

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

Pracownia Genetyki Stosowanej
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Radzików

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

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

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

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

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

* Praca dofinansowana z programu wieloletniego MRiRW, zadanie 6.7

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

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

WSTĘP

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

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

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

MATERIAŁ I METODY

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

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

Zestaw odmian jęczmienia jarego i ozimego

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

Tabela 1

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

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

Tabela 2

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

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

Zestaw izolatów różnicujących o znanych genach wirulencji

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

Tabela 3

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

Odmiana Cultivar	Gen Gene	Izolat Isolate													
		1	3	12	13	18	19	20	24R	25	26	27	30	34	38
Pallas	<i>Mla8</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
P01	<i>Mla1</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
P02	<i>Mla3</i>	0	0	0	1	0	0	0	4	0	0	0	0	1	
P03	<i>Mla6, Mla14</i>	0	0	0	0	4	4	0	4	0	0	0	0	0	
P04A	<i>Mla7, Mlk, +?</i>	4	4	0	4	2	2	2	2	4	0	0	1	2	
P04B	<i>Mla7, +?</i>	4	4	0	4	4	4	2	4	4	0	2	1	4	
P06	<i>Mla7, MLG2</i>	4	4	0	4	4	4	0	4	4	0	0	0	4	
P07	<i>Mla9, Mlk</i>	4	4	0	4	0	0	0	0	4	4	0	0	0	
P08A	<i>Mla9, Mlk</i>	4	4	0	4	0	0	0	0	4	4	0	0	0	
P08B	<i>Mla9</i>	4	4	0	4	0	0	0	0	4	4	0	0	0	
P09	<i>Mla10, MIDu2</i>	4	4	0	4	0	0	4	0	4	4	4	4	0	
P10	<i>Mla12</i>	0	4	0	0	4	2	4	0	0	0	0	4	4	
P11	<i>Mla13, MIRu3</i>	4	4	0	0	4	4	0	0	0	4	0	0	4	
P12	<i>Mla22</i>	4	0	4	0	4	4	0	4	0	0	0	0	4	
P13	<i>Mla23</i>	4	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	2	
P14	<i>Mlra</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
P15	<i>MI(Ru2)</i>	2	4	4	2	4	4	4	4	4	2	2	2	4	
P17	<i>Mlk</i>	4	4	2	4	2	2	2	1	4	4	0	2	1	
P18	<i>Mlnn</i>	4	4	4	4	4	4	4	2	4	2	2	2	4	
P19	<i>Mlp</i>	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
P20	<i>Mlat</i>	2	2	2	4	2	2	2	2	4	2	2	2	2	
P21	<i>Mlg, MI(CP)</i>	4	4	0	0	0	0	0	4	4	4	4	4	4	
P22	<i>mlo5</i>	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	
P23	<i>MI(La)</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
P24	<i>Mlh</i>	4	4	1	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	
Benedicte	<i>Mla9, MI(IM9)</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	
Lenka	<i>Mla13, MI(Ab)</i>	0	4	0	0	2	4	0	0	0	2	0	0	4	
Gunnar	<i>Mla3, MI(Tu2)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Steffi	<i>MI(St1), I(St2)</i>	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
Kredit	<i>MI(Kr)</i>	4	4	0	3	4	4	0	2	2	4	0	0	4	
Jarek	<i>MI1192, +?</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	
Triumph	<i>Mla7, MI(Ab)</i>	4	0	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Borwina	<i>MI(Bw)</i>	2	2	0	2	4	4	4	4	4	2	1	2	4	
Peggy		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Manchurian		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	

Odmiana Cultivar	Gen Gene	Izolat Isolate												
		48	50	51	68	111	113	122	123	128	129	130	131	132
Pallas	<i>Mla8</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
P01	<i>Mla1</i>	0	0	4	4	0	4	0	4	4	0	4	4	4
P02	<i>Mla3</i>	0	0	1	4	0	0	0	0	1	0	4	4	4
P03	<i>Mla6, Mla14</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
P04A	<i>Mla7, Mlk, +?</i>	0	4	4	4	4	4	2	4	2	4	4	4	2
P04B	<i>Mla7, +?</i>	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
P06	<i>Mla7, MILG2</i>	0	4	4	4	2	4	4	4	4	4	2	4	4
P07	<i>Mla9, Mlk</i>	0	4	0	4	4	4	0	4	2	4	0	0	4
P08A	<i>Mla9, Mlk</i>	0	4	0	4	4	4	0	4	2	4	0	0	4
P08B	<i>Mla9</i>	0	4	0	4	4	4	0	4	4	4	0	0	4
P09	<i>Mla10, MIDu2</i>	0	4	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	0
P10	<i>Mla12</i>	0	0	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4
P11	<i>Mla13, MIRu3</i>	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4
P12	<i>Mla22</i>	4	0	4	4	0	0	4	0	4	4	0	4	4
P13	<i>Mla23</i>	4	2	4	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1
P14	<i>Mlra</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
P15	<i>Ml(Ru2)</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2
P17	<i>Mlk</i>	0	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	2
P18	<i>Mlnn</i>	4	4	4	4	4	2	4	4	2	2	2	4	2
P19	<i>Mlp</i>	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
P20	<i>Mlat</i>	2	2	4	4	2	2	2	2	4	2	4	2	4
P21	<i>Mlg, Ml(CP)</i>	0	0	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4
P22	<i>mlo5</i>	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4
P23	<i>Ml(La)</i>	4	4	4	4	4	4	2	4	4	2	2	4	2
P24	<i>Mlh</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Benedicte	<i>Mla9, Ml(IM9)</i>	0	0	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4
Lenka	<i>Mla13, Ml(Ab)</i>	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4	4
Gunnar	<i>Mla3, Ml(Tu2)</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Steffi	<i>Ml(St1), l(St2)</i>	0	0	2	0	4	4	0	4	4	4	4	0	2
Kredit	<i>Ml(Kr)</i>	0	2	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
Jarek	<i>Ml1192, +?</i>	4	4	4	4	4	2	2	4	4	2	2	4	2
Triumph	<i>Mla7, Ml(Ab)</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Borwina	<i>Ml(Bw)</i>	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1
Peggy		0	0	2	1	0	2	0	0	1	0	4	2	0
Manchurian		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

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

Testy odpornościowe

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

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

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

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

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

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

WYNIKI

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

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

Tabela 4

**Reakcja odmian jęczmienia ozimego przyjętych do badań w roku 2011 na zakażenie 28 izolatami
Blumeria graminis f. sp. *hordei***
**Reaction of winter barley cultivars included in the registration trials in Poland in the year 2011 after
inoculation with 28 isolates of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei***

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

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

Tabela 5

**Reakcja odmian jęczmienia jarego przyjętych do badań w roku 2011 na zakażenie 28 izolatami
Blumeria graminis f. sp. *hordei***
**Reaction of winter barley cultivars included in the registration trials in Poland in the 2011 year after
inoculation with 28 isolates of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei***

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

c. d. Tabela 5

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

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

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

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

DYSKUSJA

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

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

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

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

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

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

WNIOSEK

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

LITERATURA

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

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