

GRZEGORZ CZAJOWSKI**ANNA STRZEMBICKA****KATARZYNA KARSKA**

Zakład Roślin Zbożowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Kraków

Wirulencja populacji *Puccinia triticina* sprawcy rdzy brunatnej pszenicy i pszenżyta w Polsce w latach 2008–2010*

Virulence in population of *Puccinia triticina*, the causal agent of wheat and triticale leaf rust in Poland in 2008–2010

W latach 2008–2010 przetestowano łącznie 376 izolatów *Puccinia triticina* pochodzących z pszenicy i pszenżyta. Pojedyncze izolaty testowano na siewkach 38 linii izogenicznych NIL w celu określenia wirulencji, wyprowadzonych na bazie odmiany Thatcher z genami odporności *Lr*. Obserwowano wysoką częstotliwość wirulencji patogena (70–100%) w stosunku do większości genów odporności. W omawianym okresie badań niski poziom wirulencji w populacji *Puccinia triticina* pochodzącej z pszenicy notowano wobec genów: *Lr2a*, *Lr2b*, *Lr26*, *Lr38* i *LrW*. W odniesieniu do populacji pochodzącej z pszenżyta niską częstotliwość wirulencji stwierdzono w stosunku do genów: *Lr1*, *Lr2a*, *Lr3*, *Lr17*, *Lr20*, *Lr38* i *LrW*. W przypadku linii z genami: *Lr9*, *Lr23*, *Lr24* i *Lr25* notowano pojawienie się wirulentnych izolatów. Aktualnie gen *Lr19* nadal pozostaje wysoce skuteczny na populację *Puccinia triticina* z obu gatunków zbóż. W oparciu o zestaw 15 linii izogenicznych: *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2b*, *Lr2c*, *Lr3*, *Lr9*, *Lr11*, *Lr15*, *Lr17*, *Lr19*, *Lr21*, *Lr23*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr28* zidentyfikowano patotypy *Puccinia triticina* pochodzące z pszenicy i pszenżyta. W okresie badawczym patotypy: 12720 i 12724 przeważały w populacji pochodzącej z pszenicy, natomiast wśród patotypów z pszenżyta dominowały: 41122 i 41126.

Słowa kluczowe: geny odporności, populacja, *Puccinia triticina*, wirulencja

A total of 376 isolates of *Puccinia triticina* were collected from wheat and triticale plants in Poland between 2008 and 2010. The isolates were tested for virulence on seedlings of 38 near isogenic lines (NILs) obtained on the basis of cv. Thatcher and expressing *Lr* resistance genes. High frequency (70–100%) of isolates that were virulent towards the majority of *Lr* genes was recorded. Low virulence against the lines expressing *Lr2a*, *Lr2b*, *Lr26*, *Lr38* and *LrW* genes in the population originated from wheat was observed. Regarding the population that originated from triticale, a low frequency of isolates virulent towards the lines expressing *Lr1*, *Lr2a*, *Lr3*, *Lr17*, *Lr20*, *Lr38* and *LrW* was observed. However, in both populations isolates virulent towards the lines expressing genes *Lr9*, *Lr23*, *Lr24* and

* Badania są finansowane w ramach tematu statutowego 1- 1- 01- 3- 01

Lr25 were observed. The results indicate that *Lr19* gene was the most effective against *P. triticina* isolates from both species of cereals. Pathotypes of *P. triticina* from wheat and triticale were identified with the use 15 NILs possessing the resistance genes *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2b*, *Lr2c*, *Lr3*, *Lr9*, *Lr11*, *Lr15*, *Lr17*, *Lr19*, *Lr21*, *Lr23*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr28*. Pathotypes 12720 and 12724 appeared to be most widespread in the population originated from wheat, whereas pathotypes 41122 and 41126 were prevalent in the population originated from triticale.

Key words: population of *Puccinia triticina*, resistance genes, virulence

WSTĘP

Szerokie rozprzestrzenienie oraz potencjał epidemiologiczny *Puccinia triticina* (Erikss.) kwalifikują rdzę brunatną, jako jedną z poważniejszych chorób pszenicy o dużym znaczeniu ekonomicznym w wielu rejonach świata (McIntosh i in., 1995). Cechą charakterystyczną, która stanowi o znaczeniu tej choroby jest regularność jej występowania. Rokrocznie powoduje ona straty w plonach szacowane na około 15%, a w latach epifitoz 30–60% (Roelfs i in., 1992; Sayre i in., 1998).

Spośród trzech występujących na pszenicy gatunków rdzy największe zagrożenie dla Polski stanowi rdza brunatna *Puccinia triticina*, która pojawia się corocznie z różnym nasileniem na jarych i ozimych formach, a także na zasiewach pszenżyta (Arseniuk i in., 2000; Woźniak-Strzembicka, Czajowski, 2009).

Pomimo możliwości stosowania fungicydów najlepszym sposobem zapobiegania i zwalczania rdzy brunatnej jest wykorzystanie genetycznej odporności poprzez hodowlę odmian odpornych. Nasilenie występowania rdzy na określonym terenie i w określonym czasie jest uzależnione od częstotliwości danego genu u odmian odpornych, częstotliwości korespondujących genów patogeniczności w populacji patogena oraz zmian środowiska (Browder, 1980).

Informacje dotyczące struktury populacji *Puccinia triticina*, oraz częstotliwości genów wirulencji korespondujących z genami odporności mają duże znaczenie dla programów hodowli odpornościowej w poszukiwaniu nowych źródeł odporności.

W pracy przedstawiono wyniki analizy wirulencji i struktury krajowej populacji *Puccinia triticina* w latach 2008–2010. Opisane badania są kontynuacją prac, których wyniki zostały wcześniej opublikowane (Woźniak-Strzembicka, 2003; Woźniak-Strzembicka, Czajowski, 2009).

MATERIAŁ I METODY

Próbki patogena na liściach pszenicy i pszenżyta zbierano z odmian zrejonizowanych i rodów hodowlanych. Porażone liście zebrano w kilkunastu miejscowościach, reprezentujących różne rejony geograficzne kraju. Z pojedynczych skupień uredospor z próbek porażonych liści wyodrębniono izolaty grzyba. Ogółem w latach 2008–2010 analizowano 376 izolatów, z czego 197 pochodzących z pszenicy i 179 pszenżyta. Celem określenia spektrum chorobotwórczości *Puccinia triticina* poszczególne izolaty testowano na różnicującym zestawie 38 linii izogenicznych NIL wyprowadzonych na bazie odmiany Thatcher. Wykaz linii NIL wraz z genami odporności *Lr* i pochodzeniem podaje tabela 1.

Wykaz linii izogenicznych NIL z genami *Lr*
List of near - isogenic lines with *Lr* genes

Gen <i>Lr</i> <i>Lr</i> gene	Pochodzenie Pedigree	Numer identyfikacyjny Identity number
<i>Lr1</i>	Tc*6/Centenario	RL 6003
<i>Lr2a</i>	Tc*6/Webster	RL 6016
<i>Lr2b</i>	Tc*6/Carina	RL 6019
<i>Lr2c</i>	Tc*6/Loros	RL 6047
<i>Lr3</i>	Tc*6/Democrat	RL 6002
<i>Lr9</i>	Transfer/Tc*6 <i>Aegilops.umbellulata</i>	RL 6010
<i>Lr10</i>	Tc*6/Exchange	RL 6004
<i>Lr11</i>	Tc*2/Hussar	RL 6053
<i>Lr12</i>	Exchange/Tc*6	RL 6011
<i>Lr13</i>	Tc*6/Frontana	RL 4031
<i>Lr14a</i>	Selkirk/Tc*6	RL 6013
<i>Lr14b</i>	Tc*6/Mario Escobar	RL 6006
<i>Lr15</i>	Tc*6/W1483	RL 6052
<i>Lr16</i>	Tc*6/Exchange	RL 6005
<i>Lr17</i>	Klein Lucero/Tc*6	RL 6008
<i>Lr18</i>	Tc*7/Afrika 43	RL 6009
<i>Lr19</i>	Tc*7 Transloc.4- <i>Agropyron elongatum</i>	RL 6040
<i>Lr20</i>	Tc*6/Jimmer	RL 6092
<i>Lr21</i>	Tc*6RL5406 <i>Ae. Squarrosa v. mayeri</i>	RL 6043
<i>Lr22</i>	Tc*6/RL5404 <i>Ae.squar.v.strangulata</i>	RL 6044
<i>Lr23</i>	Lee 310/Tc*6	RL 6012
<i>Lr24</i>	Tc*6/Agent (<i>Agropyron elongatum</i>)	RL 6064
<i>Lr25</i>	Tc*6/Transec (<i>Secale cereale</i>)	RL 6084
<i>Lr26</i>	Tc*6/St-1-25	RL 6078
<i>Lr28</i>	Tc*6/C-77-1 (<i>Aegilops speltoides</i>)	RL 6079
<i>Lr29</i>	Tc*6/CS7D-Ag + 11 (<i>A.elongatum</i>)	RL 6080
<i>Lr30</i>	Tc*6/Terenzio	RL 6049
<i>Lr32</i>	Tc*6/3/ <i>Aegilops squarrosa</i>	RL 6086
<i>Lr33</i>	Tc*6/PI 58548-1	RL 6057
<i>Lr34</i>	Tc*6/PI 58548-2	RL 6058
<i>Lr35</i>	Tc*6/RL 5711 <i>T.speltoides</i>	RL 6082
<i>Lr37</i>	Tc*8/VPMI <i>T.ventricosum</i>	RL 6081
<i>Lr38</i>	Tc*6/TMR-514-12-24	RL 6137
<i>Lr44</i>	Tc*6/ <i>T.spelta</i>	RL 6147
<i>LrB</i>	Tc*6/Carina	RL 6051
<i>LrB</i>	Tc*6/PI 268316	RL 6061
<i>LrW</i>	Tc*6/V336	RL 6107
<i>LrTc</i>	Thatcher (kontrola)	RL 6101

Linie NIL inokulowano w warunkach szklarniowych w stadium 2 liścia poszczególnymi izolatami grzyba. Stosowano metodę obciętych liści na pożywce agarowo-benzimidazolowej i standardową na siewkach (Park, Felsenstein, 1998). Po 12 dniowej inkubacji w kontrolowanych warunkach (komora klimatyczna, temperatura 22/18°C noc/dzień) przeprowadzono ocenę porażenia siewek wg skali 0–4. Typ infekcji 0–2 interpretowano, jako odporny/awirulencja, 3–4 jako wrażliwy/wirulencja (Roelfs i in., 1992). Na podstawie uzyskanych wyników określono częstotliwość wirulentnych izolatów w populacji *Puccinia triticina*.

W trakcie badań w latach 2008–2010 identyfikowano patotypy rdzy brunatnej, stosując zestaw 15 linii izogenicznych NIL z genami: *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2b*, *Lr2c*, *Lr3*, *Lr9*, *Lr11*, *Lr15*,

Lr17, Lr19, Lr21, Lr23, Lr24, Lr26, Lr28. Metoda nazewnictwa i identyfikacji patotypów została opisana w poprzedniej pracy (Woźniak-Strzembicka, Czajowski, 2009).

WYNIKI I DYSKUSJA

Częstotliwość wirulentnych izolatów *Puccinia triticina* zebranych z pszenicy i pszenżyta w latach 2008–2010 przedstawiono w tabeli 2. W omawianym okresie badań obserwowano wysoką częstotliwość wirulencji izolatów patogena (70–100%) wyodrębnionych z obu gatunków zbóż wobec większości genów odporności *Lr*.

Analiza struktury populacji *Puccinia triticina* pochodzącej z zasiewów pszenicy i pszenżyta wskazuje na pewne zróżnicowanie poziomu wirulencji w tych populacjach w stosunku do niektórych genów odporności.

Według prezentowanych w niniejszej pracy wyników niską częstotliwość wirulencji krajowej populacji patogena pochodzącej z pszenicy obserwowano wobec genów: *Lr2a*, *Lr2b*, *Lr38* i *LrW* (2–31%), podobnie jak w poprzednim okresie badań (Woźniak-Strzembicka, 2003; Woźniak-Strzembicka, Czajowski, 2009). Niski poziom wirulencji wobec genów *Lr2a* i *Lr2b* notowano również na terenie Czech, Francji i Hiszpanii. Na Słowacji frekwencja izolatów wirulentnych wobec *Lr2a* również była niska, a w przypadku *Lr2b* wykazała tendencję spadkową z poziomu 72 do 39%. Natomiast na terenie Niemiec i Rosji obserwowano średni do wysokiego poziomu wirulencji korespondującej z tymi genami. W przypadku genu *Lr38* niską wartość zanotowano w Niemczech. Izolaty wirulentne wobec *LrW* pojawiły się na terenie Niemiec i Rosji, gdzie ich frekwencja osiągnęła poziom 81–100% (Martinez i in., 2005; Goyeau i in., 2006; Lind, Gulyaeva, 2007; Hanzalova, 2010; Hanzalova i in., 2010).

W omawianym okresie badań obserwowano dalszy wzrost udziału wirulentnych izolatów *Puccinia triticina* pochodzących z zasiewów pszenicy w stosunku do genu *Lr1*, który przez wiele lat był wysoce efektywny (Woźniak-Strzembicka, Czajowski, 2009). Frekwencja wirulencji korespondującej z tym genem sukcesywnie wzrasta począwszy od 2006 roku (21%), do chwili obecnej 83–86% (tab. 2). Wzrost udziału wirulentnych izolatów w stosunku do tego genu notowano także w Czechach, Niemczech, Rosji, na Słowacji i Węgrzech, gdzie przez pewien okres czasu poziom wirulencji korespondującej z tym genem był średni lub niski, zaś w ostatnich latach wyniósł 70–100%. Wzrost poziomu wirulencji prawdopodobnie może mieć związek z postulowaną obecnością tego genu w różnych odmianach europejskich między innymi w popularnej czeskiej odmianie Vlada i niemieckich odmianach Cortez i Limes (Manninger, 2006; Pathan, Park, 2006; Lind, Gulyaeva, 2007; Hanzalova, 2010; Hanzalova i in., 2010).

W porównaniu do poprzedniego okresu badań obserwowano spadek poziomu wirulencji w stosunku do genu *Lr26*, od średniego poziomu 60% w latach 2002–2007 do 11–14% obecnie (tab. 2). Obniżenie poziomu wirulencji wobec tego genu notowano także w Niemczech. We Francji i Hiszpanii częstotliwość izolatów wirulentnych w stosunku do *Lr26* była niska 7–12% natomiast w Czechach, Słowacji, Litwie, Rosji i na Węgrzech oscylowała w zakresie 36–94%.

Tabela 2

Częstotliwość wirulentnych izolatów *Puccinia triticina* na liniach izogenicznych z genami *Lr* w Polsce
Frequency of Polish *P. triticina* isolates virulent on isogenic lines with *Lr* resistance genes

Gen <i>Lr</i> <i>Lr</i> gene	Częstość izolatów wirulentnych z pszenicy (%) Frequency of virulent isolates from wheat (%)			Częstość izolatów wirulentnych z pszenżyta (%) Frequency of virulent isolates from triticale (%)		
	lata — years					
	2008	2009	2010	2008	2009	2010
<i>Lr1</i>	86	84	83	0	48	19
<i>Lr2a</i>	2	14	24	18	13	33
<i>Lr2b</i>	8	14	14	87	50	67
<i>Lr2c</i>	41	29	20	91	67	75
<i>Lr3</i>	86	78	77	11	45	31
<i>Lr9</i>	0	33	79	0	37	72
<i>Lr10</i>	100	89	100	100	83	100
<i>Lr11</i>	100	83	91	100	73	89
<i>Lr12</i>	100	95	67	100	92	100
<i>Lr13</i>	100	94	100	100	83	100
<i>Lr14a</i>	100	90	100	100	88	100
<i>Lr14b</i>	100	83	100	100	92	100
<i>Lr15</i>	96	81	80	53	68	55
<i>Lr16</i>	100	90	86	100	77	52
<i>Lr17</i>	90	81	86	7	42	35
<i>Lr18</i>	47	39	71	29	38	52
<i>Lr19</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Lr20</i>	8	51	61	2	28	17
<i>Lr21</i>	100	78	79	100	72	80
<i>Lr22</i>	100	88	86	100	95	91
<i>Lr23</i>	0	18	52	0	17	36
<i>Lr24</i>	0	36	58	0	28	53
<i>Lr25</i>	8	53	71	9	68	84
<i>Lr26</i>	14	11	11	75	43	60
<i>Lr28</i>	53	51	65	48	45	47
<i>Lr29</i>	100	66	82	80	68	63
<i>Lr30</i>	100	88	100	100	88	100
<i>Lr32</i>	100	89	100	100	95	100
<i>Lr33</i>	100	91	100	100	88	100
<i>Lr34</i>	100	80	100	100	82	100
<i>Lr35</i>	100	95	100	100	92	100
<i>Lr37</i>	100	89	100	100	85	100
<i>Lr38</i>	26	31	18	11	15	21
<i>Lr44</i>	80	63	85	55	42	77
<i>LrB</i>	100	78	81	100	88	66
<i>LrB</i>	100	73	68	100	85	69
<i>LrW</i>	0	26	9	0	27	7
<i>LrTc</i>	100	100	100	100	100	100
Liczba izolatów Number of isolates	51	80	66	44	60	75

Wiele odmian pszenicy ozimej zrejonizowanych w tych krajach charakteryzuje się odpornością warunkowaną tym genem, między innymi odmiany czeskie (Orlando, Sparta), słowackie (Bonita, Rapsodia, Sana), węgierskie (MV Magdalena, MV Palma) co niewątpliwie wpłynęło na taką frekwencję wirulencji (Liatukas, 2003; Martinez i in., 2005; Goyeau i in., 2006; Manninger, 2006; Pathan, Park, 2006; Lind, Gultyaeva, 2007;

Hanzalova, 2010; Hanzalova i in., 2010). Analizując populacje izolatów *Puccinia triticina*, pochodzącą z zasiewów pszenżyta, należy stwierdzić, że wobec genów: *Lr1*, *Lr2a*, *Lr3*, *Lr17*, *Lr20*, *Lr38* i *LrW* podobnie jak w poprzednim okresie badawczym notowano niską i średnią częstotliwość wirulencji 2–48%. Natomiast frekwencja wirulencji korespondującej z genami *Lr15*, *Lr26* i *Lr28* sukcesywnie wzrasta począwszy od 15–28% w latach ubiegłych do 48–75% obecnie (tab. 2).

Według badań Manninger (2006) prowadzonych w latach 1999–2004 na Węgrzech na zasiewach pszenżyta zidentyfikowano izolaty *Puccinia triticina* charakteryzujące się znaczną wirulencją tylko wobec genów: *Lr2b*, *Lr2c* i *Lr11*. W Polsce, jak wynika z naszych badań częstotliwość wirulencji korespondującej z tymi genami wynosiła od 50–100% (tab. 2)

W poprzednich latach w krajowej populacji *Puccinia triticina* nie notowano wirulencji korespondującej z genami *Lr9*, *Lr23*, *Lr24* i *Lr25* (Woźniak-Strzembicka, Czajowski, 2009). W 2008 roku w obydwu populacjach *Puccinia triticina* odnotowano izolaty wirulentne wobec genu *Lr25* przy czym częstość wirulencji była niska 8–9%, w kolejnych dwóch latach badań stopniowo wzrastała do poziomu 71–84% (tab. 2). Wirulencję wobec tego genu zanotowano także na terenie Niemiec 25–53%, Litwy 14–22% i Rosji ok. 6% (Liatukas, 2003; Lind, Gultyaeva, 2007).

Izolaty korespondujące z genami *Lr9*, *Lr23* i *Lr24* odnotowano po raz pierwszy w krajowej populacji patogena w 2009 roku. Zakres częstotliwości wirulencji dla *Lr9* i *Lr24* początkowo kształtował się od 28 do 37%, w przypadku *Lr23* częstotliwość wynosiła 17–18%. W 2010 roku zanotowano gwałtowny wzrost poziomu wirulencji korespondującej z genem *Lr9* do 72–79%, natomiast dla genów *Lr23* i *Lr24* zakres częstotliwości wirulencji kształtował się od 36 do 58% (tab. 2).

Badania prowadzone na przestrzeni lat na terenie Europy wykazały zmienne zakresy częstotliwości wirulencji wobec genów *Lr9*, *Lr23* i *Lr24* w poszczególnych krajach i latach.

Najwyższy zakres wirulencji (78–100%) wobec genu *Lr9* obserwowano już w latach osiemdziesiątych w Hiszpanii, podczas gdy w ostatnich latach nie notowano wirulencji w tym kraju w stosunku do tego genu (Martinez i in., 2005). Pod koniec lat dziewięćdziesiątych na terenie Niemiec częstotliwość wirulencji dla *Lr9* wynosiła 9% (Gultyaeva i in., 2000), zaś w ostatnich latach na terenie Słowacji ok. 3% (Hanzalova i in., 2010).

Częstotliwość wirulencji wobec genu *Lr23* w większości krajów europejskich utrzymywała się na poziomie 47–100%, natomiast na terenie Francji i Litwy była niska 0–32%. Wirulencja wobec *Lr24* notowana była w Bułgarii, Czechach, Niemczech, na Słowacji i w Rumunii, przy czym zakres wirulencji wynosił od 7 do 46% (Mesterhazy i in., 2000; Liatukas, 2003; Lind, Gultyaeva, 2007; Hanzalova i in., 2010).

Geny *Lr9*, *Lr23*, *Lr24* i *Lr25* nie występują powszechnie w obecnie uprawianych odmianach europejskich, wyjątek stanowi niemiecka odmiana Tybalt, której odporność kontrolowana jest genem *Lr9*, zatem można przypuszczać, że zmiany poziomu wirulencji wobec tych genów mogą być spowodowane chorobotwórczym oddziaływaniem populacji rdzy z jednego kraju na drugi (Pathan, Park, 2006, Hanzalova i in., 2010)

Aktualnie jedynie gen *Lr19* pochodzący z *Agropyron elongatum*, podobnie jak w latach ubiegłych należy nadal do wysoce skutecznych na populację *Puccinia triticina* występującą na zasiewach pszenicy i pszenżyta w Polsce. Mimo to nie jest on szeroko rozpowszechniony w odmianach europejskich, prawdopodobnie ze względu na sprzężenie z genem warunkującym żółte zabarwienie mąki. Postuluje się jego obecność w odmianie słowackiej Bona Dea, szwedzkiej Sunnan i rosyjskich: Saratovskaya 29, Samara i Volgogradskaya. Niską częstotliwość wirulencji korespondującej z genem *Lr19* zanotowano w Czechach, Niemczech, Rosji i na Ukrainie (Elyasi-Gomari, Panteleev, 2006; Martynov, Dobrotvorskaya, 2006; Lind, Gultyaeva, 2007; Hanzalova, 2010).

Populacja *Puccinia triticina* jest złożona, występuje w niej wiele patotypów, które charakteryzują się różnymi kombinacjami wirulencji / awirulencji w stosunku do linii z genami *Lr*. W latach 2008–2010 dominujące patotypy w obydwu populacjach stanowiły 2–7,6% (tab. 3 i 4).

Tabela 3

Patotypy rdzy brunatnej *Puccinia triticina* z pszenicy występujące z większą częstotliwością w latach 2008–2010

Pathotypes of wheat leaf rust *P. triticina* from wheat prevalent in 2008–2010

Patotyp Pathotype	Wirulencja/gen <i>Lr</i> Virulence/ <i>Lr</i> gene	Średnia frekwencja z lat 2008–2010 (%) Average frequency in 2008–2010 (%)
12720	<i>Lr1, Lr3, Lr11, Lr15, Lr17, Lr21</i>	7,6
12724	<i>Lr1, Lr3, Lr11, Lr15, Lr17, Lr21, Lr28</i>	6,1
12725	<i>Lr1, Lr3, Lr11, Lr15, Lr17, Lr21, Lr24, Lr28</i>	2,0
13724	<i>Lr1, Lr2c, Lr3, Lr11, Lr15, Lr17, Lr21, Lr28</i>	2,5
16724	<i>Lr1, Lr3, Lr9, Lr11, Lr15, Lr17, Lr21, Lr28</i>	2,0
17724	<i>Lr1, Lr2c, Lr3, Lr9, Lr11, Lr15, Lr17, Lr21, Lr28</i>	2,0
36725	<i>Lr1, Lr2a, Lr3, Lr9, Lr11, Lr15, Lr17, Lr21, Lr24, Lr28</i>	2,0
Ogółem Total		24,2

W populacji z pszenicy patotypy: 12720 i 12724 wystąpiły z większą częstotliwością 6,1–7,6% (tab. 3). Ich charakterystyczną cechą jest wirulencja wobec genów *Lr1, Lr3, Lr11, Lr15, Lr17, Lr21*, a także awirulencja w stosunku do *Lr26*. Patotypy podobne pod względem wirulencji notowano również w poprzednich latach w Polsce, Czechach, Rosji i na Słowacji (Woźniak-Strzembicka, 2003; Lind, Gultyaeva, 2007; Woźniak-Strzembicka, Czajowski, 2009; Hanzalova, 2010; Hanzalova i in., 2010).

W populacji z pszenżyta największą frekwencję zanotowano w przypadku patotypów 41122 i 41126 (3,9–4,5%) (tab. 4). Warto zaznaczyć, że podobne patotypy notowano także w poprzednich latach w Polsce. Wspólną cechą patotypów pszenżytnich jest m.in. wirulencja wobec genów: *Lr2b, Lr2c, Lr11, Lr21*, a także w większości przypadków awirulencja wobec *Lr1* i *Lr3*. Patotypy o podobnej strukturze wirulencji notowano również na Węgrzech (Manniger, 2006). Istotną kwestią jest fakt wystąpienia w Polsce w obydwu populacjach *Puccinia triticina* patotypów charakteryzujących się wirulencją wobec dotychczas efektywnych genów odporności: *Lr9, Lr23, Lr24* i *Lr25*.

Patotypy rdzy brunatnej *Puccinia triticina* z pszenżyta występujące z większą częstotliwością w latach 2008–2010

Pathotypes of wheat leaf rust *P. triticina* from triticale prevalent in 2008–2010

Patotyp Pathotype	Wirulencja/gen <i>Lr</i> Virulent/ <i>Lr</i> gene	Średnia frekwencja z lat 2008–2010 (%) Average of frequency in 2008–2010 (%)
05320	<i>Lr2c, Lr9, Lr11, Lr15, Lr21</i>	2,0
41122	<i>Lr2b, Lr2c, Lr11, Lr21, Lr26</i>	4,5
41124	<i>Lr2b, Lr2c, Lr11, Lr21, Lr28</i>	2,2
41126	<i>Lr2b, Lr2c, Lr11, Lr21, Lr26, Lr28</i>	3,9
41322	<i>Lr2b, Lr2c, Lr11, Lr15, Lr21, Lr26</i>	2,8
41324	<i>Lr2b, Lr2c, Lr11, Lr15, Lr21, Lr28</i>	2,2
41326	<i>Lr2b, Lr2c, Lr11, Lr15, Lr21, Lr26, Lr28</i>	2,0
45362	<i>Lr2b, Lr2c, Lr9, Lr11, Lr15, Lr21, Lr23, Lr26</i>	2,0
45723	<i>Lr2b, Lr2c, Lr9, Lr11, Lr15, Lr17, Lr21, Lr24, Lr26</i>	2,0
55526	<i>Lr1, Lr2b, Lr2c, Lr9, Lr11, Lr17, Lr21, Lr26, Lr28</i>	2,0
61326	<i>Lr2a, Lr2b, Lr2c, Lr11, Lr15, Lr21, Lr26, Lr28</i>	2,0
65327	<i>Lr2a, Lr2b, Lr2c, Lr9, Lr11, Lr15, Lr21, Lr24, Lr26, Lr28</i>	2,0
67123	<i>Lr2a, Lr2b, Lr2c, Lr3, Lr9, Lr11, Lr21, Lr24, Lr26</i>	2,0
Ogółem Total		31,6

Większość zidentyfikowanych w Polsce patotypów stwierdzono w populacjach patogena w innych krajach europejskich. Według badaczy dominujące w krajach europejskich w populacji *Puccinia triticina* patotypy mogą stanowić od kilku do kilkunastu % populacji. Jednak w większości, populacja patogena złożona jest z wielu patotypów, których frekwencja jest bardzo niska. Te dane wskazują na dużą genetyczną różnorodność europejskiej populacji tego gatunku grzyba, szczególnie dotyczy to południowo-wschodnich rejonów Europy (Mesterhazy i in., 2000).

PODSUMOWANIE

Wspomniane wyniki analizy struktury obydwu populacji *Puccinia triticina* wskazują na zmiany w częstotliwości wirulencji korespondującej z głównymi genami odporności *Lr* w stosunku do poprzedniego okresu badań.

Odnotowano pojawienie się nowych patotypów w krajowej populacji *Puccinia triticina* charakteryzujących się wirulencją wobec dotychczas skutecznych genów odporności: *Lr9*, *Lr23*, *Lr24* i *Lr25*, zatem odporność przeciwko nim powinna być uwzględniona w każdym obiecującym materiale wyjściowym dla potrzeb hodowli odpornościowej.

LITERATURA

- Arseniuk E., Woś E., Woźniak-Strzembicka A. 2000. Aspect of triticale diseases research in Poland. Vortr. Pflanzenzüchtg. 49: 63 — 72.
- Browder L. E. 1980. A compendium of information about named genes for low reaction to *Puccinia recondita* in wheat Crop Sci. vol. 20: 775 — 779.
- Elyasi-Gomari S., Panteleev V. K. 2006. Virulence polymorphism of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* and effectiveness of *Lr* genes for leaf rust resistance of wheat in Ukraine. Plant Dis. 90: 853 — 857.

- Goyeau H., Park R., Schaeffer B., and Lannou C. 2006. Distribution of pathotypes with regard to host cultivars in French wheat leaf rust populations. *Phytopatology* 96: 264 — 273.
- Gulyaeva E., Walther U., Kopahnke D., Mikhailova L. 2000. Virulence of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* in Germany and European part in Russia in 1996—1999. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 35: 409 — 420
- Hanzalova A., Huszar J., Hervova E., Bartos P. 2010. Physiologic specialization of wheat leaf rust (*Puccinia triticina* Eriks.) in the Slovak Republic in 2005, 2006 and 2008. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 46 (3): 114 — 121.
- Hanzalova A. 2010. Physiologic specialization of wheat leaf rust (*Puccinia triticina* Eriks.) in the Czech Republic in 2005–2008. *Cereal Research Communications* 38 (3): 366 — 374.
- Liatukas Z. 2003. Virulence of winter wheat leaf rust isolates. *Biologija* 1: 77 — 80.
- Lind V., Gulyaeva E. 2007. Virulence frequencies of *Puccinia triticina* in Germany and the European Regions of the Russian Federation. *J. Phytopathology* 155: 13 — 21.
- Manninger K. 2006. Physiological specialization of *Puccinia triticina* on wheat and triticale in Hungary in 2004. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 41: 93 — 100.
- Martinez F., Sillero J. C., Rubiales D. 2005. Pathogenic specialization of *Puccinia triticina* in Andalusia from 1998 to 2000. *Phytopatology* 153: 344 — 349.
- Martynov S. P., Dobrotvorskaya I. V. 2006. Wheat — pedigree and identified alleles of genes. Available at <http://vurv.cz>.
- 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.
- Mesterhazy A., Bartos P., Goyeau H., Niks R. E., Csoz M., Andersen O., Casulli F., Ittu M., Jones E., Manisterski J., Manninger K., Pasquini M., Rubiales D., Schachermayr G., Strzembicka A., Szunics L., Todorova M., Unger O., Vanco B., Vida G., Walther U. 2000. European virulence survey for leaf rust in wheat. *Agronomie* 20: 793 — 804.
- Park R. F., Felsenstein F. G. 1998. Physiological specialization and pathotype distribution of *Puccinia recondita* in western Europe, 1995. *Plant Pathology* 47: 157 — 164.
- Pathan A. K., Park R. F. 2006. Evaluation of seedling and adult plant resistance to leaf rust in European wheat cultivars. *Euphytica* 149: 327 — 342.
- Roelfs A. P., Singh R. O., Saari E. E. 1992. Rust Disease of wheat. Concepts and methods of disease management. CIMMYT Mexico: 81 pp.
- Sayre K. D., Singh R. P., Huertaespino J., Rajaram S. 1998. Genetic progress in reducing losses to leaf rust in CIMMYT — derived Mexican spring wheat cultivars. *Crop Sci.* 38: 654 — 659.
- Woźniak-Strzembicka A. 2003. Wirulencja populacji (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*) w Polsce w latach 1998 — 2001. *Biul. IHAR* 230: 109 — 115.
- Woźniak-Strzembicka A., Czajowski G. 2009. Wirulencja populacji *Puccinia triticina* w Polsce w latach 2002–2007. *Biul. IHAR* 253: 175 — 183.