

HENRYK J. CZEMBOR

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Odporność krajowych odmian jęczmienia jarego na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*)

Resistance of native spring barley cultivars to powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*)

Przedstawiono genetyczne uwarunkowania odporności na mączniaka (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) u 28 polskich odmian jęczmienia jarego wpisanych do Rejestru Odmian w Polsce. Wszystkie odmiany mają jeden lub więcej genów odporności związanych z loci *Mlg*, *Mla*, *MILa* i *mlo*. Na populację mączniaka występującą w Polsce odporne są tylko odmiany z genem *mlo*.

Słowa kluczowe: mączniak, odporność odmian, jęczmień

Genetic resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) of 28 Polish cultivars from Polish Official List is presented. All the cultivars have one or more genes for resistance in loci *Mlg*, *Mla*, *MILa* and *mlo*. Only the cultivars with *mlo* gene are resistant to powdery mildew population occurring in Poland.

Key words: barley, cultivars, powdery mildew, resistance

WPROWADZENIE

Mączniak prawdziwy powodowany przez grzyba *Blumeria graminis* D.C. f. sp. *hordei* (Marchal), występuje powszechnie w głównych rejonach uprawy jęczmienia w świecie. W Polsce, podobnie jak w innych krajach Europy, jest jedną z ważniejszych chorób jęczmienia. W sprzyjających warunkach dla rozwoju tej choroby straty w plonie ziarna mogą sięgać 25%, przeciętnie wynoszą ok. 10% (Zwazt, 1987; Schally i in., 1995; Atzema, 1998; Czembor, Czembor, 1998). Ograniczeniu strat w plonie ziarna, a często również w przypadku jęczmienia browarnego, obniżeniu jego wartości technologicznej można przeciwdziałać przez stosowanie w produkcji odpowiednich fungicydów, uprawę odmian odpornych i wykorzystanie naturalnych mechanizmów współzależności roślin między sobą i środowiskiem (Czembor, Gacek, 1990; Gacek, 1990). Stosowanie fungicydów, nawet w krajach o najnowocześniejszej produkcji roślinnej, budzi zastrzeżenia natury ekonomiczne (podnosi koszty produkcji), a przede wszystkim ekologicznej. We

współcześnie stosowanych agroekosystemach pierwszorzędne znaczenie ma ograniczanie chemicznych środków ochrony roślin na rzecz wykorzystania odporności roślin na stresy biotyczne i abiotyczne (Gacek i in., 1996). Odporność uprawianych odmian na patogeny i możliwie zróżnicowana pod względem genetycznego jej uwarunkowania jest jednym z ważniejszych elementów nowoczesnej proekologicznej produkcji roślinnej.

W pracy przedstawiono genetyczne uwarunkowania odporności odmian jęczmienia jarego krajowej hodowli na tle patogeniczności aktualnej populacji mączniaka i ważniejszych źródeł odporności.

PATOGENICZNOŚĆ MĄCZNIAKA *BLUMERIA GRAMINIS* F. SP. *HORDEI*

Populacja *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* jest złożona, występuje w niej wiele kombinacji wirulencji/awirulencji. W ostatnich latach zidentyfikowano wiele patotypów mączniaka na zestawie 25 linii izogenicznych i 8 odmianach różnicujących. Ważniejsze z nich przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Ważniejsze geny patogeniczności w populacji *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* w Polsce (Czembor i Czembor, 2004)

Important virulence genes in population of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* in Poland (Czembor and Czembor, 2004)

Częstotliwość genów patogeniczności (%)				
Frequency of virulence genes (%)				
100 — 75	74 — 50	49 — 25	24 — 1	0,0
Vra, V(Ab)	V(Kr), Va13	Va22, Va9	V(Tu2)	Vo5, Va23,
V(La), Vh,	Va10, V(IM9)	Va3, Va1		Vp
Vg, Va7,	Va7+Vk	Vat		
Va7 + V(LG2),	Va10, V(Du2)	V(St1)		
V(Bw),	Vnn, Vk			
Va12, Va6, Va14				

Dane te wskazują na dużą genetyczną różnorodność krajowej populacji patogena. Powszechne jest występowanie w populacji mączniaka genów patogeniczności w stosunku do znanych i używanych w hodowli genów odporności, jak: *Mlg*, *Mla6*, *Mla7*, *Mla9*, *Mla12*, *Mla13*, *MI(La)*, *Mlra*. Podobnie jak w świecie nie stwierdzono w Polsce występowania patogeniczności typu Vo (Hovmoller i in., 2000). Występowanie w populacji mączniaka dużej liczby patotypów świadczy o dużej zdolności adaptowania się mączniaka do zmian zachodzących w doborze odmian o różnych genach odporności (Czembor, 1981; Czembor, Kudła, 1984; Gacek, Czembor, 1988). Poza nielicznymi wyjątkami, jak odporność typu *Mlo* czy też *MI(La)*, patogen w stosunkowo krótkim czasie reaguje tworzeniem i rozprzestrzenianiem się patotypów zdolnych do porażania nowych odpornych odmian (Van der Plank, 1968; Czembor, 1976; Czembor, 1981; Czembor, Kudła, 1984; Hovmoller i in., 2000). Dynamika rozprzestrzeniania się nowych kombinacji wirulencji jest dodatnio skorelowana z dynamiką rozprzestrzeniania się odmian z nowymi genami odporności (Jorgensen i Torp, 1978).

GENETYCZNE UWARUNKOWANIE ODPORNOŚCI ODMIAN NA PORAZENIE PRZEZ
BLUMERIA GRAMINIS F. SP. HORDEI

W tabeli 2 przedstawiono 28 polskich odmian jęczmienia jarego wpisanych do rejestru odmian w Polsce w latach 1987 do 2003. Kilka odmian (Dema, Mobek, Orlik, Polo) w ostatnich latach zostało skreślonych z rejestru, lecz są jeszcze w produkcji i mogą mieć wpływ na skład populacji mączniaka. Wszystkie odmiany wymienione w tabeli 2 mają geny odporności na mączniaka związane z 4 loci, tj. z *Mlg*, *Mla*, *MI(La)* i *mlo*. U kilku odmian jak dotąd nie określono jednoznacznie wszystkich genów warunkujących odporność na zestaw izolatów różnicujących (Czembor, Czembor, 1998). Inne mają po jednym lub dwa geny. Ze względu na zakres odporności poszczególnych odmian na znane geny patogeniczności w populacji mączniaka w Polsce (Czembor, 2004), można wydzielić 16 jej typów.

Tabela 2

Geny odporności na mączniaka u polskich odmian jęczmienia jarego (Anonymous, 2003 a) Resistance genes for powdery mildew in Polish spring barley varieties (Anonymous, 2003 a)			
Grupa <i>Mlg</i> Group <i>Mlg</i>	Grupa <i>Mla</i> Group <i>Mla</i>	Grupa <i>MI(La)</i> Group <i>MI(La)</i>	Grupa <i>mlo</i> Group <i>mlo</i>
Edgar <i>Mlg</i> +?	Atol <i>Mla1</i> , <i>Mla9</i>	Boss <i>MI(La)</i>	Bies <i>mlo</i>
Nagrad <i>Mlg</i> + <i>Mla7</i>	Stratus <i>Mla1</i> , <i>Mla9</i>	Rataj <i>MI(La)</i>	Bryl <i>mlo</i>
Dema <i>Mlg</i> + <i>Mla12</i>	Polo <i>Mla6</i>		Rabel <i>mlo</i>
Poldek <i>Mlg</i> + <i>Mla12</i>	Rodion <i>Mla7</i>		Rasbet <i>mlo</i>
Rastik <i>Mlg</i> + <i>Mla12</i>	Start <i>Mla7</i> + <i>MI(La)</i>		Refren <i>mlo</i>
Rudzik <i>Mlg</i> + <i>Mla12</i>	Blask <i>Mla7</i> +?		
Mobek <i>Mlg</i> + <i>MI(La)</i>	Sezam <i>Mla7</i> +?		
	Rambo <i>Mla9</i> + <i>MIk</i>		
	Rodos <i>Mla9</i> +?		
	Gwarek <i>Mla10</i> , <i>Mla12</i>		
	Binal <i>Mla12</i>		
	Granal <i>Mla12</i>		
	Lot <i>Mla12</i>		
	Orlik <i>Mla13</i>		

1. Odporność typu *Mlg*, (donor: Weihenstephan CP 127 422) jest obecna w odmianie Edgar. Nie w pełni dominujący gen *Mlg* warunkujący reakcję 0 na infekcję, jest ściśle związany z innym genem określanym jako *MI(CP)*, który warunkuje reakcję 1cn (Wiberg, 1974). W literaturze ten typ odporności określany jest jako Weihenstephan. Odmiany z genem *Mlg* są podatne na większość patotypów występujących w Polsce (Czembor, Czembor, 2001).
2. Odporność typu *Mlg* + *Mla7*, (donor: Weihenstephan + Lyallpur) jest obecna w odmianie Nagrad. Geny *Mlg* i *Mla7* dziedziczą się niezależnie i różnią się reakcją na zakażenie niektórymi patotypami. Odmiany z genami *Mlg* i *Mla7*, często występujące razem z mało efektywnymi genami *MIk*, *Mla(LG2)*, są podatne na mączniaka w Polsce (Czembor, Czembor, 2001).
3. Odporność typu *Mlg* + *Mla12*, (donor: Weihenstephan + Arabische) została stwierdzona w odmianach: Dema, Poldek, Rastik, Rudzik. Odporność uwarunkowana genem *Mla12* została wprowadzona do europejskich odmian w latach siedem-

- dziesiątych poprzez odmianę Emir. W Polsce w tym czasie wprowadzono do uprawy dwie odmiany holenderskie: Diva i Aramir, obie z genem *Mla12*, odporne na panującą wtedy populację mączniaka. Po kilku latach stwierdzono wystąpienie patotypów wirulentnych w stosunku do genu *Mla12* i w ciągu kilku następnych lat w produkcji dominowały odmiany Diva i Arami, a w populacji mączniaka patotypy porażające obie odmiany (Czembor, Kudła, 1984).
4. Odporność typu Mlg + Ml(La), (donor: Weihestephan + *H. laevigatum*) jest w odmianie Mobek. Drugi gen *Ml(La)* pochodzi od *Hordeum vulgare* var. *laevigatum*. Jest niezależny od genów *Mlg* i *Mla*, często występuje w europejskich odmianach (Czembor, 1976; Czembor i in., 1979; Jensen i in., 1992; Czembor, Czembor, 1998). Odmiany z odpornością od *H. laevigatum*, chociaż podatne na niektóre patotypy, w fazie roślin dorosłych są słabiej porażane a występowanie mączniaka raczej nie przybiera charakteru epifitozy.
 5. Odporność typu Mla1 + Mla9, (donor: Algerian + Monte Cristo) jest w odmianach Atol i Stratus. Oba źródła odporności poza wymienionymi genami *Mla1* i *Mla9* mają jeszcze inne geny o słabszej ekspresji. W Algerianie jest gen *Mlat* luźno związany z locus *Mla*, a w odmianie Monte Cristo są jeszcze geny *Mla(MC3)* i *Mla(MC4)* o bardzo wąskim zasięgu warunkowania odporności (Jensen i in., 1992). Wyniki testowania 30 różnicującymi izolatami Atola i Stratusa wskazują na obecność tylko genów *Mla1* i *Mla9* (Czembor, Czembor, 1998). Obie odmiany są dość odporne.
 6. Odporność typu Mla6, (donor: *H. spontaneum*) jest w odmianie Polo. Odporność warunkowana genem *Mla6* jest w starszych europejskich odmianach (Czembor, 1976; Jensen i in., 1992), które są podatne na aktualną populację mączniaka (Czembor i Czembor, 2004).
 7. Odporność typu *Mla7*, (donor: Lyallpur) jest w odmianie Rodion. Oryginalne źródła genu *Mla7* mają jeszcze inne geny odporności na mączniaka o mniejszym znaczeniu. Odporność w Lyallpur uwarunkowana jest dwoma blisko sprzężonymi genami: *Mla7* i *Mlk*. Drugie wykorzystywane w hodowli źródło genu *Mla7*, odmiana Long Glumes ma jeszcze dwa mało efektywne allele w złożonym locus *Mla*: *MlaLG2* i *MlaLG3* (Jorgensen, 1994). Odmiany z genem *Mla7* są podatne na porażenie mączniakiem w Polsce.
 8. Odporność typu *Mla7* + Ml(La), (donor: Lyallpur + *H. laevigatum*) jest w odmianie Start. Obecność w genomie Starta genu *Ml(La)* zmniejsza podatność tej odmiany na porażenie mączniakiem.
 9. Odporność typu *Mla7* +?, (donor: Lyallpur +?) jest w odmianach Blask i Sezam. Drugi nieoznaczony gen obecny w obu odmianach nieznacznie podnosi ich odporność na mączniaka (Czembor, Czembor, 2001).
 10. Odporność typu *Mla9* + *Mlk*, (donor: Monte Cristo) jest w odmianach Rambo i Rodos. Z locus *Mla9* związane są dwa inne geny alleliczne o małych efektach odporności: *Mla(MC2)* i *Mla(MC3)* oraz blisko sprzężony gen *Mlk* (Jorgensen, 1992). Odmiany z odpornością z Monte Cristo są dość odporne (Czembor, Czembor, 2001).
 11. Odporność typu *Mla10* + *Mla12*, (donor: Durani + Arabische) jest w odmianie Gwarek. W odmianie Durani jest obecny drugi gen w locus *Mla(Du2)*. Podobnie w odmianie

- Arabische jest drugi słabszy gen w locus *Mla(Em2)* (Jorgensen, 1992). Oba źródła odporności są mało efektywne w stosunku do populacji mączniaka w Polsce.
12. Odporność typu *Mla12*, (donor: Arabische). Jest w odmianach Binal, Granal i Lot. Odporność typu Arabische jest szeroko rozpowszechniona w europejskich odmianach (Jensen, 1992). W Polsce po kilku latach od wprowadzeniu w latach siedemdziesiątych do uprawy holenderskich odmian Divy i Aramira z genem *Mla12*, w populacji mączniaka pojawiły się patotypy wirulentne do genu *Mla12*. Źródło to od wielu lat jest nieefektywne w Polsce (Czembor i in., 1979).
 13. Odporność typu *Mla13*, (donor: Rupee) jest w odmianie Orlik. Z genem głównym *Mla13* współdziałają dwa inne: *Mla(Ru3 i Ru4)*, o słabszej ekspresji (Jorgensen, 1992). Odmiany z genem *Mla13* są w Polsce podatne.
 14. Odporność typu *MILa*, (donor: *Hordeum laevigatum*), jest w odmianach Boss i Rataj. Gen *MILa* warunkuje średnią odporność wyrażającą się reakcją na infekcję w stopniu 2–3. Szczególnie widoczne jest słabsze porażenie roślin w stadium dorosłym (Jensen i in., 1992). W Polsce odmiany z genem *MILa* są porażane mączniakiem, lecz w małym nasileniu (Czembor, Czembor, 2001).
 15. Odporność typu *Mlo*, (donor: Mutanty/L92/L100/Grannenlose Zweizeilige) jest w odmianach: Bies, Bryl, Rabel, Rasbet i Refren. Od zarejestrowania pierwszej odmiany Atem w Holandii w 1979 roku, powierzchnia uprawy wielu odmian z genem *mlo* w Europie wzrosła, w zależności od kraju od kilku do 30%. W Polsce w produkcji nasiennej, odmiany z genem *mlo* w roku 1999 zajmowały 15% powierzchni uprawy. Jak dotąd nie stwierdzono w populacji mączniaka patotypów wirulentnych do genu *mlo* (Czembor, Czembor 2001; Czembor, Czembor, 2004).

DYSKUSJA

Genetyczne uwarunkowania odporności polskich odmian jęczmienia jarego na mączniaka nie odbiegają od sytuacji istniejącej w innych krajach europejskich naszej agrosfery, głównie Niemiec, Skandynawii, Holandii, Wielkiej Brytanii, Czech, Słowacji i Austrii. Odmiany starsze mają odporność uwarunkowaną głównie genami pochodzącymi od Weihenstephan, Arabisch, Lyallpur i *H. spontaneum*. Nieco młodsze mają odporność od Monte Cristo, Rupee i *H. laevigatum*. U nowszych odmian przeważa odporność typu *Mlo*. Na 28 odmian krajowych wymienionych w tabeli 2, tylko 3 mają odporność uwarunkowaną jednym genem, wyłączając 5 odmian z genem *mlo*, dla których nie przeprowadzono badań genetycznych na obecność innych genów (Czembor, Czembor, 2001), pozostałe mają co najmniej po dwa geny. W populacji mączniaka w Polsce występują z różnym nasileniem patotypy wirulentne w stosunku do wszystkich genów obecnych w krajowych odmianach za wyjątkiem genu *mlo* (tab. 1). Częściej występują patotypy wirulentne w stosunku do starszych odmian z genami *Mlg*, *Mla6*, *Mla7*, *Mla12*. Wysoką odpornością, podobnie jak w innych krajach charakteryzują się odmiany z genem *mlo* (Hovmoller i in., 2000; Czembor, Czembor, 2001).

Tabela 3

**Geny odporności na mączniaka (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) wykorzystywane w hodowli
jęczmienia w Polsce**
**Resistance genes for powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) used in Poland for barley
breeding**

Geny odporności Resistance genes	Źródło pochodzenia Main donor	Literatura References
<i>Mla</i> 1	Algerian CI 1179	Czembor, 1976
<i>Mla</i> 3	Ricardo CI 6303	Czembor, 1976
<i>Mla</i> 3, <i>Mla</i> (Tu2)	Sv 57/510-44 CI 14013	Jensen i in., 1992
<i>Mla</i> 6, <i>Mla</i> 14	Voldagsen 8141/44	Czembor, 1976
<i>Mla</i> 7, <i>Mlk</i>	Lyallpur 3645	Czembor, 1984
<i>Mla</i> 7, <i>Mla</i> (LG2), <i>Mla</i> (LG3)	Long Glumes CI 6168	Jorgensen, 1994
<i>Mla</i> 7, <i>Mla</i> (Tr 3), <i>Ml</i> (Ab)	Triumph	Jensen i in., 1992
<i>Mla</i> 9, <i>Mla</i> (MC 3), <i>Mla</i> (MC 4), <i>Mlk</i>	Monte Cristo CI 1017	Jorgensen, 1994
<i>Mla</i> 10, <i>Mla</i> (Du 2)	Durani CI 16149	Jorgensen, 1994
<i>Mla</i> 12, <i>Mla</i> (Em 2)	Arabische	Jensen i in., 1992
<i>Mla</i> 13, <i>Mla</i> (Ru 3), <i>Mla</i> (Ru 4)	Rupee CI 16155	Jensen i in., 1992
<i>Mla</i> 16	<i>H. spontaneum</i> 1B-54B	Jahoor i Fischbeck, 1987
<i>Mla</i> 17	<i>H. spontaneum</i> RS 170-47	Jahoor i Fischbeck, 1987
<i>Mla</i> 18	<i>H. spontaneum</i> RS 20-1	Jahoor i Fischbeck, 1987
<i>Mla</i> 19	<i>H. spontaneum</i> 1B-86B	Jahoor i Fischbeck, 1987
<i>Mla</i> 20	<i>H. spontaneum</i> RS 145-39	Jahoor i Fischbeck, 1987
<i>Mla</i> 21	<i>H. spontaneum</i> 1-B15213	Jahoor i Fischbeck, 1987
<i>Mla</i> 22	HOR 1657	Jorgensen, 1991
<i>Mla</i> 23	HOR 1402	Jorgensen, 1991
<i>Mla</i> 24	Engledow India CI 7556	Jahoor i in., 1990
<i>Mla</i> 25	<i>H. spontaneum</i> RS 170-10	Jahoor i Fischbeck, 1987
<i>Mla</i> 26	<i>H. spontaneum</i> 1B-20	Jahoor i Fischbeck, 1987
<i>Mla</i> 27	<i>H. spontaneum</i> RS 1-8	Jahoor i Fischbeck, 1987
<i>Mla</i> 28	<i>H. spontaneum</i> 1B-151	Jahoor i Fischbeck, 1987
<i>Mla</i> 29	<i>H. spontaneum</i> RS 110-4	Kintzios i in., 1992
<i>Mla</i> 30	Nigrate CI 2444	Jorgensen, 1994
<i>Mla</i> 31	Turkey 290	Jorgensen, 1994
<i>Ml</i> (Ab)	Sv 83380	Jensen i in., 1992
<i>Mlat</i>	Atlas CI 4118	Czembor, 1976
<i>Mlg</i>	Goldfoil CI 928	Czembor i in., 1979
<i>Mlg</i> , <i>Ml</i> (CP)	Weihenstephan 127422 CI 13125	Czembor, 1984
<i>MlLa</i>	<i>H. laevigatum</i>	Jensen i in., 1992
<i>mlo</i> 5	Mutant Carlsberg II R 5678	Jensen i in., 1992
<i>mlo</i> 9	SZ5139b	Jensen i in., 1992
<i>mlo</i> 11	Grannenlose Zweizeilige	Jensen i in., 1992
<i>Ml</i> (1192)	Jarek	Jensen i in., 1992
<i>Mlra</i>	Weihenstephan 41/145	Jensen i Jorgensen, 1981
<i>Ml</i> (St)	Steffi	Anonymous, 2003
<i>Ml</i> (Sl-1)	<i>H. spontaneum</i> Sl-1(RS1-12)	Anonymous, 2003
<i>Mlf</i> , <i>Mlt</i>	<i>H. spontaneum</i> Sl-4(1-B-87)	Anonymous, 2003
<i>Ml</i> (1-B-53)	<i>H. spontaneum</i> (1-B-53)	Anonymous, 2003
<i>Ml</i> (Wl-1)	<i>H. spontaneum</i> Wl-1(RS-142-29)	Anonymous, 2003

Zarejestrowane w Polsce odmiany zagraniczne mają podobne uwarunkowania genetyczne odporności jak odmiany polskie, przeważają geny *Mlg* i *mlo*. Gen *Mlg* występuje często w kombinacji z genami *Mla*7, *Mla*12 i *Mla*13 (Anonymous, 2003 a). Na 6 odmian zagranicznych z genem *mlo* zarejestrowanych w Polsce, jest jedna odbiegająca korzystnie od pozostałych z tym genem, a mianowicie odmiana Philadelphia oprócz genu *mlo* ma jeszcze jeden *Mli* pochodzący z *H. spontaneum*. Odmiana Philadelphia i kilka jeszcze

innych zarejestrowanych w Niemczech w 2003 roku (Anonymous, 2003) stanowią nową jakość w odporności odmian jęczmienia jarego na mączniaka. W hodowli tych odmian wykorzystano odporne linie *H. spontaneum* wyselekcjonowane z populacji *H. spontaneum* zebranych w Izraelu (Jahoor, Fischbeck, 1987). Nowe źródła odporności z *H. spontaneum* na populację mączniaka w Europie mają geny przeważnie związane z locus *Mla* (Jahoor, Fischbeck, 1993). W tabeli 3 zamieszczono wykaz ważniejszych genów odporności na mączniaka, tych które zostały wykorzystane w przeszłości w europejskiej i polskiej hodowli jęczmienia jarego oraz nowe geny z *H. spontaneum* aktualnie wprowadzane do materiałów wyjściowych wytwarzanych w IHAR, w ramach tematów finansowanych z Funduszu Postępu Biologicznego.

LITERATURA

- Anonymous. 2003. Bundessortenamt, Beschreibende Sortenliste 2003. Getreide, Mais, Ölfruchte, Leguminosen, Hackfruchte. Deutscher Landwirtschaft. GmbH: 40 — 42.
- Anonymous. 2003 a. Lista odmian roślin rolniczych 2003. COBORU, Słupia Wielka: 78 — 79.
- 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.
- Czembor H. J. 1976. Źródła odporności na mączniaka jęczmienia *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*. Hod. Rośl. Aklim. 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. Hod. Rośl. Aklim. 25, 5/6: 215 — 226.
- Czembor H. J. 1984. Odporność jęczmienia ozimego na mączniaka (*Erysiphe graminis* DC ex Merat f. sp. *hordei*). Hod. Rośl. Aklim. 28, z. 1: 1 — 31.
- 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. Spektrum patogeniczności *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* w Polsce w latach 1999–2001. Biul. IHAR (w druku).
- Czembor H. J., Gacek E. 1990. Wybrane problemy hodowli odpornościowej zbóż na choroby. Biul. IHAR 173/174: 53 — 64.
- Czembor H. J., Gacek E., Kudła M. M. 1979. Źródła odporności na mączniaka jęczmienia *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*. Hod. Rośl. Aklim. t. 23, z. 6: 337 — 355.
- Czembor H. J., Kudła M. M. 1984. Rasy fizjologiczne mączniaka jęczmienia (*Erysiphe graminis* DC ex Merat f. sp. *hordei* Marchal) występujące w Polsce w latach 1975–1979. Hod. Rośl. Aklim. t. 28, z. 3/4: 219 — 230.
- 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., 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 mieszkankach zbożowych na rozwój chorób i plonowanie. Biul. IHAR 200: 203 — 209.
- 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., Skinnies H., Slater S., Vronska O. 2000. The European barley powdery mildew virulence survey and disease nursery 1993–1999. Agronomie 20 (7): 729 — 744.
- Jahoor A., Fischbeck G. 1987. Genetical studies of resistance to powdery mildew in barley lines derived from *Hordeum spontaneum* collected from Israel. Plant Breeding 99: 265 — 273.

- Jahoor A., Fischbeck G. 1993. Identification of new genes for powdery mildew resistance of barley at the *Mla* locus derived from *Hordeum spontaneum*. *Plant Breeding* 110: 116 — 122.
- Jahoor A., Stephan U., Fischbeck G. 1990. Study of powdery mildew resistance gene from Engledow India. *Barley Genetics Newsletter* 20: 41 — 42.
- Jensen H. P., Christensen E., Joergensen J. H. 1992. Powdery mildew resistance genes in 127 Northwest European spring barley varieties. *Plant Breeding* 108: 210 — 228.
- Jensen H. P., Jorgensen J. H. 1981. Powdery mildew resistance genes in Northwest European winter barley varieties. *Kgl. Vet.-og Landbohojsk. Arsskrift*: 75 — 102.
- Jorgensen J. H. 1991. Powdery mildew resistance genes *Mla22* and *Mla23* in barley. In: *Barley Genetics VI. Proceedings of the sixth International Barley Genetics Symposium, 1991 Sweden*: 596 — 598.
- Jorgensen J. H. 1992. Multigene families of powder mildew resistance genes in locus *Mla* on barley chromosome 5. *Plant Breeding* 108: 53 — 59.
- Jorgensen J. H. 1994. Genetics of powdery mildew resistance in barley. *Plant Science* 13: 97 — 119.
- Jorgensen J. H., Torp J. 1978. The distribution of spring barley varieties with different powdery mildew resistance in Denmark from 1960 to 1976. *Kgl. Vet. og. Landbohojsk. Arsskr.*: 27 — 44.
- Kintzios S., Jahoor A., Fischbeck G. 1992. New sources of mildew resistance in *Hordeum spontaneum* derived from winter barley lines. In: *Cereal Rust and Mildew-Proceeding of Eighth European and Mediterranean Conference, 1992, Germany*: 311 — 313.
- Schally H., Zedebrauer R., Zwazt B. 1995. Virulenzanalyse am Beispiel Sommergerst-Melthau in Österreich unter Nutzung des Kollektionssystem Sporenfall und Pflanzendeposition *Pflanzenschutzberichte* 55: 52 — 68.
- Wiberg A. 1974. Genetical studies of spontaneous sources of resistance to powdery mildew in barley. *Hereditas* 77: 89 — 148.
- Van der Plank J. E. 1968. *Disease resistance in plants*. Academic Press, New York, London.
- Zwazt B. 1987. Analyse der Resistenzfaktoren und Virulenzfaktorenim Wirt-Parasit-System Sommergerst-Sorten und Meheltau (*Erysiphe graminis* D.C. f. sp. *hordei*) in Österreich. *Die Bodenkultur*. 38: 341 — 349.