

JERZY H. CZEMBOR
ALEKSANDRA PIETRUSIŃSKA
HENRYK CZEMBOR

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

Odporność na mączniaka prawdziwego zbóż i traw (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) odmian jęczmienia włączonych do badań rejestrowych w Polsce w roku 2013*

Resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) in barley cultivars included to registration trials in Poland in 2013

Określono uwarunkowania genetyczne odporności na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) w kolekcji 14 odmian jęczmienia ozimego i 23 odmian jęczmienia jarego włączonych do badań rejestrowych w Polsce w roku 2013. Do postulowania specyficznego genu warunkującego odporność badanych odmian wykorzystano zestaw izolatów różnicujących o znanych genach wirulencji. Dwie odmiany jęczmienia ozimego były podatne na wszystkie patotypy *B. graminis* f. sp. *hordei* wykorzystane w badaniach. Odporności pięciu odmian uwarunkowana była genami *Mla7* + *MILG2*, *Mla7* + ? i *Mla7* + *Mla7* + *Ml(Ab)* + ?. Obecność genów *Mla6* + *Mla14* stwierdzono w genomie czterech odmian. Odporność dwóch odmian uwarunkowana jest genem *Mlh* lub *Mlh* + ?. Trzy odmiany mają odporność warunkowaną przez nieznanne geny. Jedna odmiana charakteryzowała się reakcją heterogeniczną na porażenie *B. graminis* f. sp. *hordei*. Linia BKH 5735 ma gen *mlo* i inne niezidentyfikowane geny. W grupie odmian jarych odporność na mączniaka prawdziwego uwarunkowana była głównie genem *mlo* w różnych kombinacjach z innymi niezidentyfikowanymi genami. W jednej odmianie stwierdzono obecność genu *Mla12* + ?.

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

Genetic resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) in collection of 17 winter barley cultivars and 22 spring barley cultivars included in the registration trials in Poland in the year 2012 was investigated. To postulate a specific resistance gene a set of differentiating isolates of known virulence genes was used. Two winter barley cultivars are susceptible to all used isolates of *B. graminis* f. sp. *hordei*. Resistance of five cultivars is determined by genes *Mla7* + *MILG2*, *Mla7* + ?

* Praca dofinansowana z programu wieloletniego MRiRW, zadanie 6.7

and *Mla7 + Mla7 + Ml(Ab) + ?*. In four cultivars the presence of *Mla6 + Mla14* genes is postulated. Resistance of two other cultivars is determined by gene *Mlh* or *Mlh + ?*. Three cultivars possess resistance determined by unknown genes. One cultivar shows heterogenic resistance reaction to infection by *B. graminis* f. sp. *hordei*. Cultivar BKH 5735 has *mlo* gene and unidentified genes. In the group of spring cultivars the resistance to powdery mildew is determined mainly by *mlo* gene with different combinations with unknown genes. In one cultivar the presence of gene *Mla12 + ?* is postulated.

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

WSTĘP

Mączniak prawdziwy jęczmienia zbóż i traw (*Blumeria graminis* D.C. f. sp. *hordei* (Marchal)) to jedna z ważniejszych chorób jęczmienia w Polsce. Występuje 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 plonowania 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., 1996; Finckh i in., 1999).

Uwzględniając hipotezę „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 przez *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* powodującego mączniaka prawdziwego zbóż i traw występujących w odmianach jęczmienia jarego i ozimego przyjętych do badań rejestrowych w Polsce w roku 2013.

MATERIAŁ I METODY

Badania uwarunkowania genetycznego odporności na *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* prowadzono w stosunku do odmian jęczmienia ozimego i jarego włączonych do doświadczeń rejestrowych Centralnego Ośrodka Badań Roślin Uprawnych (COBORU) w 2013 roku.

Do postulowania specyficznego genu warunkującego odporność badanych odmian na mączniaka prawdziwego wykorzystano zestaw izolatów różnicujących o znanej wirulencji w stosunku do określonych genów odporności jęczmienia na mączniaka prawdziwego.

Zestaw odmian jęczmienia jarego i ozimego

Badaniami objęto 14 odmian jęczmienia ozimego i 23 jęczmienia jarego włączonych do doświadczeń rejestrowych COBORU w 2013 roku (tab. 1 i 2). Próby nasion udostępnione zostały przez firmy hodowlane, będące właścicielami odmian.

Tabela 1

Lista odmian jęczmienia ozimego włączona do badań COBORU w roku 2013
List of winter barley cultivars included to COBORU registration trials in 2013

Odmiana Cultivar	Kraj pochodzenia Origin	Hodowca Breeder
AC 06/073/10	DE	Ackermann Saatzucht GmbH & Co. KG
AC 07/022/2 Vincenta	DE	Ackermann Saatzucht GmbH & Co. KG
AC 07/041/8	DE	Ackermann Saatzucht GmbH & Co. KG
BE 2004057008	DE	Saaten-Union
BE 2005141002	DE	Saaten-Union
BKH 7101	PL	HR Smolice
KW 6-130 Kosmos	DE	KWS Lochow
KW 6-137	DE	KWS Lochow
KW 6-157	DE	KWS Lochow
KW 6-171	DE	KWS Lochow
LEU 03217	DE	Deutsche Saatveredelung
LEU 03407	DE	Deutsche Saatveredelung
LEU 03410	DE	Deutsche Saatveredelung
NORD 08017/8	DE	Nordsaat

Tabela 2

Lista odmian jęczmienia jarego włączonych do badań COBORU w roku 2013
List of spring barley cultivars included to COBORU registration trials in 2013

Odmiana Cultivar	Kraj pochodzenia Country	Hodowca Breeder
1	2	3
AC 06/509/41/5	DE	Ackermann Saatzucht GmbH & Co. KG
AC 07/568/5	DE	Ackermann Saatzucht GmbH & Co. KG
AC 07/624/34	DE	Ackermann Saatzucht GmbH & Co. KG
BKH 20526	PL	HR Smolice
DM-6230/08	PL	HR DANKO
DM-6275/08	PL	HR DANKO
KWS 11/228 Fabienne	DE	KWS Lochow
KWS 111080	DE	KWS Lochow
KWS 12/233	DE	KWS Lochow

1	2	3
LSB 0769-3093	FR	RAGT Semences
MH 06 5572-2	FR	KWS Lochow
MHR-PJ-0412	PL	Małopolska Hodowla Roślin
MHR-PJ-0512	PL	Małopolska Hodowla Roślin
MHR-PJ-0612	PL	Małopolska Hodowla Roślin
NAD 4512	PL	Poznańska Hodowla Roślin
NAD 4612	PL	Poznańska Hodowla Roślin
NORD 09/2421	DE	Nordsaat
RAH 165/09	PL	HR Smolice
RAH 676/09	PL	HR Smolice
STH 9012	PL	HR Strzelce
STH 9112	PL	HR Strzelce
STH 9212 Radek	PL	HR Strzelce
STH 9312	PL	HR Strzelce

Zestaw izolatów różnicujących o znanych genach wirulencji

W badaniach wykorzystano zestaw 21 izolatów *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* wirulentnych lub awirulentnych w stosunku do znanych i opisanych w literaturze genów odporności na *B. graminis* f. sp. *hordei* obecnych w zestawie liniach izogenicznych Pallas (Kolster i in., 1986). Dodatkowo zestaw linii izogenicznych został uzupełniony o 9 dodatkowych odmian, u których stwierdzono obecność genów innych niż te, które warunkują odporność linii Pallas (tab. 3).

Tabela 3

Reakcja odmian różnicujących jęczmienia na zakażenie 21 izolatami *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* Reaction of differential set of barley cultivars after inoculation with 21 isolates of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*

Odmiana Cultivar	Gen Gene	Izolaty — Isolates																						
		1	3	13	18	19	20	24R	25	26	27	34	38	48	50	51	68	111	123	129	131	133		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
Pallas	<i>Mla8</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
P01	<i>Mla1</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	4	0	4	4		
P02	<i>Mla3</i>	0	0	1	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	1	4	0	0	0	4	4		
P03	<i>Mla6, Mla14</i>	0	0	0	4	4	0	4	0	0	0	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
P04A	<i>Mla7, Mlk, +?</i>	4	4	4	2	2	2	2	4	0	0	2	0	0	4	4	4	4	4	4	4	2		
P04B	<i>Mla7, +?</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	0	2	4	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4		
P06	<i>Mla7, MILG2</i>	4	4	4	4	4	1	4	4	0	0	4	0	0	4	4	4	2	4	4	2	4		
P07	<i>Mla9, Mlk</i>	4	4	4	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	4	0	4	4	4	4	0	0		
P08A	<i>Mla9, Mlk</i>	4	4	4	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	4	0	4	4	4	4	0	0		
P08B	<i>Mla9</i>	4	4	4	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	4	0	4	4	4	4	0	0		
P09	<i>Mla10, MIDu2</i>	4	4	4	0	0	4	0	4	4	4	0	1	0	4	4	4	4	4	4	4	0		
P10	<i>Mla12</i>	0	4	0	4	2	4	0	0	0	0	4	0	0	0	4	4	4	4	4	4	4		
P11	<i>Mla13, MlRu3</i>	4	4	0	4	4	0	0	0	4	0	4	0	0	4	4	4	4	4	0	4	4		
P12	<i>Mla22</i>	4	0	0	4	4	0	4	0	0	0	4	4	0	4	4	0	4	0	4	4	4		
P13	<i>Mla23</i>	4	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	4	2	4	1	1	1	1	1	1		
P14	<i>Mlra</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
P15	<i>Ml(Ru2)</i>	2	4	2	4	4	4	4	4	2	2	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	2		
P17	<i>Mlk</i>	4	4	4	2	2	2	1	4	4	0	1	0	0	4	4	4	4	4	4	4	2		
P18	<i>Mlrm</i>	4	4	4	4	4	4	2	4	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	2		
P19	<i>Mlp</i>	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
P20	<i>Mlat</i>	2	2	4	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	4		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
P21	<i>Mlg, MI(CP)</i>	4	4	0	0	0	0	4	4	4	4	4	4	0	0	4	4	4	4	4	2	4
P22	<i>mlo5</i>	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	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	4	4	4	4	4	2	4	2
P24	<i>Mlh</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4
Benedicte	<i>Mla9, MI(IM9)</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	4	4	4	4	4	4
Lenka	<i>Mla13, MI(Ab)</i>	0	4	0	2	4	0	0	0	2	0	4	0	0	0	4	4	4	4	4	0	4
Gunnar	<i>Mla3, MI(Tu2)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Steffi	<i>MI(St1), I(St2)</i>	0	3	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	2	0	4	4	4	4	4	2
Triumph	<i>Mla7, MI(Ab)</i>	4	0	0	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Borwina	<i>MI(Bw)</i>	2	2	2	4	4	4	4	4	2	1	4	2	3	4	4	4	4	4	4	4	1

Zestaw izolatów został opracowany na podstawie wyników badań nad strukturą populacji *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* występującej na terenie Polski, prowadzonych w Pracowni Gromadzenia i Oceny Roślin KCRZG Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie.

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 listopada 2013 do marca 2014. Siewki roślin (BBCH 11-14) zestawu linii izogenicznych Pallas, 9 dodatkowych odmian o genach innych niż te, które warunkują odporność linii Pallas oraz odmian jęczmienia jarego i ozimego włączonych do badań rejestrowych COBORU 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 20–25 siewek. Izolaty grzyba powodującego mączniaka prawdziwego zbóż i traw, tworzące zestaw różnicujący namnażano na siewkach podatnej odmiany Manchurian CI 3230. Zakażenia wybranym 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 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 (0–4, 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*. Określenie „Mix” oznacza heterogeniczny charakter reakcji siewek ocenianej

odmiany na zakażenie niektórymi izolatami, a „un” dotyczy odporności warunkowanej przez dotąd nie opisane geny.

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).

WYNIKI

Na podstawie reakcji siewek na zakażenie wybranymi izolatami *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* stwierdzono występowanie różnych genów odporności u 37 badanych odmianach jęczmienia (tab. 4 i 5).

Tabela 4

Reakcja odmian jęczmienia ozimego przyjętych do badań w roku 2013 na zakażenie 21 izolatami *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*
Reaction of winter barley cultivars included in the registration trials in Poland in the year 2013 after inoculation with 21 isolates *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*

Odmiana Cultivar	Izolaty — Isolate															Określenie genu Postulated gene						
	1	3	13	18	19	20	24R	25	26	27	34	38	48	50	51		68	111	123	129	131	133
AC 06/073/10 * DE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	4	un
AC 07/022/2 DE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	brak
AC 07/041/8 *Br/ DE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	brak
BE 2004057008D DE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	brak
BE 2005141002 DE	0	0	0	2	4	0	4	4	4	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	un
BKH 7101 PL	0	4	0	4	4	0	4	0	4	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	<i>Mla6, Mla14</i>
KW 6-130 DE	0	4	0	2	4	4	2	4	4	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	un
KW 6-137 DE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	brak
KW 6-157 DE	0	4	0	4	2	0	0	4	4	0	0	4	2	2	0	0	4	4	2	2	2	un
KW 6-171 DE	4	4	0	2	4	4	4	4	4	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	un
LEU 03217 DE	0	2	0	0	2	1	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	1	<i>Mla3+?</i>
LEU 03407 DE	0	4	0	2	4	0	4	4	0	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	<i>Mla6+?</i>
LEU 03410 DE	0	4	0	2	4	0	4	4	4	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	<i>Mla6+?</i>
NORD 08017/8 DE	4	2	2	4	2	0	0	2	4	2	0	2	4	2	2	2	2	4	2	0	1	un

Cztery odmiany jęczmienia ozimego były podatne na wszystkie patotypy *B. graminis* f. sp. *hordei* wykorzystane w badaniach. Odporność trzech odmian uwarunkowana była genami *Mla6* + *Mla14* lub *Mla6* + nie znany gen i jedna odmiana o odporności warunkowanej genami *Mla3* + inny nieokreślony gen. Sześć odmian ma odporność warunkowaną przez nie znane geny. Jedna odmiana charakteryzowała się reakcją heterogeniczną na porażenie *B. graminis* f. sp. *hordei*.

W grupie odmian jarych odporność na mączniaka prawdziwego uwarunkowana była głównie genem *mlo* w różnych kombinacjach z innymi niezidentyfikowanymi genami. W jednej odmianie stwierdzono obecność genu *Mla12* + ?. Odporność odmiany DM-6275 oznaczono symbolem „Mix” oznaczającym jej heterogeniczność pod względem odporności na mączniaka.

Tabela 5

Reakcja odmian jęczmienia jarego przyjętych do badań w roku 2013 na zakażenie 23 izolatami
Blumeria graminis f. sp. *hordei*

Reaction of winter barley cultivars included in the registration trials in Poland in the 2013 year after
inoculation of 23 isolates of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*

Odmiana — Cultivar	Izolat — Isolate											Postulowany gen
	1	3	13	18	19	20	24R	25	26	27	34	Postulowany gene
121-9D Allianz	FR	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>Mlo</i>
AC 07/602/54	DE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>Un</i>
AC 07/602/58	DE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>Mlo</i>
AC 07/611/2/4	DE	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>Un</i>
AC 09/535/18	DE	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>Mlo</i>
AC 09/586/4	DE	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>Mix</i>
BKH 6713	PL	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>Mlo</i>
BKH 6813	PL	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>Un</i>
BKH 6913	PL	0	0/4	0	0	0/4	0/4	0	0	0	0	<i>Mlo</i>
DM 2983/10	PL	0	4	0	1	0	0	0	0	4	0	<i>Mlo</i>
KWS 12/205	DE	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>Mlo</i>
KWS 12/4112 KWS Cantton	DE	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>Mix</i>
KWS 13/205 KWS Vermont	DE	0	0/4	0	0	0/4	0	0	0	0	0	<i>Mlo</i>
KWS 13/223 KWS Harris	DE	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>Mlo</i>
LSB 0769.3306 RGT Planet	FR	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0/4	<i>Mlo</i>
LSB 0794.3180 RGT Baltic	FR	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>Mlo</i>
MHR-PJ-0713	PL	0	1	0	2	2	0	0/4	0	0	4	<i>Mlo</i>
MHR-PJ-0813	PL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>Mlo</i>
MHR-PJ-0913	PL	0	4	4	0	0	0	1	0	0	0	<i>Mlo</i>
NAD 4713	PL	0	2	4	0	0	0i1	4	0	0	0	<i>Mlo</i>
NAD 4813	PL	0	0/4	0	0	0	0	0	0/4	0	0	<i>Mla 1 +?</i>
NAD 4913	PL	4	0/4i4	0i4	0i4	4	0i4	4	0/4i4	2	0i4	<i>Mlo</i>
NAD 5013	PL	0	0/4	0	0	0	0	0	0/4	0	0	<i>Mlo</i>
NORD 10/2530	DE	1	1	1	0/4	0	0	0	0	0	1	<i>Mlo</i>

Odmiana — Cultivar	Izolat — Isolate											Postulowany gen
	1	38	48	50	51	68	111	123	129	131	133	Postulowany gene
121-9D Allianz	FR	0	0	0	0/4	0	0/4	0	0	0	0/4	<i>Mlo</i>
AC 07/602/54	DE	0	0	0	0	0	0	0	0/4	0/4	0/4	<i>Un</i>
AC 07/602/58	DE	0	0	0	0	0	0	0	0	0/4	0/4	<i>Mlo</i>
AC 07/611/2/4	DE	0	0	0/4	0	0	0/4	0	0/4	0	0/4	<i>Un</i>
AC 09/535/18	DE	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0/4	<i>Mlo</i>
AC 09/586/4	DE	0	0	0	0	0	0/4	0	0/4	0	0/4	<i>Mix</i>
BKH 6713	PL	0	0/4	0/4	0	0	0/4	0	0/4	0/4	0/4	<i>Mlo</i>
BKH 6813	PL	0	0	0	0	0	0/4	0	0/4	0	0/4	<i>Un</i>
BKH 6913	PL	0	0	0	0	0	0/4	0	0	0/4	0/4	<i>Mlo</i>
DM 2983/10	PL	0	0	1	0	0	4	4	4	0	4	<i>Mlo</i>
KWS 12/205	DE	0	0	0	0	0	0/4	0/4	0/4	0	0/4	<i>Mlo</i>
KWS 12/4112 KWS Cantton	DE	0	0/4	0/4	0	0	0/4	0/4	0	0	0/4	<i>Mix</i>
KWS 13/205 KWS Vermont	DE	0	0/4	0	0	0	0/4	0/4	0/4	0	0/4	<i>Mlo</i>
KWS 13/223 KWS Harris	DE	0	0/4	0	0	0	0/4	0/4	0/4	0	0/4	<i>Mlo</i>
LSB 0769.3306 RGT Planet	FR	0	0	0/4	0	0	0/4	0/4	0/4	0	0/4	<i>Mlo</i>
LSB 0794.3180 RGT Baltic	FR	0	0	0	0	0	0/4	0/4	0	0	0/4	<i>Mlo</i>
MHR-PJ-0713	PL	0i4	0	0	0	4	4	0/4i4	4	4	4	<i>Mlo</i>
MHR-PJ-0813	PL	4	0	0	0	0	0/4	4	4	4	4	<i>Mlo</i>
MHR-PJ-0913	PL	0	4	2	0	0	4	4	4	4	4	<i>Mlo</i>
NAD 4713	PL	0	4	4	0	0	4	4	2	4	4	<i>Mlo</i>
NAD 4813	PL	0/4	0/4	0/4	0	0	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	<i>Mla 1 +?</i>
NAD 4913	PL	0i4	0/4	4	0	0/4i4	4	4	0i4	4	4	<i>Mlo</i>
NAD 5013	PL	0/4	0	0/4	0	0	0/4	0	0/4	0/4	0/4	<i>Mlo</i>
NORD 10/2530	DE	1	1	0/4i4	0	0	0/4	1	4	4	4	<i>Mlo</i>

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 i zachowaniem właściwych terminów zabiegów. 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. Obecne w starszych odmianach geny z serii alleli w *locus Mla*: *Mla1*, *Mla3*, *Ml6*, *Mla7*, *Mla9*, *Mla12*, *Mla3* są mało efektywne w stosunku do aktualnego spektrum patogeniczności populacji mączniaka w Polsce (Jorgenson, 1994; Gacek i in., 2004; Czembor, 2008). Z końcem lat 90. do uprawy zaczęto wprowadzać wysoce odporne odmiany z recesywnym genem *mlo* i nowymi genami pochodzącymi z *Hordeum spontaneum* (Anonymous, 2013 a; Anonymous, 2013 b). Prezentowane w tej pracy wyniki wskazują na znaczący przyrost udziału w doświadczeniach rejestrowych odmian jęczmienia jarego o odporności uwarunkowanej genem *mlo* — 95% ocenianych odmian (tab. 5). Po raz pierwszy w roku 2012 oceniano w badaniach rejestrowych w Polsce odmianę ozimą BKH 5735, hodowli IHAR — PIB o odporności na mączniaka warunkowaną genem *mlo* pochodzącym od jarej odmiany Danuta. Jak dotąd, w badaniach rejestrowych i w listach opisowych odmian jęczmienia ozimego nie ma informacji o obecności w nich genu *mlo* (Czembor i in., 2012; Anonymous, 2013 a; Anonymous, 2013 b).

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; Dreiseitl, 2011; Czembor i in., 2012). Wysoką efektywnością odporności jęczmienia na mączniaka cechują się nowsze odmiany z genami: *Ml(SI-1)* *Mlf*, *Mlt*, *Ml(1-B-53)*, *Ml(WI-1)* i *Ml(WI-7)*, pochodzącymi z *Hordeum spontaneum* (Anonymous, 2013 a).

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 2013 a. Bundessortenamt, Beschreibende Sortenliste 2013. Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen, Hackfruchte. Deutscher Landwirt. GmbH: 20 — 54.
- Anonymous 2013 b. Lista Opisowa Odmian COBORU 2013: 21 — 45.
- Brown J. K. M., Jorgensen J. H. 1991. A catalogue of mildew resistance genes in European barley varieties. In: Jorgensen J. H. ed., Integrated Control of Cereal Mildews: Virulence Patterns and Their Change, Riso National Laboratory, Roskilde, Denmark, pp: 263 — 286.
- Czembor H. J. 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., A. Pietrusińska, O. Domeradzka. 2012. Odporność na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) odmian jęczmienia włączonych do badań rejestrowych w Polsce w roku 2011. Biul. IHAR 265: 23 — 33.
- 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 incising 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.
- Dreiseitl A. 2011. Differences in powdery mildew epidemics in spring and winter barley based on 30-year variety trials. Annales of Applied Biology 159: 49 — 57.
- 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 genic systems in flaxs and flaxs 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 mieszkach 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., Heinrics 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 nursery1993–1999. 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, 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.
- Wolfe M. S. 1984. Trying to understand and control powdery mildew. *Plant Pathol.* 33: 451 — 466.
- Wolfe M. S., McDermott. 1994. Population genetics of plant pathogen interactions: the example of the *Erysiphe graminis* — *Hordeum vulgare* pathosystem. *Ann. Rev. Phytopath.* 32:89 — 113.