

EDWARD GACEK ¹ZDZISŁAW R. BILIŃSKI ²HENRYK J. CZEMBOR ³JERZY H. CZEMBOR ³¹ Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, Słupia Wielka² Hodowla Roślin Smolice, Sp. z o. o., Bąków³ Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Chorobotwórczość mączniaka prawdziwego jęczmienia (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) w Polsce w latach 1993–1996

Pathogenicity of barley powdery mildew (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) in Poland in 1993–1996

W latach 1993–1996 badano chorobotwórczość mączniaka prawdziwego jęczmienia (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) w Polsce przy zastosowaniu samochodowego wylapywacza zarodników typu Jet Spore Trap i techniki benzimidazolowej. Frekwencje poszczególnych wirulencji określano na podstawie liczby kolonii na pierwszym liściu siewek 12 odmian testowych. Jako kontroli użyto podatną odmianę Igri. W latach 1993–1996 najwyższą frekwencję w Polsce miały wirulencje Va12 i Vg. Zaobserwowano wzrost frekwencji wirulencji Va9, Va13, Va6, Va7 + k i Va7 + Ab. Najwyższy współczynnik zmienności wykazała wirulencja Va7 + Ab (Cv = 59,3%). Zaobserwowano silne oddziaływanie chorobotwórcze populacji *B. graminis* f.sp. *hordei* z krajów sąsiednich na plantacje jęczmienia w Polsce. W latach 1993–1996 występowały wirulencje Va1, Va3 i Va7 + Ab, dla których korespondujące odporności nigdy nie były użyte w odmianach uprawianych w Polsce. Wykazano brak wirulencji Vo.

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

In the years 1993–1996 pathogenicity of barley powdery mildew (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) was investigated using the car — mounted Jet Spore Trap and benzimidazole technique. Frequencies of specific virulence genes were determined based on a number of colonies on the primary leaf of seedlings of 12 differential cultivars. Cultivar Igri was used as a susceptible control. In Poland in 1993–1996 the highest frequencies had virulences Va12 and Vg. Frequencies of virulences Va9, Va13, Va6, Va7 + k and Va7 + Ab increased in years. The highest coefficient of variability had virulence Va7 + Ab (Cv = 59.3%). Strong pathogenic influence of *B. graminis* f.sp. *hordei* population of from neighbouring countries on barley plantations in Poland was observed. In 1993–1996 virulences Va1, Va3 and Va7 + Ab were present, for which the corresponding resistances have never been used in cultivars grown in Poland. No Vo virulence was found.

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

WSTĘP

Mączniak prawdziwy (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) jest jedną z najgroźniejszych chorób jęczmienia (*Hordeum vulgare* L.). W Europie straty plonu ziarna jęczmienia mogą przekroczyć 20% w przypadku silnego występowania choroby (Smedegard-Petersen i Stølen, 1981). Średnio dla Europy Środkowej straty te szacuje się na ok. 10% (Zwatz, 1987; Schally i in., 1995). Ponadto choroba ta znacznie obniża jakość ziarna jęczmienia, zwłaszcza zmniejszając masę tysiąca ziaren, co jest szczególnie ważne w produkcji jęczmienia browarnego (Balkema-Boomstra i Masterbroek, 1995; Czembor i Czembor, 2001).

Istnieją dwie główne metody ochrony jęczmienia przed mączniakiem: ochrona chemiczna oraz ochrona genetyczna (uprawa odmian odpornych). W praktyce rolniczej występowanie mączniaka na plantacjach jęczmienia jest ograniczane poprzez kombinację tych dwóch metod w tzw. metodzie ochrony integrowanej (Czembor i Gacek, 1987; 1995; Nieróbca i in., 2003). Zastosowanie ochrony chemicznej może powodować efekty uboczne w postaci skażenia środowiska przez środki chemiczne toksyczne dla ludzi, zwierząt i roślin. Umiejętne wykorzystanie odporności odmian jęczmienia na mączniaka pozwala na obniżenie kosztów produkcji w związku z ograniczeniem nakładów związanych z ochroną chemiczną (Czembor i Czembor, 1998, 1999; Gacek i Czembor, 1984).

Warunkiem powodzenia metody ochrony genetycznej jest wprowadzenie różnych, efektywnych genów odporności na mączniaka do nowych odmian oraz właściwe wykorzystanie tych odmian w celu zapewnienia trwałości ich odporności (Czembor, 1976, 1983). Racjonalne wykorzystanie odporności w hodowli i uprawie jęczmienia polega na jej maksymalnym zróżnicowaniu w czasie (inne uwarunkowanie odporność jęczmienia jarego i ozimego) i w przestrzeni (uprawa odmian o różnych odpornościach w danym rejonie, uprawa mieszanin odmian). Efektywność hodowli odpornościowej zależy od właściwego doboru źródeł odporności na mączniaka w zależności od struktury genetycznej populacji mączniaka jęczmienia w Polsce. Istnieje konieczność ustawicznego śledzenia struktury i dynamiki zmian frekwencji genów patogeniczności w celu prognozowania efektywności źródeł odporności używanych w programach hodowlanych i w uprawianych odmianach (Gacek i Czembor, 1983; Czembor i Gacek, 1987, 1995; Gacek, 1990, 1998).

Od lat 30. do początku 80. ubiegłego wieku chrobotwórczość *B. graminis* f.sp. *hordei* badano w sposób jakościowy poprzez identyfikację ras fizjologicznych (Mains i Dietz, 1930; Honecker, 1934). Używając danego zestawu różnicującego, gdzie "n" oznacza liczbę odmian różnicujących można zidentyfikować liczbę ras równą 2^n (Day, 1974). Występowanie poszczególnych ras w Polsce w latach 1957–1958 i 1964–1966 było opisane przez Ralskiego i Mikołajewicz (1958, 1969), w latach 1972–1974 i 1975–1979 przez Czembora (1976, 1981) oraz w latach 1980–1982 przez Czembora i Kudłę (1984). Ten sposób opisu chrobotwórczości *B. graminis* f.sp. *hordei* spełniał swoją rolę przez kilkadziesiąt lat do czasu, gdy zaczęto uważać, że system ten staje się zbyt skomplikowany (od połowy lat 70. do początku lat 80.) (Gacek, 1990). Identyfikacja ras fizjologicznych (system jakościowy) stała się zbyt skomplikowana, ponieważ istotnie wzrosła liczba genów odporności określonych u jęczmienia, a tym samym istotnie wzrosła liczba

identyfikowanych ras (np. gdy zestaw różnicujący składa się z 10 odmian liczba możliwych do zidentyfikowania ras wynosi 1024) (Day, 1974). Dlatego Wolfe i Schwarzbach (1975) zaproponowali wprowadzenie do badań chorobotwórczości *B. graminis* f.sp. *hordei* tzw. ilościowych metod analizy wirulencji pełniej opisujących współdziałanie pasożytnicze pomiędzy patogenem i gospodarzem. Specjalizacja pasożytnictwa *B. graminis* f.sp. *hordei* w tym systemie jest określona za pomocą frekwencji genów wirulencji (Wolfe i Schwarzbach, 1975; Scott i in., 1980; Gacek, 1990).

Badania frekwencji wirulencji w populacji mączniaka w Polsce są prowadzone od 1983 roku przy pomocy trzech podstawowych metod: (1) analizy zainfekowanych mączniakiem próbek liści z pól uprawnych, (2) zastosowanie ruchomych szkółek odmian testowych, (3) zastosowanie samochodowego wyłapywacza zarodników typu Jet Spore Trap (Gacek, 1983; 1987; Gacek i Czembor, 1988; 1993). W latach 1983–1990 używano metodę szkółek ruchomych, na które składały się odmiany testowe w fazie 2-liścia, posiadające najważniejsze geny odporności jęczmienia na mączniak. Frekwencje poszczególnych wirulencji określano na podstawie kolonii mączniaka (typ infekcji 3–4) na pierwszym liściu względem porażenia odmiany kontrolnej nie posiadającej genów odporności. Szkółki te były wielokrotnie ekspozowane na otwartej przestrzeni z dala od pól uprawnych jęczmienia. (Wolfe i Schwarzbach, 1975; Gacek, 1990). Drugim sposobem badania chorobotwórczości *B. graminis* f.sp. *hordei* były ilościowe testy szklarniowe polegające na określaniu frekwencji wirulencji mączniaka pochodzącego z próbek liści powszechnie uprawianych odmian zebranych z terenu całego kraju (Gacek, 1987; 1990). Od roku 1990 wirulencja populacji *B. graminis* f.sp. *hordei* w powietrzu była określana dodatkowo przy pomocy trzeciej metody wykorzystującej samochodowy wyłapywacz zarodników typu Jet Spore Trap (Schwarzbach, 1979; Gacek i in., 1991; Gacek i Czembor, 1995).

Celem przedstawionej pracy było określenie frekwencji wirulencji występujących w populacji *B. graminis* f. sp. *hordei* na terenie Polski w latach 1993–1996.

MATERIAŁ I METODY

Do badań chorobotwórczości *B. graminis* f.sp. *hordei* w Polsce w latach 1993–1996 zastosowano samochodowy wyłapywacz zarodników typu Jet Spore Trap (Schwarzbach, 1979). Przejazdy z wyłapywaczem odbywały się głównie w maju, czerwcu i lipcu na terenie Polski Centralnej, Południowej i Zachodniej. W trakcie przejazdów z wyłapywaczem znajdujące się w powietrzu zarodniki patogena porażały segmenty liści odmiany podatnej Igri. Segmenty liści wyłożone były wewnątrz wyłapywacza na szalkach Petriego z pożywką benzimidazolową (agar wodny — 0,5% oraz benzimidazol — 30 ppm). Po 8–10 dniowej inkubacji w warunkach laboratoryjnych w temperaturze 18–20°C zarodniki konidialne pochodzące z pojedynczych kolonii były przenoszone przy pomocy pipety, na segmenty pierwszych liści odmian zestawu testowego umieszczonych na pożywce benzimidazolowej (tab. 1). Inokulację przeprowadzano z zastosowaniem małych wież inokulacyjnych. Po okresie inkubacji trwającym 7–9 dni przeprowadzano ocenę wizualną porażenia poszczególnych odmian testowych. Frekwencje poszczególnych wirulencji określano na podstawie liczby kolonii na odmianach testowych i obliczano ją względem

porażenia odmiany kontrolnej (= 100%), w celu eliminacji różnic w ilości inokulum i zmienności środowiskowej między poszczególnymi testami. Typ infekcji 4 (Mains i Dietz, 1930) przyjęto jako granicę między wirulencją i awirulencją niezależnie od nasilenia infekcji i intensywności zarodnikowania.

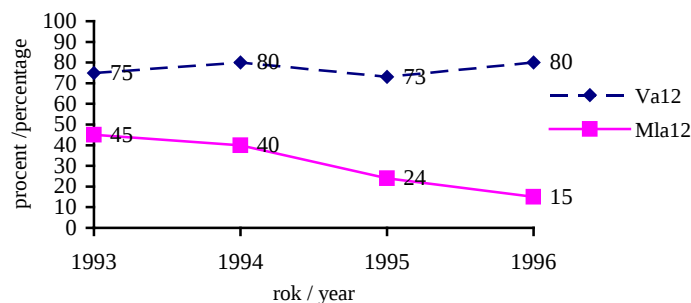
Tabela 1

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

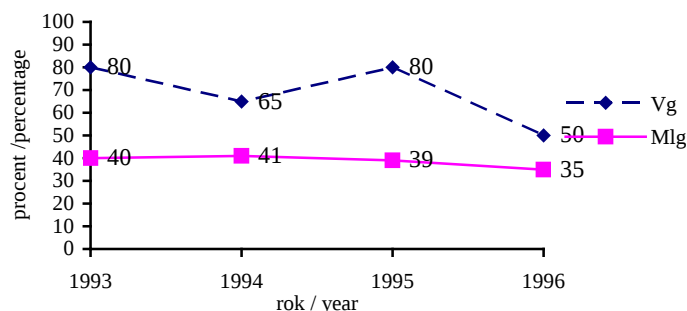
Odmiana Cultivar	Odporność Resistance	Kod Code	Główny gen odporności Main resistance gene(s)	Korespondująca wirulencja Corresponding virulence
P-01	Algerian	Al	<i>Mla1</i>	Va1
P-02	Ricardo	Ri	<i>Mla3</i>	Va3
P-03	Spontaneum	Sp	<i>Mla6</i>	Va6
P-04A	Lyallpur, Kwan	Ly, Kw	<i>Mla7, Mlk</i>	Va7 + k
P-04B	Monte Cristo	MC	<i>Mla9</i>	Va9
P-10	Arabische	Ar	<i>Mla12</i>	Va12
P-11	Rupée	Ru	<i>Mla13</i>	Va13
P-16	Kwan	Kw	<i>Mlk</i>	Vk
P-21	Weihenstephan	We	<i>Mlg</i>	Vg
P-23	Laevigatum	La	<i>Ml(La)</i>	V(La)
Alexis	Mlo	Mlo	<i>Mlo</i>	Vo
Triumph	Lyallpur, Abisinian	Ly, Ab	<i>Mla7, Ml(Ab)</i>	Va7 +(Ab)

WYNIKI

Frekwencje wirulencji *Va12*, *Vg* korespondujące z odpornościami występującymi u odmian uprawnych były największe i wykazywały duże zmiany w latach 1993–1996 (tab. 2, rys. 1, 2).



Rys. 1. Rozprzestrzenianie się odporności Arabische (*Mla12*) w procentach powierzchni jęczmienia jarego w Polsce oraz frekwencja korespondującej wirulencji *Va12* w populacjach patogena
Fig. 1. Distribution of Arabische (*Mla12*) resistance in percentage of the spring barley area in Poland and the frequency of the corresponding virulence *Va12* in the pathogen populations

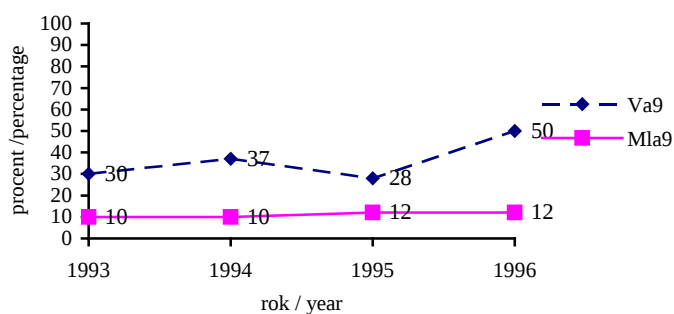


Rys. 2. Rozprzestrzenianie się odporności Weiherstephan (*Mlg*) w procentach powierzchni jęczmienia jarego w Polsce oraz frekwencja korespondującej wirulencji *Vg* w populacjach patogena

Fig. 2. Distribution of Weiherstephan (*Mlg*) resistance in percentage of the spring barley area in Poland and the frequency of the corresponding virulence *Vg* in the pathogen populations

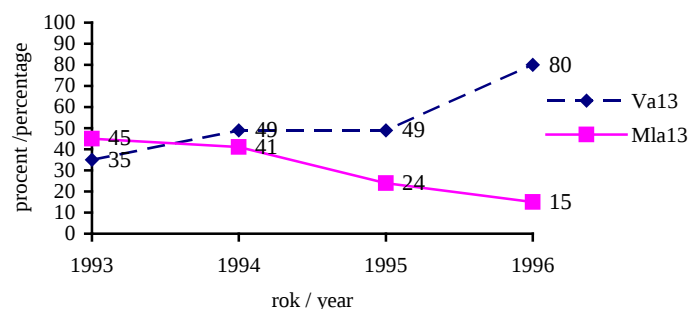
Dynamika zmian tych frekwencji w latach była różna. Frekwencja wirulencji *Va12* utrzymywała się na tym samym poziomie 73%–80% pomimo tego, że powierzchnia uprawy odmian z korespondującą odpornością Arabische z roku na rok spadała od 45% do 15% (rys. 1). Współczynnik zmienności dla tej wirulencji był najniższy i wynosił $C_v = 4,6\%$ (tab. 2). Frekwencja wirulencji *Vg* zmieniała się znacznie w latach, czego potwierdzeniem jest współczynnik zmienności $C_v = 20,9\%$ a powierzchnia uprawy odmian z korespondującą odpornością Weiherstephan utrzymywała się na tym samym poziomie 35%–41% (tab. 2, rys. 2).

Zaobserwowano wyraźny wzrost frekwencji wirulencji *Va9*, *Va13*, *Va6*, *Va7 + k* i *Va7 + Ab* w poszczególnych latach badań (tab. 2). Wirulencje *Va9* i *Va13* wykazały podobną zmienność w latach w przeciwieństwie do dynamiki zmian w powierzchni upraw odmian z korespondującymi odpornościami Monte Cristo i Rupee (tab. 2, rys. 3, 4).

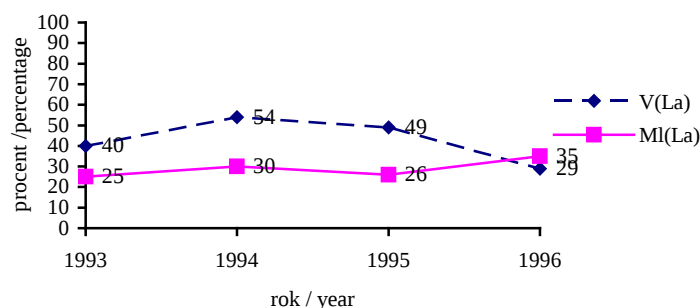


Rys. 3. Rozprzestrzenianie się odporności Monte Cristo (*Mla9*) w procentach powierzchni jęczmienia jarego w Polsce oraz frekwencja korespondującej wirulencji *Va9* w populacjach patogena

Fig. 3. Distribution of Monte Cristo (*Mla9*) resistance in percentage of the spring barley area in Poland and the frequency of the corresponding virulence *Va9* in the pathogen populations



Rys. 4. Rozprzestrzenianie się odporności Rupee (*Mla13*) w procentach powierzchni jęczmienia jarego w Polsce oraz frekwencja korespondującej wirulencji *Va13* w populacjach patogena
 Fig. 4. Distribution of Rupee (*Mla13*) resistance in percentage of the spring barley area in Poland and the frequency of the corresponding virulence *Va13* in the pathogen populations



Rys. 5. Rozprzestrzenianie się odporności *Laevigatum* [*Ml(La)*] w procentach powierzchni jęczmienia jarego w Polsce oraz frekwencja korespondującej wirulencji *Va(La)* w populacjach patogena
 Fig. 5. Distribution of *Laevigatum* [*Ml(La)*] resistance in percentage of the spring barley area in Poland and the frequency of the corresponding virulence *Va(La)* in the pathogen populations

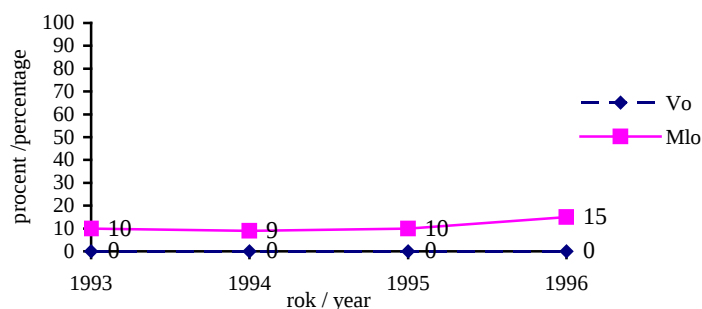
W roku 1993 frekwencja wirulencji *Va9* i *Va13* wynosiła ok. 30%, a w roku 1994 frekwencja ta wzrosła do 37% dla *Va9* i 49% dla *Va13*. W roku 1996 frekwencja wirulencji *Va9* wynosiła już 50%, a wirulencji *Va13* 80%. Najwyższy współczynnik zmienności wykazała wirulencja *Va7 + Ab* ($C_v = 59,3\%$) i frekwencja tej wirulencji wzrosła z 15% w latach 1993 i 1994 do 50% w roku 1996 (tab. 2). Frekwencja wirulencji *V(La)* w badanych latach początkowo wzrosła z 40% do 54%, a następnie spadła z 54% do kolejno 49% i 29% (tab. 2, rys. 5). Współczynnik zmienności dla tej wirulencji wynosi $C_v = 25,5\%$ (tab. 2). Frekwencja wirulencji *Va6* i *Va7 + k* wynosiła w roku 1994 ok. 50%, w roku 1995 wzrosła do 60% a w 1996 roku wynosiła już 90%. Frekwencje wirulencji *Va1* i *Va3* były niskie i w żadnym roku nie przekraczały 15%. Prowadzone badania nie wykazały występowania wirulencji *Vo* pomimo uprawy odmian z korespondującą odpornością na poziomie 9%–15% (tab. 2, rys. 6).

Tabela 2

Frekwencja genów wirulencji występujących w populacji mączniaka jęczmienia w Polsce w latach 1993–1996

The frequency of virulence genes in barley powdery mildew populations in Poland in 1993–1996

Wirulencje Virulences	Rok Year				Współczynnik zmienności Coefficient of variability Cv (%)
	1993	1994	1995	1996	
I. Geny wirulencji, dla których korespondujące odporności zaczęto używać w odmianach uprawianych w Polsce przed rokiem 1970 i odmiany z tymi odpornościami nie były uprawiane w latach 1993–1996 Virulence genes to which corresponding resistances were utilized in cultivars grown in Poland before 1970, and cultivars with these resistances were not grown in 1993–1996					
Va6	50	45	60	90	32,9
Va7 + k	55	50	60	90	28,1
II. Geny wirulencji, dla których korespondujące odporności były użyte w odmianach uprawianych w Polsce przed rokiem 1970 i odmiany z tymi odpornościami były uprawiane w latach 1993–1996 Virulence genes to which corresponding resistances were utilized in cultivars grown in Poland before 1970, and cultivars with these resistances were grown in 1993–1996					
Vg	80	65	80	50	20,9
III. Geny wirulencji, dla których korespondujące odporności były użyte w odmianach uprawianych w Polsce po roku 1970 i odmiany z tymi odpornościami były uprawiane w latach 1993–1996 Virulence genes to which corresponding resistances were utilized in cultivars grown in Poland after 1970, and cultivars with these resistances were grown in 1993–1996					
Va12	75	80	73	80	4,6
V(La)	40	54	49	29	25,5
Va13	35	49	49	80	35,7
Va9	30	37	28	50	27,4
Vo	0	0	0	0	0
IV. Geny wirulencji, dla których korespondujące odporności nie były użyte w odmianach uprawianych w Polsce w latach 1993–1996 Virulence genes to which corresponding resistances were not utilized in cultivars during 1993–1996					
Va7 + Ab	15	15	40	50	59,3
Va1	10	15	10	10	22,2
Va3	10	10	10	5	28,6



Rys. 6. Rozprzestrzenianie się odporności Mlo (*mlo*) w procentach powierzchni jęczmienia jarego w Polsce oraz frekwencja korespondującej wirulencji Vo w populacjach patogena
Fig. 6. Distribution of Mlo (*mlo*) resistance in percentage of the spring barley area in Poland and the frequency of the corresponding virulence Vo in the pathogen populations

DYSKUSJA

W Polsce od kilkadziesiąt lat prowadzona jest hodowla odpornościowa jęczmienia na mączniaka prawdziwego. Skuteczność tej hodowli w zapewnieniu efektywnej odporności genetycznej w uprawianych odmianach jęczmienia na mączniaka prawdziwego zależy od właściwego doboru źródeł odporności oraz wiedzy o strukturze i dynamice zmian frekwencji genów patogeniczności (wirulencji) (Jørgensen, 1992; 1994; Czembor i Gacek, 1987; 1995). W latach 1993–1996 korespondującymi wirulencjami w stosunku do genów odporności w uprawianych odmianach jęczmienia były: *Va12*, *Va13*, *Va9*, *V(La)*, *Vg* i *Vo* (Rys. 1, 2, 3, 4, 5, 6).

Frekwencja wirulencji *Va12* (korespondująca odporność Arabische — Ar) na początku lat 80. była bardzo wysoka, ponad 90% (Czembor i Kudła, 1984; Gacek, 1983, 1990). Pomimo występującego od 1982 roku spadku uprawy odmian z odpornością Ar wirulencja *Va12* występowała z dużą frekwencją. Uzyskane w naszych badaniach wyniki potwierdziły ten trend. W latach 1993–1996 mimo dalszego spadku powierzchni uprawy odmian z odpornością Ar (z 45% do 15%) frekwencja wirulencji *Va12* utrzymywała się nadal na stałym, wysokim poziomie 73%–80%. Prawdopodobnym wyjaśnieniem braku ścisłej zależności między frekwencją *Va12* a powierzchnią uprawy, z korespondującymi genami odporności, jest oddziaływanie populacji *B. graminis* f.sp. *hordei* z krajów sąsiednich. W Polsce przeważają wiatry wiejące z Zachodu, które w okresie wegetacji przenoszą biliony zarodników konidialnych *B. graminis* f.sp. *hordei* na plantacje jęczmienia w Polsce z takich krajów jak Niemcy, Czechy i Dania (Limpert i Fischbeck, 1987; Gacek, 1990; Limpert i in., 1990; 1999).

Frekwencja wirulencji *Va13* (korespondująca odporność Rupee — Ru) wzrosła w latach 1993–1996 z 35% do 80% pomimo zmniejszenia powierzchni uprawy odmian z odpornością Ru z 45% do 15%. Stosunkowo wysoka frekwencja tej wirulencji w latach 1993–1996 wynika z tego, że odmiany z tą odpornością były uprawiane w Polsce od połowy lat 80. oraz, że obecność tej wirulencji stwierdzono w Polsce już w roku 1983 (Gacek, 1983). Wzrost frekwencji *Va13* był znacznie szybszy niż areal uprawy odmian z odpornością Ru, co tłumaczono oddziaływaniem populacji *B. graminis* f. sp. *hordei* z krajów sąsiednich, głównie z Czechosłowacji (Limpert i Fischbeck, 1987; Gacek, 1990).

Frekwencja wirulencji *Va9* (korespondująca odporność Monte Cristo — MC) wzrosła w latach 1993–1996 z 30% do 50% pomimo utrzymywania się powierzchni uprawy odmian z odpornością MC na tym samym poziomie (10%–12%). Obserwowany dosyć wysoki poziom tej wirulencji w roku 1993 (30%) wynika z faktu, że odmiany z tą odpornością były uprawiane w Polsce od połowy lat 80-tych. Obecność tej wirulencji stwierdzono w Polsce już w roku 1983 i frekwencja ta rosła gwałtownie w następnych latach pomimo małej powierzchni odmian uprawnych z korespondującą odpornością. Brak zależności pomiędzy częstością *Va9* a powierzchnią uprawy odmian, z korespondującą odpornością w Polsce (podobnie jak to miało miejsce z frekwencją wirulencji *Va12*), należy tłumaczyć chorobotwórczym oddziaływaniem populacji *B. graminis* f.sp. *hordei* z krajów sąsiednich, gdyż odmiany z odpornością MC były uprawiane w wielu krajach

Europy na dużym areale (Limpert i Fischbeck, 1987; Gacek, 1990; Limpert i in., 1990; 1999).

Wirulencja *V(La)* (korespondująca odporność *Laevigatum* — *La*) występowała z najwyższą częstością w roku 1988 (63%), a następnie obserwowano spadek jej liczebności (Gacek, 1990). W latach 1993–1996 wirulencja ta występowała na poziomie 29%–54% i korespondowała z powierzchnią uprawy odmian z odpornością *La*.

W latach 1993–1996 nie zaobserwowano wirulencji *Vo* (korespondująca odporność *Mlo*–*Mlo*) pomimo tego, że powierzchnia uprawy odmian z tą odpornością wynosiła w Polsce 9%–15%. Odporność ta jest uważana za odporność trwałą gdyż odmiany z tą odpornością są uprawiane w Europie od ponad 20 lat 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).

Frekwencja *Vg* występowała z wysoką frekwencją w latach 1993–1996 (50–80%). Wynika to ze stałej obecności począwszy od lat 40. korespondującego genu *Mlg* w odmianach uprawianych w Europie i w Polsce (Fischbeck, 2003). Wirulencja *Vg* podobnie jak wirulencje *Va6* i *Va7 + k* ma utrwaloną wysoką frekwencję w populacjach *B. graminis* f. sp. *hordei* w Polsce (Gacek, 1990).

Wirulencje *Va6* i *Va7 + k* korespondują z odpornościami używanymi w odmianach jęczmienia uprawianych przez długi czas w latach poprzednich i nieuprawianymi w latach 1993–1996. Frekwencje tych wirulencji były stosunkowo wysokie. Wirulencja *Va6* koresponduje z odpornością *Spontaneum* (*Sp*) mającą geny odporności *Mla6*, *Mla14* (Søgaard i Jorgensen, 1987). Geny warunkujące ten typ odporności zostały wprowadzone do uprawianych odmian w latach 60. i występują one u jęczmienia jarego i ozimego. Na podstawie badań Gacka (1990) można stwierdzić, że wirulencja *Va6* ma, choć zmienną, to dość wysoką frekwencję w populacjach *B. graminis* f. sp. *hordei* w Polsce. Pod koniec lat 80. obserwowano stopniowy spadek liczebności tych wirulencji (Limpert i Fischbeck, 1987; Gacek, 1990), co ma odzwierciedlenie w prezentowanych przez nas wynikach: w roku 1993 frekwencja ta wyniosła 50%, ale w roku 1996 wzrosła do 90%. Kolejną wirulencją występującą z dużą frekwencją jest *Va7 + k*, koresponduje z odpornością *Lyallpur* (*Ly*) mającą gen odporności *Mla7*. Gen ten był również powszechnie wykorzystywany w hodowli jęczmienia od połowy lat 60. (Fischbeck, 2003). Frekwencja wirulencji *Va7 + k* w populacjach patogena w latach 1993–1996, mimo braku w uprawie odmian z korespondującą odpornością, w tych latach była nadal wysoka (50–90%). Przedstawione wyniki w prezentowanej pracy potwierdzają, że wirulencja *Va7 + k* ma utrwaloną wysoką frekwencję w populacjach *B. graminis* f. sp. *hordei* w Polsce od lat 80. (Gacek, 1990).

Wirulencje *Va1* i *Va3* utrzymywały się w latach 1993–1996 na stosunkowo niskim poziomie (5–15%). Wirulencje te występowały w populacji mączniaka w Polsce, pomimo że w badanym okresie nie uprawiano w Polsce odmian z korespondującymi genami odporności. Można to tłumaczyć szeroką uprawą odmian z genami *Mla1* i *Mla3* w wielu krajach Europy, głównie w Niemczech (Fischbeck, 2003). Interesującym faktem jest występowanie *Va7 + Ab* w latach 1993–1996. Wirulencja ta została zaobserwowana w roku 1990 i występowała na poziomie 10–15% w latach 1990–1994 (Gacek, 1990;

Gacek i Czembor, 1993). Zaobserwowano skokowy wzrost frekwencji tej wirulencji w latach 1995–1996, do poziomu 40–50%.

WNIOSKI

1. Stosowana metoda ilościowego badania chorobotwórczości populacji *B. graminis* f.sp. *hordei* w Polsce umożliwiła określenie frekwencji najważniejszych wirulencji tego patogena w latach 1993–1996.
2. Zaobserwowano silne oddziaływanie chorobotwórcze populacji *B. graminis* f.sp. *hordei* z krajów sąsiednich na plantacje jęczmienia w Polsce w latach 1993–1996.
3. Stwierdzono występowanie wirulencji, dla których korespondujące odporności nie były użyte w odmianach uprawianych w Polsce w latach 1993–1996.
4. Wykazano brak wirulencji w stosunku do odporności Mlo w latach 1993–1996.

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. Rośl. 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. Biul. IHAR* 375 — 396.
- 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.
- Day P. R. 1974. Genetics of host-parasite interaction. W. H. Freeman and Com., San Francisco, 238 pp.
- 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.
- Gacek E., Czembor H. J., Biliński Z. 1991. Distribution of barley powdery mildew resistance and virulence in Poland. In: Integrated Control of Cereal Mildews: Virulence Patterns and Their Change. J. H. Jørgensen (ed.), Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark: 67 — 71.
- 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 und 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.
- Mains F. B., Dietz S. M. 1930. Physiologic forms of barley mildew, *Erysiphe graminis hordei*, Marchal. Phytopathology 20: 229 — 299.
- Limpert E., Fischbeck G. 1987. Distribution of virulence and of fungicide resistance in the European barley mildew population. W: 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.
- Limpert E., Godet F., Muller K. 1999. Dispersal of cereal mildews across Europe. Agric. For. Meteorol. 97: 293 — 308.
- Nieróbca A., Horoszkiewicz-Janka J., Czembor J. H. 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 de Kollektionssysteme Sporenfall und Pflanzendeposition. Pflanzenschutzberichte 55: 52 — 68.
- Schwarzbach E. 1979. A high throughput jet trap for collecting mildew spores on living leaves. Phytopathologische Zeitschrift 94: 165 — 171.
- Scott P. R., Johnson R., Wolte M. S., Lowe H. J. B., Bennett F. G. A. 1980. Host-specificity in cereal parasites in relation to their control. Applied Biology 5: 349 — 393.
- Smedegard-Petersen V., Stølen O. 1981. Effect of energy requiring defense reactions on yield and grain quality in a powdery mildew — resistant barley cultivar. Phytopath. 71: 396 — 399.

- Søgaard B., Jørgensen J. H. 1987. Supplementary list No 1 (to master list of barley genes). Genes for reaction to *Erysiphe graminis hordei* powdery mildew). Barley Gen. Newsl. 17: 128 — 134.
- Wolfe M. S., Schwarzbach E. 1975. The use of virulence analysis in cereal mildews. Phytopathologische Zeit. 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.