

ANNA WOŹNIAK-STRZEMBICKA

Zakład Oceny Jakości i Metod Hodowli Zboż

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Krakowie

Rdza żółta pszenicy w Polsce: częstość wirulencji w populacji patogena

Wheat yellow rust in Poland: virulence frequencies in pathogen population

Rdza żółta pszenicy powodowana przez grzyb *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* występuje w ostatnich latach w coraz większym nasileniu na zasiewach pszenicy w Polsce. W latach 1999–2001 prowadzono prace nad chorobotwórczością tego patogena. Określono częstość wirulencji 225 izolatów zebranych głównie w północno-zachodnich rejonach kraju. Izolaty testowano w stadium siewek, na zestawie różnicującym World/European set z genami odporności *Yr*. Obserwowano wysoką częstość wirulencji patogena (90–100%) wobec genów *Yr1*, *Yr2*, *Yr3*, *Yr4*, *YrSD*, *YrCV*, *Yr2+Yr6*, *Yr3a+Yr4a*. Niski poziom wirulencji notowano w stosunku do genów *Yr10*, *YrSu*, *YrA+Yr6*. W omawianym okresie badań notowano wzrost poziomu wirulencji wobec genu *Yr9*. Żaden izolat nie wykazał wirulencji w stosunku do genów *Yr7*, *Yr17*, *YrA*, *Yr6+Yr7*. Zidentyfikowano siedem patotypów w populacji rdzy żółtej. Określono efektywność genów odporności w stadium rośliny dorosłej, do najbardziej skutecznych należą geny *Yr7*, *Yr17*, *YrA*, *Yr6+Yr7*, *YrA+Yr6*.

Słowa kluczowe: geny odporności, *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, wirulencja

Yellow rust, caused by *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, is becoming more and more a serious threat to wheat cultivation in Poland. Pathogenicity of the pathogen population was investigated in 1999–2001. Variation in virulence was estimated for 225 isolates of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* collected mainly in north-western regions of the country. These isolates were tested for virulence on seedlings of the World / European differential set with *Yr* the resistance genes. Virulence frequency for the resistance genes *Yr1*, *Yr2*, *Yr3*, *Yr4*, *YrSD*, *YrCV*, *Yr2+Yr6*, *Yr3a+Yr4a* was very high (90–100%). Virulence to the *Yr10*, *YrSu*, *YrA+Yr6* was generally low. Frequency of virulence for the *Yr9* slowly increased from year to year. No virulence was found to resistance genes *Yr7*, *Yr17*, *YrA*, *Yr6+Yr7*. Seven pathotypes were identified in the yellow rust population. The differential cultivars were tested also in the field under artificial inoculation with mixture of isolates of the pathogen. In adult stage the genes *Yr7*, *Yr17*, *YrA*, *Yr6+Yr7*, *YrA+Yr6* provided full protection against population of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*.

Key words: *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, resistance genes, virulence

WSTĘP

Występowanie tego lub innego gatunku rdzy na zbożach uzależnione jest w dużym stopniu od warunków klimatycznych. Wśród trzech gatunków rdzy porażających pszenice,

rdza żółta *Puccinia striiformis* Westend f. sp. *tritici* charakteryzuje się największymi wymaganiami odnośnie wilgotności i największą wrażliwością na wahania temperatury, zwłaszcza w czasie długiego okresu inkubacji. Najdogodniejsze warunki do swego rozwoju znajduje rdza żółta na obszarach pozostających w zasięgu chłodnego klimatu morskiego (Roelfs i in., 1992). Corocznie na zasiewach pszenicy rdza żółta występuje w północno-zachodnich rejonach Europy we Francji, Holandii, Danii, Wielkiej Brytanii i północnych Niemczech. W niektórych rejonach wymienionych krajów w ostatnich latach nawet w epidemicznym nasileniu (Bayles, Stigwood, 1996; Bayles i in., 2000; Hovmoller, 2001). W sprzyjających latach notuje się także znaczne występowanie rdzy żółtej w południowych rejonach Europy, w Czechosłowacji (Bartos i in., 1991), we Włoszech (Wang, Pasquini, 1999). Choroba jest powszechna w zachodnich rejonach Ameryki Północnej, górskich Ameryki Południowej, na obszarach centralnej i zachodniej Azji, w Australii (Stubbs, 1988; Wellings, Macintosh, 1990; Roelfs i in., 1992). Straty w plonach sięgają od 15–30%, w rejonach epidemii są znacznie wyższe, mogą sięgać nawet do 70% (McIntosh i in., 1995).

W Polsce zagadnienie rdzy żółtej nie stanowiło do tej pory większego problemu, pojawiała się ona sporadycznie, chociaż w 1967 roku wystąpiła w epidemicznym nasileniu, na pszenicach ozimych i jarych powodując znaczne straty w plonach (Muszyńska, 1969). Także w ostatnich latach notuje się większe nasilenie tej choroby na zasiewach pszenicy, również niektórych form pszenżyta, zwłaszcza na terenach północno-zachodnich naszego kraju (Zamorski i in., 2001). *Puccinia striiformis* jest patogenem o dużych zdolnościach adaptacyjnych, co przy jednoczesnej możliwości przenoszenia zarodników przez wiatr na duże odległości powoduje szybkie rozprzestrzenienie się nowych, wirulentnych genotypów (Hermansen i in., 1978). Biorąc pod uwagę powyższe fakty, również ostatnio sprzyjające warunki klimatyczne w kraju, należy liczyć się z częstszym występowaniem choroby. Zaistniała zatem konieczność zwrócenia baczniejszej uwagi na ten gatunek rdzy i podjęcie badań jego chorobotwórczości. Celem niniejszej pracy było określenie wirulencji populacji *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* występującej w Polsce w latach 1999–2001.

MATERIAŁ I METODY

Liście pszenicy i pszenżyta z objawami rdzy żółtej zebrano w kilku miejscowościach, głównie w północno-zachodniej i centralnej części kraju. Z próbek wyprowadzono pojedyncze izolaty *Puccinia striiformis*, które rozmnażano na podatnej odmianie pszenicy Michigan Amber. Izolaty grzyba testowano na zestawie 23 odmian różnicujących. Ogółem w latach 1999–2001 analizowano 225 izolatów. Analizę wirulencji i reakcję siewek odmian testowych przeprowadzono na obciętych liściach wg metod opisanych przez innych autorów (Wang, Pasquini, 1999). Segmenty pierwszego liścia o długości 5 cm umieszczano na szalkach Petriego zawierających pożywkę agarowo- benzimidazolową (80 mg benzimidazolu, 10 g agaru, 1000 ml destylowanej wody) i inokulowano zarodnikami poszczególnych izolatów. Szalki umieszczano w komorze klimatycznej/temp. 15°C, 14/10 godz., dzień/noc. Po 14 dniach inkubacji określono typ infekcji według skali: 0:1,2 — jako odporny/ awirulencja, 3, 4 — wrażliwy/wirulencja. Określono procent wirulentnych

izolatów *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* w stosunku do odmian z genami odporności Yr. W pracy stosowano zestaw różnicujący — seria międzynarodowa i europejska W/E (World/European set) — zaproponowany przez Johnsona i wsp. (1972). Dodatkowo użyto kilku australijskich odmian z określonymi genami odporności Yr z kolekcji własnej (tab. 1).

Przeprowadzono ocenę reakcji odmian testowych na porażenie przez *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* w warunkach polowych w stadium rośliny dorosłej w latach 2000–2001. Odmiany wysiano w jednym powtórzeniu, po 2 rzędkie, z kontrolną odmianą Michigan Amber. Rośliny inokulowano w stadium 9–10 według skali Feekesa przez oprysk zawiesiną uredospor sporządzoną z mieszaniny izolatów grzyba. Inokulowano pas roślin o szerokości 50 cm każdego dwurzędkowego poletka. Wariant kontrolny stanowiły rośliny niezakażane z przeciwnej strony poletka oraz odmiana podatna. Nasilenie choroby i typ infekcji oszacowano stosując zmodyfikowaną, procentową skalę Cobba (Roelfs i in., 1992). Skala uwzględnia procent powierzchni liści pokrytej plamami nekrotycznymi, zarodnikami rdzy z chlorozą lub bez np. 5R, 30MR, 50MS, 70S, T, gdzie: R — odporny, MR — średnio odporny, MS — średnio wrażliwy, S — wrażliwy, T — ślad.

WYNIKI I DYSKUSJA

Odmiany wchodzące w skład zestawu testowego zawierają ważne geny odporności na rdzę żółtą, pojedyncze bądź w kombinacji, stosowane w hodowli i uprawie pszenicy w Europie i świecie (McIntosh i in., 1995). Częstość wirulencji korespondujących z wymienionymi źródłami odporności przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Częstość wirulentnych izolatów *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* zebranych w Polsce w latach 1999–2001
Frequency of virulent isolates of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* collected in Poland in the years 1999–2001

Odmiany różnicujące Differential cultivars	Geny Yr Yr- Genes	Lata — Years		
		1999	2000	2001
		częstość (%) — frequency		
1	2	3	4	5
Seria międzynarodowa* International series				
Chinese 166	Yr1	90	100	93
Lee	Yr7	0	0	0
Heines Kolben	Yr2Yr6	100	100	100
Vilmorin 23	Yr3	100	100	100
Moro	Yr10	32	34	33
Strubes Dickkopf	YrSD	100	100	100
Suvon 92/Omar	YrSu	28	26	33
Clement	Yr9	18	25	42

c. d. Tabela 1

1	2	3	4	5
Seria europejska*				
European series				
Hybrid 46	Yr4	100	100	100
Heines Peko	Yr2Yr6	100	100	100
Nord Desprez	Yr3aYr4a	100	100	100
Compair	Yr8	41	43	46
CarstenV	YrCV	100	100	100
Spaldings Prolific	YrSP	60	52	54
Heines VII	Yr2	100	100	100
Seria dodatkowa				
Additional series				
Darter	Yr6	57	61	59
Wilgoyne	Yr7	0	0	0
Sunstate	Yr17	0	0	0
Sunland	YrA	0	0	0
Rowan	Yr6Yr7	0	0	0
Pulsar	YrAYr6	30	23	27
Michigan Amber	—	100	100	100
Liczba izolatów				
Number of isolates		43	110	72

* Johnson i wsp. (1972)

* Johnson et al. (1972)

Wyniki otrzymane w latach 1999–2001 wskazują, że geny *Yr1*, *Yr2*, *Yr3*, *Yr4*, *YrSD*, *YrCV* oraz kombinacje genów *Yr2 + Yr6*, *Yr3a + Yr4a* są wysoce nieefektywne, ponieważ w populacji *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* obserwowano wysoką frekwencję (90–100%) izolatów zdolnych do porażenia odmian z tymi genami. Powszechnie wiadomo, że im wyższa częstość korespondującej wirulencji tym mniejsza efektywność danego źródła odporności. Niższy poziom wirulencji notowano w stosunku do odmian z genami *Yr8* (41–46%), *YrSP* (52–60%), *Yr6* (57–61%), przy czym ten poziom nie ulegał zmianie na przestrzeni badanych lat. W stosunku do genów *Yr10* i *YrSu* oraz kombinacji *YrA + Yr6* obserwowano znacznie niższą (ok. 30%), niezmienną częstość wirulencji (tab. 1). W omawianym okresie badań notowano stały wzrost poziomu wirulencji korespondującej z genem *Yr9* (18–42%). W krajowej populacji rdzy nie stwierdzono izolatów zdolnych do porażenia odmian z genami *Yr7*, *Yr17*, *YrA* oraz kombinacją genów *Yr6 + Yr7*.

W trakcie badań zidentyfikowano 7 patotypów — kombinacji wirulencji/awirulencji izolatów *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* w stosunku do odmian testowych (tab. 2). Nie notowano zasadniczych różnic w częstotliwości występowania poszczególnych patotypów w populacji grzyba. Wyjątek stanowią patotypy (b, e) odznaczające się wirulencją wobec genu *Yr9*, które w ostatnim roku badań wystąpiły z większą frekwencją. Nie stwierdzono obecności tych patotypów w izolatach pochodzących z form pszenżyta.

Systematyczne prace nad chorobotwórczością *Puccinia striiformis* są prowadzone w Europie i na innych kontynentach od początku lat siedemdziesiątych (Johnson i in., 1972; Johnson, Taylor, 1976; Stubbs, 1980; Roelfs i in., 1992). Zastosowanie zestawu testowego W/E (World /European set) dla analizy struktury populacji *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* pozwoliło na porównanie otrzymanych wyników z rezultatami badań prowa-

dzonych, zwłaszcza w ostatnich latach, przez innych autorów (Bayles i in., 1990; de Vallavieille-Pope, Line, 1990; Wellings, Macintosh, 1990; Bartos i in., 1991; Wang, Pasquini, 1999; Bayles i in., 2000; Hovmoller, 2001). Znaczny poziom wirulencji korespondujący z genami *Yr1*, *Yr2*, *Yr3*, *Yr4*, *Yr3a+4a*, *YrCV*, *YrSD*, *Yr SP* odnotowano także w Czechach (Bartos i in., 1991), w północno-zachodniej Europie (Bayles i in., 2000; Hovmoller, 2001), we Włoszech (Wang, Pasquini, 1999). Obserwuje się zróżnicowany poziom wirulencji w Europie i na świecie w stosunku do genu *Yr9* (translokacja *1B/1R*). Wysoką częstość notuje się od początku lat osiemdziesiątych w Danii, Francji, Niemczech, Wielkiej Brytanii (Bayles i in., 1990; de Vallavieille-Pope i in., 1990; Bayles, Stigwood, 1996; Bayles i in., 2000; Hovmoller, 2001). Epidemiczne wystąpienie rdzy żółtej w latach 1988–1989 w Wielkiej Brytanii na wielu odmianach, głównie na odmianie Sleafmora było spowodowane gwałtownym zwiększeniem wirulencji wobec *Yr9* w populacji patogena (Bayles i in., 1990). W południowych rejonach Europy — Czechy, Włochy notowano niższy udział wirulentnych izolatów w stosunku do genu *Yr9* (Bartos i in., 1991; Wang, Pasquini, 1999).

Tabela 2

Patotypy *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* zidentyfikowane w Polsce w latach 1999–2001
Pathotypes of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* identified in Poland in the years 1999–2001

Gen Gene	Patotyp Pathotype						
	a	b	c	d	e	f	g
<i>Yr1</i>	V*	V	V	V	V	V	
<i>Yr2</i>	V	V	V	V	V	V	V
<i>Yr3</i>	V	V	V	V	V	V	V
<i>Yr4</i>	V	V	V	V	V	V	V
<i>Yr6</i>	V	V	V				V
<i>Yr7</i>							
<i>Yr8</i>	V	V	V				
<i>Yr9</i>		V			V		
<i>Yr10</i>		V	V				V
<i>Yr17</i>							
<i>YrA</i>							
<i>YrCV</i>	V	V	V	V	V	V	V
<i>YrSD</i>	V	V	V	V	V	V	V
<i>YrSP</i>	V			V		V	
<i>YrSu</i>		V				V	
<i>Yr3a + 4a</i>	V	V	V	V	V	V	V
<i>Yr2 + 6</i>	V	V	V	V	V	V	V
<i>Yr6 + 7</i>							
<i>YrA + 6</i>		V	V				

*V = Wirulencja; Puste miejsce = Awirulencja

*V = Virulent; Blank = Avirulent

W Polsce według prezentowanych w niniejszej pracy wyników, częstość tej wirulencji sukcesywnie wzrastała (18–42%). Natomiast na innych kontynentach, w Ameryce Północnej, Australii nie stwierdzono wirulencji wobec *Yr9*, co jest zapewne konsekwencją małego wykorzystania tego genu w hodowli (de Vallavieille-Pope, Line 1990; Wellings, Macintosh, 1990; Roelfs i in., 1992; McIntosh i in., 1995).

W Europie notuje się brak lub niski poziom wirulencji korespondującej z genami *Yr7*, *YrA* (Bartos i in., 1991; Bayles, Stigwood, 1996; Bayles i in., 2000; Hovmoller, 2001). Wysokie częstości wirulencji w stosunku do tych genów notowano na innych kontynentach, głównie w Australii, gdzie odporność u wielu odmian jest kontrolowana właśnie tymi genami (Wellings, Macintosh, 1990; McIntosh i in., 1995). Gen *Yr17* warunkujący odporność na *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* został wprowadzony do odmian pszenicy w krajach Europy północnej w połowie lat siedemdziesiątych. W populacji patogena nie notowano wirulencji korespondującej z tym genem, aż do 1994 roku, wówczas po raz pierwszy zidentyfikowano w Wielkiej Brytanii i Danii genotypy patogena zdolne do porażenia źródeł odporności z *Yr17*. Od tego czasu częstość wirulencji sukcesywnie wzrasta w tych krajach, zaś od 1997 roku także we Francji i Niemczech. Badacze tłumaczą to popularnością w uprawie odmian z genem *Yr17* (np. Brigadier, Hussar) jak również migracją zarodników (Bayles, Stigwood, 1996; Bayles i in., 2000; Hovmoller, 2001).

Tabela 3

Reakcja odmian różnicujących na populację rdzy żółtej w stadium rośliny dorosłej w latach 2000 i 2001, Kraków

Adult plant responses of differential cultivars to yellow rust population during 2000 and 2001, Kraków

Odmiana Cultivar	Gen Gene	Lata Years	
		2000	2001
Chinese 166	<i>Yr1</i>	5R*	10MR
Lee	<i>Yr7</i>	R	R
Heines Kolben	<i>Yr2Yr6</i>	20MS	40MS
Vilmorin 23	<i>Yr3</i>	5MR	TMR
Moro	<i>Yr10</i>	30S	40S
Strubes Dickkopf	<i>YrSD</i>	10MR	10MR
Suvon 92/Omar	<i>YrSu</i>	40MS	30MS
Clement	<i>Yr9</i>	20MR	30MS
Hybrid 46	<i>Yr4</i>	20MS	40MS
Heines Peko	<i>Yr2Yr6</i>	30MS	30MS
Nord Desprez	<i>Yr3aYr4a</i>	40MS	50MS
Compair	<i>Yr8</i>	20S	20S
CarstenV	<i>YrCV</i>	30S	20S
Spaldings Prolific	<i>YrSP</i>	20MS	30MS
Heines VII	<i>Yr2</i>	10S	20S
Darter	<i>Yr6</i>	5MR	TMR
Wilgoyne	<i>Yr7</i>	R	R
Sunstate	<i>Yr17</i>	R	R
Sunland	<i>YrA</i>	R	R
Rowan	<i>Yr6Yr7</i>	R	R
Pulsar	<i>YrAYr6</i>	R	5R
Michigan Amber	—	70S	80S

* Według zmodyfikowanej procentowej skali Cobba: R — Odporny, T — Ślad

MR — Średnio odporny, MS = Średnio wrażliwy, S — Wrażliwy

* Scoring according to the modified Cobb's scale: R — Resistant, T — Trace

MR — Moderately resistant, MS — Moderately susceptible, S — Susceptible

Ocena odporności odmian różnicujących na rdzę żółtą w warunkach polowych, z zastosowaniem inokulacji populacją grzyba, pozwoliła określić efektywność znanych genów odporności w stadium rośliny dorosłej. W omawianym okresie badań były sprzy-

jające warunki do przeprowadzenia inokulacji i rozwoju choroby wczesną wiosną (niższe temperatury i odpowiednia wilgotność). Podatna, kontrolna odmiana Michigan Amber uległa znacznemu porażeniu. Wyniki wykazały, że do najbardziej skutecznych na krajową populację należą geny *Yr7*, *Yr17*, *YrA*, oraz kombinacja *Yr6Yr7* i *YrAYr6* (tab. 3).

Odporność pszenicy na rdzę żółtą tradycyjnie oparta na wykorzystaniu głównych genów odporności jest krótkotrwała wskutek zdolności przystosowawczych patogena. Jednym z powodów szybkiej adaptacji populacji patogena jest powszechne użycie pojedynczych głównych genów odporności. Przytoczony wyżej przykład „załamania” się odporności kontrolowanej genem *Yr17* jest tego dowodem. W wielu pracach, zwłaszcza w krajach gdzie rdza żółta występuje powszechnie, badacze kładą nacisk na konieczność rozpoznania i eksploatacji bardziej trwałej odporności, warunkowanej najczęściej kombinacją kilku genów, kontrolujących odporność w stadium rośliny dorosłej z genami odporności specyficznej w fazie siewek (Stubbs, 1988; Roelfs i in., 1992; McIntosh i in., 2001).

PODSUMOWANIE

Pojawienie się rdzy żółtej w ostatnich latach w Polsce, w silniejszym stopniu może być początkiem corocznego jej występowania, zwłaszcza przy sprzyjających warunkach klimatycznych. Przytoczone wyniki analizy struktury populacji *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, częstotliwości wirulencji dostarczyły informacji o skuteczności genów odporności na rdzę żółtą. Systematyczny przegląd wirulencji jak i ocena odporności winny być kontynuowane jako ważny, pierwszy etap procesu hodowli odpornościowej.

LITERATURA

- Bartos P., Stuchlikova E., Hanusova R., Sklenickova J. 1991. Odolnost odrud a novoslechteni psenice ke rzi plevove. Genet. a Slecht. 27. (2/3): 157 — 168.
- Bayles R. A., Channell M. H., Stigwood P. L. 1990. Yellow rust of wheat. UK Cereal Pathogen Virulence Survey, Annu. Rep. for 1989: 11 — 17.
- Bayles R. A., Stigwood P. L. 1996. Yellow rust of wheat. UK Cereal Pathogen Virulence Survey, Annu. Rep. for 1995: 13 — 17.
- Bayles R. A., Flath K., Hovmoller M. S., de Vallavieille-Pope C. 2000. Breakdown of the *Yr17* resistance to yellow rust of wheat in northern Europe. Agronomie 20: 805 — 811.
- de Vallavieille-Pope C., Line R. F. 1990. Virulence of North American and European races of *Puccinia striiformis* on North American, world and European differential wheat cultivars. Plant Dis. 74: 739 — 743.
- de Vallavieille-Pope C., Picard-Formery H., Radulovic S., Johnson R. 1990. Specific resistance factors to yellow rust in seedlings of some French wheat varieties and races of *Puccinia striiformis* Westend in France. Agronomie (Paris) 2: 101 — 113.
- Hermansen J. E., Torp U., Phram L. P. 1978. Studies of transport of live spores of cereal mildew and rust fungi across the North Sea. Grana 17: 41 — 46.
- Hovmoller M. S. 2001. Disease severity and pathotype dynamics of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Denmark. Plant Pathology 50: 181 — 189.
- Johnson R., Stubbs R. W., Fuchs E., Chamberlain N. H. 1972. Nomenclature for physiologic races of *Puccinia striiformis* infecting wheat. Trans. Br. Mycol. Soc. 58 (3): 475 — 480.
- Johnson R., Taylor A. J. 1976. Yellow rust of wheat. Plant Breeding Institute Cambridge. Annual Report: 106 — 109.

- McIntosh R. A., Wellings C. R., Park R. F. 1995. Wheat rusts: an atlas of resistance genes. CSIRO. Australia. Kluwer Acad.Publ., Dordrecht: 200 pp.
- McIntosh R. A., Bariana H. S., Park R. F., Wellings C. R. 2001. Aspects of wheat rust research in Australia. *Euphytica* 119: 115 — 120.
- Muszyńska K. 1969. Niepokojące nasilenie rdzy żółtej (*Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* Erikss.) w Polsce. *Hod. Rośl. Aklim.* 13/ 1: 77 — 82.
- Roelfs A. P., Singh R. O., Saari E. E. 1992. Rust disease of wheat. Concepts and methods of disease management. CIMMYT Mexico: 81 pp.
- Stubbs R. W. 1980. Yellow rust in Europe. Research Institute for Plant Protection, Wageningen, The Netherlands, Annual Report: 27 — 29.
- Stubbs R. W. 1988. Pathogenicity analysis of yellow (stripe) rust of wheat and its significance in a global context. In: Breeding strategies for resistance to the rust of wheat: 23 — 38.
- Wang F., Pasquini M. 1999. Virulence of wheat stripe rust in Italy. *Cereal Rusts and Powdery Mildews Bulletin*. Vol. 27: 1 — 8.
- Wellings C. R., McIntosh R. A. 1990. *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Australasia: pathogenic changes during the first 10 years. *Plant Pathology* 39: 316 — 325.
- Zamorski C., Nowicki B., Wakuliński W., Schollenberger M. 2001. Reakcje genotypów pszenicy i pszenżyta na porażenie przez *Puccinia striiformis* Westend. *Prog. Plant Protection / Post. Ochr. Roślin* 41 (2): 947 — 950.