

HENRYK J. CZEMBOR

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Oporność na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) odmian jęczmienia włączonych do badań rejestrowych w Polsce w latach 2004–2006

Resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) in barley cultivars included in 2004–2006 in registration trials in Poland

Określono genetyczne uwarunkowania odporności na mączniaka (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) u 20 odmian jęczmienia ozimego i 55 jarego włączonych do badań rejestrowych w Polsce w latach 2004–2006. Badane odmiany ozime mają jeden lub więcej genów odporności związanych z locus *Mlra*, *Mla6*, *Mla7*, *Mla7(Ab)*, *MlSt*, *Ml(SI-1)*, *Mlh*, *Mlk* i 6 bliżej nieokreślonych. W odmianach jarych stwierdzono obecność genów *Mla1*, *Mla3*, *Mla7*, *Mla9*, *Mla12*, *Mla13*, *Mlg*, *MlLa*, *Ml(SI-1)*, *Ml(St)*, *Mlk*, *mlo* i pięć genów bliżej nieokreślonych. Na populację mączniaka występującą w Polsce odporne są tylko odmiany z genem *mlo* i *Ml(SI-1)*.

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

Genetic resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) of 20 cultivars of winter barley and of 55 cultivars of spring barley from Polish Registration trials 2004–2006 is presented. All the winter barley cultivars have one or more genes for resistance in loci *Mlra*, *Mla6*, *Mla7*, *Mla7(Ab)*, *MlSt*, *Ml(SI-1)*, *Mlh*, *Mlk*, and six unknown genes were detected. Twelve different resistance genes: *Mla1*, *Mla3*, *Mla7*, *Mla9*, *Mla12*, *Mla13*, *Mlg*, *MlLa*, *Ml(SI-1)*, *Ml(St)*, *Mlk*, *mlo* and five unknown genes were detected in spring varieties. Only cultivars with gene *mlo* and *Ml(SI-1)* have a high level of resistance to powdery mildew in Poland.

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

WPROWADZENIE

Mączniak prawdziwy powodowany przez *Blumeria graminis* D.C. f.sp. *hordei* (Marchal) jest jedną z ważniejszych chorób liści jęczmienia w Polsce. Choroba występuje z różnym nasileniem, co roku w całym kraju powodując straty w plonach (Gacek i in., 1996). W sprzyjających warunkach do rozwoju tej choroby straty w plonie ziarna mogą sięgać do 25%, przeciętnie wynoszą ok. 10% (Zwatz, 1987; Atzema, 1998). 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 produkcji odpowiednich fungicydów, uprawę odmian odpornych i 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 zróżnicowana pod względem genetycznego jej uwarunkowania jest jednym z ważniejszych elementów nowoczesnej proekologicznej produkcji roślinnej. Znajomość genów odporności funkcjonujących w uprawianych odmianach jest konieczna do interpretacji współdziałania między populacją patogena a jego gospodarzem. Uwzględniając hipotezę Flora „gene-for-gene” można przez zakażenie 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 u nowych odmian jęczmienia przyjętych do badań rejestrowych w Polsce w latach 2004–2006, tak, aby w momencie wprowadzania ich do produkcji znane było ich genetycznie uwarunkowane spektrum odporności na mączniaka.

MATERIAŁ I METODY

Odmiany jęczmienia

Do badań wzięto 20 odmian jęczmienia ozimego (tab. 1) i 55 jarego (tab. 2) przyjętych do badań rejestrowych na lata 2004–2006 przez Centralny Ośrodek Badania Roślin Uprawnych (COBORU) w Słupi Wielkiej. Nasiona do badań otrzymano od hodowców poszczególnych odmian.

Tabela 1

Lista odmian jęczmienia ozimego włączona do badań COBORU w latach 2004–2006
List of winter barley cultivars included in 2004–2006 to COBORU registration trials (Najewski, 2005, 2006, 2007)

Odmiana — Cultivar	Kraj pochodzenia — Origin	Hodowca — Breeder
1	2	3
włączone do badań w roku 2004 — included to trials in 2004		
Barcelona	NL	Cebeco Seeds
BE 165899A (Maybrit)	DE	W. von Borries-Eckendorf
CWB 01-12 (Nickela)	SE	Svalof Weibull AB
LUE 1031-1	DE	Deutsche Saatverdelung
MAD 803	PL	PHR Tulce
Stephanie	FR	Secobra Rechesches
włączone do badań w roku 2005 — included to trials in 2005		
Amarena	FR	Saaten Union Recherche
BE 141601 (Scarpia)	DE	W. von Borries-Eckendorf
BKH 2904	PL	HR Smolice
GW 2297	DE	Nordsaat
LEU 1040 (Epoque)	DE	Deutsche Saatverdelung
LP 6-234 (Fridericus)	DE	Lochow-Petkus
POA 3574/92/1	PL	HR Szelejewo

1	2	3
włączone do badań w roku 2006 — included to trials in 2006		
BKH 9313	PL	HR Smolice
BKH 3008	PL	HR Smolice
BKH 4019	PL	HR Smolice
Laverda	FR	Saaten Union Recherche
LP 2-345	DE	Lochow-Petkus
NORD 20629/13	DE	Nordsaat
SUR 02/2632	FR	Saaten Union Recherche

Lista odmian jęczmienia jarego włączonych do badań COBORU w latach 2004–2006
List of spring barley cultivars included in 2004–2006 to COBORU registration trials (Najewski, 2004, 2005, 2006)

Odmiana Cultivar	Kraj Country	Hodowca Breeder	Odmiana Cultivar	Kraj Country	Hodowca Breeder	Odmiana Cultivar	Kraj Country	Hodowca Breeder
włączone do badań w roku 2004 included to trials in 2004			włączone do badań w roku 2005 included to trials in 2005			włączone do badań w roku 2006 included to trials in 2006		
BKH 4603	PL	HR Smolice	BKH 69	PL	HR Smolice	AC 00/767/5	DE	Ackermann
BKH 4703 (Basza)	PL	HR Smolice	BKH 84	PL	HR Smolice	BKH 2292	PL	HR Smolice
Cellar	UK	Syngenta Seeds	CSBC 3446- 1512 Nuevo	FR	RAGT 2n- S.A.S.	BKH 3091	PL	HR Smolice
CSBC 2432- 79 (Żeglarz)	FR	RAGT 2n-S.A.S.	Hadm 60917-99	DE	SW Seed Hadmersleben	CEBECO 0367	NL	Innoseeds B.V.
CSBC 2531- 1 (Toucan)	UK	RAGT Seeds	Hadm 64533	DE	SW Seed Hadmersleben	CEBECO 0374	NL	Innoseeds B.V.
HE 8621 B	CZ	Plant Select	LP 1036.5.00 Mercada	DE	Lochow-Petkus	CSBC 4061-1	FR	Innoseeds B.V.
LP 1124.8.98 (Tocada)	DE	Lochow-Petkus	MOB 5697/00	PL	HR Szelejewo	CSBC 4222-28 (Signora)	FR	Serasem
LP 1452.5.99 (Mauritia)	DE	Lochow-Petkus	NORD 01/2449 Beatrix	DE	Nordsaat	HE 9448	CZ	Plant Select
NAD 3803	PL	PHR Tulce	POB 12366/01	PL	MHR HBP Kraków	LP 1217.7.02	DE	Lochow-Petkus
RAH 3803	PL	HR Smolice	POB 8058/99	PL	MHR HBP Kraków	NORD 02/2338 (Marthe)	DE	Nordsaat
STH 4903	PL	HR Strzelce	RAH 255/01 Rubinek	PL	HR Smolice	PF 19004-51	DK	Pajbjerg
STH 5003	PL	HR Strzelce	SJ 8041	DK	Sejet Plantbreeding	RAH 79602	PL	HR Smolice
Kirsty	DE	Nodsaat Saatzzucht	STH 5404	PL	HR Strzelce	RAH 97102	PL	HR Smolice
NAD 3703 Nagradowicki	PL	PHR Tulce	STH 5504	PL	HR Strzelce	SJ 043114	DK	Sejet Plantbreeding
RAH 3703	PL	HR Smolice	STH 5604 (Skarb)	PL	HR Strzelce	STH 5905	PL	HR Strzelce
Frontier	DK	Sejet Plantbreeding	STH 5804	PL	HR Strzelce	STH 6005	PL	HR Strzelce
Simba	DK	Sejet Plantbreeding	SW 2808	SE	Svalof Weibull AB	STH 6105	PL	HR Strzelce
STH 5103	PL	HR Strzelce	Xanadu	DE	Nordsaat	STH 6205	PL	HR Strzelce
STH 5203	PL	HR Strzelce						

Izolaty różnicujące

W badaniach wykorzystano 14 izolatów *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* z kolekcji Pracowni Genetyki Stosowanej Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie (IHAR). Wybrane izolaty przechowywano i rozmnażano na podatnej odmianie Manchuria a ich patogeniczność określono na siewkach zestawu linii izogenicznych Pallas (Kolster i in., 1986) i dodatkowo na 9 odmianach z innymi genami od obecnych w serii Pallas (tab. 3).

Tabela 3

Reakcja różnicujących odmian jęczmienia na zakażenie 14 izolatami *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*
Reaction of differential set of barley varieties after inoculation with 14 isolates of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*

Odmiana Cultivar	Gen Gene	Izolat Isolate													
		3	4	9	12	13	17	24	24R	26	29	30	31	35	63
Pallas	<i>Mla8</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
P01	<i>Mla1</i>	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
P02	<i>Mla3</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0
P03	<i>Mla6, Mla14</i>	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0	0	4	4
P04	<i>Mla7, Mlk</i>	4	0	2	0	4	1	0	2	0	4	0	4	2	4
P04	<i>Mla7, ?</i>	4	0	2	0	4	0	0	4	0	4	1	4	4	4
P06	<i>Mla7, MlLG2</i>	4	0	0	0	4	0	0	4	0	2	4	4	4	4
P07	<i>Mla9, Mlk</i>	4	0	0	0	4	0	0	0	4	4	4	0	0	0
P08	<i>Mla9, Mlk</i>	4	0	0	0	4	0	0	0	4	4	4	0	0	0
P08	<i>Mla9</i>	4	0	0	0	4	0	4	0	4	4	4	0	0	0
P09	<i>Mla10, MlDu2</i>	4	0	4	0	4	0	0	0	4	4	4	4	0	4
P10	<i>Mla12</i>	4	0	4	0	0	2	0	0	0	4	4	4	2	4
P11	<i>Mla13, MlRu3</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4	4	4
P12	<i>Mla22</i>	0	4	0	0	0	4	4	4	0	4	0	4	4	0
P13	<i>Mla23</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P14	<i>Mlra</i>	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4
P15	<i>MlRu2</i>	4	2	4	4	2	3	2	4	2	4	4	4	2	2
P17	<i>Mlk</i>	4	2	2	2	4	0	2	2	4	4	0	4	0	4
P18	<i>Mlnn</i>	4	4	2	4	4	2	4	2	4	4	4	4	4	4
P19	<i>Mlp</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
P20	<i>Mlat</i>	2	4	2	2	4	2	2	2	2	2	4	2	2	2
P21	<i>Mlg</i>	4	0	0	0	0	0	0	4	4	4	4	4	4	4
P22	<i>Mlo</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>MlLa</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
P24	<i>Mlh</i>	4	0	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Benedicte	<i>Mla9, MlIM9</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	4	4
Lenka	<i>Mla13, MlAb</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	4
Gunar	<i>Mla3, MlTu2</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Steffi	<i>MlSt1</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	4
Kredit	<i>MlKr</i>	0	0	1	0	1	0	1	0	4	2	4	4	4	4
Jarek	<i>MlI192, ?</i>	0	4	4	4	4	2	4	4	4	2	4	4	4	4
Triumph	<i>Mla7, MlAb</i>	0	4	0	4	0	4	0	4	4	4	4	4	4	4
Borwina	<i>Ml(Bw)</i>	3	2	4	4	2	3	2	4	2	2	4	4	2	3
Peggy	<i>Ml(Sl-1)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0

Ocena odporności

Doświadczenia infekcyjne prowadzono w szklarni IHAR w Radzikowie w okresie od października 2005 do kwietnia 2007. Reakcję badanych odmian na zakażenie poszczegól-

nymi izolatami oceniano na kilkunastu siewkach w stadium pierwszego liścia oraz odmianie Manchuria, kontrolnej dla podatności. Siewki testowanych roślin uprawiano w warunkach niezbędnego sztucznego doświetlenia dla szesnastogodzinnego dnia przy temperaturach w granicach 16–22°C. Inokulacji siewek dokonywano przez strząsanie nad nimi zarodników konidialnych z roślin porażonych wybranym izolatem. Po 8–10 dniach od inokulacji oceniano reakcję roślin w pięciostopniowej skali Mainsa i Dietza uzupełnionej o stopień 0(4) charakteryzujący reakcję odmian z genem *mlo* (za Czembor i Czembor, 2001). Rośliny o reakcji 0–2 klasyfikowano, jako odporne, 3–4 jako podatne, a 0(4) jako efekt obecności genu *mlo*.

Postulowanie genów odporności

Hipotezę o obecności w badanej odmianie specyficznego genu odporności sprawdzano na podstawie porównania jej reakcji z reakcją odmian różnicujących na zakażenie zestawem izolatów o znanym spektrum wirulencji. Identyfikacji genów odporności dokonywano przez eliminację genów odporności nieobecnych w badanej odmianie. Dalsze postępowanie polegało na określeniu obecności możliwych genów odporności zgodnych z hipotezą genu dla genu. W przypadku, kiedy obserwowano porównywalną reakcję (ocena 3 i 4) na zakażenie danym izolatem można było przyjąć, że badana odmiana nie ma genów odporności, dla których użyty izolat był awirulentny. Natomiast w przypadku niezgodnej reakcji (ocena 0–2) na zakażenie izolatem mającym tylko jeden gen awirulencji w stosunku do pozostałych możliwych genów odporności oznaczało to możliwość obecności w badanej odmianie postulowanego genu odporności (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, że jednaście z 20 ocenianych odmian jęczmienia ozimego ma co najmniej po jednym genie odporności, osiem po dwa, a jedna jest podatna na wszystkie znane patotypy *B. graminis* f.sp. *hordei* występujące w Polsce (Gacek i in., 2004; Czembor i Czembor, 2004) (tab. 4). Z porównania wyników oceny porażenia odmian różnicujących (tab. 3) z ocenami badanych odmian (tab. 4) można wnioskować, że ich odporność może być uwarunkowana pojedynczym genem głównym, odpowiednio: *Mlra*, *MISt*, *Mlh*, *MI(Bw)*, *MI(SI-1)*, *Mla7(Ab)* i bliżej nieoznaczonymi genami lub dwoma genami, odpowiednio: *MI(Bw)+Mlk*, *Mla7+* bliżej nieoznaczony, *Mla6+MI(Bw)*, *Mla6+MISt*, *Mlra+MI(Bw)*, *MISt+* bliżej nieoznaczony.

Wśród 55 badanych odmian jęczmienia jarego, 38 ma co najmniej jeden gen, 15 ma dwa, a 1 jest heterogeniczna pod względem genetycznego uwarunkowania odporności na użyte w badaniach izolaty *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* (tab. 5). W badanych odmianach jęczmienia jarego stwierdzono funkcjonowanie dwunastu różnych genów, które są obecne pojedynczo lub podwójnie w różnych kombinacjach (tab. 5). Gen recesywny *mlo* jest w dwudziestu sześciu odmianach; *MISt* w sześciu; *Mla13*, *Mlg* w czterech; *Mla1*, *Mla12* w trzech; *Mla3*, *Mla9*, *MILa*, *Mlk*, *MI(SI-1)* w dwóch; *Mla7* w jednej. Odmiana HE 9448 była podatna na wszystkie użyte w badaniach izolaty.

Tabela 4

**Reakcja odmian jęczmienia ozimego przyjętych do badań w latach 2004–2006 na zakażenie 14
izolatami *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*
Reaction of winter barley varieties admitted to investigation in 2004–2006 after inoculation with 14
isolates of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei***

Odmiana Cultivar	Kraj Country	Izolat Isolate													Postulowany gen Postulated gene	
		3	4	9	12	13	17	24	24R	26	29	30	31	35		63
Barcelona	NL	4	0	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	0	4	<i>Mlra</i>
BE 165899A (Maybrit)	DE	4	3	4	4	4	0	2	2	2	2	0	3	2	3	<i>Ml(Bw) + Mlk</i>
CWB 01-12 (Nickela)	SE	4	0	2	0	4	0	0	4	0	2	0	4	0	4	<i>Mla7 + ?</i>
LUE 1031-1	DE	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	4	<i>MlSt</i>
MAD 803	PL	4	0	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	0	4	<i>Mlra</i>
Stephanie	FR	0	0	0	0	0	2	0	4	0	0	0	0	0	4	<i>Mla6 + Ml(Bw)</i>
Amarena	FR	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	<i>Mla6 + MlSt</i>
BE 141601 (Scarpia)	DE	4	0	2	4	4	2	2	2	2	2	0	2	0	4	<i>Mlra + Ml(Bw)</i>
BKH 2904	PL	4	0	4	1	4	4	4	4	3	2	3	3	4	4	<i>Mlh</i>
GW 2297	DE	2	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	4	<i>MlSt + ?</i>
LEU 1040 (Epoque)	DE	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4	<i>MlSt + ?</i>
LP 6-234 (Fridericus)	DE	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4	<i>MlSt + ?</i>
POA 3574/92/1	PL	4	2	4	3	2	3	2	4	2	2	4	4	2	3	<i>Ml(Bw)</i>
BKH 9313	PL	3	2	4	4	2	3	2	4	2	2	4	4	2	3	<i>Ml(Bw)</i>
BKH 3008	PL	4	0	4	0	2	4	3	2	2	4	2	4	4	4	<i>Mlh</i>
BKH 4019	PL	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	2	4	?
Laverda	FR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	<i>Ml(SI-1)</i>
LP 2-345	DE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	podatna, susceptible
NORD 20629/13	DE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	?
SUR 02/2632	FR	0	4	0	4	0	4	2	4	4	4	4	4	4	4	<i>Mla7(Ab)</i>

DYSKUSJA

We współczesnym rolnictwie uprawia się na dużą skalę podobne pod względem genetycznym odmiany i wciąż w praktyce stosuje się wysokie nawożenie azotem by uzyskać wysokie plony (Wolfe, 1984; Nieróbca i in., 2003). Uprawa mało zróżnicowanych genetycznie odmian sprzyja szybkiemu rozprzestrzenianiu się chorób. W celu ograniczenia strat w plonach stosuje się fungicydy i wprowadza do produkcji nowe odmiany odporne na najważniejsze patogeny. Przyszłe technologie uprawy jęczmienia będą musiały 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).

Wiele genów specyficznej odporności wykorzystano w hodowli odmian komercyjnych jęczmienia. Spośród 33 najpowszechniej wykorzystywanych genów, 28 jest ściśle ze sobą sprzężonych lub ma charakter alleliczny (Jorgenson, 1994). Prezentowane w tej pracy wyniki wskazują na znaczący przyrost udziału w doświadczeniach rejestrowych odmian jęczmienia jarego o odporności uwarunkowanej genem *mlo* (tab. 5) w porównaniu do lat wcześniejszych, kiedy to przeważały odmiany z genami z serii alleli *Mla* (Czembor 2004, 2005). Tak duża liczba genów allelicznych, a dotyczy to przede wszystkim *locus Mla*, stanowi poważne ograniczenie w łączeniu ich w jednym genomie nowych odmian.

Tabela 5

Reakcja odmian jęczmienia jarego przyjętych do badań w 2004–2006 na zakażenie 14 izolatami
Blumeria graminis f. sp. *hordei*
 Reaction of spring barley varieties admitted to investigation in 2004 - 2006 after inoculation of 14
 isolates of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*

Odmiana — Cultivar	Kraj Country	Izolat — Isolate														Postulowany gen Postulated gene	
		3	4	9	12	13	17	24	24R	26	29	30	31	35	63		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
BKH 4603	PL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	0(4)	<i>mlo</i>	
BKH 4703 (Basza)	PL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	0(4)	<i>mlo</i>	
Cellar	UK	0(4)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>mlo</i>	
CSBC 2432-79 (Żeglarz)	FR	0(4)	0	0(4)	0	0	0(4)	0	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	<i>mlo</i>	
CSBC 2531-1 (Toucan)	UK	0(4)	0	0(4)	0	0	0(4)	0	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	<i>mlo</i>	
HE 8805	CZ	0(4)	0	0(4)	0	0	0(4)	0	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	<i>mlo</i>	
Kirsty	DE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	<i>mlo</i>	
LP 1124.8.98 (Tocada)	DE	4	0	4	0	0	0	0	0	0	4	2	4	1	4	<i>Mla12 + ?</i>	
LP 1452.5.99 (Mauritia)	DE	4	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4	0	4	<i>Mla13 + MLLa</i>	
NAD 3703 Nagradowicki	PL	0(4)	0	0(4)	0	0	0(4)	0	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	<i>mlo</i>	
NAD 3803	PL	0(4)	0	0(4)	0	0	0(4)	0	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	<i>mlo</i>	
RAH 3703	PL	0(4)	0	0(4)	0	0	0(4)	0	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	<i>mlo</i>	
RAH 3803	PL	0(4)	0	0(4)	0	0	0(4)	0	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	<i>mlo</i>	
SJ 4210 (Frontier)	DK	4	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	<i>Mla1</i>	
SJ 991771 (Simba)	DK	0	0	0(4)	0	0	0	0(4)	0	0	0(4)	0	0	0	0(4)	<i>mlo</i>	
STH 4903	PL	4	0	0	i4	0	0	0	0	0	0	i4	0	i4	4	<i>mix</i>	
STH 5003	PL	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	<i>MISt</i>	
STH 5103	PL	4	0	0	0	0	0	0	4	4	4	3	4	4	4	<i>Mlg</i>	
STH 5203	PL	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	<i>Mla9 + IM9</i>	
BKH 69	PL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	<i>MI(SI-1)</i>	
BKH 84	PL	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)	<i>mlo</i>	
CSBC 3446-1512 Nuevo	FR	0(4)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	<i>mlo</i>
Hadm 60917-99	DE	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4	0	4	<i>Mla13 + Mllk</i>	
Hadm 64533	DE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	0	0	0(4)	<i>Mlo</i>	
LP 1036.5.00 Mercada	DE	4	4	2	2	3	3	4	4	3	4	2	4	2	4	<i>MILa + ?</i>	
MOB 5697/00	PL	4	1	1	0	4	0	0	2	0	4	0	4	2	4	<i>Mla7,lk</i>	
NORD 01/2449 Beatrix	DE	4	0	4	0	0	2	0	0	0	4	4	4	2	4	<i>Mla12 + MLLa</i>	
POB 12366/01	PL	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	<i>Mla1 + Mlg</i>	
POB 8058/99	PL	0(4)	0	0	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	0	0(4)	0(4)	0(4)	<i>Mlo</i>	
RAH 255/01 Rubinek	PL	0(4)	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	0(4)	0(4)	0	0	<i>Mlo</i>	
SJ 8041 (Isabella)	DK	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0	2	<i>Mla3</i>	
STH 5404	PL	4	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	2	3	<i>MISt</i>	
STH 5504	PL	1	0	0	0	0	0	0	2	0	4	0	1	0	2	<i>Mla3</i>	
STH 5604 (Skarb)	PL	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	<i>Mla1 + Mlg</i>	
STH 5804	PL	4	2	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	<i>Mla1 + Mlg</i>	
SW 2808	SE	3	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	2	0	4	<i>Mla12 + ?</i>	
Xanadu	DE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	<i>Mlo</i>	
AC 00/767/5	DE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	0	0	<i>MI(SI-1)</i>	
BKH 2292	PL	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	<i>Mla13,Ab</i>	
BKH 3091	PL	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	<i>Mla13,Ab</i>	
CEBECO 0367	NL	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	4	<i>MISt</i>	
CEBECO 0374	NL	0(4)	0	0	0	0(4)	0	0	0(4)	0	0	0	0(4)	0(4)	0	<i>Mlo</i>	
CSBC 4061-1	FR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	0	0	<i>Mlo</i>	
CSBC 4222-28 (Signora)	FR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	0	0	<i>Mlo</i>	
HE 9448	CZ	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	podatna, susceptible	
LP 1217.7.02	DE	0(4)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	<i>Mlo</i>	
NORD 02/2338 (Marthe)	DE	0(4)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	<i>Mlo</i>	
PF 19004-51	DK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	2	0	2	<i>MISt</i>	
RAH 79602	PL	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	2	4	<i>Mla9,Im9</i>	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
RAH 97102	PL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	<i>Mlo</i>
SJ 043114	DK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	<i>mlo</i>
STH 5905	PL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	0	0	<i>mlo</i>
STH 6005	PL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	?
STH 6105	PL	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	0	4	<i>MISt</i>
STH 6205	PL	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	<i>MISt + ?</i>

Jak dotąd, wszystkie geny związane z *locus* Mla po wprowadzeniu do nowych odmian, sukcesywnie po jakimś czasie przestają być efektywne, ponieważ w populacji *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* pojawiają się patotypy wirulentne w stosunku do tych genów (Czembor, 1976; Wolfe i Schwarzbach, 1978; Czembor, 1981; Gacek i Czembor, 1988; Czembor i Czembor, 1998; Hovmoller i in., 2000; Czembor i Czembor, 2004). W celu zwiększenia trwałości odporności hodowcy dążą do większego zróżnicowania materiałów wyjściowych do hodowli, wprowadzania większej liczby genów odporności do tworzących odmian oraz wykorzystania genów warunkujących częściową odporność. Rolnicy również mogą w znacznym stopniu zwiększyć stabilność odporności przez właściwy z punktu widzenia zdrowotności dobór odmian, przestrzenne zróżnicowanie uprawy odmian o różnym uwarunkowaniu genetycznym odporności oraz w przypadku jęczmienia pastewnego uprawę mieszanek odpowiednio dobranych odmian (Czembor i Gacek, 1990; Gacek i in., 1996; Finckh i in., 1999).

W populacji mączniaka w Polsce występują z różnym nasileniem patotypy wirulentne w stosunku do wszystkich genów obecnych w zarejestrowanych w Polsce odmianach za wyjątkiem genu *mlo* (Czembor i Czembor, 2004; Gacek i in., 2004). W sześciu odmianach jęczmienia jarego obecny jest recesywny gen *mlo* (tab. 5). 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). Odporność warunkowana genem *mlo* jest unikalną, monogeniczną i rasowo niespecyficzną odpornością. U pierwszych odmian komercyjnych z genem *mlo* występował dość duży efekt plejotropowego działania tego genu objawiający się nekrotyczną plamistością liści. Cechę tę stosunkowo szybko wyeliminowano w procesie selekcji i obecnie obserwuje się intensywny wzrost wykorzystywania tego typu odporności w polskiej i europejskiej hodowli. W ostatnich kilku latach w krajach UE w produkcji jest od 20–30% odmian jęczmienia jarego z genem *mlo* (Jorgensen, 1994; Atzema, 1998; Czembor i Czembor, 2001, Anonymous, 2003, 2003a). W Polsce, w roku 2008 na liście odmian roślin rolniczych znajduje się 46 odmian jęczmienia jarego, w tym 20 z genem *mlo* (Anonymous, 2008).

Zarówno w zestawie badanych odmian jarych, jak i ozimych stwierdzono występowanie wcześniej nienotowanego w Polsce genu *Ml(SI-1)* warunkującego wysoką odporność na porażenie przez *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* (tab. 4 i 5). Gen *Ml(SI-1)* i kilka innych pochodzących z *Hordeum spontaneum*: *Mlf*, *Mlt*, *Ml(1-B-53)*, *Ml(WI-1)* i *Ml(WI-7)*, to nowe geny wprowadzone do hodowli niemieckiej w latach 90. w stosunku, do których nie

stwierdzono izolatów wirulentnych w populacji *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* (Anonymous, 2007)

WNIOSKI

1. 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. 2003. Bundessortenamt, Beschreibende Sortenliste 2003, Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen, Hackfrüchte. Deutscher Landwirtschaft. GmbH: 40 — 42.
- Anonymous. 2003 a. Lista odmian roślin rolniczych 2003. COBORU, Słupia Wielka: 78 — 79.
- Anonymous. 2007. Bundessortenamt, Beschreibende Sortenliste 2007, Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen, Hackfrüchte. Deutscher Landwirtschaft. GmbH: 45 — 47.
- Anonymous. 2008. Lista Odmian Roślin Rolniczych. COBO 28/2008 n. 1300: 40 — 41.
- Atzema J. L. 1998. Durability of *Mlo* resistance to barley against powdery mildew caused by *Erysiphe graminis* f.sp. *hordei*. Ph. D. thesis, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland.
- 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. 1976. Źródła odporności na mączniaka jęczmienia *Erysiphe graminis* f.sp. *hordei*. Biul. IHAR t. 20, z. 5: 466 — 490.
- Czembor H. J. 1981. Rasy fizjologiczne mączniaka jęczmienia (*Erysiphe graminis* DC ex Merat f.sp. *hordei* Marchal) występujące w Polsce w latach 1975–1979. Biul. IHAR 25, z. 5/6: 215 — 226.
- Czembor H. J. 2004. Odporność odmian jęczmienia na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) włączonych do badań rejestrowych w Polsce w 2002 roku. Biul. IHAR 233: 117 — 125.
- Czembor H. J. 2005. Odporność odmian jęczmienia włączonych do badań rejestrowych w Polsce w 2003 roku na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*). Biul. IHAR 235: 181 — 189.
- Czembor J. H., Czembor H. J. 1998. Powdery mildew resistance in cultivars of spring barley from Polish Register. Plant Breeding and Seed Science 42 (2): 87 — 99.
- 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., 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 flaxes 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. 1988. Analiza ilościowa struktury populacji mączniaka jęczmienia (*Erysiphe graminis* f.sp. *hordei*). Biul. IHAR 167: 13 — 19.

- 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. *Ann. 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., Skinnis 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. *Ann. 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.
- Najewski A. 2005. Jęczmień ozimy. Synteza wyników doświadczeń rejestrowych. 2004. *COBORU. Z.* 38: 46 — 57.
- Najewski A. 2006. Jęczmień ozimy. Synteza wyników doświadczeń rejestrowych. 2005. *COBORU. Z.* 48: 46 — 57.
- Najewski A. 2007. Jęczmień ozimy. Synteza wyników doświadczeń rejestrowych. 2006. *COBORU. Z.* 56: 64 — 75.
- Najewski A. 2004. Jęczmień jary. Synteza wyników doświadczeń rejestrowych. *Zboża jare, 2004. COBORU. Z.* 32: 21 — 40.
- Najewski A. 2005. Jęczmień jary. Synteza wyników doświadczeń rejestrowych. *Zboża jare, 2005. COBORU. Z.* 39: 22 — 39.
- Najewski A. 2006. Jęczmień jary. Synteza wyników doświadczeń rejestrowych. *Zboża jare, 2006. COBORU. Z.* 46: 23 — 38.
- McDonald B., Linde C. 2002. Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance. *Ann. Rev. Phytopath.* 40: 349 — 379.
- Nieróbcza 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.
- Wolfe M. S., Schwarzbach E. 1978. The recent history of the evolution of barley powdery mildew in Europe. In: *The powdery Mildews*, Spencer D. M., Academic Press, London, New York and San Francisco: 129 — 157.
- Zwatz B. 1987. Analyse der Resistenzfaktoren und Virulenzfaktoren im Wirt-Parasit-System Sommergerstensorten und Mehltau (*Erysiphe graminis* D.C. f.sp. *hordei*) in Österreich. *Die Bodenkultur* 38: 341 — 349.