	66,7	32,0	57,8	134,0	27,0	78,3	21,1	21,8	0,0	485,7
2002	34,1	42,4	25,9	21,2	33,4	57,6	19,1	39,5	0,0	34,0	0,0	8,0	315,2
2003	8,2	0,0	6,2	7,5	21,0	25,4	61,9	35,3	4,3	14,8	15,4	27,1	227,1
2004	0,0	10,8	0,0	66,6	67,0	56,4	102,5	54,1	7,8	2,2	39,5	9,7	416,6
2005	30,8	38,5	33,5	22,4	46,2	18,2	44,6	41,8	23,8	3,6	31,0	63,3	397,7
2006	31,0	44,2	12,4	38,8	52,0	29,0	4,6	189,8	27,8	23,2	55,4	31,0	539,2
2007	81,6	53,6	35,6	20	63,2	72,2	94,8	58,2	48	44,8	43,4	21	636,4
2008	78	35	54,2	30,2	56,6	15,0	62,5	51,4	93,4	23,8	31,2	39,8	571,1
Temperatura — Temperature (°C)													
1971–2000	-1,9	-1,0	2,8	8,2	14,2	16,9	18,5	18,2	13,3	8,3	2,9	-0,1	9,3
2001	-	-	-	9,0	16,6	17,0	22,7	21,5	12,8	11,3	2,8	-3,6	9,5
2002	-0,1	4,5	5,3	10,2	19,4	19,4	23,0	22,8	13,7	7,2	4,1	-6,6	10,2
2003	-2,9	-4,9	1,9	7,3	15,7	18,0	20,2	18,7	13,8	15,4	4,9	0,9	9,1
2004	-5,1	0,0	3,5	8,7	12,0	15,8	17,9	19,0	13,5	10,0	3,7	1,8	8,4
2005	1,3	-1,4	0,7	9,3	14,1	16,5	20,7	18,0	16,0	9,5	3,4	-0,1	9,0
2006	-8,4	-2,9	-0,7	9,2	14,3	18,3	23,4	18,1	16,2	11,0	6,0	4,3	9,1
2007	3,6	-1,0	7,0	9,7	15,7	19,1	19,1	19,3	13,6	8,3	1,9	0,5	9,7
2008	1,2	3,2	3,9	9,4	14,0	19,0	19,5	18,8	12,7	10,2	5,4	1,4	9,9

Natężenie promieniowania fotosyntetycznie czynnego (PAR) było zmienne w ciągu dnia oraz w poszczególnych sezonach. Wartości tego parametru, zmierzone latem w południe wahały się w cieniu od 120 do 200 $\mu\text{mol}\times\text{m}^{-2}\times\text{s}^{-1}$, w porównaniu do 1200–1400 $\mu\text{mol}\times\text{m}^{-2}\times\text{s}^{-1}$ zmierzonych w pełnym słońcu. Redukcja natężenia PAR w cieniu wahała się od 10% wartości ze stanowiska w pełnym słońcu przed południem do 30% po południu.

Jesienią po opadnięciu liści jak i na wiosnę przed ulistnieniem drzew, wartości natężenia PAR wzrastały do poziomu zmierzonego w pełnym słońcu.

Ocena jakości trawnikowej powierzchni doświadczalnych

Analiza wariancji w układzie dwuczynnikowym pozwoliła na wyodrębnienie wiechliny niskiej odmiany Supranova jako najbardziej podatnej spośród badanych odmian na wpływ zróżnicowanych warunków klimatycznych zarówno pomiędzy latami jak i pomiędzy sezonami w roku (tab. 2). Istotność efektu czynników jakimi były lata (7) oraz sezony (3) jak również interakcję tych czynników stwierdzono dla tej odmiany we wszystkich analizowanych cechach. Spośród pozostałych badanych odmian wyróżnić należy odmianę Nimba kostrzewy czerwonej kępowej jako stosunkowo najmniej podatną na wpływ zróżnicowania warunków pomiędzy sezonami wegetacyjnymi na wartości badanych cech trawnikowych.

Tabela 2

Średnie kwadraty błędów i istotności dla efektu czynników zmienności modyfikujących badane cechy trawnikowe

Mean squares of error and significance of the effect of factors modifying turf quality traits

Czynnik zmienności Factor of variation	Badane odmiany — Tested cultivars					
	Supra	Stadion	Asterix	Brok	Nimba	Conni
Ogólny Aspekt — Visual merit						
Sezony — Seasons	21,16 ***	5,16 ***	5,33 **	15,35 ***	0,25 ns	10,62 ***
Lata — Years	17,25 ***	0,63 ns	5,21 ***	4,98 ***	1,39 ***	2,74 **
Interakcja — Interact.	3,05 ***	1,84 ***	3,15 ***	2,26 ***	2,35 ***	1,04 ns
Zadarnienie — Sward density						
Sezony — Seasons	14,87 ***	3,16 ***	3,87 ***	0,33 ns	0,68 ns	2,11 ***
Lata — Years	2,79 ***	3,09 ***	5,03 ***	8,43 ***	5,63 ***	2,89 ***
Interakcja — Interact.	3,15 ***	1,68 ***	1,98 ***	2,31 ***	1,42 **	2,72 ***
Odrost — Slow re-growth						
Sezony — Seasons	3,57 ***	1,02 ***	0,25 ns	0,40 ns	0,14 ns	0,40 ns
Lata — Years	1,07 ***	10,92 ***	1,46 ***	1,84 **	2,20 **	3,31 ***
Interakcja — Interact.	1,05 ***	0,87 ***	0,70 ***	0,40 ns	0,22 ns	1,14 ***
Kolor — Colour						
Sezony — Seasons	0,14 **	1,02 **	1,29 ***	3,11 ***	0,25 ns	0,25 ns
Lata — Years	0,18 ***	0,44 **	1,54 ***	1,40 ***	1,11 ***	0,40 **
Interakcja — Interact.	0,18 ***	0,31 ns	1,66 ***	0,44 ***	0,22 ns	0,48 **

Istotność efektu czynnika na poziomie $P > 99\%$ - ***, $P > 95\%$ - **, nieistotne — ns

Factor significance at the level of the $P > 99\%$ - ***, $P > 95\%$ - **, not significant — ns

Przeprowadzone badania i analizy statystyczne wykazały, że wiechlina niska na tle innych gatunków charakteryzuje się zespołem cech, predysponujących ją, na równi z kostrzewą czerwoną czy śmiałkiem darniowym do obsiewania trawników w cieniu drzew. Wiechlina niska odmiana Supranova przewyższała pozostałe gatunki pod względem zadarnienia i odrostu oraz dorównywała najlepszym (Nimba) pod względem ogólnego aspektu (tab. 3). Cechami negatywnymi tej odmiany były: szerokie liście oraz ich jasnozielony kolor. Analizując dynamikę zmian badanych cech trawnikowych odmiany Supranova wiechliny niskiej stwierdzono stopniowy spadek średnich wartości aspektu estetycznego w kolejnych latach (rys. 1). Spadek wartości aspektu estetycznego można tłumaczyć zaobserwowaną w cieniu podatnością wiechliny niskiej na choroby (tab. 4).

Tabela 3

Wartości średnie badanych cech trawnikowych z lat 2002–2008
Mean values of turf quality traits evaluated from 2002 to 2008

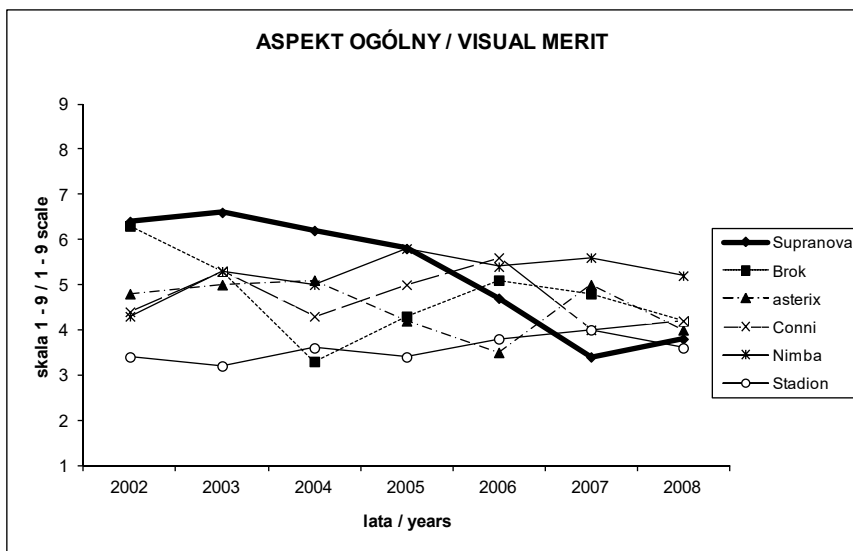
Rodzaj, gatunek, odmiana Genus, species, cultivar	Średnie wartości dla badanych cech: Mean values for traits examined:			
	OA	ZA	OD	K
<i>Deschampsia cespitosa</i> Brok	4,7 BC	5,5 BC	6,7 B	8,2 B
<i>Festuca arundinacea</i> Asterix	4,5 C	4,1 D	6,1 C	8,8 A
<i>Festuca rubra</i> Nimba	5,2 AB	5,7 B	6,7 B	7,9 C
<i>Lolium perenne</i> Stadion	3,5 D	3,6 E	5,0 D	7,3 D
<i>Poa pratensis</i> Conni	4,7 C	5,2 C	6,6 C	7,9 C
<i>Poa supina</i> Supranova	5,3 A	6,3 A	7,7 A	6,9 E
NIR — LSD (P=95%)	0,5	0,49	0,41	0,21

OA — ogólny aspekt, ZA — zadarnienie, OD — odrost, K — kolor

OA — visual merit, ZA — sward density, OD — slow regrowth, K — colour

A, B, C...D — litery oznaczają grupy jednorodnie wyodrębnione według testu Fischera; A, B, C...D — letters mark homogeneous groups defined according to the Fischer's test

Wiechlina niska była podatna szczególnie w pierwszym roku na porażenie mączniakiem prawdziwym (sprawca *Erysiphe graminis*) oraz w 2 i 3 roku badań — pleśnią śniegową (sprawca *Microdochium nivale*). Nie stwierdzono natomiast występowania brunatnej plamistości (*Drechslera poae*) jak miało to miejsce u wiechliny łąkowej.



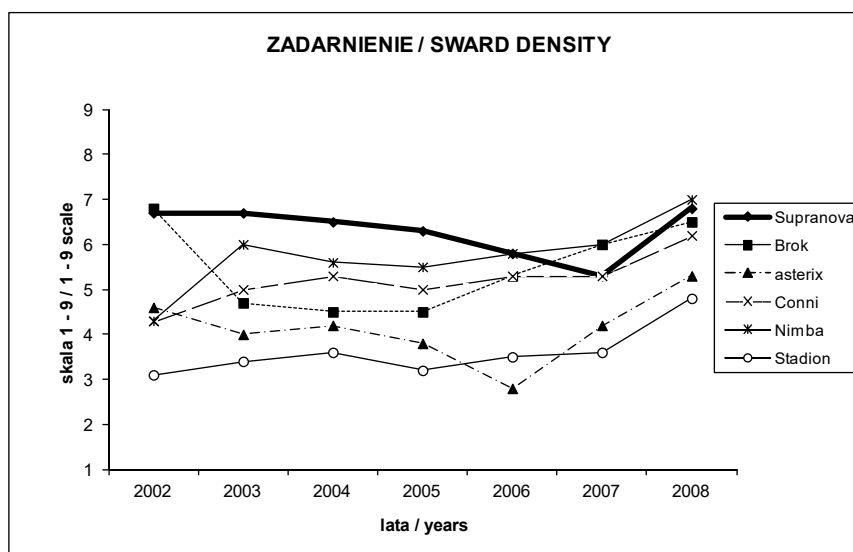
Rys. 1. Zmiany średnich rocznych wartości ogólnego aspektu trawnikowego badanych odmian
Fig. 1. Changes of yearly means of visual merit of tested grass cultivars

Tabela 4

Obserwacje objawów chorobowych, występujących na badanych odmianach w okresie 2002–2008
Observation of disease symptoms occurring on tested grass cultivars in 2002–2008

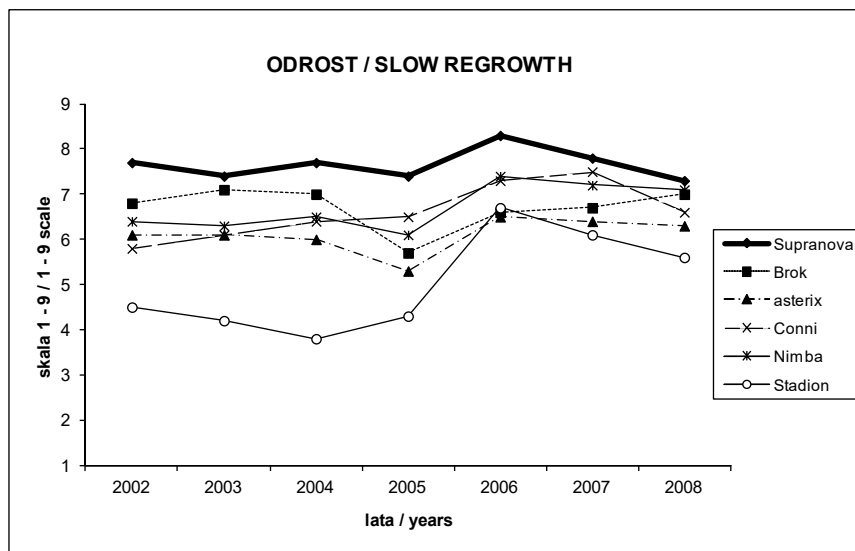
Rodzaj, gatunek, odmiana Genus, species, cultivar	Mączniak Powdery mildew	Pleśń śniegowa Snow mould		Brunatna plamistość Brown leaf spot
	2001	2003	2004	2003
<i>Deschampsia cespitosa</i> Brok	4,6 BC	7,6 A	8,0 A	9,0 A
<i>Festuca arundinacea</i> Asterix	6,0 A	4,3 B	4,6 C	9,0 A
<i>Festuca rubra</i> Nimba	5,3 AB	5,3 B	4,6 C	9,0 A
<i>Lolium perenne</i> Stadion	3,0 D	2,0 C	7,0 B	9,0 A
<i>Poa pratensis</i> Conni	3,6 DC	7,0 A	8,0 A	5,0 B
<i>Poa supina</i> Supranova	6,3 A	5,3 B	7,0 B	9,0 A
NIR —LSD (P=95%)	1,10	1,32	0,93	0,50

Zaobserwowany spadek wartości estetycznej trawnika wiechliny niskiej można również tłumaczyć przebiegiem warunków atmosferycznych w czasie badań. Przez pierwsze 4 lata (2002–2005) roczna suma opadów nie przekroczyła 500 mm, czemu towarzyszyły naturalne okresy suszy. Znaczny deficyt opadów zanotowano w lipcu i sierpniu 2007, kiedy to spadło odpowiednio 29 oraz 4,6 mm, co stanowiło 46 oraz 6,2% analogicznych wartości dla średnich z wielolecia. Pomimo bardzo deszczowego września (189,9 mm, tj. 366,4% średniej wielolecia dla tego miesiąca) wiechlina niska nie była w stanie zregenerować się i średnie wartości aspektu estetycznego na jesień tego roku oraz w roku 2007 były znacznie niższe niż w latach poprzednich. W ostatnich dwóch latach badań przy opadach powyżej 550 mm na rok i braku okresów suszy stwierdzono wzrost wartości aspektu estetycznego jak i zadarnienia wiechliny niskiej (rys. 2).

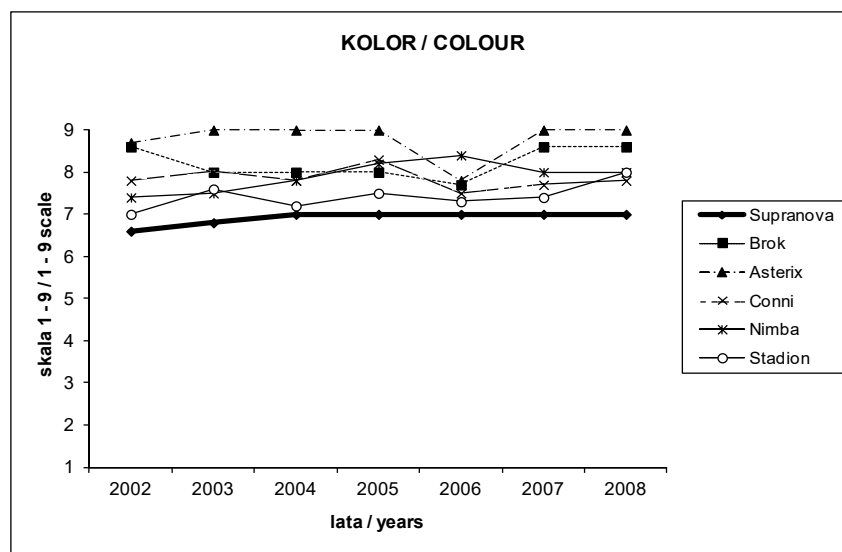


Rys. 2. Zmiany średnich rocznych wartości zadarnienia badanych odmian
Fig 2. Changes of yearly means of sward density of tested grass cultivars

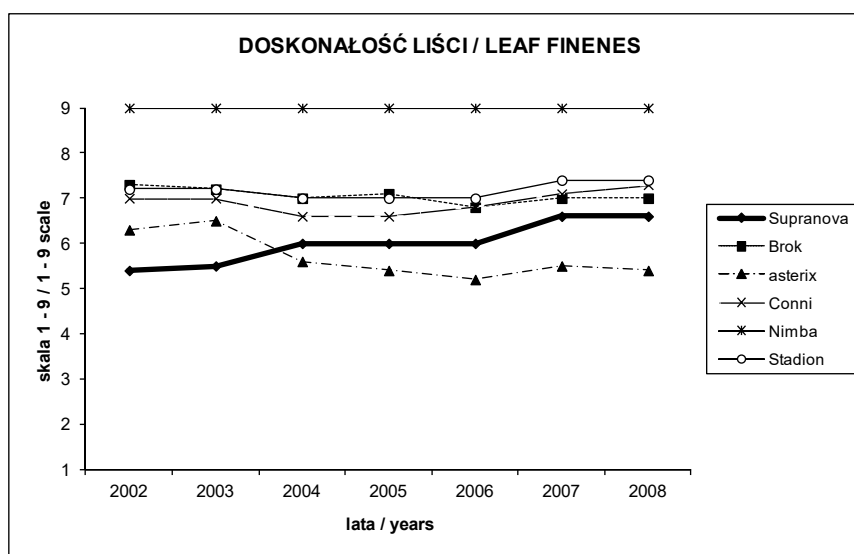
Kolejną cechą, wyróżniającą wiechlinę niską na tle innych badanych gatunków był wolny odrost po skoszeniu (rys. 3). Mimo iż cecha ta ulegała fluktuacjom w kolejnych latach badań, to nigdy jej wartość nie spadła poniżej porównywalnych do niej: kostrzewy czerwonej Nimba oraz śmiałka darniowego Brok.



Rys. 3. Zmiany średnich rocznych wartości odrostu badanych odmian
Fig 3. Changes of yearly means of slow regrowth of tested grass cultivars



Rys. 4. Zmiany średnich wartości koloru badanych odmian
Fig 4. Changes of mean values of colour of tested grass cultivars



Rys. 5. Zmiany średnich wartości doskonałości liścia badanych odmian
Fig 5. Changes of mean values of leaf fineness of tested grass cultivars

Wiechlina niska Supranova wyróżniała się również bardzo dobrym przystosowaniem do lokalnych warunków klimatycznych, decydujących o przetrwaniu badanych odmian. W latach 2002, 2004–2007 odmiana ta uzyskała najlepsze oceny spośród badanych pod względem tej cechy (tab. 5).

Tabela 5

Ocena przetrwania badanych odmian traw gazonowych
Overwintering of tested turf grass cultivars

Rodzaj, gatunek, odmiana Genus, species, cultivar	Przezimowanie badanych odmian w latach: Overwintering of tested cultivars in years:							Średnia Mean
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
<i>Deschampsia cespitosa</i> Brok	6,0 A	7,7 A	2,3 D	5,7 A	5,0 A	3,7CD	4,3 AB	4,9 B
<i>Festuca arundinacea</i> Asterix	3,0 B	4,3 C	3,0 CD	2,7 B	2,0 C	4,0 BC	3,7 BC	3,2 C
<i>Festuca rubra</i> Nimba	3,0 B	4,7 BC	4,3 B	5,7 A	5,3 A	4,7 AB	5,0 A	4,6 AB
<i>Lolium perenne</i> Stadion	3,0 B	2,0 D	3,7 BC	3,7 B	3,3 B	5,0 A	3,3 BC	3,4 C
<i>Poa pratensis</i> Conni	3,0 B	7,0 A	4,0 BC	6,3 A	5,7 A	3,0 D	3,0 C	4,5 B
<i>Poa supina</i> Supranova	6,3 A	5,3 B	5,7 A	6,7 A	5,3 A	4,7 AB	4,0 ABC	5,4 A
NIR — LSD (P=95%)	1,50	0,79	1,40	1,45	1,10	0,70	1,00	0,78

DYSKUSJA

Przeprowadzone badania potwierdziły sensowność zastosowania odmiany Supranova wiechliny niskiej do obsiewu terenów parkowych, w warunkach naturalnego deficytu światła co podnosili w swoich badaniach Leinauer (1998), Budryte-Aleksandraviciene i Schulz (2000) oraz Stier i Steinke (2001). Niniejsze badania potwierdziły również

obserwacje m.in. Skirde (1971) dotyczące szczególnej podatności wiechliny niskiej na okresowe deficyty wody. W czasie realizacji badań, gdy średnia roczna suma opadów była mniejsza od 500mm oraz występowały okresy suszy, aspekt estetyczny wiechliny niskiej malał, a przy opadzie poniżej 200 mm darń zasychała. W ostatnich latach badań, gdy średnioroczne wartości opadów przekroczyły 550 mm, stwierdzono równocześnie stopniową poprawę jakości murawy wiechliny niskiej — wzrastały średnie wartości aspektu ogólnego oraz zadarnienia.

Według Tegg i Lane (2004) wiechlina niska to obok kostrzewy trzcinowej gatunki najbardziej tolerancyjne na cień. W świetle uzyskanych w niniejszej pracy wyników można jednak stwierdzić, iż zarówno wiechlina niska jak i kostrzewa czerwona oraz śmiełek darniowy były ogólnie lepsze od kostrzewy trzcinowej. Według autorów takich jak Stier (1999), Stier i Steinke (2001) oraz Tegg i Lane (2004) gatunki traw można sklasyfikować następująco (w kolejności malejącej) pod względem tolerancji na warunki deficytu światła: *Poa supina* > *Festuca arundinacea* > *Festuca rubra* > *Lolium perenne* > *Poa pratensis*. Niniejsze badania umożliwiają z kolei zmodyfikowanie tego układu: *Festuca rubra* > *Poa supina* > *Deschampsia cespitosa* > *Poa pratensis* > *Festuca arundinacea* > *Lolium perenne*.

Stopniowy spadek jakości murawy w warunkach ekstensywnych jest zjawiskiem naturalnym i powszechnie notowanym. Żurek (2007) stwierdził, iż zadarnienie badanych 40 odmian i rodów w obrębie 10 gatunków traw gazonowych osiągnęło swoje optimum po upływie 2–3 lat eksploatacji ekstensywnej w słońcu. Potem darń stopniowo się rozrzedzała a wolne miejsca zajmowane były przez chwasty. Jednakże w warunkach naturalnego cienia presja ze strony spontanicznie pojawiających się chwastów jest mniejsza niż w warunkach pełnego nasłonecznienia. Tym można tłumaczyć stwierdzony wzrost zadarnienia począwszy od 3–4 roku trwania doświadczenia. Można zatem przyjąć iż w okresie początkowym (w zależności od gatunku 2–3 lata od wysiewu) w populacji traw tworzących murawę następuje selekcja w kierunku lepiej przystosowanych genotypów, które w okresie późniejszym (od 3, 4 roku po wysiewie) rozwijają się, zwiększając zadarnienie. W warunkach typowego użytkowania, stosując mieszanki złożone z różnych odmian i gatunków, można praktycznie uniknąć tego efektu. Równocześnie zamierzony brak stosowania zabiegów poprawiających jakość muraw jak np. wertykulacja, aeracja czy chemiczne usuwanie chwastów w układach doświadczalnych przyspiesza naturalne procesy degeneracji murawy, polegające na jej rozrzedzaniu się, zachwaszczaniu i obniżaniu walorów estetycznych.

WNIOSKI

1. Siedmioletnie badania wykazały, że wiechlinę niską można z powodzeniem stosować do obsiewu trawników w cieniu drzew.
2. W lokalnych warunkach klimatycznych tylko kostrzewa czerwona wykazała statystycznie wyższe parametry jakości trawnika od wiechliny niskiej.

3. Obok wiechliny niskiej i kostrzewy czerwonej również śmiałek darniowy może być stosowany do obsiewu nawierzchni w warunkach cienia drzew.
4. Zaletą wiechliny niskiej jest najwolniejszy spośród badanych traw odrost po koszeniu. Wadami tego gatunku są z kolei jasnozielona barwa w porównaniu do pozostałych gatunków traw gazonowych oraz stosunkowo duża zmienność aspektu estetycznego.
5. W ramach kontynuacji badań, konieczne byłoby sprawdzenie zdolności wiechliny niskiej do komponowania się z innymi gatunkami w mieszankach trawnikowych z przeznaczeniem na trawniki zacienione.

LITERATURA

- Bell G. E. 2011. Turfgrass physiology and ecology: advanced management principles. Modular Texts. CABI International, Cambridge, USA: 235 pp.
- Budryte-Aleksandraviciene E., Schulz H., 2000. Wirkung der Beschattung auf die Anfangsentwicklung einiger Rasengräserarten und Sorten im Freilandversuch. Rasen-Turf-Gazon 31: 52 — 58
- Bughrara S. 2003. Supina bluegrass (*Poa supina* Schard.). In: Casler M. D., Duncan R. R (eds.) Turfgrass biology, genetics and breeding. John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, New Jersey: 53 — 59.
- Edmondson J. R. 1980. *Poa* L. In: Tutin T. G., Heywood V. H., Burges N. A., Moore D. M., Valentine D. H., Walters S. M., Webb D. A. Flora Europea, vol. 5, Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne, Sydney: 159 — 166.
- Ellenberg H., Weber, H. E., Duell, R., Wirth, V., Weber, W., Paulissen D. 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica 18: 248.
- Falkowski M. 1982. Trawy polskie. PWN. Warszawa: 568 ss.
- Fry J., Huang B. 2004. Applied turfgrass science and physiology. John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey, USA: 310 pp.
- Koeck L., Walch A. 1977. Natürliches vorkommen von *Poa supina* auf Sportplatzrasen in Tirol. Rasen- Turf-Gazon 8: 44 — 46.
- Leinauer B. 1998. *Poa supina* on both sides of the pond: The European perspective. [on-line] <http://archive.lib.msu.edu/tic/mitgc/article/1998184.pdf>.
- Matuszkiewicz W. 2007. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski, PWN, Warszawa: 537 ss.
- Minner D. D., Valverde F. J. 2004. Traffic tolerance of cool season seedling turf under simulated football traffic – multiple seeding trial. [on-line] <http://www.hort.iastate.edu/turfgrass/pubs/turfrpt/2004/pdf/73-74MultipleSeedingTraffic.pdf>.
- Minner D. D., Valverde F.J. 2006: Interaction of cool season grass species during over seeding and traffic simulation. [on-line] <http://www.hort.iastate.edu/turfgrass/pubs/turfrpt/2006/PDFfiles/73-coolseasoninteraction.pdf>.
- Prokopiuk K., Żurek G. 2011. Ocena wpływu odmian wiechliny łąkowej (*Poa pratensis* L.) na jakość mieszanek przeznaczonych do zadarniania terenów zacienionych. Biul. IHAR 262: 183 — 195.
- Prończuk S. 1993. System oceny traw gazonowych. Biul. IHAR 186: 127 — 131.
- Prończuk S., Prończuk M. 2006. Poszukiwanie gatunków i odmian traw na trawniki ekologiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Nr 545: 241 — 248.
- SAS Institute Inc. 2004 a. SAS 9.1 Companion for Windows. Cary, NC, USA, SAS Publishing, SAS Institute Inc.
- SAS Institute Inc. 2004 b. SAS/STAT 9.1 User's Guide. Cary, NC, USA, SAS Publishing, SAS Institute Inc.
- Skirde W., 1971. Beobachtungen an *Poa supina* Schrad. Rasen-Turf-Gazon 2: 58 — 62.

- Sorochan J. C., Rogers III J. N., Stier J. C., Karcher D. E., 2005. Determination of optimal mowing height for *Poa supina* Schrad. under traffic conditions. International Turfgrass Society Research Journal, 10: 436 — 440.
- Stier J. C. 1999. Growing grass in shade. Cooperative Extension, University of Wisconsin-Extension.
- Stier J. C., Steinke K. 2001. Supina bluegrass offers unique vigor in shade. Golf Course Management 5: 58 — 63.
- Tegg, R. S., Lane, P. A. 2004. A comparison of the performance and growth of a range of turfgrass species under shade. Aust. J. Exp. Agric. 44: 353 — 358.
- Żurek G. 2007. Ocena krajowych odmian trawnikowych w użytkowaniu ekstensywnym. Biul. IHAR 243: 119 — 131.

KRZYSZTOF KLIMONT¹ZOFIA BULIŃSKA-RADOMSKA¹JÓZEF GÓRKA²¹ Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie

² Kopalnia Siarki „Jeziórko” S.A.

Ocena przydatności różnych form wierzby (*Salix* sp.) do rekultywacji terenów poeksploatacyjnych kopalni siarki

Usefulness evaluation of various species of willow (*Salix* sp.) for the reclamation of after- exploitation sulfur mine area

Badano przydatność wybranych gatunków i mieszańców wierzby do rekultywacji biologicznej terenów poeksploatacyjnych Kopalni Siarki „Jeziórko”, pokrytych wapnem poflotacyjnym i użyźnionych osadami ścieków komunalnych. Stwierdzono, że w stosunku do posadzonych, najwięcej przetrwało roślin wierzby wiciowej, wierzby IBL-3 i wierzby wawrzynkowej, mniej osobników wierzby trójpręcikowej, IBL-8 i wierzby Smitha, a najmniej wierzby IBL-7, wierzby sadłowskiej, wierzby Lipińskiego i wierzby ostrolistnej. Najbujniejszym wzrostem charakteryzowały się wierzby: wawrzynkowa, Lipińskiego, IBL-8 i trójpręcikowa. Oceniając przeżywalność i wzrost jako cechy określające przydatność do rekultywacji bezglebowego wapiennego podłoża, najbardziej wskazana na te tereny wydaje się wierzba wiciowa, następnie wierzba wawrzynkowa, wierzba trójpręcikowa i wierzba IBL-8. Wprowadzenie wierzby jako roślin rekultywacyjnych korzystnie wpłynęło na kształtowanie się chemicznych właściwości wapna poflotacyjnego.

Słowa kluczowe: wapno poflotacyjne, osady ściekowe, rekultywacja, wierzba, tereny poeksploatacyjne siarki, proces glebotwórczy

Usefulness of selected willow species and hybrids for biological reclamation of Sulfur Mine “Jeziórko” after-exploitation area, covered by post-flotation lime and enriched with sewage sediments was investigated. It was found that amongst planted species, the greatest number of *Salix viminalis* L., *Salix* x sp. (IBL-3) and *Salix daphnoides* Vill. plants, smaller numbers of *Salix amygdalina* L., *Salix* x *erdingerii* J.Kern. (IBL-8) and *Salix* x *smithiana* Willd. plants and the least number of *Salix* x sp. (IBL-7), *Salix* x *smithiana* var. *kubleri*, *Salix* x *erdingerii* J. Kern. and *Salix acutifolia* Willd. species survived. The most exuberant growth was shown by: *Salix daphnoides* Vill., *Salix* x *erdingerii* J.Kern., *Salix* x *erdingerii* J. Kern. (IBL-8) and *Salix amygdalina* L. Taking into account the ability to survive and the growth exuberance as the features determining the usefulness for the reclamation of soilless

limestone subsoil, *Salix viminalis* L., followed by *Salix daphnoides* Vill., *Salix amygdalina* L. and *Salix* × *erdingerii* J. Kern. (IBL-8) seem to be the most preferable for this area. Implementation of willow species as reclamation plants advantageously affected the formation of post- flotation lime chemical properties.

Key words: post -flotation lime, sewage sediments, reclamation, willow, sulfur after- exploitation area, soil formation

WSTĘP

W ostatnich latach odnotowano zmniejszanie się w Polsce powierzchni gruntów zdegradowanych i zdewastowanych przez przemysł i gospodarkę komunalną z 71,4 tys. ha w 2000 roku do 64,0 tys. ha w roku 2011 (Rocznik Statystyczny, 2012). Grunty te wymagają rekultywacji poprzez inicjację życia biologicznego w podłożu i odtworzenia szaty roślinnej poprzez dobór odpowiednich gatunków roślin użytkowych (Góral 2001). Muszą one spełniać właściwe kryteria umożliwiające ich wegetację na podłożach o zróżnicowanej zawartości składników pokarmowych i materii organicznej, wilgotności i odczynie, jak również obecności substancji szkodliwych. Do gruntów zdewastowanych należą tereny poeksploatacyjne Kopalni Siarki „Jeziórko”, gdzie siarkę wydobywano metodą otworową, a ich rekultywacja polegała na neutralizacji zakwaszenia i uzupełnieniu zapadlisk terenu wapnem poflotacyjnym, a następnie użyznieniu osadami ścieków komunalnych i wprowadzeniu wybranych gatunków roślin (Siuta, Jońca, 1997; Warzybok, 2000; Siuta, 2001). Prace Klimonta (2004; 2007) pokazały, że do rekultywacji tych terenów przydatne okazały się m.in.: topinambur, kostrzewa trzcinowa, sylfia przerośnięta, wybrane gatunki roślin miododajnych, a także różne gatunki i mieszańce wierzby (*Salix* sp.) (Klimont i in., 2002; Klimont, 2007; Klimont, Bulińska-Radomska, 2010). Niektóre wierzby są jednocześnie znakomitym pożytkiem pszczelim (Jabłoński, 1994; 2000).

MATERIAŁ I METODY

Badania z gatunkami i mieszańcami wierzby (*Salix* sp.) prowadzono na terenie poeksploatacyjnym Kopalni Siarki „Jeziórko”, gdzie siarkę pozyskiwano metodą podziemnego wytopu (otworową). Celem likwidacji zakwaszenia i wyrównania niecek osiadania gruntu obszary te pokryto wapnem poflotacyjnym o miąższości od 1 do 6m. Przemieszczano je na tereny poeksploatacyjne za pomocą hydrotransportu z pobliskiej odkrywkowej Kopalni Siarki „Machów”, gdzie było ono odpadem w procesie otrzymywania siarki z rudy siarkowej. Według danych literaturowych (Gołda, 2007) wapno poflotacyjne określa się jako gliny średnie pylaste na granicy z glinami lekkimi pylastymi, o pH 7,3 i zawierające piasek 39%, pył (27%) części spławiane (34%), w tym il koloidalny (7%).

Wiosną 2001 roku wapno poflotacyjne nawieziono dawką $500 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ osadów ścieków komunalnych i dokładnie wymieszano z podłożem ciężką broną talerzową na głębokość ok. 25cm. Następnie zastosowano nawożenie mineralne w ilości $70 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, $75 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$ i $100 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$ i wnoszono je corocznie wiosną. Na przygotowanym podłożu założono doświadczenie metodą bloków losowanych w czterech powtórzeniach.

Pojedynczy obiekt (powtórzenie) stanowił rząd nasadzeń wierzby. W pierwszej dekadzie kwietnia wysadzono ręcznie zręzy 11 gatunków i mieszańców wierzby (*Salix* sp.) w rozstawie 120 × 100 cm, liczba roślin w rzędzie wynosiła 16 a długość rzędu 17m. Charakterystykę form wierzby zastosowanych w niniejszych badaniach podaje Jabłoński (2000) w opisach roślin zielnych i drzewiastych do uprawy pożytków pszczelich. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki 3-letnich badań za lata 2009–2011, w których oceniano procentowy udział przyjętych roślin w stosunku do posadzonych — procent przyjęć, wysokość roślin a także ich glebotwórcze oddziaływanie wraz z osadami ściekowymi na bezglebowe wapienne podłoże poprzez określenie zawartości substancji organicznej i składników pokarmowych: P_2O_5 , K_2O i Mg oraz wartości pH w warstwie organiczno-próchnicznej gleby (OA). Wariant kontrolny stanowiło wapno bez użyczenia osadem ściekowym, nieporośnięte żadną roślinnością. Obliczeń statystycznych dokonano metodą analizy wariancji poprzez syntezę wyników z lat badań, a różnice między średnimi oceniano testem Tukeya przy $NIR\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Warunki pogodowe w latach badań były zróżnicowane (tab. 1). Pierwszy rok (2009) z chłodną i późną wiosną oraz upalnym latem nie sprzyjał wegetacji, ale obfite opady jesienią umożliwiły dostateczne uwilgotnienie podłoża.

Tabela 1

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

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

Drugi rok (2010) charakteryzował się ciepłą i bogatą w opady wiosną i latem, co sprzyjało bujnemu rozwojowi testowanych roślin. Trzeci rok badań (2011) z ciepłym i obfitym w opady latem był najkorzystniejszy dla vegetacji roślin.

Trzyletnie badania różnych form wierzby (*Salix* sp.) zastosowanych do rekultywacji terenów poeksploatacyjnych siarki pokrytych wapnem poftotacyjnym i wzbogaconych osadem ścieków komunalnych wykazują, że wśród testowanych form wierzby najwięcej przetrwało w stosunku do liczby posadzonych osobników roślin wierzby wiciowej (84,2%), wierzby IBL-3 (62,2%) i wierzby wawrzynkowej (52,9%) (tab. 2).

Tabela 2

Przydatność różnych gatunków i form wierzby (*Salix* sp.) do rekultywacji obszarów poeksploatacyjnych siarki wzbogacanych osadami ścieków komunalnych w dawce $500 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (2009–2011)
Usability of various willow (*Salix* sp.) forms for reclamation of sulphur postexploitation terrains enriched with municipal sewage sludge at dose of $500 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (2009–2011)

Gatunek Species	Cechy — Traits					
	2009		2010		2011	
	przyjęcie roślin the plants taking roots (%)	wysokość roślin plant height (cm)	przyjęcie roślin the plants taking roots (%)	wysokość roślin plant height (cm)	przyjęcie roślin the plants taking roots (%)	wysokość roślin plant height (cm)
IBL-7 (<i>Salix</i> × sp.)	23,8	289,5	23,8	327,2	23,8	365,5
Wierzba trójpręcikowa (<i>Salix amygdalina</i> L.)	49,3	372,2	46,2	393,8	44,4	437,7
Wierzba wawrzynkowa (<i>Salix daphnoides</i> Vill.)	52,9	392,3	52,9	428,6	52,9	473,4
IBL-3 (<i>Salix</i> × sp.)	62,2	196,3	62,2	232,2	62,2	278,3
Wierzba sadłowicka (<i>Salix</i> × <i>smythiana</i> var. <i>kübleri</i>)	21,1	250,0	21,1	268,3	21,1	292,7
Wierzba Smitha (<i>Salix</i> × <i>smythiana</i> Willd.)	44,1	255,3	42,2	275,5	40,9	298,3
IBL-8 (<i>Salix</i> × <i>erdingeri</i> J.Kern.)	42,3	399,2	42,3	432,2	42,3	466,8
Wierzba laurowa (<i>Salix pentandra</i> L.)	33,3	283,2	33,3	310,3	33,3	341,5
Wierzba Lipińskiego (<i>Salix</i> × <i>erdingeri</i> J. Kern.)	18,9	386,2	18,9	420,1	18,9	468,3
Wierzba wiciowa (<i>Salix viminalis</i> L.)	84,2	278,8	84,2	328,2	84,2	394,4
Wierzba ostrolistna (<i>Salix acutifolia</i> Willd.)	13,3	212,5	13,3	242,3	13,3	272,5
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	10,5	35,5	10,5	35,5	10,5	35,5
Średnio Mean	-	301,4	-	332,6	-	371,8

NIR_{0,05} dla porównania w wierszach dla wysokości roślin = 15,5
 LSD_{0,05} for data in lines for height of plants = 15.5

Mniej przetrwało roślin wierzby trójpręcikowej, IBL-8 i wierzby Smitha, bo odpowiednio 44,4, 42,3 i 40,9%, a najmniej wierzby IBL-7, wierzby sadłowickiej, wierzby

Lipińskiego i wierzby ostrolistnej, których rośnie odpowiednio tylko: 23,8, 21,1, 18,9 i 13,3%. Największą wysokość osiągnęły: wierzba wawrzynkowa (473,4 cm), wierzba Lipińskiego (468,3 cm), wierzba IBL-8 (466,8 cm) i wierzba trójpręcikowa (437,7 cm), ale przeżywalność wierzby Lipińskiego na tym bezglebowym podłożu jest niska. Oceniając przeżywalność i wysokość pędów jako cechy wskazujące na przydatność testowanych form wierzby do rekultywacji biologicznej, najbardziej przydatna okazała się wierzba wiciowa, a następnie wierzba wawrzynkowa, wierzba trójpręcikowa i IBL-8. Warunki pogodowe wpływały na wartość ocenianych cech wierzby (tab. 1, 2).

Wyniki badań wskazują, że wierzba ostrolistna jest mało przydatna do rekultywacji złoża wapna poflotacyjnego ze względu na niski procent przyjęć i słabą bujność wyrażającą się niskim przyrostem wysokości. Rezultaty wcześniejszych badań autora wykazały, że na podłożu wapna poflotacyjnego użyźnionego osadem i rozdrobnioną słomą dobrze rozwija się wierzba wiciowa (*Salix viminalis* L.) (Klimont i in., 2002). Inne badania (Klimont, 2007; Klimont, Bulińska-Radomska, 2010) pokazują wyraźne różnice w procencie przyjęć i wysokości gatunków i mieszańców wierzby wykorzystanych do celów rekultywacyjnych, oraz wskazują na wpływ zmiennych warunków pogodowych w latach badań (szczególnie dotyczy to ilości i rozkładu opadów). Szczukowski i Tworkowski (2000) zamieranie i wypadanie roślin wierzby uprawianej na glebie organicznej wyjaśniają samoregulacją ładu oraz wzrastającym zachwaszczeniem plantacji. Z kolei Szewczuk i in. (1999) przedstawia wpływ grubości wysadzanych sztabów i dawek rozcieńczonych ścieków komunalnych na wielkość plonów pędów. W innych opracowaniach (Szczukowski i in., 1998; Siciński, 2009) stwierdzają, iż wierzba może być z powodzeniem zastosowana do rekultywacji biologicznej terenów zdewastowanych działalnością przemysłową i komunalną ze względu na wyjątkową plastyczność genetyczną i ekologiczną. Majtkowski i in. (2010) oraz Kuś i in. (2008) podają, że jednym z najważniejszych czynników wpływających na wzrost i rozwój wierzby, a także wysokość, liczbę i plon pędów jest zawartość wody w podłożu, podobnie jak w niniejszych badaniach, gdzie woda jest czynnikiem warunkującym przeżycie roślin rosnących na wapiennym podłożu. Wyniki innych badań wskazują, że wierzby pobierają z podłoża pokaźne ilości metali ciężkich, spełniając tym samym rolę filtra ekologicznego (Perttu, 1993; Baran i in., 2001), zaś Szczukowski i Tworkowski (1999) informują, że wiklina ma zdolność zatrzymywania i utylizacji zanieczyszczeń występujących w ściekach bytowych.

Wykorzystanie mieszańców i gatunków wierzby (*Salix* sp.) do biologicznej rekultywacji wapna poflotacyjnego pokrywającego tereny poeksploatacyjne siarki wraz z osadami ścieków komunalnych wpłynęło pozytywnie na właściwości chemiczne podłoża, zwiększając istotnie zawartość substancji organicznej w poziomie organiczno-próchnicznym do 88,7 g·kg⁻¹ (kontrola 6,6 g·kg⁻¹). Wytworzona substancja organiczna umożliwiła magazynowanie składników pokarmowych i wody. Zawartość P₂O₅ wzrosła do 306,0, K₂O do 230,0 i Mg do 47,3 mg·kg⁻¹, podczas gdy w wariancie kontrolnym wynosiła odpowiednio: 29,0, 20,7 i 11,7 mg·kg⁻¹ (tab. 3). Podobny pozytywny wpływ na zmianę składu chemicznego podłoża odnotowano w przypadku zastosowania do rekultywacji roślin miododajnych (Klimont, 2007) i jarych roślin oleistych (Klimont i in., 2012).

Tabela 3

Wpływ osadów ściekowych i różnych form wierzby (*Salix* sp.) na zawartość przyswajalnego P, K, Mg i materii organicznej w podłożu wapna poflotacyjnego (2009–2011)

Influence of sewage sludge and various willow species (*Salix* sp.) for the content of available P, K, Mg and organic substance on the subsoil of post-flotation lime (2009–2011)

Gatunek rośliny Plant group	Dawka osadów ściekowych Dose of sludge (m ³ ·ha ⁻¹)	Warstwa gleby Level of soil	pH w 1n KCl — in 1n KCl				P ₂ O ₅ (mg·kg ⁻¹ gleby — of soil)				Substancja organiczna Organic substance (g·kg ⁻¹ gleby — of soil)			
			2009	2010	2011	śr. mean	2009	2010	2011	śr. mean	2009	2010	2011	śr. mean
Kontrola Control	0	OA	7,60	7,60	7,40	7,53	33,0	28,0	26,0	29,0	7,7	5,5	6,7	6,6
Wierzby Willows	500	OA	7,31	7,10	7,20	7,20	290,0	298,0	330,0	306,0	90,5	88,8	86,9	88,7
NIRα = 0,05 LSDα = 0.05			r.n. n.s.	r.n. n.s.	r.n. n.s.	r.n. n.s.	25,42	25,42	25,42	22,23	10,32	10,32	10,32	10,32

Gatunek rośliny Plants group	Dawka osadów ściekowych Dose of sludge (m ³ ·ha ⁻¹)	Warstwa gleby Level of soil	K ₂ O (mg·kg ⁻¹ gleby — of soil)				Mg (mg·kg ⁻¹ gleby — of soil)				Substancja organiczna Organic substance (g·kg ⁻¹ gleby — of soil)			
			2009	2010	2011	śr. mean	2009	2010	2011	śr. mean	2009	2010	2011	śr. mean
Kontrola Control	0	OA	22,0	18,0	25,0	20,7	12,0	12,0	11,0	11,7	7,7	5,5	6,7	6,6
Wierzby Willows	500	OA	290,0	212,0	189,0	230,0	52,0	48,0	42,0	47,3	90,5	88,8	86,9	88,7
NIRα = 0,05 LSDα = 0.05			27,32	27,32	27,32	23,33	6,42	6,42	6,42	6,42	10,32	10,32	10,32	10,32

r.n. — Różnica nieistotna

n.s. — Non-significant differences

WNIOSKI

- Wybrane gatunki i mieszanie wierzby (*Salix* sp.) okazały się bardzo przydatne i mogą być wykorzystane do rekultywacji terenów poeksploatacyjnych siarki pokrytych wapnem poflotacyjnym i wzbogaconych osadem ścieków komunalnych.
- Wystąpiły wyraźne różnice w udatności nasadzeń (procent przyjętych roślin) oraz wysokości roślin, które decydują o przydatności do rekultywacji biologicznej tych terenów.
- Najbardziej przydatne do uprawy na wapnie poflotacyjnym okazała się wierzba wiciowa, a także wierzba wawrzynkowa, wierzba trójpręcikowa i wierzba IBL-8 ze względu na trwałość i bujny wzrost, a wierzba ostrolistna z powodu niskiego procentu przyjęć i słabej bujności okazała się najmniej przydatna.
- Zastosowanie różnych form wierzby (*Salix* sp.) do rekultywacji biologicznej wapna poflotacyjnego użyźnionego osadem ścieków komunalnych wpłynęło korzystnie na właściwości chemiczne podłoża poprzez zwiększenie zawartości substancji

organicznej i składników pokarmowych niezbędnych w życiu roślin oraz obniżenie odczynu w kierunku obojętnego.

LITERATURA

- Baran S., Wójcikowska-Kapusta A., Jaworska B. 2001. Przydatność wikliny do sanitacji gleb zanieczyszczonych miedzią i ołowiem. Zesz. Prob. Post. Nauk. Rol. 477: 187 — 193.
- Gołda T. 2007. Wykorzystanie szlamów poflotacyjnych rudy siarkowej do rekultywacji terenów poeksploatacyjnych w górnictwie otworkowym siarki. Inżynieria Ekologiczna 19, PTIE Warszawa: 79 — 88.
- Góral S. 2001. Roślinność zielna w ochronie i rekultywacji gruntów. Inżynieria Ekologiczna 3, PTIE Bydgoszcz, 161 — 178.
- Jabłoński B. 1994. Ogródek pszczelarski. Oddz. Pszczelnictwa ISiK Puławy: 5 — 53.
- Jabłoński B. 2000. Krótka charakterystyka roślin wybranych do uprawy pożytków pszczelich. W: O potrzebie i możliwościach poprawy pożytków pszczelich. Oddz. Pszczelnictwa ISiK Puławy: 24 — 71.
- Jońca M. 2000. Zastosowanie osadów ściekowych w rekultywacji Kopalni Siarki „Jeziórko”. Inżynieria Ekologiczna 1. PTIE Baranów Sandomierski: 27 — 30.
- Klimont K. 2004. Przydatność wybranych gatunków roślin użytkowych do rekultywacji terenów zdewastowanych. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 497: 673 — 684.
- Klimont K. 2007. Ocena przydatności wybranych gatunków roślin użytkowych do rekultywacji terenów zdewastowanych przez przemysł i gospodarkę komunalną. Problemy Inżynierii Rolniczej 2: 27 — 36.
- Klimont K., Bulińska-Radomska Z. 2010. Ocena przydatności wybranych gatunków roślin miododajnych oraz różnych form *Salix* spp. do rekultywacji terenów zdewastowanych przez przemysł siarkowy. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 555: 517 — 528.
- Klimont K., Bulińska-Radomska Z., Woś H. 2012. Możliwość wykorzystania jarych roślin oleistych w procesie rekultywacji terenów kopalnianych. Problemy Inżynierii Rolniczej 2: 63 — 73.
- Klimont K., Góral S., Jońca M. 2002. Rekultywacyjna efektywność osadów ściekowych na podłożu wapna poflotacyjnego. Biul. IHAR 223/224: 415 — 425.
- Kuś I., Faber A., Stasiak M., Kawalec A. 2008. Plonowanie wybranych gatunków roślin uprawnych na cele energetyczne na różnych glebach. Problemy Inżynierii Rolniczej 1(59): 79 — 86.
- Majtkowski W., Majtkowska G., Tomaszewski B. 2010. Dynamika wzrostu roślin energetycznych oraz potencjał biomasy. W: Modelowanie energetycznego wykorzystania biomasy. Wydawnictwo ITP Falenty — Warszawa: 114 — 126.
- Perttu K. L. 1993. Biomass production and nutrient removal from municipal wastes using willow vegetation filters. Journal of Sustainable Forestry Nr 1 (3): 57 — 70.
- Rocznik Statystyczny. 2012. Rolnictwo (http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/rs_rocznik_rolnictwa_2012.pdf): 94.
- Siciński I. T. 2009. Zachwaszczenie plantacji wierzbby wiciowej (*Salix viminalis* L.) w rejonie Łodzi. Pamiętnik Puławski 150: 247 — 254.
- Siuta J. 2001. Rekultywacja gruntów w górnictwie siarkowym. Inżynieria Ekologiczna 3. PTIE Bydgoszcz: 192 — 198.
- Siuta J., Jońca M. 1997. Rekultywacyjne działanie osadu ściekowego na wapnie poflotacyjnym w Kopalni Siarki „Jeziórko”. Mat. Konf. „Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych”. IOŚ Puławy — Lublin — Jeziórko, 26–28 V 1997: 39 — 48.
- Szczukowski S., Tworkowski J. 1999. Gospodarcze i przyrodnicze zastosowanie krzewiastych wierzb (*Salix* sp.). Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 468: 69 — 77.
- Szczukowski S., Tworkowski J. 2000. Produktowność wierzb krzewiastych (*Salix* sp.) na glebie organicznej. Inżynieria Ekologiczna 1, Baranów Sandomierski: 138 — 144.
- Szczukowski S., Tworkowski J., Wiwart M., Przyborowski J. 1998. Wiklina (*Salix* sp.). Uprawa i możliwości wykorzystania. Wyd. ART, Olsztyn: 60 ss.

- Szewczuk Cz., Sugier D. 1999. Wpływ grubości wysadzanych sztolbrów wierzby wiciowej (*Salix viminalis* L.) na przebieg wzrostu i ocenę plonowania w warunkach stosowania zróżnicowanych dawek ścieków komunalnych. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 468: 465 — 471.
- Warzybok W. 2000. Rekultywacja terenów górniczych Kopalni Siarki „Jeziórko”. Inżynieria Ekologiczna 1. PTIE Baranów Sandomierski: 23 — 26.

SPIS TREŚCI — CONTENTS

Sławomir Franaszek Monika Langner Bolesław Salmanowicz	Niskocząsteczkowe białka gluteninowe i ich wpływ na jakość wypiekową pszenicy Low molecular weight glutenin proteins and their effect on the baking quality of wheat	3
Halina Góral	Męska płodność pszenżyta ozimego w zależności od rodzaju cytoplazmy i formy ojcowskiej Male fertility of winter triticale depending on the cytoplasm and male parent	15
Katarzyna Karska Anna Strzembicka Grzegorz Czajowski Paweł Czembor	Wirulencja populacji <i>Puccinia striiformis</i> sprawcy rdzy żółtej na pszenżycie w Polsce Virulence in population of <i>Puccinia striiformis</i> , the causal agent of triticale yellow rust in Poland	21
Cezary Trawczyński	Reakcja na nawożenie mineralne azotem trzech nowych odmian ziemniaka jadalnego w latach 2010–2012 Reaction of three new table potato cultivars to mineral nitrogen fertilization in the years 2010–2012	29
Milena Pietraszko Dominika Boguszevska-Mańkowska Wojciech Nowacki	Rozwój bakteriozy pierścieniowej ziemniaka w bulwach odmiany Drop, zachodzący w okresie przechowywania Development of potato ring rot in tubers of cultivar Drop during storage period	41
Anna Płaza Barbara Gąsiorowska Artur Makarewicz Milena Anna Królikowska	Rola wsiewek międzyplonowych w systemie integrowanej i ekologicznej produkcji ziemniaka jadalnego Role of undersown catch crops in integrated and organic production systems of table potato	51
Anna Płaza Barbara Gąsiorowska Artur Makarewicz	Wartość nawozowa wsiewek międzyplonowych i obornika w integrowanym systemie produkcji ziemniaka jadalnego Fertilizing value of undersown catch crops and farmyard manure in the integrated system of table potato cultivation	61
Marek Gugąła Krystyna Zarzecka Iwona Mystkowska	Wpływ stosowania herbicydów i ich mieszanin na plon rośliny ziemniaka oraz ciemnienie mięszu bulw surowych The applying of herbicides and their mixtures on the productivity of potato plant and darkening of raw tuber flesh	71
Krystyna Zarzecka Marek Gugąła Honorata Dołęga Alicja Baranowska	Występowanie <i>Streptomyces scabies</i> na bulwach ziemniaka uprawianego w warunkach pielęgnacji mechaniczno-chemicznej Occurrence of common scab (<i>Streptomyces scabies</i>) on potato tubers in conditions of mechanical and chemical crop cultivation	79
Joanna Sobczak	Możliwości rotacji środków ochrony roślin w strategii zapobiegania uodporniania się agrofagów ziemniaka Possibilities of plant protection products rotation in strategy against spreading of resistance amongst potato pests	87

Zbigniew Czerko Magdalena Grudzińska Kazimiera Zgórska	Porównanie zarejestrowanych odmian ziemniaka z nowymi rodami pod względem strat przechowalniczych Comparison of registered potato varieties and new breeding lines in respect of storage losses	101
Cezary Trawczyński	Bilans azotu, fosforu i potasu w systemie produkcji ekologicznej na glebie lekkiej Balance of nitrogen, phosphorus and potassium in the organic crop production system on the light soil	115
Elżbieta Czembor Magdalena Matusiak Roman Warzecha	Poszukiwanie źródeł odporności kukurydzy na fuzariozę kolb i zgorzel podstawy łodyg metodą rodowodową Looking for sources of resistance to ear rot and stalk rot on the basis of the pedigree selection	123
Teresa Pastuszewska Katarzyna Franke Mirosław Nowakowski	Badanie wpływu uprawy gorczycy białej na zagęszczenie populacji mątwika ziemniaczanego (<i>Globodera rostochiensis</i>) w glebie Effect of white mustard on density of potato cyst nematode (<i>Globodera rostochiensis</i>) population in soil	141
Kamil Prokopiuk Grzegorz Żurek	Ocena przydatności wiechliny niskiej (<i>Poa supina</i> Schrad.) do obsiewu trawników zacienionych Testing the suitability of prostrate meadow-grass (<i>Poa supina</i> Schrad.) for turf in shade	149
Krzysztof Klimont Zofia Bulińska-Radomska Józef Górka	Ocena przydatności różnych form wierzby (<i>Salix</i> sp.) do rekultywacji terenów poeksploatacyjnych kopalni siarki Usefulness evaluation of various species of willow (<i>Salix</i> sp.) for the reclamation of after- exploitation sulfur mine area	161