

HENRYK J. CZEMBOR

JERZY H. CZEMBOR

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Chorobotwórczość mączniaka prawdziwego jęczmienia (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) w Polsce w roku 2000

Pathogenicity of barley powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) in Poland in 2000

Badano chorobotwórczość mączniaka prawdziwego jęczmienia (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) w Polsce w roku 2000. W badaniach wykorzystano porażone mączniakiem próbki liści odmiany podatnej Manchuria zebrane w 12 miejscowościach. Z próbek liści z każdej miejscowości izolowano 20 kultur jednozarodnikowych. Wirulencję poszczególnych izolatów jednozarodnikowych określano na podstawie reakcji odpornościowej na zestawie 32 odmian różnicujących. Najwyższą frekwencję występowania wykazały wirulencje *Vg* + *CP* (99,0%), *Va7* + *Ab* (99,5%), *Vh* (99,5%), *V(La)* (100%), *V(Ru2)* (100%), *V(Bo)* (98%), *Vra* (100%), *V(Kr)* + ? (90%). Wirulencjami, które występowały z niskimi frekwencjami (do 50%) były: *Va1* + ? (37%), *V(St1)* + *St2* (29%), *Vat* (47%), *Va9* + *k* (41,5%), *Va3* (40,5%), *Va22* (47%), *Va7* + *k* + ? (42,5%) i *Vp* (0,5%). Nie stwierdzono występowania genów wirulencji *Va23* i *Vo5*. Odnotowano duże oddziaływanie populacji *B. graminis* f. sp. *hordei* z krajów sąsiednich na częstotliwość występowania takich wirulencji jak: *V(Bo)* i *V(La)*. Wirulencje *Mla1*, *Mla3*, *V(St1)* + *St2*, *Va1* i *Va3* + *Tu2* występowały w populacji mączniaka w Polsce, pomimo że w roku 2000 nie uprawiano w Polsce odmian z korespondującymi genami odporności.

Słowa kluczowe: analiza wirulencji, *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*, jęczmień, patogeniczność

Pathogenicity of barley powdery mildew (*B. graminis* f. sp. *hordei*) was investigated in Poland in 2000. In this investigation leaf samples of susceptible cultivar Manchuria, infected by powdery mildew collected in 12 locations, were used. From leaf samples collected in each location 20 single — spore isolates were obtained. Virulence of specific single — spore isolates was determined based on their resistance reaction on 32 differential cultivars. Virulences *Vg* + *CP* (99.0%), *Va7* + *Ab* (99.5%), *Vh* (99.5%), *V(La)* (100%), *V(Ru2)* (100%), *V(Bo)* (98%), *Vra* (100%), *V(Kr)* + ? (90%) were present in Poland in 2000 with frequency more than 90%. Virulences which were present with low frequency (below 50%) were: *Va1* + ? (37%), *V(St1)* + *St2* (29%), *Vat* (47%), *Va9* + *k* (41.5%), *Va3* (40.5%), *Va22* (47%), *Va7* + *k* + ? (42.5%) and *Vp* (0.5%). Virulences *Va23* and *Vo5* were not present. In 2000 the strong influence of population of *B. graminis* f. sp. *hordei* from neighbouring countries was observed on *V(Bo)* and *V(La)* frequencies. Virulences *Va3*, *V(St1)* + *St2*, *Va1* and *Va3* + *Tu2* were present in population of barley powdery mildew in Poland in spite of their corresponding resistances have not been used in cultivars grown in Poland in 2000.

Key words: barley, *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*, pathogenicity, virulence analysis

WSTĘP

W Europie Środkowej, włączając Polskę, mączniak prawdziwy, *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*, jest jedną z najgroźniejszych chorób jęczmienia (*Hordeum vulgare* L.). Choroba ta powoduje straty plonu ziarna jęczmienia średnio rocznie ok. 10% (Zwatz, 1987; Schally i in., 1995). Występowanie tej choroby prowadzi do zmniejszenia masy tysiąca ziaren i zwiększenie w nich zawartości białka, co istotnie pogarsza jakość ziarna przeznaczonego na cele browarne (Balkema-Boomstra i Masterbroek, 1995).

Występowanie mączniaka na plantacjach jęczmienia można ograniczyć poprzez tzw. metodę ochrony integrowanej, stanowiącą kombinację ochrony chemicznej (zastosowanie fungicydów) oraz ochronę genetyczną (uprawa odmian odpornych) (Czembor, 1983; Gacek i Czembor, 1983, 1984; Czembor i Gacek, 1987, 1995; Gacek, 1998; Nieróbca i in., 2003). Metoda ochrony genetycznej (hodowla odpornościowa) polega na właściwym doborze źródeł odporności na mączniaka w zależności od struktury genetycznej populacji mączniaka jęczmienia w Polsce. Badania struktury i dynamiki zmian frekwencji genów patogeniczności były prowadzone w Polsce od końca lat 50. ubiegłego wieku (Ralski i Mikołajewicz, 1958, 1969, Czembor, 1976, 1981, Czembor i Kudła, 1984, Gacek, 1983, 1987, 1990, Gacek i Czembor, 1993). Przez pierwsze kilkadziesiąt lat chrobotwórczość *B. graminis* f. sp. *hordei* badano w Polsce w sposób jakościowy poprzez identyfikację ras fizjologicznych (Mains i Dietz, 1930; Honecker, 1934). W latach 90. ubiegłego wieku wprowadzono do badań chrobotwórczości *B. graminis* f. sp. *hordei* tzw. ilościową metodę analiz wirulencji zaproponowaną przez Wolfa i Schwarzbacha (1975). W metodzie tej frekwencje poszczególnych wirulencji są określane na podstawie kolonii mączniaka (typ infekcji 3–4) na pierwszym liściu siewek odmian z różnymi genami odporności w stosunku do podatnej odmiany kontrolnej (Gacek i Czembor, 1988, 1995; Gacek, 1990).

Celem przedstawionej pracy było określenie frekwencji wirulencji w populacji *B. graminis* f. sp. *hordei* na terenie Polski w roku 2000.

MATERIAŁ I METODY

Do określenia frekwencji wirulencji *B. graminis* f. sp. *hordei* w Polsce w roku 2000 wykorzystano próbki liści odmiany podatnej Manchurian wysianej w 12 miejscowościach na poletkach 10 m² w izolacji przestrzennej ok. 500 m od innych plantacji jęczmienia (rys. 1). Z próbek liści, z każdej miejscowości izolowano 20 kultur jednozarodnikowych. Wirulencję poszczególnych izolatów jednozarodnikowych określano na podstawie reakcji odpornościowej na zestawie 32 odmian różnicujących (tab. 1). Typ infekcji 4 (Mains i Dietz, 1930) stanowi granicę między wirulencją i awirulencją niezależnie od nasilenia infekcji i intensywności zarodnikowania. Frekwencje poszczególnych wirulencji były określane na podstawie kolonii mączniaka (typ infekcji 3–4) na pierwszym liściu siewek zestawu różnicującego w stosunku do podatnej odmiany kontrolnej Manchurian.



Rys. 1. Polska — miejscowości zbioru próbek mączniaka prawdziwego *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*
 Fig. 1. Poland — locations of barley powdery mildew sampling

Tabela 1

Charakterystyka odporności odmian testowych na mączniaka
Characteristics of resistance of tests cultivars for powdery mildew

Lp. No.	Odmiana Cultivar	Odporność Resistance	Kod Code	Geny odporności Resistance gene(s)	Wirulencja Virulence	Pochodzenie Origin
1	P1	Algerian	Al	<i>Mla1</i>	Va1	Algerian
2	P2	Ricardo	Ri	<i>Mla3</i>	Va3	Ricardo
3	P3	Spontaneum	Sp	<i>Mla6, Mla14</i>	Va6	Franger
4	P4A	Lyallpur, Kwan	Ly, Kw	<i>Mla7, Mlk, +?</i>	Va7 + k	Heine 4808
5	P4B	Lyallpur,	Ly, ...	<i>Mla7, +?</i>	Va7, +?	Heine 4808
6	P6	Lyallpur, Long Glumes	Ly, LG	<i>Mla7, MlLG2</i>	Va7	Multan
7	P7	Monte Cristo, Kwan	MC, Kw	<i>Mla9, Mlk</i>	Va9 + k	Monte Cristo
8	P8A	Monte Cristo, Kwan	MC, Kw	<i>Mla9, Mlk</i>	Va9 + k	Triple Awn Lemma
9	P8B	Monte Cristo	MC	<i>Mla9</i>	Va9	Triple Awn Lemma
10	P9	Durani	Du	<i>Mla10, MlDu2</i>	Va10 + DU2	Durani
11	P10	Arabische	Ar	<i>Mla12</i>	Va12	Arabische
12	P11	Rupée	Ru	<i>Mla13, MlRu3</i>	Va13	Rupée
13	P12			<i>Mla22</i>	Va22	Hor 1657
14	P13			<i>Mla23</i>	Va23	Hor 1657
15	P14	Ragusa	Ra	<i>Mlra</i>	Vra	Weihenstephan 41/154
16	P15	Rupée		<i>Ml(Ru2)</i>	V(Ru2)	Rupée
17	P17	Kwan	Kw	<i>Mlk</i>	Vk	Monte Cristo
18	P18			<i>MlInn</i>	Vnn	Nigrinudum
19	P19			<i>Mlp</i>	Vp	Psaknon
20	P20			<i>Mlat</i>	Vat	Coast, Atlas
21	P21	Weihenstephan	We	<i>Mlg, Ml(CP)</i>	Vg	Weihenstephan MR II
22	P22	Mlo	Mlo	<i>mlo5</i>	Vo	Mut. in Carlsberg II
23	P23	Laevigatum	La	<i>Ml(La)</i>	V(La)	H. Laevigatum
24	P24	Hauters	Ha	<i>Mlh</i>	Vh	Hanna
25	Benedicte	Monte Cristo, Ingrid M9	MC, IM9	<i>Mla9, Ml(IM9)</i>	Va9 + IM9	Monte Cristo, Ingrid M9
26	Lenka	Rupée, Abyssinian	Ru, Ab	<i>Mla13, Ml(Ab)</i>	Va13 + Ab	
27	Gunnar	Ricardo, Turkish	Ri, Tu2	<i>Mla3, Ml(Tu2)</i>	Va3 + Tu2	
28	Steffi		St	<i>Ml(St1), Ml(St2)</i>	V(St1) + St2	Steffi
29	Kredit		Kr	<i>Ml(Kr)</i>	V(Kr)	Kredit
30	Jarek		Kr, ...	<i>Ml(Kr), +?</i>	V(Kr) +?	
31	Trumph	Lyallpur, Abyssinian	Ly, Ab	<i>Mla7, Ml(Ab)</i>	Va7 + Ab	
32	Borwina			<i>Ml(Bw)</i>	V(Bw)	Borwina
33	Manchuria	—				

Doświadczenia infekcyjne prowadzono w warunkach szklarniowych, w temperaturze 16°C–20°C i przy użyciu sztucznego doświetlania w cyklu dobowym — 16 h — dzień i 8 h — noc. Zastosowano komory foliowe zapewniające izolację i odpowiednie warunki wilgotnościowe dla rozwoju patogena. Zakażenia dokonywano przez strząsanie zarodników konidialnych z siewek odmiany podatnej. Ocenę objawów porażenia dokonywano 8–10 dni od chwili zakażenia.

WYNIKI

W roku 2000 w Polsce z ponad 90% frekwencją występowały wirulencje *Vg* + *CP* (99,0%), *Va7* + *Ab* (99,5%), *Vh* (99,5%), *V(La)* (100%), *V(Ru2)* (100%), *V(Bo)* (98%), *Vra* (100%), *V(Kr)* + ? (90%) (tab. 2). Wirulencje, które występowały z częstością w przedziale 70%–90% było: *Va6* + *a14* (70%), *Va12* (83%), *Va7* + ? (87,5%), *Va13* + *Ru3* (76%), *Va9* + *IM9* (84%), *Va13* + *Ab* (79,5%), *V(Kr)* (79,5%). W przedziale 50%–70% notowano wirulencje *Va9* (55,5%), *Va7* + *LG2* (67,5%), *Vnn* (55,5%), *Va10* + *Du2* (68%), *Vk* (61,5%). Wirulencjami, które występowały z najniższymi frekwencjami (do 50%) były: *Va1* + ? (37%), *V(St1)* + *St2* (29%), *Vat* (47%), *Va9* + *k* (41,5%), *Va3* (40,5%), *Va22* (47%), *Va7* + *k* + ? (42,5%) i *Vp* (0,5%). Nie stwierdzono występowania genów wirulencji *Va23* i *Vo5*. Wirulencje *Va8*, *Vra*, *V(Bw)*, *V(La)*, *Vh*, *V(Ru2)*, *Vg* + *CP*, *Va7* + *Ab* wykazywały najniższe zróżnicowanie w obecności (współczynnik zmienności *Cv* do 20%). Wirulencje *Va7* + *LG2*, *Va7* + *k* + ?, *Va3*, *Va9*, *Vnn*, *Vat*, *Va1* + ?, *V(St1)* + *St2* i *Va3* + *Tu2*, charakteryzowały się najwyższym zróżnicowaniem w frekwencji wirulencji (współczynnik zmienności *Cv* powyżej 50%).

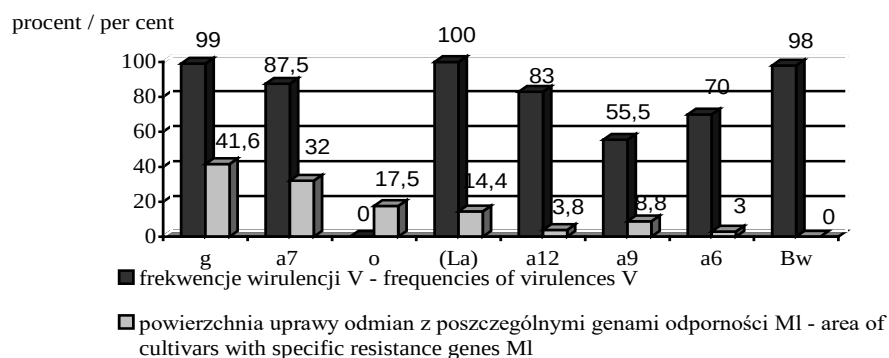
Tabela 2

Frekwencje wirulencji w poszczególnych miejscowościach
Virulence frequencies in the specified locations

Miejscowość Locations	Liczba badanych izolatów Number of tested isolates	Geny patogeniczności — a Pathogenicity genes — a																
		<i>Va8</i>	<i>Va1</i> , ?	<i>Va3</i>	<i>Va6</i> , <i>Va14</i>	<i>Va7</i> , <i>Vk</i> , ?	<i>Va7</i> , ?	<i>Va7</i> , <i>V(LG2)</i>	<i>Va9</i> , <i>Vk</i>	<i>Va9</i> , <i>Vk</i>	<i>Va9</i>	<i>Va10</i> , <i>V(Du2)</i>	<i>Va12</i>	<i>Va13</i> , <i>V(Ru3)</i>	<i>Va22</i>	<i>Va23</i>	<i>Vra</i>	<i>V(Ru2)</i>
Bąków	20	100	65	65	65	50	100	95	60	60	75	70	95	100	45	0	100	100
Grodkowo	20	100	50	65	65	60	100	85	60	65	85	75	85	95	55	0	100	100
Bonin	20	100	40	60	90	70	95	95	35	30	45	70	90	65	45	0	100	100
Jadwisin	20	100	0	0	5	0	0	5	0	0	0	90	10	5	0	0	100	100
Końce	20	100	20	45	70	5	95	95	55	55	55	70	85	95	60	0	100	100
Strzelce	20	100	65	45	60	75	85	75	30	30	35	75	85	55	70	0	100	100
Radzików	20	100	5	10	100	60	100	25	50	50	70	70	85	90	35	0	100	100
Borowo	20	100	20	65	85	0	100	25	20	20	25	30	95	90	75	0	100	100
Oleśnica	20	100	100	40	85	45	100	90	50	50	100	50	100	100	60	0	100	100
Mała	20	100	5	10	75	60	100	85	55	55	65	80	100	65	25	0	100	100
Zamarte	20	100	5	10	75	60	100	85	55	55	65	80	100	65	25	0	100	100
Srednia Mean		100	37	40,5	70	42,5	87,5	67,5	41,5	41,5	55,5	68	83	76	47	0	100	100
<i>Cv</i> (%)		0	88,8	62,3	37,4	69,3	35,6	51,7	47,9	49,9	54,0	24,6	31,8	39,2	47,9	0,0	0,0	0,0

Miejscowość Locations	Liczba badanych izolatów Number of tested isolates	Geny patogeniczności — a Pathogenicity genes — a															
		Vk	Vnn	Vp	Vat	Vg, V(CP)	Vo5	V(La)	Vh	Va9, V(IM9)	Va13, V(Ab)	Va3, V(Tu2)	V(St1), V(St2)	V(Kr)	V(Kr), ?	Va7, V(Ab)	V(Bo)
Baków	20	85	50	0	65	100	0	100	95	100	100	10	10	100	100	100	100
Grodkowo	20	55	50	0	55	100	0	100	100	100	95	15	50	100	100	100	100
Bonin	20	70	85	0	35	95	0	100	100	90	75	10	30	85	100	100	100
Jadwisin	20	5	95	0	0	100	0	100	100	5	5	0	5	5	100	95	100
Końce	20	65	65	0	30	100	0	100	100	85	95	5	10	95	95	100	100
Strzelce	20	70	0	0	60	95	0	100	100	80	80	5	65	55	20	100	100
Radzików	20	65	30	5	45	100	0	100	100	85	90	10	55	100	100	100	80
Borowo	20	70	90	0	55	100	0	100	100	95	90	5	20	85	90	100	100
Oleśnica	20	50	45	0	90	100	0	100	100	100	100	0	5	100	100	100	100
Mała	20	50	45	0	90	100	0	100	100	100	100	0	5	100	100	100	100
Zamarte	20	80	45	0	35	100	0	100	100	100	65	0	40	70	95	100	100
Średnia Mean		61,5	55,5	0,5	47	99	0	100	99,5	84	79,5	6	29	79,5	90	99,5	98
Cv (%)		36,4	52,8	-	51,4	2,1	0,0	0,0	1,6	34,2	35,9	86,1	77,0	38,0	27,6	1,6	6,5

Korespondującymi wirulencjami w stosunku do genów odporności w uprawianych odmianach jęczmienia w roku 2000 były Vg, Va7, Vo, V(La), Va12, Va9, Va6 i V(Bo) (rys. 2). Wszystkie te wirulencje, z wyjątkiem Vo, występowały z dużą częstotliwością, zwłaszcza wirulencje Vg, V(Bo) i V(La).



Rys. 2. Procent powierzchni upraw odmian jęczmienia z poszczególnymi genami odporności M1 oraz frekwencja korespondujących wirulencji V *B. graminis* f. sp. *hordei* w 2000 roku

Fig. 2. Area percentages for barley cultivars with specific resistance genes M1 and frequencies of the corresponding virulences V of *B. graminis* f. sp. *hordei* in 2000

DYSKUSJA

W celu właściwego doboru źródeł odporności w hodowli nowych odmian jęczmienia ważna jest wiedza o strukturze frekwencji genów wirulencji (Jørgensen, 1992, 1994; Czembor i Czembor, 1998, 1999). W roku 2000 korespondującymi wirulencjami w stosunku do genów odporności w uprawianych odmianach jęczmienia były: *Vg*, *Va7*, *Vo*, *V(La)*, *Va12*, *Va9*, *Va6* i *V(Bo)*. Odmiany z odpornością Weihenstephan — *We* (geny odporności *Mlg* + *CP*) były uprawiane podobnie jak w latach poprzednich na dużym obszarze kraju (41,6%), mimo że efektywność tej odporności jest bardzo niska ze względu na wysoki poziom frekwencji korespondującej wirulencji *Vg*. Odporność *We* wykorzystywana jest w hodowli nowych odmian już od lat 40-tych, a wynikiem tego jest występowanie frekwencji *Vg* na stałym i wysokim poziomie już w latach 80. (Gacek, 1990; Fischbeck, 2003).

Wyniki uzyskane w roku 2000 potwierdziły, że wirulencje *Va6* i *Va7*, podobnie jak *Vg*, mają utrwaloną wysoką frekwencję w populacjach *B. graminis* f. sp. *hordei* w Polsce (Gacek, 1990). Pomimo niskiej efektywności odporności korespondujących do *Va6* i *Va7*, w roku 2000 w Polsce były wciąż uprawiane odmiany z tymi odpornościami. Odporność *Lyallpur* (geny odporności *Mla7* + ?) występowała u odmian uprawianych na areale ok. 32% a odporność *Spontaneum* (geny *Mla6*, *Mla14*) na powierzchni ok. 3%. Innymi wirulencjami korespondującymi do genów odporności występujących w uprawianych odmianach jęczmienia w roku 2000 były: *V(La)*, *Vo*, *Va12*, *Va9*, *Va6* i *V(Bo)*. Wszystkie te wirulencje, z wyjątkiem *Vo*, występowały z dużą frekwencją, pomimo że powierzchnia uprawy odmian z korespondującymi genami odporności była niewielka. Brak ścisłej zależności między tymi frekwencjami, a powierzchnią uprawy na terenie Polski odmian z korespondującymi genami odporności wynika z oddziaływania populacji *B. graminis* f. sp. *hordei* z krajów sąsiednich. W Polsce przeważają wiatry wiejące z Zachodu, które w okresie wegetacji przenoszą dużą liczbę zarodników konidialnych *B. graminis* f. sp. *hordei* na plantacje jęczmienia w Polsce. Innymi czynnikami sprzyjającymi dużemu oddziaływaniu populacji *B. graminis* f. sp. *hordei* z krajów sąsiednich takich jak Niemcy, Czechy i Dania jest duży udział uprawy jęczmienia ozimego w tych krajach oraz wcześniej rozpoczynający się okres wegetacji (Limpert i Fischbeck, 1987; Gacek, 1990; Limpert i in., 1990, 1999).

Uzyskane wyniki potwierdziły wcześniejsze badania prowadzone przez Gacka (1990), że wirulencje *Va7* + *Ab*, *V(Ru2)*, *V(Bw)*, *Vra*, *Vh* i *V(Kr)* + ? występują w Polsce z dużą frekwencją, pomimo braku w uprawie odmian z korespondującymi odpornościami. Występowanie wirulencji *Vra* i *Vh* z częstością bliską 100% w populacji *B. graminis* f. sp. *hordei* w Polsce w 2000 roku można wytłumaczyć faktem, że korespondują one z odpornościami Ragusa (*Ra*) i Hauters (*Ha*), które były wykorzystywane w hodowli jęczmienia ozimego już od drugiej połowy lat 40. (Fischbeck, 2003). Dlatego wirulencje *Vra* i *Vh* mają utrwaloną wysoką frekwencję w populacjach *B. graminis* f. sp. *hordei* w Europie i w Polsce (Gacek, 1987, 1990; Limpert i Fischbeck, 1987; Limpert i in., 1990, 1999; Czembor i Czembor, 2001).

Ponieważ nie zaobserwowano korespondujących genów wirulencji w populacji *B. graminis* f. sp. *hordei* w 2000 roku w stosunku do genów *Mla23*, *Mlo* i *Mlp*, można stwierdzić, że należą one do najbardziej efektywnych genów odporności na terenie Polski. Szczególnie interesujący jest fakt ciągłego braku wirulencji korespondującej do odporności *Mlo*, pomimo że odmian z tą odpornością uprawiano w Polsce w roku 2000 około 17,5%. Odporność *Mlo* jest uważana za odporność trwałą, gdyż odmiany z tą odpornością są uprawiane w Europie od ponad 20 lat, a w Polsce od roku 1989 i nie zaobserwowano występowania w Europie wirulencji *Vo*, a jedynie opisano izolaty patogena z podwyższoną agresywnością w odniesieniu do tej odporności (Czembor i Czembor, 2003).

Stosunkowo niską frekwencję miały wirulencje *V(St1) + St2*, *Va1* i *Va3+ Tu2*. Wirulencje te występowały w populacji mączniaka, pomimo że w roku 2000 nie uprawiano w Polsce odmian z korespondującymi genami odporności. Występowanie tych wirulencji można tłumaczyć szeroką uprawą odmian z tymi genami, a zwłaszcza *Mla1* i *Mla3*, w wielu krajach Europy, głównie w Niemczech (Gacek, 1990; Fischbeck, 2003).

WNIOSKI

1. Metoda ilościowego badania chorobotwórczości populacji *B. graminis* f. sp. *hordei* umożliwiła określenie frekwencji najważniejszych wirulencji tego patogena w Polsce w roku 2000.
2. W populacji *B. graminis* f. sp. *hordei* w Polsce mogą wystąpić geny patogeniczności, dla których brak korespondujących genów odporności w aktualnie uprawianych odmianach.
3. Nie zaobserwowano korespondujących wirulencji w stosunku do genów odporności *Mlo*, *Mla23* i *Mlp*.

LITERATURA

- Balkema-Boomstra A. G., Masterbroek H. D. 1995. Effect of powdery mildew (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) on photosynthesis and grain yield of partial resistant genotypes of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Breed.* 114: 126 - 130.
- Czembor H. J. 1976. Źródła odporności na mączniak jęczmienia *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*. *Hod. Rośl. Aklim.* 5, 20: 467 — 490.
- Czembor H. J. 1981. Rasy fizjologiczne mączniaka jęczmienia (*Erysiphe graminis* f.sp. *hordei*) występujące w latach 1975—1979. *Hod. Roślin Aklim.* 25, 5/6: 215 — 226.
- Czembor H. J. 1983. Hodowla jęczmienia odpornego na choroby — stan badań i program. *Biul. IHAR* 150: 4 — 10.
- Czembor J. H., Czembor E. 2003. Odporność *Mlo* jęczmienia na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*). Cz. III. Trwałość odporności. (w druku).
- Czembor J. H., Czembor H. J. 1998. Powdery mildew resistance in cultivars of spring barley from Polish Register. *Plant Breed. Seed Sci.* 42 (2): 87 — 99.
- Czembor J. H., Czembor H. J. 1999. Powdery mildew resistance in cultivars of winter barley from Polish Register. *Plant Breed. Seed Sci.* 43 (1): 65 — 75.
- 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 Breed. Seed Sci.* 45(1): 19 — 28.
- Czembor H. J., Gacek E. 1987. Badania nad sposobami zwiększenia trwałości odporności genetycznej jęczmienia na mączniak i inne choroby. *Biul. IHAR* 163: 25—32

- Czembor H. J., Gacek E. 1995. Systemy zwiększania trwałości odporności odmian na choroby w hodowli i uprawie zbóż. W: 2-gie Krajowe Sympozjum "Odporność Roślin na Choroby, Szkodniki i Niesprzyjające Czynniki Środowiska", 12–14 wrzesień: 39 — 48.
- Czembor H. J., Kudła M. M. 1984. Rasy fizjologiczne mączniaka jęczmienia (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* Marchal) występujące w Polsce w latach 1980–1982. Hod. Rośl. Aklim. 28, 3/4: 219 — 230.
- Fischbeck G. 2003. Diversification through breeding. In: Diversity in Barley (*Hordeum vulgare*), R. von Bothmer, Th. van Hintum, H. Knüpfner i K. Sato (eds.), Elsevier Science B.V., Amsterdam, The Netherlands: 29 — 52.
- Gacek E. 1983. Analiza patogeniczności grzybów porażających jęczmień. Biul. IHAR 150: 11 — 19.
- Gacek E. 1987. Distribution of barley powdery mildew resistance and virulence in Poland in 1984–1986. In: Advances in Agricultural Biotechnology, M. S. Wolfe, E. Limpert (ed.), Martinus Nijhoff Publishers., Dordrecht, The Netherlands: 93 — 98.
- 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 — 49.
- Gacek E. 1998. Strategie wykorzystania odporności genetycznej w zwalczaniu chorób roślin uprawnych. Postępy w Ochronie Roślin: 38 (1): 44 — 49.
- Gacek E., Czembor H. J. 1983. Problem wykorzystania genetycznej odporności w hodowli i uprawie zbóż, ze szczególnym uwzględnieniem jęczmienia. Biul. IHAR 151: 37 — 45.
- Gacek E., Czembor H. J. 1984. Prawidłowe wykorzystanie genetycznej odporności jęczmienia na choroby. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 305: 163 — 170.
- 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. 1993. Evolution of barley powdery mildew population in Poland. Polnohospodarstvo — Bratislava 39: 373 — 379.
- Gacek E., Czembor H. J. 1995. Metody badań chorobotwórczości patogenów obligatoryjnych zbóż. W: 2-gie Krajowe Sympozjum "Odporność Roślin na Choroby, Szkodniki i Niesprzyjające Czynniki Środowiska", 12 — 14 wrzesień: 169 — 179.
- Honecker I. 1934. Über die Modifizierbarkeit des Befalles und als Auftreten verschiedener physiologischer Formen beim Mehltau der Gerste *Erysiphe graminis hordei* Marchal. Zeitschrift für Züchtung. A. Pflanzenzüchtung 19: 577 — 602.
- Jørgensen J. H. 1992. Durability of the resistance in the pathosystem: barley — powdery mildew. In: Proc. "Durability of Disease Resistance" Wageningen, The Netherlands: 159 — 176.
- Jørgensen J. H. 1994. Genetics of powdery mildew resistance in barley. Crit. Rev. Plant Sci. 13: 97 — 119.
- Limpert E., Fischbeck G. 1987. Distribution of virulence and of fungicide resistance in the European barley mildew population. In: Integrated Control of Cereal Mildews: Monitoring the pathogen, M.S. Wolfe, E. Limpert (ed.), Martinus Nijhoff Publishers., Dordrecht, The Netherlands: 9 — 30.
- Limpert E., Andrivon D., Knittel R., Fischbeck G. 1990. Barley mildew in Europe — patterns of the composition of the pathogen population during the period 1985–1988. Second European Workshop, Integrated Control of Cereal Mildew: Virulence Patterns and Their Change, Roskilde, Denmark, 23 — 25 January 1990, Abstr.:1.
- Mains F. B., Dietz S. M. 1930. Physiologic forms of barley mildew, *Erysiphe graminis hordei*, Marchal. Phytopathology 20: 229 — 299.
- Limpert E., Godet F., Muller K. 1999. Dispersal of cereal mildews across Europe. Agric. For. Meteorology 97: 293 — 308.
- Nieróbca A., Horoszkiewicz-Janka J., Czembor H. J. 2003. Ochrona roślin — ważny element technologii uprawy zbóż w UE. Pam. Puł. 132: 311 — 320.
- Ralski E., Mikołajewicz T. 1958. Z badań nad wrażliwością form jęczmienia na mączniaka właściwego. Hod. Rośl. Aklim. 2, 3: 313 — 332.
- Ralski E., Mikołajewicz T. 1969. Studia nad odpornością jęczmienia na mączniaka właściwego. Hod. Rośl. Aklim. 13, 5: 359 — 373.

- Schally H., Zedebrauer R., Zwatz B. 1995. Virulenzanalyse am Beispiel Sommergerste Mehltau in Österreich unter Nutzung der Kollektionssysteme Sporenfall und Pflanzendeposition. Pflanzenschutzberichte 55: 52 — 68.
- Wolfe M. S., Schwarzbach E. 1975. The use of virulence analysis in cereal mildews. Phytopathologische Zeitschrift 82: 297 — 307.
- Zwatz B. 1987. Analyse der Resistenzfaktoren und Virulenzfaktoren im Wirt-Parasit-System Sommergarste-Sorten und Mehltau (*Erysiphe graminis* DC. f. sp. *hordei*) in Österreich. Die Bodenkultur 38: 341 — 349.