

ALEKSANDRA PIETRUSIŃSKA**JERZY HENRYK CZEMBOR**

Pracownia Genetyki Stosowanej

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy w Radzikowie

Struktura wirulencji populacji *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* występującej na terenie Polski w latach 2012–2013*

Virulence structure of the *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* population occurring in Poland across 2012–2013

Badana kolekcja 50 izolatów *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* wyosobnionych z porażonych liści pszenicy reprezentowała populację tego patogena występującą na terenie Polski w latach 2012–2013. Izolaty charakteryzowały się zróżnicowanym stopniem wirulencji w stosunku do genów odporności obecnych w zestawie odmian i linii różnicujących. Wszystkie izolaty były awirulentne w stosunku do genów odporności *Pm21*, *Pm36* oraz *Pm37*. W stosunku do genu *Pm29* wirulentny był tylko 1 izolat, a w stosunku do kombinacji genów *Pm1+2+4b+9* wirulentne były tylko 2 izolaty. Ponad 90% izolatów było wirulentnych w stosunku do genu *Pm2*, *Pm5* i kombinacji genów *Pm2+4b+8*, *Pm2+6* i *Pm4b+5*. Wszystkie badane izolaty były wirulentne w stosunku do odmiany podatnej Nimbus, która była jednocześnie wzorcem we wszystkich testach odpornościowych oraz do genów *Pm6*, *Pm8*, i kombinacji genów *Pm5+8*, *Pm4b+8*. Większość z badanych izolatów, było wirulentnych do 16 genów odporności lub ich kombinacji jednocześnie oraz w stosunku do 17 genów odporności lub ich kombinacji jednocześnie (łącznie 16 izolatów). Żaden z badanych izolatów nie był wirulentny w stosunku tylko do jednego genu odporności oraz w stosunku do mniej niż 8 genów jednocześnie. Ponadto, żaden z testowanych izolatów nie był wirulentny w odniesieniu do więcej niż 20 genów odporności lub ich kombinacji jednocześnie.

Słowa kluczowe: *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*, geny odporności, pszenica ozima, struktura wirulencji

Collection of 50 isolates of *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* obtained from infected wheat leaves represented the population of this pathogen occurring in Poland in 2012–2013. Isolates were characterized by different level of virulence to the resistance genes present in the differential set of varieties and lines. All isolates were avirulent to the resistance genes *Pm21*, *Pm36* and *Pm37*. Only one isolate was virulent to the gene *Pm29* and 2 isolates to the combination of genes *Pm1+2+4b+9*.

* Praca badawcza dofinansowana z programu PB w PR MRiRW, temat 9

More than 90% of the isolates were virulent to the genes *Pm2* and *Pm5* and gene combinations *Pm2+4b+8+6* and *Pm2 Pm4b+5*. All isolates were virulent to the susceptible variety Nimbus, genes *Pm6* and *Pm8* and gene combinations *Pm5+8*, *Pm4b+8*. In total, 16 isolates were virulent to 16 genes or their combinations or to 17 resistance genes or a combination. None of them was avirulent only to one resistance gene, and none of them to less than 8 genes and to more than 20 genes, or their combinations. Moreover, none of the all isolates were avirulent to more than 20 resistance genes or their combination.

Key words: *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*, resistance genes, winter wheat, virulence structure

WSTĘP

Mączniak prawdziwy pszenicy, powodowany przez grzyba *Blumeria graminis* (DC.) E. O. Speer f. sp. *tritici* Em. Marchal (syn. *Erysiphe graminis* DC. E. O. f. sp. *tritici*), jest chorobą, która obok rdzy brunatnej, należy do najgroźniejszych chorób pszenicy ozimej. W latach sprzyjających rozwojowi tego grzyba straty w plonach mogą sięgać nawet do 50% (Conner i in., 2003; Tratwal i Jakubowska, 2004; Jańczak i Pawlak, 2006; Mwale i in., 2014). W latach 1991–2008 występował on we wszystkich regionach Polski. Średnia wieloletnia na przełomie tych lat wynosiła 25,6% porażonych źdźbeł pszenicy ozimej (Walczak i in., 2009). W Wielkopolsce w 2004 roku, na niektórych polach, dynamika rozwoju choroby miała charakter epidemii (Jańczak i Pawlak, 2006).

Najskuteczniejszą metodą ograniczenia strat w produkcji zbóż jest wprowadzanie do współcześnie uprawianych odmian wrażliwych genów odporności, które są efektywne w stosunku do populacji patogena występującej na danym obszarze (Heun, 1987; Czembor i in., 2013 a, 2013 b; Jorgensen i in., 2013). Jednak odporność warunkowana pojedynczymi genami może być szybko przełamana przez nowe wirulentne rasy grzyba *B. graminis* (Parks i in., 2008). Średnio następuje to w ciągu kilku do kilkunastu lat i zależy od wielkości arealu uprawy odmian z pojedynczymi genami odporności, występowania presji selekcyjnej na populację patogenu, zdolności reprodukcyjnych patogenu, możliwości szybkiego rozprzestrzeniania się nowych ras oraz sprzyjających warunków atmosferycznych (Vallaville-Pope i in., 2000). Wykorzystanie w uprawie odmian o zróżnicowanej odporności w sposób istotny ogranicza rozprzestrzenianie się nowych ras (Czembor i Gacek, 1990, 1995; Finckh i in., 2000).

Badania nad strukturą populacji *B. graminis* powinny być prowadzone w sposób ciągły, ponieważ umożliwiają wskazanie genów odporności, których efektywność nie została jeszcze przełamana. Geny te powinny być wykorzystywane w bieżących programach hodowlanych nowych odmian lub programach, których celem jest podwyższenie odporności odmian wyhodowanych wcześniej. Piramidowanie genów odporności jest ważną strategią w hodowli odpornościowej (Hsam i Zeller, 2002). Obecność w jednym genotypie wielu efektywnych genów odporności sprzyja większej trwałości odporności (Parks, 2008).

Celem pracy było określenie struktury populacji *B. graminis* f. sp. *tritici* występującej na terenie Polski w latach 2012–2013 i wskazanie genów odporności efektywnych na tego patogena.

Wykonane badania oraz opracowanie wyników realizowane były w ramach programu PB w PR MRiRW (temat nr 9) w latach 2013–2014.

MATERIAŁY I METODY

Do badań mających na celu określenie struktury populacji grzyba *B. graminis* f. sp. *tritici* występującej na terenie Polski w latach 2012–2013 wykorzystano kolekcję 50 izolatów wyosobnionych z porażonych liści pszenicy w różnych rejonach Polski oraz zestaw 28 odmian i linii różnicujących o znanych genach odporności.

Przygotowanie kolekcji izolatów grzyba *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*

Próby liści z widocznymi objawami choroby kolekcjonowano w 4 lokalizacjach reprezentujących różne rejony Polski: Szelejewo (woj. wielkopolskie), Kraków i Polanowice (woj. małopolskie) oraz Radzików (woj. mazowieckie). W warunkach kontrolowanych wyosobniono jednozarodnikowe kultury grzyba (izolaty) według metodyki opisanej w pracy (Czembor i in., 2013 b). Następnie izolaty były namnażane na podatnej odmianie pszenicy — Nimbus.

Określenie genów wirulencji występujących w kolekcji izolatów *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*

W celu określenia genów wirulencji występujących w kolekcji izolatów jednozarodnikowych *B. graminis* f. sp. *tritici* wykorzystano zestaw 28 odmian i linii różnicujących o znanych genach odporności. Linie te i odmiany, są wykorzystywane również przez inne zespoły badawcze nad strukturą populacji tego patogena (tab. 1). Nasiona odmian i linii zestawu różnicującego wysiewano do doniczek z ziemią ogrodową (po 10–15 ziarniaków na doniczkę). Siewki rosły w izolacji przestrzennej w warunkach szklarniowych z dodatkowym sztucznym doświetlaniem przy długości dnia 16 h oraz temperaturze w zakresie 16–22°C. Dziesięć dni po wysiewie, gdy rośliny były w stadium w pełni rozwiniętego drugiego liścia, prowadzono zakażenia sztuczne każdym izolatem osobno. Zarodniki namnożone na roślinach odmiany podatnej Nimbus były równomierne strąsane nad roślinami odmian i linii zestawu różnicującego. Do izolacji przestrzennej wykorzystano namioty foliowe. Ocenę fenotypową stopnia porażenia odmian i linii poszczególnymi izolatami grzyba *B. graminis* f. sp. przeprowadzano po ok. 8 dniach wykorzystując pięciostopniową skalę (0–4) w której: 0 = brak widocznych objawów porażenia; 1 = niewielkie nekrozy; 2 = powiększające się nekrozy wraz ze skąpym zarodnikowaniem; 3 = chlorozy, grzybnia rozwinięta, lecz słabo zarodnikująca; 4 = dobrze rozwinięta grzybnia i zarodnikująca grzybnia (Mains i Dietz, 1930; Czembor, 2008). Odmiany/linie o reakcji 0–2, tworzyły grupę odpornych, rośliny o reakcji 3–4 grupę podatnych, (-) odmian/linii nie badano.

Tabela 1

Zestaw linii i odmian różnicujących posiadających znane geny odporności na *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* wykorzystanych do określenia genów wirulencji izolatów zebranych w latach 2012–2013 (Czembor i in., 2014)

Standard differential set of wheat with known powdery mildew resistance genes used to characterize virulence structure of the *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* population in 2012–2013 (Czembor et al., 2014)

Lp. No.	Odmiana / Linia Cultivar / Line	Gen odporności Resistance gene	Chromosom Chromosome	Pochodzenie Origin
1	Axminster	<i>Pm1a</i>	7AL	<i>Triticum aestivum</i>
2	Avalon	<i>Pm2</i>	5DS	<i>Aegilops tauschii</i>
3	Asosan	<i>Pm3a</i>	1AS	<i>Triticum aestivum</i>
4	Chul	<i>Pm3b</i>	1AS	<i>Triticum aestivum</i>
5	Sonora	<i>Pm3c</i>	1AS	<i>Triticum aestivum</i>
6	Kolibri	<i>Pm3d</i>	1AS	<i>Triticum aestivum</i>
7	Weihenstephan	<i>Pm4b</i>	2AL	<i>Triticum carthlicum</i>
8	Kormoran	<i>Pm5d</i>	7BL	<i>Triticum aestivum</i>
9	TP 114	<i>Pm6</i>	2B	<i>Triticum timopheevii</i>
10	Transec	<i>Pm7</i>	4BS/4BL-2RL	<i>Secale cereale</i>
11	Disponent	<i>Pm8</i>	1BL/1RS	<i>Secale cereale</i>
12	Maris Huntsman	<i>Pm2+6</i>		
13	Kadett	<i>Pm3d+4b</i>		
14	Boxer	<i>Pm4b+5</i>		
15	Sorbas	<i>Pm4b+6</i>		
16	Kronjuvel	<i>Pm4b+8</i>		
17	Grenado	<i>Pm5+8</i>		
18	Apollo	<i>Pm2+4b+8</i>		
19	Sappo	<i>Pm1+2+4b+9</i>		
20	Amigo	<i>Pm17</i>	1AL/1RS	<i>Secale cereale</i>
21	Yangmai5	<i>Pm21</i>	6VS/6AL	<i>Haynaldia villosa</i>
22	Virest	<i>Pm 22</i>	7AL	<i>Triticum aestivum</i>
23	Pova	<i>Pm 29</i>	7DL	<i>Aegilops ovata</i>
24	NC97BGtD7	<i>Pm 34</i>	5DL	<i>Aegilops tauschii</i>
25	NC96BGTD3	<i>Pm 35</i>	5DL	<i>Aegilops tauschii</i>
26	MG 29896	<i>Pm 36</i>	5BL	<i>Triticum diocoides</i>
27	NC99BGTAG11	<i>Pm 37</i>	7AL	<i>Triticum timopheevii</i>
28	Nimbus			

WYNIKI

Badana kolekcja 50 izolatów *B. graminis* f. sp. *tritici* wyosobnionych z porażonych liści pszenicy reprezentowała populację tego patogena występująca na terenie Polski w latach 2012–2013. Izolaty charakteryzowały się zróżnicowanym stopniem wirulencji w stosunku do genów odporności obecnych w zestawie odmian i linii różnicujących (tab. 2). Frekwencję izolatów wirulentnych do genów odporności obecnych w zestawie odmian i linii różnicujących przedstawiono na rysunku 1.

Wszystkie izolaty były awirulentne w stosunku do genów odporności *Pm21*, *Pm36* oraz *Pm37* (porażenia odmiany Yangmai5 i linii których odporność jest uwarunkowana tymi genami oceniono w zakresie 0–2). W stosunku do genu *Pm29* wirulentny był tylko 1 izolat, a w stosunku do kombinacji genów *Pm1+2+4b+9* wirulentne były tylko 2 izolaty. Udział izolatów wirulentnych w stosunku do kombinacji genów *Pm3d+4b* (Kadett) oraz genu *Pm1* nie przekraczał 20% natomiast udział izolatów wirulentnych w stosunku do

pozostałych genów lub ich kombinacji przekraczał 30%. Szesnaście izolatów było wirulentnych w stosunku do genu *Pm35* (32%) oraz 19 w stosunku do genów *Pm3b* i *Pm34* (38%). Frekwencja wirulencji w stosunku do genów *Pm17*, *Pm3a* oraz *Pm3d* wahała się w zakresie 52–58%, w stosunku do genów *Pm4*, *Pm3* oraz *Pm7* w zakresie 74–88%. Czterdzieści siedem izolatów (94%) było wirulentnych w stosunku do genu *Pm2*, 48 izolatów w stosunku do kombinacji genów *Pm2+4b+8* oraz 49 izolatów w stosunku do genu *Pm5* i kombinacji genów *Pm2+6* i *Pm4b+5*. Wszystkie badane geny, były wirulentne w stosunku do odmiany podatnej Nimbus, która była jednocześnie wzorcem we wszystkich testach odpornościowych oraz do genów *Pm6*, *Pm8*, i kombinacji genów *Pm5+8*, *Pm4b+8*.

Tabela 2

Wirulencja 50 izolatów *B. graminis* f. sp. *tritici* w stosunku do genów odporności obecnych w zestawie odmian i linii różnicujących
Virulence of 50 *B. graminis* f. sp. *tritici* isolates to the resistance genes present in the differential set of lines and cultivars

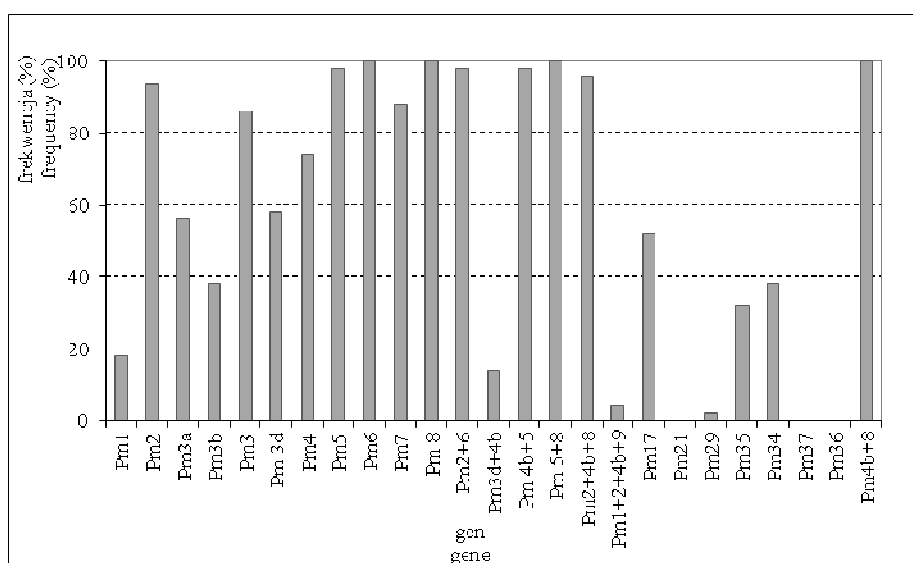
L.p.	L.p. — No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	izolaty isolates	Bgt 1	Bgt 2	Bgt 3	Bgt 4	Bgt 5	Bgt 6	Bgt 7	Bgt 8	Bgt 9	Bgt 10	Bgt 11	Bgt 12	Bgt 13	Bgt 14	Bgt 15	Bgt 16	Bgt 17	Bgt 18	Bgt 19	Bgt 20	Bgt 21	Bgt 22	Bgt 23	Bgt 24	Bgt 25
	odmiany / linie cultivar / line																									
1	Axmister Pm1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Avalon Pm2	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	Asosan Pm3a	4	0	1	2	0	0	2	0	0	4	4	2	2	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	4	0
4	Chul Pm3b	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	2	2	2	2	4	0	0	0	0	0	4
5	Sonora Pm3	0	4	0	4	0	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4	4	4	4
6	Kolibri Pm 3d	1	2	2	4	4	0	0	0	2	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	0	0	2	4	0
7	Weihenst Pm4	0	0	2	4	4	0	2	0	2	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2
8	Kormoran Pm5	4	4	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
9	TP 114 Pm6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
10	Transec Pm7	1	4	2	4	4	0	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4	4	4
11	Disponent Pm 8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
12	Maris .Hnt. Pm2+6	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
13	Kadett Pm3d+4b	1	0	2	2	0	0	0	0	2	0	0	0	2	2	2	4	2	2	2	0	0	0	0	2	2
14	Boxer Pm 4b+5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
15	Sorbas Pm4b+8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
16	Kronjuwel Pm	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
17	Granada Pm 5+8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
18	Apollo Pm2+4b+8	4	4	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
19	Sappo Pm1+2+4b+9	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Amigo Pm17	4	0	0	4	2	0	0	0	0	4	4	4	4	4	2	4	4	2	4	4	0	0	0	0	2
21	Yangmai5 Pm21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	Virest Pm22	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	Pova Pm29	0	0	2	2	2	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
24	NC96BGTD3 Pm35	0	0	2	2	2	1	0	0	2	4	4	4	4	4	4	4	2	4	2	2	0	0	0	2	2
25	Nimbus	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
26	NC97BGTD7 Pm34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	4	4	4	4	0	4	4	4	0	0	0	0	0	4
27	NC99BGTAG11 Pm37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	MG 29896 Pm36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Wirulencja 50 izolatów *B. graminis* f. sp. *tritici* w stosunku do genów odporności obecnych w zestawie odmian i linii różnicujących

Virulence of 50 *B. graminis* f. sp. *tritici* isolates to the resistance genes present in the differential set of lines and cultivars

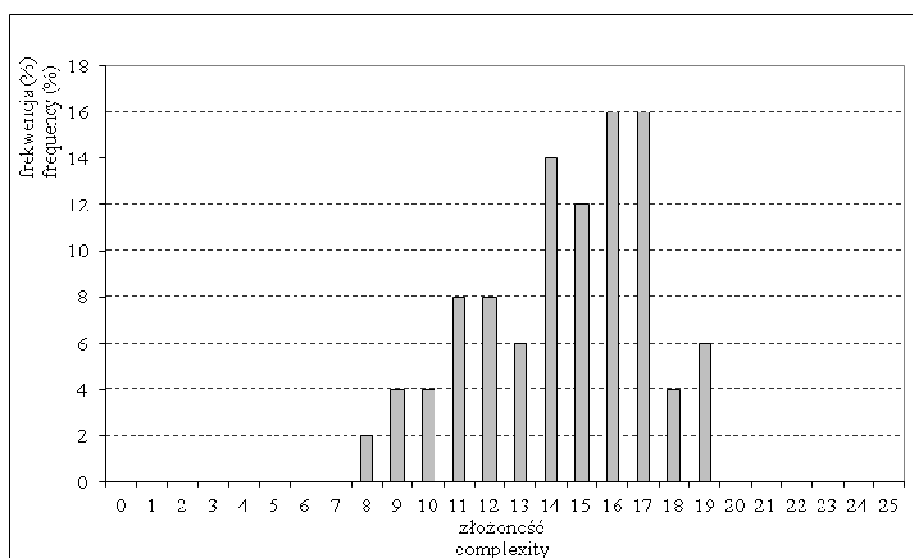
L.p.	L.p. — No.	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	Izolaty isolates odmiany / linie cultivar / line	Bgt 26	Bgt 27	Bgt 28	Bgt 29	Bgt 30	Bgt 31	Bgt 32	Bgt 33	Bgt 34	Bgt 35	Bgt 36	Bgt 37	Bgt 38	Bgt 39	Bgt 40	Bgt 41	Bgt 42	Bgt 43	Bgt 44	Bgt 45	Bgt 46	Bgt 47	Bgt 48	Bgt 49	Bgt 50
1	Axmister Pm1	2	4	4	0	0	4	4	2	2	4	2	4	2	4	0	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0
2	Avalon Pm2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4
3	Asosan Pm3a	2	4	0	0	4	4	2	2	2	2	2	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4
4	Chul Pm3b	2	4	4	4	0	4	2	4	2	2	2	0	4	4	0	3	3	4	2	4	3	0	0	3	3
5	Sonora Pm3	0	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6	Kolibri Pm 3d	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	0	3	3	2
7	Weihenst Pm4	4	4	4	4	0	4	2	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
8	Kormoran Pm5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
9	TP 114 Pm6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
10	Transec Pm7	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
11	Disponent Pm 8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
12	Maris .Hnt. Pm2+6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
13	Kadett Pm3d+4b	0	0	0	0	0	4	2	0	4	4	2	4	2	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
14	Boxer Pm 4b+5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
15	Sorbas Pm4b+8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
16	Kronjuwel Pm	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
17	Granada Pm 5+8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
18	Apollo Pm2+4b+8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
19	Sappo Pm1+2+4b+9	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	4	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Amigo Pm17	0	0	0	0	4	4	2	2	4	2	2	0	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
21	Yangmai5 Pm21	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	Virest Pm22	-	-	-	-	-	4	4	4	2	2	2	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	Pova Pm29	2	2	2	0	0	2	2	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	NC96BGTD3 Pm35	0	0	0	0	0	3	2	4	4	2	4	2	2	2	0	4	0	4	4	4	0	0	4	0	0
25	Nimbus	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
26	NC97BGtD7 Pm34	4	4	0	0	0	0	4	2	0	0	2	4	4	4	3	4	3	0	0	0	0	0	4	0	0
27	NC99BGTAG11 Pm37	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	MG 29896 Pm36	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0

Na rysunku 2 przedstawiono złożoność wirulencji izolatów reprezentujących populację *B. graminis* f. sp. *tritici* występującą na terenie Polski w latach 2012–2013. Większość z badanych izolatów było wirulentnych do 16 genów odporności lub ich kombinacji jednocześnie (8 izolatów, czyli 16% badanych) oraz w stosunku do 17 genów odporności lub ich kombinacji jednocześnie (8 izolatów). Siedem izolatów (14%) było wirulentnych w stosunku do 14 genów odporności lub ich kombinacji jednocześnie. Żaden z badanych izolatów nie był wirulentny w stosunku tylko do jednego genu odporności oraz żaden z nich w stosunku do mniej niż 8 genów jednocześnie oraz więcej niż 20 genów lub ich kombinacji jednocześnie.



Rys. 1. Liczba izolatów reprezentujących populację *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* występującą w Polsce w latach 2012–2013 wirulentnych do genów odporności obecnych w zestawie odmian i linii różnicujących

Fig. 1. Number of isolates representing *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* population occurring in Poland in 2012–2013 virulent to resistance genes present in the differential set



Rys. 2. Złożoność wirulencji populacji *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* występującej w Polsce w latach 2012–2013 reprezentowanej przez 50 izolatów i badanych na zestawie odmian i linii różnicujących

Fig. 2. Virulence complexity of 50 *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* isolates representing populations occurring in Poland in the years 2012–2013 and tested on wheat differential set

DYSKUSJA

Głównym kierunkiem produkcji rolniczej w Polsce jest uprawa pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum*). Powszechnie występujące choroby zbóż (m.in. mączniak prawdziwy) istotnie wpływają na wielkość uzyskanego plonu. W zależności od warunków pogodowych choroby występują zarówno na pszenicy jarej, jak i ozimej we wszystkich rejonach Polski. Odmiany pszenicy ozimej, uprawiane w Polsce oraz nowe, będące w badaniach rejestrowych, pod względem odporności na porażenie przez grzyb *B. graminis* f. sp. *tritici* oceniane są jako średnio podatne i podatne w stadium siewek, a w warunkach polowych, w zależności od roku, jako mniej lub bardziej wrażliwe. W warunkach szczególnie sprzyjających rozwojowi patogena dochodzi do znacznego spadku w wielkości i jakości plonów (Pietrusińska, 2009). Również uprawa na szeroką skalę odmian o podobnym profilu genetyczno-odpornościowym prowadzi do szybszego rozprzestrzeniania się chorób, a tym samym do spadku plonów. Rozwój rolnictwa proekologicznego sprawił, iż dzisiejsza produkcja roślinna ma na celu ograniczenie chemicznych środków ochrony roślin, przy jednoczesnym wzroście hodowli odmian odpornych (Czembor i Gacek, 1995; McDonald i Linde, 2002; Czembor, 2008). Dlatego też istotnym elementem strategii hodowli odpornościowej jest pozyskiwanie nowych, efektywnych źródeł odporności na *B. graminis* f. sp. *tritici*. Geny odporności, które są efektywne w stosunku do populacji patogena, występującej na danym obszarze mogą być wprowadzane do odmian już zarejestrowanych lub być wykorzystywane w nowych programach hodowlanych. Dlatego prace mające na celu poszukiwanie nowych źródeł odporności muszą być prowadzone równolegle z badaniami epidemiologicznymi, pozwalającymi na śledzenie struktury populacji. *B. graminis* f. sp. *tritici* posiada duże zdolności adaptacyjne, a dynamika pojawiania się nowych kombinacji wirulencji jest dodatnio skorelowana z dynamiką rozprzestrzeniania się uprawy odmian z określonymi genami odporności (Svec i in., 1998; Vallavielle-Pope i in., 2000; Parks i in., 2008). W wybranych doniesieniach literaturowych można znaleźć opis populacji *B. graminis* f. sp. *tritici* występującej na terenie wielu krajów (Vallavielle-Pope i in., 2000, Parks i in., 2008, Vechet, 2012). Dlatego celem bieżących badań była charakterystyka populacji tego patogenu występującej na terenie Polski w latach 2012–2013. Populację *B. graminis* f. sp. *tritici* reprezentowało 50 izolatów jednozarodnikowych wyosobnionych z prób porażonych liści pszenicy zebranych w 4 lokalizacjach. Do opisanie ich wirulencji wykorzystano zestaw linii i odmian ze znanymi, opisanymi w literaturze, genami odporności lub kombinacjami tych genów. Stwierdzono, że ponad 90% badanych izolatów *B. graminis* f. sp. *tritici* było wirulentnych w stosunku do genów *Pm2*, *Pm6*, *Pm5d* i *Pm8* oraz ich kombinacji *Pm2+4b+8*, *Pm2+6*, *Pm5+8*, *Pm4b+5*, *Pm4b+8*. W badaniach prowadzonych przez Czembor i in. (2014), w trakcie których scharakteryzowano 1402 izolaty *B. graminis*, pochodzące z próbek porażonych liści pszenżyta stwierdzono, że procent izolatów wirulentnych w stosunku do genu *Pm8*, w zależności od roku, był znacznie niższy i wahał się od 17 do 53%. Natomiast w badaniach Zeng i in. (2013) izolaty *B. graminis* f. sp. *tritici* nie wykazywały dużej wirulencji w stosunku do *Pm5d*. W bieżących badaniach wszystkie izolaty były awirulentne w stosunku do genów

odporności *Pm21*, obecnego w odmianie Yangmai5, formy dzikiej *Haynaldia villosa*, *Pm36*, obecnego w linii MG 29896 oraz *Pm37*, obecnego w linii NC99BGTAG11. Pozostałe efektywne geny odporności w stosunku do izolatów reprezentujących populację to gen *Pm29*, dla którego wirulentny był tylko 1 izolat. W stosunku do kombinacji genów *Pm1+2+4b+9* (odmiana Sappo) wirulentne były tylko 2 izolaty. Udział izolatów wirulentnych w stosunku do kombinacji genów *Pm3d+4b*, obecnej w odmianie Kadett, oraz do genu *Pm1*, obecnego w odmianie Axminster, nie przekraczał 20%. Badania prowadzone przez Zeng i in. (2013) wykazały brak wirulencji w stosunku do genu *Pm21* w populacji występującej na terenie Chin. Badania Czembor i in. (2014) w trakcie, których scharakteryzowano izolaty *B. graminis*, pochodzące z próbek porażonych liści pszenżyta, wykazały brak wirulencji w również stosunku do genu *Pm21* oraz kombinacji genów *Pm3d+4b*. Również liczba izolatów wirulentnych w stosunku do kombinacji genów *Pm1+2+4b+9* nie przekraczała 20%.

Podsumowując, można stwierdzić, że populacja *B. graminis* f. sp. *tritici* występująca na pszenicy w Polsce charakteryzuje się szerokim spektrum wirulencji. Większość izolatów reprezentujących tę populację jest wirulentnych w stosunku do większości genów odporności, powszechnie wykorzystywanych w programach hodowlanych. Dlatego, konieczne jest poszukiwanie nowych źródeł odporności, których źródłem mogą być formy oddalone. Nowe kombinacje genów odporności, wprowadzane do najlepszych odmian i rodów hodowlanych na drodze krzyżowań, mogą przyczynić się do spowolnienia procesu przełamывania odporności odmian na porażenie grzybem *B. graminis* f. sp. *tritici* (McDonald i Linde 2002; Pietrusińska i in. 2011, 2013). Piramidowanie genów odporności na mączniaka prawdziwego, w hodowli odpornościowej, jest strategią powszechnie używaną przez hodowców (Hsam i Zeller, 2002; Pietrusińska i in. 2011, 2013). Obecność wielu efektywnych genów odporności w nowych odmianach pszenicy znacząco zwiększa trwałość ich odporności na choroby w tym na mączniaka (Parks, 2008; Pietrusińska, 2009).

WNIOSKI

1. Populacja *B. graminis* f. sp. *tritici* występująca na pszenicy w Polsce charakteryzuje się szerokim spektrum wirulencji.
2. Większość z badanych izolatów *B. graminis* f. sp. *tritici* było wirulentnych w stosunku do 14, 16 lub 17 genów odporności lub ich kombinacji jednocześnie (łącznie 46%).
3. Ponad 90% badanych izolatów było wirulentnych w stosunku do genów *Pm2*, *Pm6*, *Pm5d* i *Pm8* oraz ich kombinacji *Pm2+4b+8*, *Pm2+6*, *Pm5+8*, *Pm4b+5*, *Pm4b+8*.
4. Wszystkie izolaty *B. graminis* f. sp. *tritici* były awirulentne w stosunku do genów odporności *Pm21*, *Pm36*, *Pm37*. W stosunku do genu *Pm29* wirulentny był tylko jeden izolat. Geny te powinny być wprowadzane do odmian już uprawianych, lub być wykorzystywane w nowych programach hodowlanych.

LITERATURA

- Conner R. L., Kuzyk A. D., Su H. 2003. Impact of powdery mildew on the yield of soft white spring wheat cultivars. *Canada Journal of Plant Science* 83: 725 — 728.
- Czembor H. J., Gacek E. S. 1990. System for increasing durability of diseases resistance in cereals. In: Arseniuk E., Góral T., Czembor P. Cz. (eds) *Plant Resistance to Diseases, Pests and Unfavorable Environmental Conditions*. IHAR Radzików, Poland: 39 — 48.
- Czembor H.J., Domeradzka O., Czembor J.H., Mańkowski D.R. 2014. Virulence structure of the powdery mildew (*Blumeria graminis*) population occurring on triticale (x *Triticosecale*) in Poland. *Journal of Phytopathology* 162: 499 — 512.
- Czembor H.J., Doraczyńska O., Czembor J.H. 2013a. Odporność odmian pszenżyta na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* ff. ssp.) występującego w Polsce. *Biul. IHAR* 267: 3 — 16.
- Czembor J.H., Doraczyńska O., Pietrusińska A., Czembor H.J. 2013b. Odporność na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) odmian jęczmienia włączonych do badań rejestrowych w Polsce w roku 2012. *Biul. IHAR* 268: 35 — 45.
- Czembor, H.J. & Gacek E. 1995. Systems for increasing durability of disease resistance in cereals. In Arseniuk, E., Góral T. & Czembor, P.C. (eds) *Plant Resistance to Diseases, Pests and Unfavorable Environmental Conditions*. IHAR Radzików, Poland. p. 39 — 48.
- 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.
- Finckh M.R., Gacek E.S., Goyeau H., Lannou C., Merz U., Mundt C.C., Munk L., Nadziak J., Newton A.C., de Vallavieille-Pope C., Wolfe M.S. 2000. Cereal variety and species mixtures in practice, with emphasis on disease resistance. *Agronomie* 20 (7): 813 — 837.
- Heun M. 1987. Virulence frequencies influenced by host resistance in the host-pathogen system wheat-powdery mildew. *Journal of Phytopathology* 118: 363 — 366.
- Hsam S.L.K., Zeller F.J. 2002. Breeding for powdery mildew resistance in common wheat (*Triticum aestivum* L.) In: *The Powdery Mildews: a comprehensive treatise*. Belanger R.R., Bushnell W. R., Aleid J. D., Carver T.L.W. USA: APS Press, St. Paul, MN, str. 219 — 238.
- http://www.ior.poznan.pl/aktualizacja/data/pliki/263_Stan_fitosanitarny_2007.pdf.
- Jańczak, C., Pawlak, A. 2006. Występowanie i szkodliwość mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis*) w pszenicy ozimej w latach 2003–2005. *Postępy w Ochronie Roślin* 46(2): 538 — 542.
- Jorgensen L.N., Hovmøller M., S., Hansen J.G., Lassen P., Clark B., Bayles R., Rodemann B., Flath K., Jahn M., Góral T., Czembor J., Cheyrow P. 2013. IPM strategies and their dilemmas including an introduction to www.Eurowheat.org. *Journal of integrative Agriculture* 13(2): 265 — 281.
- Mains E. B., Dietz S. M. 1930. Physiologic forms of barley mildew, *Erysiphe graminis hordei* Marchal. *Phytopathol.* 20: 229 — 239.
- McDonald B., Linde C. 2002. Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance. *Annual Review of Phytopathology* 40: 349 — 379.
- Mwale V.M., Chilembwe E.H.C., Uluko H.C. 2014. Wheat powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*): Damage effects and genetic resistance developed in wheat (*Triticum aestivum*). *International Research Journal of Plant Science*: 5(1) 1 — 16.
- Parks R., Carbone I., Murphy P. J., Marshall D., Cowger C. 2008. Virulence structure of the eastern U.S. wheat powdery mildew population. *Plant Disease* 92: 1074 — 1082.
- Pietrusińska A., Czembor J.H., Czembor P.Cz. 2011. Pyramiding of two resistance genes for leaf rust and powdery mildew resistance in common wheat. *Cereal Research Communications*. 39(4): 577 — 588.
- Pietrusińska A., Czembor P. Cz., Czembor J.H. 2013. *Lr39 + Pm21*: a new effective combination of resistance genes for leaf rust and powdery mildew in wheat. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 49: 109 — 115.
- Pietrusińska, A. 2009. Wprowadzanie do pszenicy ozimej genów odporności *Lr41* na rdzę brunatną (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*) i *Pm21* na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*). Konferencja naukowa: Nauka dla Hodowli Roślin Uprawnych, Zakopane, str. 55.

- Svec M., Miklovicova M. 1998. Structure of populations of wheat powdery mildew (*Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Marchal) in central Europe in 1993–1996: I. Dynamics of virulence. *European Journal of Plant Pathology* 104: 537 — 544.
- Tratwal, A., Jakubowska, M. 2004. Ocena przydatności systemów wspomaganie decyzji o ochronie pszenicy ozimej przed mączniakiem prawdziwym na terenie Wielkopolski. *Postępy w Ochronie Roślin* 44: 1169 — 1172.
- Vallavielle-Pope de C., Giosue S., Munk L., Newton A. C., Niks R. E., Ostergard H., Pons-Kuhnemann J., Rossi V., Sache I. 2000. Assessment of epidemiological parameters and their use in epidemiological and forecasting models of cereal airborne diseases. *Agronomie* 20: 715 — 727.
- Vechet L. 2012. Incidence and development of powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) in the Czech Republic in the years 1999–2010 and race spectrum of this population. *Journal of Life Sciences* 6: 786 — 793.
- Walczak, F., Gałęzewski, M., Jakubowska, M., Skorupska, A., Tratwal, A., Wojtowicz, A., Złotowski, J. 2009. Zespół Zakładu Metod Prognozowania i Rejestracji Agrofagów oraz Zespół Badania Gryzoni Polnych IOR w Poznaniu.
- Zeng F., Yang L., Gong S., Shi W., Zhang X., Wang H., Xiang L., Xue M., Yu D. 2013. Virulence and diversity of *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* population in China. *Journal of Integrative Agriculture* [http://211.155.251.135:81/Jwk_zgnykx/en/EN/10.1016/S2095-3119\(13\)60669-3](http://211.155.251.135:81/Jwk_zgnykx/en/EN/10.1016/S2095-3119(13)60669-3).

