

Wirulencja izolatów *Puccinia triticina* wywołujących rdzę brunatną pszenicy w Polsce w 2023 roku

Virulence of *Puccinia triticina* isolates causing wheat brown rust in Poland in 2023

Magdalena Radecka-Janusik 

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, 05-870 Błonie

 m.radecka-janusik@ihar.edu.pl

W 2023 roku przetestowano 37 jednozarodnikowych izolatów *Puccinia triticina* wyizolowanych z liści pszenicy. Izolaty testowano na zestawie różnicującym składającym się z 41 obiektów, w skład których wchodziły blisko-izogeniczne linie odmiany Thatcher, odmiany z genami *Lr* oraz wzorzec podatności Thatcher. Na podstawie wyników testów fitopatologicznych określono procent wirulentnych izolatów zidentyfikowanych w 2023 roku na terenie Polski. Geny *Lr2a*, *Lr9*, *Lr19*, *Lr29*, *Lr52* i *Lr63* były wysoce efektywne na badane izolaty *P. triticina*. W pracy określono patotypy patogenu, stosując zestaw 16 linii blisko-izogenicznych.

Słowa kluczowe: geny odporności, pszenica, *Puccinia triticina*, rdza brunatna, wirulencja

In 2023, a total of 37 single-spore isolates of *Puccinia triticina*, collected from wheat leaves, were tested. The isolates were evaluated using a differential set consisting of 41 entries, including near-isogenic lines of the Thatcher cultivar, cultivars carrying *Lr* genes, and the susceptible standard Thatcher. Based on the phytopathological test results, the percentage of virulent isolates identified in Poland in 2023 was determined. The *Lr* genes *Lr2a*, *Lr9*, *Lr19*, *Lr29*, *Lr52*, and *Lr63* proved to be highly effective against the tested *P. triticina* isolates. The pathogen's pathotypes were identified using a set of 16 near-isogenic lines.

Key words: resistance genes, wheat, *Puccinia triticina*, brown rust, virulence

Wstęp

Pszenica zwyczajna (*Triticum aestivum* L.) jest jednym z najważniejszych gatunków zbóż na świecie. Straty w plonie ziarna są w znacznym stopniu spowodowane chorobami, wśród których do najważniejszych należy m.in. rdza brunatna.

Rdza brunatna pszenicy, wywoływana przez grzyba *Puccinia triticina* f. sp. *tritici*, jest poważną chorobą liści pszenicy (*T. aestivum* L.) występującą w wielu regionach geograficznych świata. Choroba negatywnie wpływa na plony i jakość ziarna (Bolton i in., 2008; Huerta-Espino i in., 2011). Ma duże znaczenie ekonomiczne, gdyż może powodować straty plonu na poziomie 15%, natomiast w latach epifitoz jest to nawet 30-60% (Roelfs i in., 1992; Witkowska i in. 2011). Występowanie rdzy brunatnej jest uzależnione od warunków pogodowych, czyli wysokiej wilgotności powietrza oraz umiarkowanych temperatur (Kryczyński i in., 2011).

W celu zapobiegania rozprzestrzenianiu się choroby można stosować fungicydy z grupy strobiluryn i triazoli, a także stosować zaprawianie ziarna (Kryczyński i in., 2011). Jednak najbardziej skuteczną i efektywną metodą zmniejszającą nasilenie rdzy brunatnej jest wykorzystanie genetycznej odporności, czyli hodowla odmian odpornych. Jest to najbardziej opłacalna i przyjazna dla środowiska strategia zapobiegająca stratom plonu. Odporność można sklasyfikować, jako odporność

w stadium siewki, która jest warunkowana genami głównymi oraz odporność roślin dorosłych ARP (Adult Plant Resistance), która jest zazwyczaj dziedziczona ilościowo (Bolton i in., 2008).

Obecnie jest zidentyfikowanych ponad 80 genów odporności *Lr* na rdzę brunatną (McIntosh, 2024). Większość z nich to geny główne, które mają największe znaczenie w ochronie roślin na etapie siewek, zwłaszcza w środowisku sprzyjającym rozwojowi chorób na początku sezonu (Huerta-Espino i in., 2011). Jednak wysoka zmienność *P. triticina*, powoduje przełamywanie odporności już po kilku latach od jej zidentyfikowania, na co wpływa wysoka zdolność adaptacyjna oraz możliwość migracji zarodników z prądami powietrza na duże odległości (Kolmer, 2005, Roelfs i in., 1992).

Bieżące monitorowanie struktury populacji *P. triticina* w Polsce oraz badanie frekwencji genów wirulentnych korespondujących z genami odporności na rdzę brunatną może mieć duże znaczenie dla hodowli odpornościowej (Mesterhazy i in., 2000), a tym samym w poszukiwaniu nowych źródeł odporności.

Materiały i metody

Do testów wirulencji rdzy brunatnej zbierano izolaty w 2023 roku z rodów hodowlanych i zarejestrowanych odmian pszenicy na terenie województw: mazowieckie (Radzików), wielkopolskie (Smolice), pomorskie (Dębina), zachodniopomor-

skie (Białogard, Nagradowice), dolnośląskie (Kobierzyce), podkarpackie (Skołoszów).

Z liści zebranych na polu z pojedynczych uredniów *P. triticea* wyprowadzono 37 izolatów pszenicy, wykorzystując do tego celu wzorzec

podatności Thatcher. Następnie izolaty namnażano do uzyskania ilości wystarczającej do zakażenia zestawu różnicującego. Materiał roślinny, który posłużył do przetestowania wirulencji izolatów *P. triticea* został przedstawiony w Tabeli 1. Jest to

Tabela 1.
Wykaz odmian i linii blisko-izogenicznych odmiany Thatcher z genami *Lr*, wchodzących w skład zestawu różnicującego na *Puccinia triticea*

Table 1.
List of varieties and near-isogenic lines of the Thatcher cultivar with *Lr* genes included in the differential set for *Puccinia triticea*

Nr / No	Gen <i>Lr</i> / <i>Lr</i> gene	Pochodzenie / Pedigree	Numer identyfikacyjny / Identity number
1	<i>LrTc</i>	Thatcher (kontrola)	RL 6101
2	<i>Lr1</i>	Tc*6/Centenario	RL 6003
3	<i>Lr2a</i>	Tc*6/Webster	RL 6016
4	<i>Lr2b</i>	Tc*6/Carina	RL 6019
5	<i>Lr2c</i>	Tc*6/Loros	RL 6047
6	<i>Lr3a</i>	Tc*6/Democrat	RL 6002
7	<i>Lr3bg</i>	Tc* 6/Bage	RL 6042
8	<i>Lr3ka</i>	Tc*6/Klein Aniversario	RL 6007
9	<i>Lr9</i>	Transfer/Tc*6 <i>Aegilops.umbellulata</i>	RL 6010
10	<i>Lr10</i>	Tc*6/Exchange	RL 6004
11	<i>Lr11</i>	Tc*2/Hussar	RL 6053
12	<i>Lr13</i>	Tc*6/Fontana	RL 4031
13	<i>Lr14a</i>	Selkirk/Tc*6 (<i>T. turgidum</i>)	RL 6013
14	<i>Lr14b</i>	Tc*6/Mario Escobar	RL 6006
15	<i>Lr15</i>	Tc*6/W1483	RL 6052
16	<i>Lr16</i>	Tc*6/Exchange	RL 6005
17	<i>Lr17a</i>	Klein Lucero/Tc*6	RL 6008
18	<i>Lr17b</i>	Harrier	Harrier
19	<i>Lr18</i>	Tc*7/Afrika 43 (<i>T. timopheevii</i>)	RL 6009
20	<i>Lr19</i>	Tc*7 Transloc.4- <i>Agropyron elongatum</i>	RL 6040
21	<i>Lr20</i>	Tc*6/Jimmer	RL 6092
22	<i>Lr21</i>	Tc*6RL5406 <i>Ae. Squarrosa</i> v.mayeri	RL 6043
23	<i>Lr23</i>	Lee 310/Tc*6	RL 6012
24	<i>Lr24</i>	Tc*6/Agent (<i>Agropyron elongatum</i>)	RL 6064
25	<i>Lr25</i>	Tc*6/Transec (<i>Secale cereale</i>)	RL 6084
26	<i>Lr26</i>	Tc*6/St-1-25 (<i>Secale cereale</i>)	RL 6078
27	<i>Lr27+31</i>	Gatcher -Lr27+Lr31	Gatcher
28	<i>Lr28</i>	Tc*6/C-77-1 (<i>Aegilops speltoides</i>)	RL 6079
29	<i>Lr29</i>	Tc*6/CS7D-Ag + 11 (<i>Agropyron elongatum</i>)	RL 6080
30	<i>Lr30</i>	Tc*6/Terenzio	RL 6049
31	<i>Lr32</i>	Tc*6/3/ <i>Aegilops squarrosa</i>	RL 6086
32	<i>Lr33</i>	Tc*6/PI 58548-1	RL 6057
33	<i>Lr36</i>	ER 84018 (<i>Aegilops speltoides</i>)	ER 84018
34	<i>Lr37</i>	Tc*8/VPMI T.ventricosum	RL 6081
35	<i>Lr38</i>	Tc*6/T7 Kohn (<i>Thinopyrum intermedium</i>)	RL 6097
36	<i>Lr44</i>	Tc*6/ <i>T.spelta</i>	RL 6147
37	<i>Lr52</i>	Tc*6/V336	RL 6107
38	<i>Lr63</i>	Tc*6/TMR5-J14-12-24 (<i>T. monococcum</i>)	RL 6137
39	<i>Lr64</i>	Tc*6/8404 (<i>T. turgidum</i> ssp. <i>dicoccoides</i>)	RL 6149
40	<i>LrB(Carina)</i>	Tc*6/Carina	RL 6051
41	<i>LrB(PI268316)</i>	Tc*6/PI268316	RL 6061

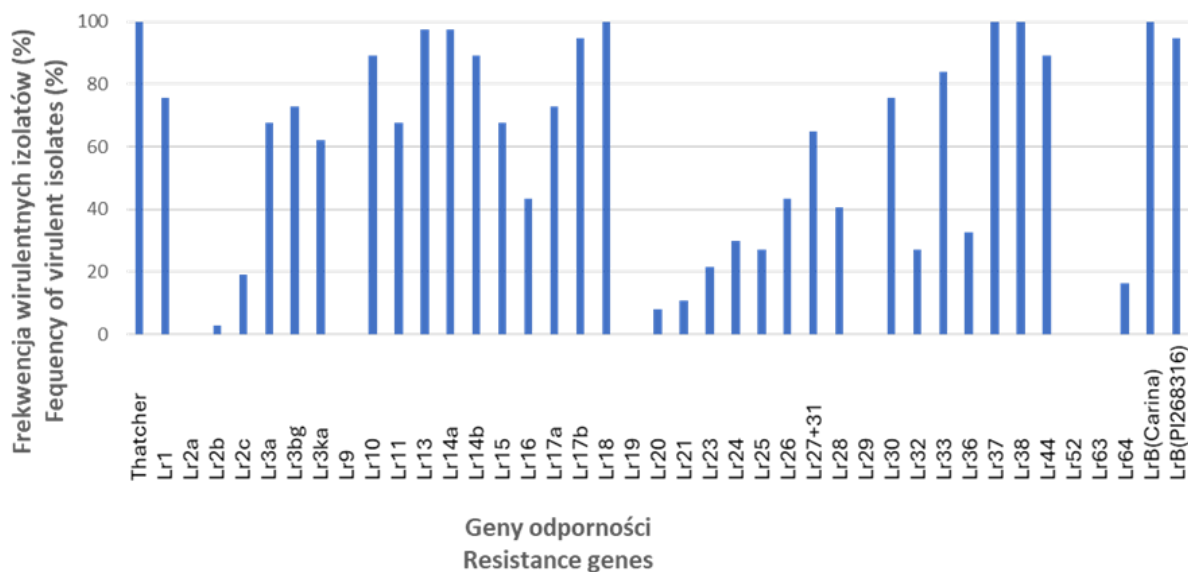
wzorzec podatności odmiana Thatcher, zestaw linii blisko-izogenicznych odmiany Thatcher (NIL - Near Isogenic Lines) zawierających pojedyncze geny odporności *Lr* oraz dodatkowe odmiany z genami *Lr*, co łącznie stanowi 41 obiektów.

Zestaw różnicujący z w pełni rozwiniętym pierwszym liściem (3-5 siewek) inokulowano zawieszoną zarodników, 20 mg zarodników zawieszono w 20 ml roztworu 3M (3M-NOVEC PŁYN HFE-7100) bądź w wodzie z dodatkiem 1-2 kropli środka powierzchniowo czynnego Tween. Siewki na 24 godz. umieszczano w ciemności przy 100% wilgotności w temperaturze 22°C. Po tym czasie siewki przeniesiono na światło (fotoperiod 16 h dzień/8 h noc), temperatura 22°C dzień i 19°C noc. Ocenę typów infekcyjnych (IT) wykonano po 10-12 dniach od inokulacji, wg skali Stakman'a od 0 do 4 (Stakman i in.; 1962, Long i Kolmer; 1989), gdzie ocena 0-3 oznacza reakcję odporności roślin/izolat awirulentny, natomiast oceny 3+ i 4 oznaczają reakcję podatności roślin/izolat wirulentny. Dokładny opis IT przedstawia się następująco: 0 – brak widocznych objawów, 0; – plamki

nadwrażliwości, 1 – małe uredinia z nekrozą, 2 – uredinia małe do średnich z nekrozą, 3 – uredinia średniej wielkości z chlorozą lub nekrozą, 3+ – uredinia średniej wielkości otoczone niewielką otoczką chlorotyczną lub jej brak, 4 – duże uredinia pozbawione chloroz/nekroz. Oznaczenie ras patogenu przypisano zgodnie z amerykańskim systemem nomenklatury (Long i Kolmer; 1989), zastosowano zestaw 16 linii blisko-izogenicznych, które pogrupowano na zestawy po 4 linie, pierwszy zestaw: *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2c*, *Lr3*, drugi zestaw: *Lr9*, *Lr16*, *Lr24*, *Lr26*, trzeci zestaw: *Lr3ka*, *Lr11*, *Lr17*, *Lr30*, a także czwarty zestaw *LrB* (RL 6051), *Lr10*, *Lr14a*, *Lr18* (Huerta-Espino i in., 2011).

Wyniki

Na podstawie wyników testów fitopatologicznych określono procent wirulentnych izolatów zidentyfikowanych w 2023 roku na terenie Polski. Wyniki przedstawiono na Rys. 1, z którego wynika, że najniższy poziom wirulencji zaobserwowano w stosunku do genów: *Lr2a*, *Lr9*, *Lr19*, *Lr29*,



Rys. 1. Częstotliwość wirulencji 37 izolatów *Puccinia triticina* na liniach zestawu różnicującego z genami *Lr* w Polsce w 2023 roku.

Fig. 1. Frequency of virulence of 37 *Puccinia triticina* isolates on the differential set lines with *Lr* genes in Poland in 2023.

Lr52, *Lr63*, gdyż żaden z testowanych izolatów nie przełamał tej odporności. Natomiast wirulencję na poziomie 100% odnotowano nie tylko w przypadku wzorca podatności, ale również dla genów: *Lr18*, *Lr37*, *Lr38*, *LrB* (RL 6051). Wysoki poziom wirulencji (62–97%) wykazano w stosunku do 17 genów: *Lr1*, *Lr3a*, *Lr3bg*, *Lr3ka*, *Lr10*, *Lr11*, *Lr13*, *Lr14a*, *Lr14b*, *Lr15*, *Lr17a*, *Lr17b*, *Lr27+31*, *Lr30*, *Lr33*, *Lr44* i *LrB* (RL 6061). Wirulencję pomiędzy 30% a 45% wykazano w sto-

sunku do 5 genów *Lr* (*Lr16*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr28*, *Lr36*), natomiast poniżej 30 % w stosunku do 8 genów *Lr* (*Lr2b*, *Lr2c*, *Lr20*, *Lr21*, *Lr23*, *Lr25*, *Lr32*, *Lr64*).

Na podstawie zastosowanego algorytmu, z wykorzystaniem 16 linii NIL, określono patotypy *P. triticina*. Zidentyfikowano 31 różnych patotypów, wśród których cztery dominowały.

Podsumowanie

W 2023 roku na terenie Polski z odmian i rodów pszenicy wyizolowano 37 izolatów *P. tritici-na*, sprawcy rdzy brunatnej pszenicy. Izolaty pochodziły z różnych regionów kraju i zostały one przetestowane na zestawie różnicującym składającym się z 41 obiektów, dzięki czemu oznaczono poziom wirulencji badanego patogenu. Najwyższą skuteczność odporności na patogen wykazały geny: *Lr2a*, *Lr9*, *Lr19*, *Lr29*, *Lr52*, *Lr63*, wobec których nie stwierdzono przełamania odporności. Z kolei 100% wirulencję odnotowano m.in. dla genów *Lr18*, *Lr37*, *Lr38*, *LrB* (RL 6051). Poziom wirulencji wobec pozostałych genów był zróżnicowany – od niskiego (poniżej 30%) do wysokiego (powyżej 60%). Bazując na zestawie 16 linii NIL z genami: *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2c*, *Lr3*, *Lr3ka*, *Lr9*, *Lr10*, *Lr11*, *Lr14a*, *Lr16*, *Lr17*, *Lr18*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr30*, *LrB* (RL 6051) oznaczono 31 patotypów spośród izolatów pochodzących z pszenicy. Dominowały

patotypy: MHTT, MGTT, LBJT, MFPT. Pierwszy z patotypów występował u 8% populacji patogenu, natomiast pozostałe wykryto u 5,5% populacji.

Uzyskane dane stanowią istotny wkład w monitoring populacji *P. tritici-na* i mogą wspierać hodowlę odpornych odmian pszenicy. Ma to szczególne znaczenie na tle przepisów o integrowanej ochronie roślin (ang. Integrated Pest Management, IPM), do których przestrzegania Polska jest zobowiązana, zgodnie z przepisami wydanymi przez Unię Europejską (Dyrektywa Komisji 2009/128/WE i Dekret 1107/2009). Na tej podstawie Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi wydał rozporządzenie (z dnia 18 kwietnia 2013) „W sprawie wymagań integrowanej ochrony roślin (Dziennik Ustaw z dnia 26 kwietnia 2013), w którym §1 p.3 mówi o wykorzystaniu odmian odpornych jako części działań IPM. Autorka podkreśla konieczność kontynuacji badań w kolejnych latach dla pełnego zobrazowania dynamiki populacji patogenu w Polsce.

Literatura

- Bolton, M., Kolmer, J., Garvin, D. (2008). Wheat leaf rust caused by *Puccinia tritici-na*. *Mol Plant Pathol* 9:563–575. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2008.00487.x>
- Huerta-Espino, J., Singh, R.P., Germán, S., McCallum, B.D., Park, R.F., Chen, W.Q., Bhardwaj, S.C., Goyeau, H. (2011). Global status of wheat leaf rust caused by *Puccinia tritici-na*. *Euphytica* 179:143–160. <https://doi.org/10.1007/s10681-011-0361-x>
- Kolmer, J.A. (2005). Tracking wheat rust on a continental scale. *Curr Opin Plant Biol* 8: 441–449.
- Kryczyński, S., Weber, Z., Paduch-Cichal, E., Schollenberger, M., Wakuliński, W., Werner, M., Fiedorowicz, Z., Irzykowska, L., Karolewski, Z., Mirzwa-Mróz, E., Sala-Rejczak, K., Szyndel, M., Gołębiak, B., Jeżewska, M., Kosiada, T., Majewski, T. (2011). *Fitopatologia*. Tom 2. Choroby roślin uprawnych. Wyd. I. PWRiL, Poznań: 418–420.
- Long, D.L., Kolmer, J.A. (1989). A North American system of nomenclature for *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*. *Phytopathology* 79: 525–529.
- McIntosh, R.A. (2024). Wheat gene catalogue. <https://wheat.pw.usda.gov/GG3/> Wheat_Gene_Catalog_Documents. Accessed 26 June 2024.
- Mesterhazy, A., Bartos, P., Goyeau, H., Niks, R.E., Csosz, 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.
- Roelfs, A.P., Singh, R.O., Saari, E.E. (1992). Rust Disease of wheat. Concepts and methods of disease management. CIMMYT Mexico: 81 pp.
- Stakman, E.C., Stewart, D.M., Loegering, W.Q. (1962). Identification of physiologic races of *Puccinia graminis* var. *tritici*. United States Department of Agriculture, ARS E617, 1962.
- Witkowska, K., Śmiałowski, T., Witkowski, E. (2011). Zależność plonu rodów pszenicy ozimej od stopnia porażenia przez *Stagonospora nodorum* i *Puccinia tritici-na* w zróżnicowanych warunkach polowych. *Biul IHAR* 262: 47–58.