

KATARZYNA KARSKA<sup>1</sup>  
ANNA STRZEMBICKA<sup>1</sup>  
GRZEGORZ CZAJOWSKI<sup>1</sup>  
PAWEŁ CZEMBOR<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Zakład Roślin Zbożowych IHAR — PIB w Krakowie

<sup>2</sup> Zakład Fitopatologii, Pracownia Hodowli Odpornościowej IHAR — PIB w Radzikowie

## Wirulencja populacji *Puccinia striiformis* sprawcy rdzy żółtej na pszenżycie w Polsce

### Virulence in population of *Puccinia striiformis*, the causal agent of triticale yellow rust in Poland

Rdza żółta powodowana przez grzyb *Puccinia striiformis* f. sp. (Westend) w ostatnich latach w coraz większym nasileniu występuje na zasiewach pszenżyta. W latach 2009 – 2011 przeprowadzono prace nad patogenicznością *P. striiformis* wobec linii pszenicy ze znanymi genami *Yr*, odmian pszenżyta i odmiany żyta Dańkowskie Złote. Określono częstość wirulencji 45 izolatów zebranych głównie w północno-zachodniej części Polski. W badanej populacji *P. striiformis* nie notowano izolatów zdolnych do porażenia linii z genami: *Yr3+*, *Yr4+*, *Yr15* oraz kombinacji genów *Yr5+Yr15*, *Yr7+Yr9*. Niski poziom wirulencji, 6–25% obserwowano w stosunku do linii z genami: *Yr1*, *Yr3*, *Yr5*, *Yr6*, *Yr9*, *Yr10*, *Yr17*, *Yr18*, *Yr24*, *Yr26*, *Yr27*, *Yr28*, *Yr32*, *YrSp* oraz kombinacji genów: *YrPr1+YrPr2*, *Yr2+Yr6+Yr25*, *Yr9+Yr27*. W przypadku odmian pszenżyta zaobserwowano wysoki poziom wirulencji wobec: Dinaro, Grenado, Lamberto, Pizarro, Woltario i Marko. Nie notowano wirulentnych izolatów wobec odmian: Borwo, Pigmej i Zorro. Zauważono, że izolaty *P. striiformis* pochodzące z pszenżyta były wirulentne wobec odmiany żyta Dańkowskie Złote.

**Słowa kluczowe:** geny odporności, *Puccinia striiformis*, pszenżyto, wirulencja

Yellow rust, caused by *Puccinia striiformis*, is becoming more and more threatening to triticale cultivation in Poland. Pathogenicity of the pathogen to wheat strains with *Yr* genes, triticale cultivars and rye cultivar Dańkowskie Złote was investigated in 2009–2011. Variation in virulence was estimated for 45 isolates of *P. striiformis* collected mainly in north – western regions of the country. No virulence was found to resistance genes *Yr3+*, *Yr4+*, *Yr15*, *Yr5+Yr15*, *Yr7+Yr9*. Virulence to the *Yr1*, *Yr3*, *Yr5*, *Yr6*, *Yr9*, *Yr10*, *Yr17*, *Yr18*, *Yr24*, *Yr26*, *Yr27*, *Yr28*, *Yr32*, *YrSp*, *YrPr1+YrPr2*, *Yr2+Yr6+Yr25*, *Yr9+Yr27* was generally low. High virulence level was observed in case of triticale cultivars: Dinaro, Grenado, Lamberto, Pizarro, Woltario and Marko. No virulence was found to cultivars: Borwo, Pigmej and Zorro. Isolates of *P. striiformis* were virulent to rye cultivar – Dańkowskie Złote.

**Key words:** *Puccinia striiformis*, resistance genes, triticale, virulence

## WSTĘP

Spośród grzybów rdzawnikowych porażających zboża, rdza żółta (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) (Westend) jest najczęstszą chorobą w wilgotnym i chłodnym klimacie Europy (Tian i in., 2004; Roelfs i in., 1992). Rdza żółta charakteryzuje się dużymi wymaganiami odnośnie wilgotności i największą wrażliwością na wahania temperatury ze względu na długi okres inkubacji i rozwoju. Może wystąpić w postaci epidemii po kilku sezonach, podczas których porażenie występowało w sposób ograniczony (Cichy i Cicha, 1999). W Polsce rdza żółta pojawia się coraz częściej, szczególnie gdy w danym roku jest długa, chłodna i wilgotna wiosna. W ostatnich latach notuje się coraz większe nasilenie tej choroby na zasiewach pszenżyta (Filoda, 2009. Zamorski i Nowicki, 2000). Straty plonów w przypadku epidemicznego wystąpienia choroby mogą wynosić nawet 70–90%. Polska należy do krajów produkujących w uprawie pszenżyta na świecie, stąd hodowla odpornościowa powiązana z badaniami nad chorobotwórczością danego patogena jest uzasadnioną koniecznością (Woś i Strzembicka, 2011).

Celem niniejszej pracy było przeanalizowanie spektrum wirulencji populacji *Puccinia striiformis* występującej na pszenżycie w Polsce w latach 2009–2011.

## MATERIAŁ I METODY

Porażone liście i kłosa pszenżyta, z zarodnikami rdzy żółtej, zebrano w kilku miejscowościach: Borowo, Choryń, Kopaszewo, Szelejewo, Radzików, Grodkowice, Kraków. Uzyskano 45 jednozarodnikowych izolatów *Puccinia striiformis*, które rozmnażano na podatnej odmianie pszenżyta Marko. Izolaty testowano na zestawie 34 odmian i linii pszenicy jarej i ozimej ze znanymi genami odporności *Yr* (tab. 1).

Tabela 1

**Częstotliwość wirulentnych izolatów *Puccinia striiformis* wobec linii i odmian pszenicy z genami *Yr* w Polsce**

**Frequency of Polish *Puccinia striiformis* isolates virulent on wheat lines and cultivars with *Yr* genes**

Zestaw różnicujący Differentials set	Geny <i>Yr</i> <i>Yr Genes</i>	Częstość wirulencji (%) — Frequency of virulence				średnia za lata average for years 2009–2011
		lata years				
		2009	2010	2011		
1	2	3	4	5	6	
Chinese 166	<i>Yr1</i>	7	7	25	13	
Tatara	<i>Yr3</i>	14	7	0	7	
Avocet Yr5	<i>Yr5</i>	0	7	13	7	
Avocet Yr6	<i>Yr6</i>	14	0	19	11	
Avocet Yr7	<i>Yr7</i>	21	7	69	33	
Avocet Yr8	<i>Yr8</i>	71	7	77	47	
Sleipner	<i>Yr9</i>	0	0	6	2	
Avocet Yr10	<i>Yr10</i>	0	7	21	9	
Cortez	<i>Yr15</i>	0	0	0	0	
Yr17/6*AOC	<i>Yr17</i>	0	7	20	9	

1	2	3	4	5	6
Yr18/3*AOC	<i>Yr18</i>	7	0	19	9
Lemhi	<i>Yr21</i>	57	47	71	56
Avocet Yr24	<i>Yr24</i>	0	7	31	13
Yr26/3*AOC	<i>Yr26</i>	0	0	25	9
Yr27/6*AOC	<i>Yr27</i>	0	7	19	9
Yr28	<i>Yr28</i>	0	0	7	2
Yr31	<i>Yr31</i>	57	33	63	51
Avocet Yr32	<i>Yr32</i>	0	0	19	7
WAOO 7995	<i>Yr36</i>	14	27	75	40
Opata M85	<i>Yr18+Yr27</i>	14	13	56	29
Heines Kolben	<i>Yr2+Yr6</i>	64	53	94	71
Heines Peko	<i>Yr2+Yr6+Yr25</i>	14	27	6	16
PBW 343	<i>Yr3+</i>	0	0	0	0
Hybrid 46	<i>Yr4+</i>	-	-	0	0
SRS 05049	<i>Yr5+Yr15</i>	0	0	0	0
Fielder	<i>Yr6+Yr20</i>	29	40	21	29
Pavon F76	<i>Yr6+Yr7+Yr29+Yr30</i>	29	20	71	38
Lee	<i>Yr7+Yr22+Yr23</i>	57	47	81	62
Serii M82	<i>Yr7+Yr9</i>	0	0	0	0
Compair	<i>Yr8+Yr19</i>	43	67	94	69
Super Kauz	<i>Yr9+Yr27</i>	0	0	13	4
Avocet + YrA	<i>YrA</i>	43	20	19	27
Produra	<i>YrPr1, YrPr2</i>	36	0	25	20
YrSP/6*AOC	<i>YrSP</i>	0	0	7	2
Pollmer Tel	differ. Yellow rust triticales	21	27	44	31
Marko	-	100	100	100	100
Liczba izolatów Number of isolates		15	15	15	45

Do zestawu testowego dołączono 16 odmian pszenżyta oraz jedną odmianę żyta (tab. 2). Odmiany różnicujące inokulowano w stadium 2. liścia zarodnikami poszczególnych izolatów rdzy żółtej. Zestaw składał się z 10 doniczek, w każdej po 5 roślin. Następnie doniczki z zakażonymi roślinami umieszczano w komorze klimatycznej (temp. 17/14°C dzień/noc, wilg. 100%). Po ok. 14–16 dniach inkubacji określono typ reakcji rośliny według skali: 0, 1, 2 — odporny/awirulencja, 3,4 — wrażliwy/wirulencja (Roelfs i in., 1992; Woźniak-Strzembicka, 2003).

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Zestaw testowy zawiera odmiany i linie monogeniczne pszenicy ze znanymi genami odporności na rdzę żółtą, który powszechnie wykorzystywany jest w badaniach na świecie (McIntosh i in., 1995). Częstość wirulencji izolatów *Puccinia striiformis* zebranych w Polsce w latach 2009–2011 na uprawach pszenżyta przedstawiono w tabeli 1. Określono również poziom wirulencji badanych izolatów wobec 16 odmian pszenżyta i 1 odmiany żyta (tab. 2). Niski poziom wirulencji, 6–25% obserwowano w stosunku do linii z genami: *Yr1*, *Yr3*, *Yr5*, *Yr6*, *Yr9*, *Yr10*, *Yr17*, *Yr18*, *Yr24*, *Yr26*, *Yr27*, *Yr28*, *Yr32*, *YrSp* oraz kombinacji genów: *YrPr1+YrPr2*, *Yr2+Yr6+Yr25*, *Yr9+Yr27*. W badanej

populacji *Puccinia striiformis* nie stwierdzono izolatów zdolnych do porażenia linii z genami: *Yr3+*, *Yr4+*, *Yr15* oraz kombinacji genów *Yr5+Yr15*, *Yr7+Yr9*. Według danych z literatury również w innych rejonach świata nie zanotowano izolatów wirulentnych wobec genów *Yr5* i *Yr15* (Sharma-Poudyal i in., 2013). Natomiast zaobserwowano średnią i wysoką frekwencję wirulencji wobec genów: *Yr1*, *Yr3*, *Yr4*, *Yr6*, *Yr7*, *Yr9*, *Yr17*, *Yr25*, *Yr28*, a także kombinacji *YrPr1+YrPr2* wśród izolatów pochodzących z pszenicy (de Vallavieille-Pope i in., 2012; Sharma-Poudyal i in., 2013). Na podstawie analizy wyników prezentowanych w pracy i w literaturze światowej można wnioskować, o zróżnicowaniu pomiędzy populacjami rdzy żółtej występującymi na pszenicy i pszenżycie.

Tabela 2

**Częstotliwość wirulentnych izolatów *Puccinia striiformis* wobec odmian pszenżyta i żyta w Polsce**  
**Frequency of Polish *Puccinia striiformis* isolates virulent on triticale cultivars**

Odmiany pszenżyta Triticale cultivars	Częstość wirulencji (%) — Frequency of virulence (%)			
	lata years			średnia za lata average for years 2009–2011
	2009	2010	2011	
Baltico	7	7	-	7
Borwo	-	0	0	0
Dinaro	36	27	80	47
Fidelio	14	20	-	17
Fredro	-	18	44	29
Grenado	21	33	54	33
Lamberto	50	47	100	66
Moderato	7	13	-	10
Pawo	-	0	13	7
Pigmej	-	0	0	0
Pizarro	-	45	93	61
Sorento	0	13	-	7
Trigold	0	8	19	13
Woltario	14	40	46	31
Zorro	0	0	0	0
Dańkowskie Złote (żyto — rye)	0	27	23	16
Marko (kontrola — control)	100	100	100	100
Liczba izolatów Number of isolates	15	15	15	45

Wśród testowanych 16 odmian pszenżyta w warunkach szklarniowych zaobserwowano wysoki poziom wirulencji izolatów *Puccinia striiformis* wobec: Dinaro, Grenado, Lamberto, Pizarro, Woltario i Marko (tab. 2). W warunkach naturalnej inokulacji i infekcji zauważono coroczne porażenie odmian Grenado i Marko (obserwacje autorów). Na przestrzeni 2 i 3 lat badań nie notowano wirulentnych izolatów wobec odmian: Borwo, Pigmej i Zorro (tab. 2). Również w doświadczeniach COBORU odmiany Grenado i Pizarro w stadium rośliny dorosłej były silnie porażone rdzą żółtą. Natomiast Borwo i Pigmej okazały się średnio odporne (Tokarski, 2011). Zauważono, że izolaty *P. striiformis* pochodzące z pszenżyta w latach 2010–2011 były wirulentne wobec odmiany żyta Dańkowskie Złote w stadium siewki (tab. 2).

Analiza grup izolatów z poszczególnych rejonów Polski wskazuje na pewne zróżnicowanie między nimi. Jednocześnie można zauważyć wzrost patogeniczności izolatów na przestrzeni 3 lat w stosunku do znanych genów odporności (tab. 3).

Tabela 3

**Zestawienie genów *Yr* i ich kombinacji efektywnych na izolaty *Puccinia striiformis* pochodzące z form pszenżyta rosnących w wybranych miejscowościach w Polsce w latach 2009–2011**  
**Summary of *Yr* genes and their combinations effective against *Puccinia striiformis* coming from triticale grown in specific locations**

Miejscowość Locality	Geny i kombinacje Genes and combinations
2009 rok – year	
Borowo	<i>Yr1, Yr3, Yr6, Yr2+6+25</i> <b><i>Yr5*</i>, <i>Yr9, Yr10, Yr15, Yr17, Yr24, Yr26, Yr27, Yr28, Yr32, Yr3+</i>, <i>YrSP, Yr7+9, Yr9+27, Yr5+15</i></b>
Choryń	<i>YrA, Yr1, Yr6, Yr7, Yr8, Yr21, Yr36, Yr6+20, Yr8+19, Yr18+27, Yr6+7+29+30, YrPr1Pr2</i> <b><i>Yr5, Yr9, Yr10, Yr15, Yr17, Yr18, Yr24, Yr26, Yr27, Yr28, Yr32, Yr3+</i>, <i>YrSP, Yr7+9, Yr9+27, Yr5+15</i></b>
Grodkowice	<i>Yr1</i> <b><i>Yr5, Yr9, Yr10, Yr15, Yr17, Yr18, Yr24, Yr26, Yr27, Yr28, Yr32, Yr3+</i>, <i>YrSP, Yr7+9, Yr9+27, Yr5+15</i></b>
Radzików	<i>YrA, Yr1, Yr3, Yr7, Yr36, Yr6+20, Yr18+27, Yr2+6+25, Yr7+22+23, Yr6+7+29+30, YrPr1Pr2</i> <b><i>Yr5, Yr9, Yr10, Yr15, Yr17, Yr18, Yr24, Yr26, Yr27, Yr28, Yr32, Yr3+</i>, <i>YrSP, Yr7+9, Yr9+27, Yr5+15</i></b>
Szelejewo	<i>YrA, Yr3, Yr6, Yr7, Yr21, Yr36, Yr6+20, Yr8+19, Yr18+27, Yr2+6+25, Yr7+22+23, Yr6+7+29+30, YrPr1Pr2</i> <b><i>Yr5, Yr9, Yr10, Yr15, Yr17, Yr18, Yr24, Yr26, Yr27, Yr28, Yr32, Yr3+</i>, <i>YrSP, Yr7+9, Yr9+27, Yr5+15</i></b>
2010 rok – year	
Borowo	<i>YrA, Yr1, Yr2, Yr3, Yr5, Yr6, Yr7, Yr8, Yr10, Yr17, Yr18, Yr24, Yr26, Yr27, Yr6+20, Yr18+27, Yr2+6+25, Yr6+7+29+30</i> <b><i>Yr9, Yr15, Yr28, Yr32, Yr3+</i>, <i>YrSP, Yr7+9, Yr9+27, Yr5+15</i></b>
Choryń	<i>Yr3, Yr6, Yr18, Yr26</i> <b><i>Yr9, Yr15, Yr28, Yr32, Yr3+</i>, <i>YrSP, Yr7+9, Yr9+27, Yr5+15</i></b>
Grodkowice	<i>YrA, Yr1, Yr5, Yr6, Yr7, Yr8, Yr10, Yr17, Yr18, Yr24, Yr26, Yr27, Yr31, Yr36, Yr18+27, Yr7+22+23, Yr6+7+29+30</i> <b><i>Yr9, Yr15, Yr28, Yr32, YrSP, Yr7+9, Yr9+27, Yr5+15</i></b>
2011 rok – year	
Grodkowice	<i>YrA, Yr9, Yr17, Yr18, Yr27, YrSP, Yr9+27, Yr2+6+25</i> <b><i>Yr3, Yr3+</i>, <i>Yr4+</i>, <i>Yr15, Yr7+9, Yr5+15</i></b>
Kopaszewo	<i>Yr10, Yr24, Yr28, YrSP, Yr2+6+25, YrPr1Pr2</i> <b><i>Yr3, Yr3+</i>, <i>Yr4+</i>, <i>Yr15, Yr7+9, Yr5+15</i></b>
Kraków	<i>Yr5, Yr6, Yr9, Yr27, Yr28, Yr32</i> <b><i>Yr3, Yr3+</i>, <i>Yr4+</i>, <i>Yr15, Yr7+9, Yr5+15</i></b>

\* Geny warunkujące odporność w kilku miejscowościach w danym roku

\* Genes conferring efficient resistance in several locations in a given year

Prace nad chorobotwórczością *Puccinia striiformis* są prowadzone systematycznie na różnych kontynentach także w Europie od lat sześćdziesiątych (Wellings, 2011). Zastosowanie zestawu testowego W/E (World/European set) dla analizy struktury populacji *Puccinia striiformis* na pszenicy pozwala na porównanie otrzymanych wyników z rezultatami badań innych autorów. Prezentowane w pracy wyniki, dotyczące struktury populacji rdzy żółtej pochodzącej z pszenicy, wskazują na geny efektywne pochodzące z odmian i linii monogenicznych pszenicy, które można zastosować w hodowli pszenicy celem poprawy odporności tego gatunku zboża. Okazuje się, że

odporność warunkowana genami *Yr9*, *Yr17*, która uległa na przestrzeni lat „załamaniu” w przypadku hodowli odpornościowej pszenicy (Hovmoller, 2001; Hovmoller, 2007), może być wykorzystana w hodowli odpornościowej pszenżyta, ponieważ w przypadku populacji rdzy żółtej pszenżytniej (tab. 1) wymienione geny pojedynczo i w kombinacji większej liczby genów są efektywne. W wyniku prezentowanych badań najbardziej skuteczne na krajową populację rdzy żółtej na pszenżycie, okazały się geny *Yr 15*, *Yr3+*, *Yr4+*, oraz kombinacje *Yr5+15*, *Yr7+9*. Szczególnie geny *Yr5*, *Yr15* oraz *Yr5+15* są wymieniane w literaturze światowej jako warunkujące skuteczną odporność wśród europejskich odmian pszenicy (Hovmoller, 2007) i mogą one stanowić źródło odporności przy wyszukiwaniu materiałów wyjściowych do krzyżówek hodowlanych.

#### PODSUMOWANIE

Pojawienie się rdzy żółtej w ostatnich latach na pszenżycie w Polsce, może być początkiem jej występowania w coraz większym nasileniu zwłaszcza przy sprzyjających warunkach klimatycznych. Wyniki analizy struktury populacji i częstotliwości wirulencji *Puccinia striiformis* przedstawione w niniejszej pracy dostarczyły informacji o skuteczności genów odporności na rdzę żółtą. Systematyczny przegląd wirulencji jak i ocena odporności winny być kontynuowane jako ważny etap procesu hodowli odpornościowej pszenżyta.

#### LITERATURA

- Cichy H., Cicha A. 1999. Występowanie rdzy żółtej (*Puccinia striiformis*) na pszenżycie ozimym. Biul. IHAR 210: 183 — 186.
- de Vallavieille-Pope C., Ali S., Leconte, M., Enjalbert J., Delos M. and Rouzet J. 2012. Virulence dynamics and regional structuring of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in France between 1984 and 2009. Plant Dis. 96: 131 — 140.
- Filoda G. 2009. Zagrożenie upraw pszenżyta ozimego przez rdze. Progress in Plant Protection / Postępy w Ochronie Roślin 49 (2): 623 — 626.
- Hovmoller M. S. 2001. Disease severity and pathotype dynamics of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Denmark. Plant Pathology 50: 181 — 189.
- Hovmoller M. S. 2007. Sources of seedling and adult plant resistance to *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in European wheats. Plant Breeding 126: 225 — 233.
- 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.
- Roelfs A. P., Singh R. O., Saari E. E. 1992. Rust disease of wheat. Concepts and methods of disease management. CIMMYT Mexico: 81 pp.
- Sharma-Poudyal D., Chen X. M., Wan A. M., Zhan G. M., Kang Z. S., Cao S. Q., Jin S. L., Morgounov A., Akin B., Mert Z., Shah S. J. A., Bux H., Ashraf M., Sharma R. C., Madariaga R., Puri K. D., Wellings C., Xi K. Q., Wanyera R., Manninger K., Ganzález M. I., Koyda M., Sanin S. and Patzek L. J. 2013. Virulence characterization of international collections of the wheat stripe rust pathogen, *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. Plant Dis. 97: 379 — 386.
- Tian S., Weinert J., Wolf G.A. 2004. Infection of triticale cultivars by *Puccinia striiformis*: first report of disease severity and yield loss. Journal of Plant Diseases and Protection 111 (5): 461 — 464.
- Tokarski P. 2011. Dobór odmian dla potrzeb integrowanej ochrony pszenżyta. Metodyka integrowanej ochrony pszenżyta ozimego i jarego. Instytut Ochrony Roślin Państwowy Instytut Badawczy. Poznań: 51 — 58.

- Wellings C. R. 2011. Global status of stripe rust: a review of historical and current threats. *Euphytica* 179: 129 — 141.
- Woś H., Strzembicka A. 2011. Znaczenie hodowli odpornościowej w integrowanej ochronie pszenżyta. *Metodyka integrowanej ochrony pszenżyta ozimego i jarego*. Instytut Ochrony Roślin — Państwowy Instytut Badawczy. Poznań: 27 — 49.
- Woźniak-Strzembicka A. 2003. Rdza żółta pszenicy w Polsce: częstość wirulencji w populacji patogena. *Biul. IHAR* 230: 119 — 126.
- Zamorski C., Nowicki B. 2000. Podatność genotypów pszenżyta na porażenie przez *Puccinia striiformis* Westend. *Folia Univ. Agric. Stetin* 206 *Agricultura* (82): 335 — 340.

