

**JERZY H. CZEMBOR**  
**OLGA DORACZYŃSKA**  
**ALEKSANDRA PIETRUSIŃSKA**  
**HENRYK J. CZEMBOR**

Pracownia Genetyki Stosowanej  
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie

## Odporność na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) odmian jęczmienia włączonych do badań rejestrowych w Polsce w roku 2012\*

### Resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) in barley cultivars included to registration trials in Poland in 2012

Określono uwarunkowania genetyczne odporności na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) w kolekcji 17 odmian jęczmienia ozimego i 22 odmian jęczmienia jarego włączonych do badań rejestrowych w Polsce w roku 2012. Do określenia 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 nieznaną 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:** geny odporności, jęczmień, mączniak prawdziwy, odporność odmian

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

---

\* Praca dofinansowana z programu wieloletniego MRiRW, zadanie 6.7

known virulence genes was used. Two winter barley cultivars were susceptible to all isolates of *B. graminis* f. sp. *hordei* used. Resistance of five cultivars was determined by genes *Mla7* + *MILG2*, *Mla7* + ? and *Mla7* + *Mla7* + *MI(Ab)* + ?. In four cultivars the presence of *Mla6* + *Mla14* genes was postulated. Resistance of two cultivars was conferred by gene *Mlh* or *Mlh* + ?. Three cultivars possessed resistance provided by unknown genes. One cultivar showed heterogenic resistance reaction to infection by *B. graminis* f. sp. *hordei*. Cultivar BKH 5735 had *mlo* gene and unidentified genes. In the group of spring cultivars the resistance to powdery mildew was conferred mainly by *mlo* gene in different combinations with unknown genes. In one cultivar the presence of gene *Mla12* + ? was postulated.

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

#### WSTĘP

Mączniak prawdziwy jęczmienia (*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 mączniaka prawdziwego występujących w odmianach jęczmienia jarego i ozimego przyjętych do badań rejestrowych w Polsce w roku 2012.

## 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 w 2012 roku.

Do określenia 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 17 odmian jęczmienia ozimego oraz 22 odmiany jęczmienia jarego włączonych do doświadczeń rejestrowych COBORU w 2012 roku (tab. 1 i 2). Próby ziarna udostępnione zostały przez firmy hodowlane, będące właścicielami odmian.

Tabela 1

**Lista odmian jęczmienia ozimego włączona do badań COBORU w roku 2012**  
**List of winter barley cultivars included to COBORU registration trials in 2012**

Odmiana Cultivar	Kraj pochodzenia Origin	Hodowca Breeder
116A-2BB	FR	Secobra Recherches
116A-2C	FR	Secobra Recherches
AC 04/062/6	DE	Ackermann Saatzucht GmbH & Co. KG
AC 04/119/6	DE	Ackermann Saatzucht GmbH & Co. KG
AC 04/153/2	DE	Ackermann Saatzucht GmbH & Co. KG
AC 04/177/28	DE	Ackermann Saatzucht GmbH & Co. KG
BE 2004032009	DE	Borries-Eckendorf
BE 2006058017D	DE	Borries-Eckendorf
BKH 5735	PL	HR Smolice
BKH 7029	PL	HR Smolice
BKH 8012	PL	HR Smolice
LEU 93606	DE	Deutsche Saatveredelung
NORD 08076/72	DE	Nordsaat
NORD 08076/133	DE	Nordsaat
NORD 08076/138	DE	Nordsaat
SZD 7010	DE	Saadzucht Donau Ges.m.b.H.&CoKG
SZD 7010	AT	Saadzucht Donau Ges.m.b.H.&CoKG

Tabela 2

**Lista odmian jęczmienia jarego włączonych do badań COBORU w roku 2012**  
**List of spring barley cultivars included to COBORU registration trials in 2012**

Odmiana Cultivar	Kraj pochodzenia Country	Hodowca Breeder
1	2	3
AC 05/565/146	DE	Ackermann Saatzucht GmbH & Co. KG
AC 05/565/180	DE	Ackermann Saatzucht GmbH & Co. KG
AC 06/504/25	DE	Ackermann Saatzucht GmbH & Co. KG
BKH 8361	PL	HR Smolice
KWS 09/330	DE	KWS Lochow
KWS 10/206	DE	KWS Lochow
LSB 0315.5	FR	Serasem
NAD 4311	PL	Poznańska Hodowla Roślin

1	2	3
NAD 4411	PL	Poznańska Hodowla Roślin
NORD 08/2413	DE	NORDSAAD
NORD 08/2530 (Editha)	DE	NORDSAAD
NOS 16008-51	DK	Nordic Seeds A/S
RAH 197/08	PL	HR Smolice
RAH 275/08	PL	HR Smolice
RAH 443/08	PL	HR Smolice
SER 35131.16	FR	RAGT 2n
STH 8411	PL	HR Strzelce
STH 8511	PL	HR Strzelce
STH 8611	PL	HR Strzelce
STH 8711	PL	HR Strzelce
STH 8811	PL	HR Strzelce
STH 8911	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 *B. graminis* f.sp. *hordei* obecnych w zestawie linii 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 28 izolatami *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* Reaction of differential set of barley cultivars after inoculation with 28 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		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
Pallas	<i>Mla8</i>	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		
P02	<i>Mla3</i>	0	0	0	1	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0		
P03	<i>Mla6, Mla14</i>	0	0	0	0	4	4	0	4	0	0	0	0	0	0		
P04A	<i>Mla7, Mlk, +?</i>	4	4	0	4	2	2	2	2	4	0	0	1	2	0		
P04B	<i>Mla7, +?</i>	4	4	0	4	4	4	2	4	4	0	2	1	4	0		
P06	<i>Mla7, MILG2</i>	4	4	0	4	4	4	0	4	4	0	0	0	4	0		
P07	<i>Mla9, Mlk</i>	4	4	0	4	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0		
P08A	<i>Mla9, Mlk</i>	4	4	0	4	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0		
P08B	<i>Mla9</i>	4	4	0	4	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0		
P09	<i>Mla10, MIDu2</i>	4	4	0	4	0	0	4	0	4	4	4	4	0	1		
P10	<i>Mla12</i>	0	4	0	0	4	2	4	0	0	0	0	4	4	0		
P11	<i>Mla13, MIRu3</i>	4	4	0	0	4	4	0	0	0	4	0	0	4	0		
P12	<i>Mla22</i>	4	0	4	0	4	4	0	4	0	0	0	0	4	4		
P13	<i>Mla23</i>	4	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	2	2		
P14	<i>Mlra</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
P15	<i>Ml(Ru2)</i>	2	4	4	2	4	4	4	4	4	2	2	2	4	2		
P17	<i>Mlk</i>	4	4	2	4	2	2	2	1	4	4	0	2	1	0		
P18	<i>Mlnn</i>	4	4	4	4	4	4	4	2	4	2	2	2	4	4		
P19	<i>Mlp</i>	2	2	2	0	2	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	2		

c.d. Tabela 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
P21	<i>Mlg, Ml(CP)</i>	4	4	0	0	0	0	0	4	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	0/4	
P23	<i>Ml(La)</i>	4	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	4	2	4	0
Benedicte	<i>Mla9, Ml(IM9)</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	
Lenka	<i>Mla13, Ml(Ab)</i>	0	4	0	0	2	4	0	0	0	2	0	0	4	0	
Gunnar	<i>Mla3, Ml(Tu2)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Steffi	<i>Ml(St1), l(St2)</i>	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	
Kredit	<i>Ml(Kr)</i>	4	4	0	3	4	4	0	2	2	4	0	0	4	0	
Jarek	<i>Ml1192, +?</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	4	
Triumph	<i>Mla7, Ml(Ab)</i>	4	0	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Borwina	<i>Ml(Bw)</i>	2	2	0	2	4	4	4	4	4	2	1	2	4	2	
Peggy		0	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	4	

Odmiana Cultivar	Gen Gene	Izolat — Isolate													
		48	50	51	68	111	113	122	123	128	129	130	131	132	133
Pallas	<i>Mla8</i>	4	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	0	4	0	4	4	4
P02	<i>Mla3</i>	0	0	1	4	0	0	0	0	1	0	4	4	4	4
P03	<i>Mla6, Mla14</i>	4	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	4	2
P04B	<i>Mla7, +?</i>	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
P06	<i>Mla7, MlLG2</i>	0	4	4	4	2	4	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	0
P08A	<i>Mla9, Mlk</i>	0	4	0	4	4	4	0	4	2	4	0	0	4	0
P08B	<i>Mla9</i>	0	4	0	4	4	4	0	4	4	4	0	0	4	0
P09	<i>Mla10, MIDu2</i>	0	4	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	0
P10	<i>Mla12</i>	0	0	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4	4
P11	<i>Mla13, MlRu3</i>	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4	4	4
P12	<i>Mla22</i>	4	0	4	4	0	0	4	0	4	4	0	4	4	4
P13	<i>Mla23</i>	4	2	4	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1
P14	<i>Mlra</i>	4	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	4	2
P17	<i>Mlk</i>	0	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	2
P18	<i>Mlnn</i>	4	4	4	4	4	2	4	4	2	2	2	4	2	2
P19	<i>Mlp</i>	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
P20	<i>Mlat</i>	2	2	4	4	2	2	2	2	4	2	4	2	4	4
P21	<i>Mlg, Ml(CP)</i>	0	0	4	4	4	4	0	4	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	0/4
P23	<i>Ml(La)</i>	4	4	4	4	4	4	2	4	4	2	2	4	4	2
P24	<i>Mlh</i>	4	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	4
Lenka	<i>Mla13, Ml(Ab)</i>	0	0	4	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	0
Steffi	<i>Ml(St1), l(St2)</i>	0	0	2	0	4	4	0	4	4	4	4	4	0	2
Kredit	<i>Ml(Kr)</i>	0	2	4	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	2
Triumph	<i>Mla7, Ml(Ab)</i>	4	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	4	1
Peggy		0	0	2	1	0	2	0	0	1	0	4	2	4	0
Manchurian		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

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 w Radzikowie (IHAR — PIB).

Do 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 2012 do kwietnia 2013. Siewki roślin 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 10–15 siewek. Izolaty *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*, tworzące zestaw różnicujący namnażano 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 (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.

#### **Określenie 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 w 39 badanych odmianach jęczmienia (tab. 4 i 5).

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														Określenie genu Postulated gene
	1	3	12	13	18	19	20	24R	25	26	27	30	34	38	
116A-2BB	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	Brak
116A-2C	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	Brak
AC 04/062/6	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	un
AC 04/119/6	0	0	0	0	4	4	0	4	0	0	0	0	0	0	<i>Mla6, mla14</i>
AC 04/153/2	4	4	0	4	0	0	0	4	4	4	4	2	4	0	<i>Mlh+?</i>
AC 04/177/28	0	0	0	0	4	4	0	4	0	0	0	0	0	0	<i>Mla6, mla14</i>
BE 2004032009	4	4	1	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4	2	<i>Mlh</i>
BE 2006058017D	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	un
BKH 5735	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/4	0	0/4	0	0/4	<i>mlo</i>
BKH 7029	0	0	0	0	4	4	0	4	0	0	0	0	0	0	<i>Mla6, mla14</i>
BKH 8012	4	4	0	4	4	4	1	4	4	4	1	0	4	2	<i>Mla7, MILG2</i>
LEU 93606	4	4	0	4	4	4	2	4	4	4	2	0	4	0	<i>Mla7, MILG2</i>
NORD 08076/72	0	0	0	0	0	2	0	4	4	0	0	1	0	0	<i>Mla7, +?</i>
NORD 08076/133	0	0	1	0	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	<i>Mla7, +?</i>
NORD 08076/138	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>Mla7, Ml(Ab) + ?</i>
SZD 7010	0	0	0	0	1	2	0	4	0	0	0	0	0	0	<i>Mla6, Mla14 + ?</i>
SZD 7385	3	0	0	2	0	0	0	0	2	3	1	0	0	0	un

Odmiana Cultivar	Izolat — Isolate													Określenie genu Postulated gene	
	48	50	51	68	111	113	122	123	128	129	130	131	132		133
116A-2BB	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	Brak
116A-2C	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	Brak
AC 04/062/6	0	1	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	un
AC 04/119/6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	<i>Mla6, mla14</i>
AC 04/153/2	2	1	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	<i>Mlh+?</i>
AC 04/177/28	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	<i>Mla6, mla14</i>
BE 2004032009	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	<i>Mlh</i>
BE 2006058017D	0	2	0	0	0	1	4	2	2	2	2	2	0	4	un
BKH 5735	0	0/4	0/4	0	0/4	0	0/4	0	0	0/4	0/4	0	0	0	<i>mlo</i>
BKH 7029	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	<i>Mla6, mla14</i>
BKH 8012	0	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	2	4	4	<i>Mla7, MILG2</i>
LEU 93606	2	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	2	4	4	<i>Mla7, MILG2</i>
NORD 08076/72	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	<i>Mla7, +?</i>
NORD 08076/133	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	3	4	4	2	<i>Mla7, +?</i>
NORD 08076/138	0	0	0	0	0	0	4	2	4	0	0	0	0	4	<i>Mla7, Ml(Ab) + ?</i>
SZD 7010	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	<i>Mla6, Mla14 + ?</i>
SZD 7385	0	3	2	0	0	1	4	2	2	3	2	1	0	0	un

Dwie odmiany jęczmienia ozimego były podatne na wszystkie patotypy *B. graminis* f. sp. *hordei* wykorzystane w badaniach. Odporność pięciu odmian uwarunkowana była genami *Mla7* + *MILG2*, *Mla7* + ? i *Mla7* + *Mla7* + *Ml(Ab)* + ?.

Tabela 5

**Reakcja odmian jęczmienia jarego przyjętych do badań w roku 2012 na zakażenie 28 izolatami  
*Blumeria graminis* f. sp. *hordei***  
**Reaction of spring barley cultivars included in the registration trials in Poland in the 2012 year after  
inoculation with 28 isolates of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei***

Odmiana Cultivar	Izolat — Isolate														Określenie genu Postulated gene	
	1	3	12	13	18	19	20	24R	25	26	27	30	34	38		
AC 05/565/146	0	0	0	0	0	0	0	0	0/4	0	0	0	0	0	mlo	
AC 05/565/180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mlo	
AC 06/504/25	0	0/4	0	0	0/4	0	0	0	0/4	0	0	0	0/4	0	mlo	
BKH 8361	0	0	0	0	0	0/4	0	0	0	0	0	0/4	0	0	mlo	
KWS 09/330	0	0	0	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mlo	
KWS 10/206	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mlo	
LSB 0315.5	0	0/4	0	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mlo	
NAD 4311	0	0/4	0	0	0	0	0	0/4	0/4	0	0/4	0	0	0	mlo	
NAD 4411	0	0/4	0	0	0/4	0	0	0	0	0/4	0	0	0	0	mlo	
NORD 08/2413	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mlo	
NORD 08/2530	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mlo	
NOS 16008-51	0	0	0	0	0	0	0	0/4	0	0	0	0	0	0	mlo	
RAH 197/08	0	0/4	0/4	0/4	0	0/4	0/4	0	0	0	0	0	0	0	mlo	
RAH 275/08	0	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mlo	
RAH 443/08	0	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0/4	0	0	0	mlo	
SER 35131.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mlo	
STH 8411	0	0	0	0	0	0/4	0/4	0	0	0	0	0	0	0	mlo	
STH 8511	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mlo	
STH 8611	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mlo	
STH 8711	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	0	4	Mla12 + ?	
STH 8811	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mlo	
STH 8911	0	0/4i4	0	0	2	0	0/4	0	0	0/4	0	0/4	0	4	Mix	

Odmiana Cultivar	Izolat — Isolate														Określenie genu Postulated gene	
	48	50	51	68	111	113	122	123	128	129	130	131	132	133		
AC 05/565/146	0	0/4	0/4	0/4	0/4	0	0/4	0/4	0	0/4	0	0	0	0	mlo	
AC 05/565/180	0	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0	0	0/4	0/4	0/4	0	0	mlo	
AC 06/504/25	0	0/4	0/4	0	0/4	0	0/4	0/4	0	0	0/4	0/4	0/4	0/4	mlo	
BKH 8361	0/4	0/4	0	0/4	0/4	0	0/4	0	0/4	0/4	0	0/4	0/4	0	mlo	
KWS 09/330	0	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0	0/4	0/4	0/4	mlo	
KWS 10/206	0	0/4	0/4	0/4	0/4	0	0/4	0/4	0	0/4	0	0/4	0/4	0/4	mlo	
LSB 0315.5	0	0/4	0/4	0/4	0/4	0	0/4	0/4	0/4	0/4	0	0/4	0/4	0	mlo	
NAD 4311	0	0/4	0/4	0/4	0/4	0	0/4	0/4	0/4	0/4	0	0	0	0/4	mlo	
NAD 4411	0	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0	0/4	0/4	0/4	mlo	
NORD 08/2413	0	0/4	0/4	0	0/4	0	0/4	0	0	0/4	0	0/4	0/4	0/4	mlo	
NORD 08/2530	0	0/4	0/4	0/4	0/4	0	0/4	0/4	0	0/4	0	0	0	0/4	mlo	
NOS 16008-51	0	0	0/4	0	0	0	0	0	0	0	0/4	0/4	0/4	0/4	mlo	
RAH 197/08	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0	0/4	0/4	0/4	0	0/4	0	0	0/4	mlo	
RAH 275/08	0	0/4	0/4	0/4	0/4	0	0/4	0/4	0/4	0/4	0	0/4	0/4	0/4	mlo	
RAH 443/08	0	0/4	0	0/4	0/4	0	0/4	0/4	0	0/4	0	0/4	0/4	0/4	mlo	
SER 35131.16	0	0/4	0/4	0/4	0/4	0	0/4	0/4	0/4	0/4	0	0	0	0/4	mlo	
STH 8411	0	0/4	0/4	0/4	0/4	0	0/4	0/4	0/4	0/4	0	0	0	0	mlo	
STH 8511	0	0/4	0/4	0/4	0/4	0	0/4	0/4	0/4	0/4	0	0	0	0	mlo	
STH 8611	0	0/4	0/4	0/4	0/4	0	0/4	0	0/4	0/4	0	0	0	0/4	mlo	
STH 8711	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4	4	4	Mla12 + ?	
STH 8811	0	0	0/4	0	0/4	0	0/4	0/4	0	0/4	0	0/4	0/4	0	mlo	
STH 8911	0	0/4i4	0/4i4	0/4i4	4	0i4	0/4i4	4	0/4i4	0/4i4	0	0/4i4	0/4i4	0/4i4	Mix	



Obecność genów *Mla6* + *Mla14* stwierdzono w genomie czterech odmian. Odporność dwóch odmian uwarunkowana jest genem *Mlh* lub *Mlh* + ?. Trzy odmiany mają odporność warunkowaną przez nie znane geny. Jedna odmiana charakteryzowała się reakcją heterogeniczną na porażenie *B. graminis* f. sp. *hordei*. W trzech odmianach stwierdzono odporność warunkowaną przez dotąd nie opisane geny. Linia BKH 5735 ma gen *mlo* i inne nie zidentyfikowane.

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* + ?.

#### DYSKUSJA

Intensyfikacja rolnictwa spowodowała ujednolicenie 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*, *Mla6*, *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-tych do uprawy zaczęto wprowadzać wysoce odporne odmiany z recesywnym genem *mlo* i nowymi genami pochodzącymi z *Hordeum spontaneum* (Anonymous 2013a, Anonymous 2013b). 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 z 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, 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, Hackfrüchte. 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: 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. 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 increasing durability of diseases resistance in cereals. In: Arseniuk E., Góral T., Czembor P. C. (eds.) Plant Resistance to Diseases, Pests and Unfavorable 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 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., 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 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., 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.

