

¹ Katedra Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa, Wydział Przyrodniczo-Technologiczny,
pl. Grunwaldzki 24a, 50-363 Wrocław, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Polska

² Katedra Metod Matematycznych i Statystycznych, Wydział Rolnictwa i Bioinżynierii,
ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Polska
e-mail: agnieszka.lacka@upwr.edu.pl

AGNIESZKA ŁĄCKA¹ , KAMILA NOWOSAD¹ ,
JAN BOCIANOWSKI² 

Ocena porażenia żyta przez rdzę brunatną (*Puccinia recondita* f. sp. *secalis*) w warunkach sztucznej inokulacji

Evaluation of infection by leaf rust (*Puccinia recondita* f. sp. *secalis*)
under artificial inoculation conditions in winter rye

Streszczenie. Ocenę podatności 766 genotypów żyta na porażenie przez rdzę brunatną (*Puccinia recondita* f. sp. *secalis*) przeprowadzono w doświadczeniu szklarniowym. Materiał do badań stanowiła kolekcja Katedry Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, a genotypy pochodziły z: DANKO Hodowla Roślin sp. z o.o. (oddziały w Choryni, Laskach, Sobiejuchach), Hodowli Roślin Smolice, Poznańskiej Hodowli Roślin oraz hodowli własnej Katedry Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Zastosowano metodę obciętych liści na pożywce agarowo-benzimidazolowej na siewkach [Park i Felsenstein 1998]. Bonitacja stopnia porażenia roślin przez choroby dokonywana była w oparciu o czterostopniową skalę. Badane genotypy były istotnie statystycznie zróżnicowane pod względem stopnia porażenia rdzą brunatną. Istotne statystycznie różnice obserwowano również pomiędzy wartościami średnimi porażenia rdzą brunatną w grupach pochodzących z różnych programów hodowlanych. Największym średnim porażeniem rdzą brunatną charakteryzowały się genotypy pochodzące z Sobiejuch, natomiast najmniejszym z Wrocławia.

Słowa kluczowe: *Secale cereale* L., *Puccinia recondita* f. sp. *secalis*, inokulacja

WSTĘP

Żyto zwyczajne (*Secale cereale* L.) jest gatunkiem uprawnym należącym do rodziny wiechlinowatych (*Poaceae*), podrodziny wiechlinowych (*Pooideae*), plemienia *Triciti-*

ceae. Jako wtórna roślina uprawna żyto stanowiło niegdyś chwast towarzyszący zasiewom pszenicy oraz jęczmienia na terenie Azji Środkowej, skąd na drodze naturalnej selekcji wyodrębniło się jako gatunek uprawny i trafiło do Europy [Tarkowski 1983].

Żyto zajmuje znaczne powierzchnie umiarkowanych i chłodnych rejonów, głównie półkuli północnej, i konkuruje z pszenicą ze względów glebowych i klimatycznych [Jasińska i Kotecki 1999]. W Polsce w 2018 r. żyto uprawiano na powierzchni 893 962 tys. ha, co stanowiło 10,7% udziału powierzchni uprawy tego gatunku w ogólnej powierzchni zasiewu zbóż [GUS 2019]. Gatunek ten charakteryzuje się dużą odpornością na stresy abiotyczne, co wynika z dużej tolerancji na kwaśny odczyn gleby, jej zasolenie, jony wolnego glinu i manganu [Smolik i in. 2012]. Żyto zwyczajne charakteryzuje się dobrze rozwiniętym systemem korzeniowym, co sprawia, że jest rośliną o małych wymaganiach wodnych [Kubicka 2004].

Rdza brunatna (*Puccinia recondita*) występuje w mniejszym lub większym nasileniu we wszystkich rejonach uprawy żyta. Jest najczęściej występującą chorobą w uprawie żyta. Odporność odmian żyta ozimego na populację grzyba *Puccinia recondita* jest bardzo zróżnicowana. Jednak między odmianami populacyjnymi i mieszańcowymi nie stwierdzano znacznych różnic w stopniu porażenia [Miedaner i in. 2012]. Patogen ten co roku poraża uprawy żyta, poprzez ograniczenie powierzchni asymilacyjnej przyczynia się do pogorszenia jakości oraz spadku plonu [Sawicka 2011]. Rdza brunatna jako pasożyt dwudomowy bytuje na życie jako żywicieli głównym. Żywicielami pośrednimi są farbownik lekarski (*Anchusa officinalis* L.) oraz krzywoszyj polny (*Anchusa arvensis* L. M. Bieb.). Skutecznym, ekonomicznym oraz zgodnym z zaleceniami obowiązującej od 2014 r. Integrowanej Ochrony Roślin sposobem ograniczania występowania rdzy brunatnej jest uprawa odmian odpornych [Miedaner i in. 2012]. W celu ograniczenia epidemii, a tym samym zmniejszenia strat spowodowanych przez rdzę, poszukuje się form najmniej podatnych na rdzę brunatną. Wprowadzenie do uprawy odmian żyta odpornych na rdzę brunatną przyczynia się do zmniejszenia strat plonu oraz znacznego ograniczenia chemicznej ochrony [Tomczyńska i Śliwka 2011].

Celem badań była ocena podatności wybranych genotypów żyta ozimego na infekcję grzyba *Puccinia recondita* w warunkach sztucznej inokulacji.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło 766 genotypów żyta ozimego tworzących kolekcję Katedry Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, pochodzących z: DANKO Hodowli Roślin sp. z o.o. (oddziały w miejscowościach: Choryń-Kościan, Laski, Sobiejuchy), Hodowli Roślin Smolice oraz Poznańskiej Hodowli Roślin. Były to dostarczone przez hodowców linie wsobne, linie populacyjne oraz zarejestrowane odmiany (tab. 1).

Doświadczenie zostało założone w warunkach szklarniowych, gdzie obiekty zostały obsiane w dwóch powtórzeniach. Po upływie 10 dni od wschodu z każdej rośliny odcięto fragmenty (7 cm) dwóch blaszek liściowych. Fragmenty liści wykładano na szalki Petriego wypełnione do połowy 0,6-procentowym roztworem agaru z dodatkiem benzimidazo-

lu (35 mg P dm^{-3}). Inokulum sporządzono, ścierając skalpelem uredinia rdzy brunatnej z blaszek liściowych żyta do szklanej butelki z wodą destylowaną. Materiałem infekcyjnym była mieszanina zawierająca uredinia rdzy brunatnej, pochodzącej z polowej populacji patogena pobranego z upraw żyta w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Swojec, w stacji Hodowlanej w Smolicach i Kondratowicach. Za pomocą pipety inokulowano szalki z fragmentami liści, rozprowadzając ok. 600–800 zarodników na 1 cm^2 . Po 10-dniowej inkubacji w kontrolowanych warunkach (komora klimatyczna, temperatura $22/18^\circ\text{C}$ – noc/dzień) przeprowadzono ocenę porażenia w czterostopniowej skali, gdzie 1 oznacza brak porażenia, 2 – małe kolonie, 3 – średnie i duże kolonie, 4 – silne objawy porażenia rdzą brunatną na liściu [Roelfs i in. 1992].

Normalność rozkładu porażenia przez rdzę brunatną była testowana z użyciem testu Shapiro-Wilka [Shapiro i Wilk 1965]. Jednoczynnikowa analiza wariancji (ANOVA) została przeprowadzona w celu weryfikacji hipotezy zerowej o braku różnic pomiędzy genotypami pod względem porażenia rdzą brunatną. Jednoczynnikowa ANOVA posłużyła do weryfikacji hipotezy zerowej o braku wpływu pochodzenia genotypów na porażenie rdzą brunatną. Dla każdej grupy pochodzenia obliczono wartości minimalne, średnie i maksymalne oraz współczynnik zmienności porażenia rdzą brunatną. Wszystkie analizy przeprowadzono za pomocą pakietu statystycznego GenStat 18 [VSN International 2015].

WYNIKI

Rozkład porażenia rdzą brunatną był zgodny z rozkładem normalnym (rys. 1). Wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji wskazują na istotne statystycznie zróżnicowanie badanych genotypów pod względem porażenia rdzą brunatną (tab. 2). Obiektami charakteryzującymi się najniższym średnim poziomem odporności były UP7/180 i UP7/319 (porażenie rdzą brunatną wynosiło 4,000). Natomiast genotypów o najwyższym średnim poziomie odporności (średnie porażenie rdzą brunatną wynosiło 1,000) było aż 117: UP6/103, UP6/115, UP6/117, UP6/122, UP6/125, UP6/129, UP6/142, UP6/149, UP6/154, UP6/168, UP6/176, UP6/178, UP6/19, UP6/194, UP6/205, UP6/27, UP6/320, UP6/47, UP6/55, UP6/6, UP6/60, UP6/69, UP6/9, UP6/90, UP7/113, UP7/114, UP7/117, UP7/14, UP7/144, UP7/147, UP7/149, UP7/150, UP7/151, UP7/152, UP7/153, UP7/157, UP7/158, UP7/201, UP7/203, UP7/22, UP7/221, UP7/225, UP7/229, UP7/235, UP7/236, UP7/240, UP7/241, UP7/243, UP7/247, UP7/248, UP7/249, UP7/252, UP7/257, UP7/258, UP7/261, UP7/263, UP7/264, UP7/266, UP7/268, UP7/270, UP7/271, UP7/272, UP7/273, UP7/274, UP7/276, UP7/278, UP7/281, UP7/286, UP7/289, UP7/29, UP7/291, UP7/293, UP7/294, UP7/295, UP7/296, UP7/298, UP7/299, UP7/300, UP7/301, UP7/302, UP7/303, UP7/304, UP7/305, UP7/308, UP7/311, UP7/320, UP7/325, UP7/336, UP7/340, UP7/342, UP7/343, UP7/345, UP7/346, UP7/350, UP7/351, UP7/355, UP7/357, UP7/359, UP7/363, UP7/364, UP7/365, UP7/366, UP7/370, UP7/374, UP7/375, UP7/392, UP7/393, UP7/394, UP7/396, UP7/406, UP7/41, UP7/411, UP7/423, UP7/43, UP7/44, UP7/5, UP7/55.

Wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji wskazują na istotne statystycznie ($P < 0,001$) różnice pomiędzy wartościami średnimi porażenia rdzą brunatną w grupach o różnym pochodzeniu (tab. 3). Największym średnim porażeniem rdzą brunatną charakteryzowały się genotypy pochodzące z DANKO Hodowli Roślin sp. z o.o., Oddział Sobiejuchy – SOA (2,000), natomiast najmniejszym z WR – 1,474 (tab. 1). Największą zmiennością porażenia rdzą brunatną charakteryzowały się genotypy pochodzące z SOA 39,81%, a najmniejszą grupa czterech linii LG – 11,32% (tab. 1, rys. 2).

DYSKUSJA

Podatność genotypów na rdzę brunatną wskazuje, że patogen ten stanowi istotne zagrożenie dla żyta [Sobczak i in. 2015, Weber i in. 2015]. W prezentowanych badaniach średnie porażenie rdzą brunatną wynoszące co najmniej 3,000 zaobserwowano u 34 genotypów, co stanowi dość duży podzbiór. Natomiast duże zróżnicowanie odporności odmian żyta ozimego świadczy o występowaniu także genotypów odpornych na infekcje, które to obiekty mogą służyć jako źródło odporności na rdzę brunatną [Prażak i Skrzypik 2014, Wójtowicz i in. 2016]. W badaniach własnych zmienność porażenia rdzą brunatną wynosiła od 11,32 do 39,81% (tab. 1), co uznać należy za bardzo duże wartości w przypadku cechy ocenianej w skali czterostopniowej. W celu ograniczenia masowych epidemii fitopatogenami wydaje się logiczne zadbanie o większą różnorodność w hodowli roślin. Plantacje produkują głównie rośliny jednego bądź kilku gatunków na dużych powierzchniach, co tworzy niebezpieczeństwo błyskawicznego przenoszenia się infekcji oraz gromadzenia się dużej ilości zakażonych pozostałości po roślinach. Wartość gospodarcza odmian żyta wyznaczana jest przez wiele cech i właściwości, z których do podstawowych należą wielkość, jakość plonu oraz odporność na patogeny [Prażak i Skrzypik 2014]. Współcześnie większym zainteresowaniem przemysłu cieszą się odmiany mające większy plon niż te o podwyższonej odporności na patogeny. Użycie nadmiernej ilości środków ochrony roślin prowadzi do powstawania patogenów opornych [Brown i Ogle 1997]. Dlatego mając do dyspozycji genotypy, które wykazują pewną odporność, można uzyskać wyższy plon oraz próbować ograniczyć epidemie.

WNIOSKI

Przeprowadzone badania pozwoliły na uzyskanie wyników wskazujących na możliwość wykorzystania genotypów do dalszych etapów hodowli odpornościowej żyta. Badając podatność obiektów żyta na porażenie przez *P. recondita* f. sp. *secalis* stwierdzono, że na większości roślin wystąpiły objawy rdzy brunatnej. Porażenie badanych genotypów wahało się między brakiem porażenia (1) a silnym porażeniem (4). Między analizowanymi obiektami zaobserwowano dużą zmienność pod względem porażenia rdzą brunatną. Przeprowadzona analiza pozwoliła na wyodrębnienie spośród badanych genotypów takich, które charakteryzowały się najwyższym i najniższym poziomem porażenia rdzą

brunatną. Podobne wyniki uzyskali w swych badaniach Głazek i in. [2000], Tyrka i Chełkowski [2004], Bułatowicz i in. [2009] oraz Kurowski i in. [2012].

Tabela 1. Charakterystyka genotypów żyta porażonych przez rdzę brunatną ze względu na ich pochodzenie

Table 1. Characterization of rye genotypes infected by brown rust due to the origin

Pochodzenie Origin	Liczba genotypów Number of genotypes	Min	Średnia Mean	Max	Współczynnik zmienności Coefficient of variation
CHD, DANKO Oddział Choryń-Kościan	60	1	1,532 b	3	29,01
HRSM, Hodowla Roślin Smolice	418	1	1,610 ab	4	32,36
LAD, DANKO Oddział Laski	75	1	1,843 ab	4	33,87
LG, linie Katedry Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa Uniwersytetu Przy- rodniczego we Wrocławiu	4	1,5	1,563 b	2	11,32
PHR, Poznańska Hodowla Roślin, Oddział Wiatrowo	100	1	1,786 ab	3,5	34,92
SOA, DANKO Oddział Sobiejuchy	90	1	2,000 a	4	39,81
WR, linie wsobne Katedry Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu	19	1	1,474 b	2,5	23,59
NIR _{0,05} (LSD _{0,05})			0,397		

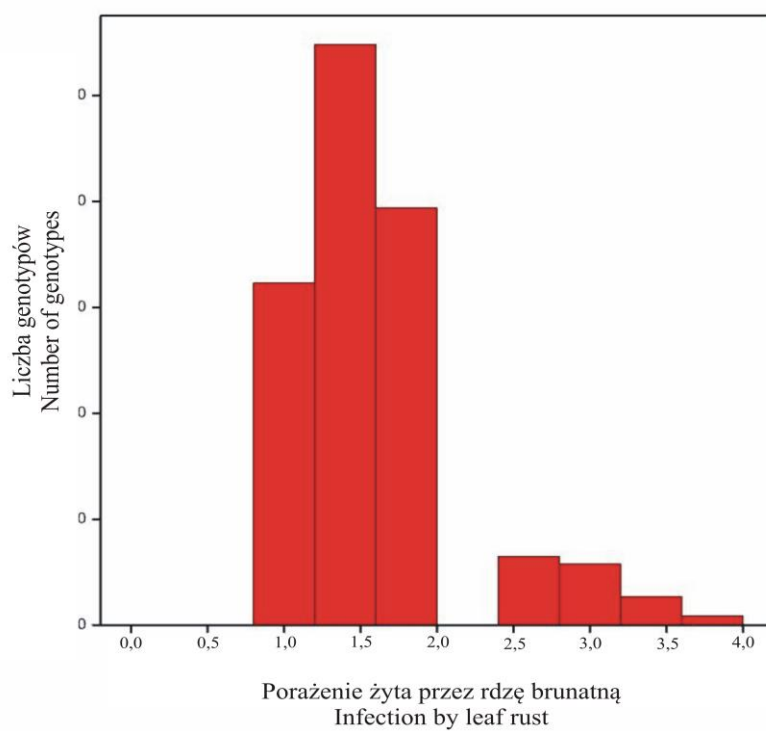
Tabela 2. Wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji porażenia rdzą brunatną genotypów żyta
Table 2. Results of one-way analysis of variance of brown rye infection of rye genotypes

Źródło zmienności Source of variation	Stopnie swobody Degrees of freedom	Suma kwadratów Sum of squares	Średni kwadrat Mean square	Statystyka <i>F</i> <i>F</i> -Statistic
Genotyp Genotype	711	448,81	0,631	10,9*
Błąd Residual	712	41,25	0,058	–
Całość Total	1423	490,06	–	–
* P < 0,001				

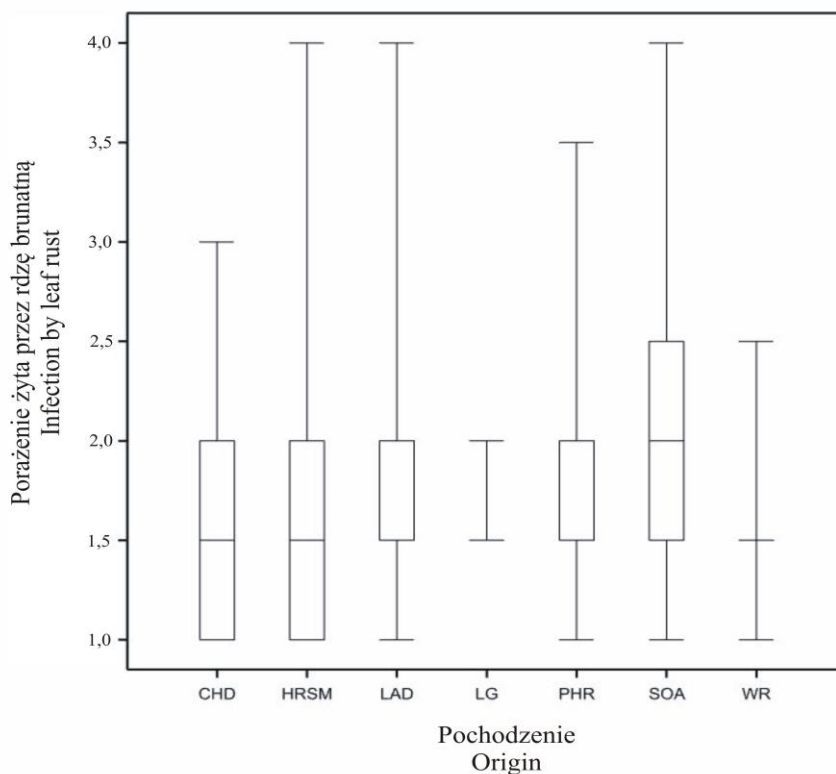
Tabela 3. Wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji porażenia rdzą brunatną ze względu na pochodzenie genotypów

Table 3. Results of one-way analysis of variance of brown rust infection due to the origin of genotypes

Źródło zmienności Source of variation	Stopnie swobody Degrees of freedom	Suma kwadratów Sum of squares	Średni kwadrat Mean square	Statystyka <i>F</i> <i>F</i> -Statistic
Pochodzenie Origin	6	32,84	5,473	16,85*
Błąd Residual	1417	460,25	0,325	–
Całość Total	1423	490,06	–	–
* $P < 0,001$				



Rys. 1. Rozkład porażenia rdzą brunatną
Fig. 1. Distribution of the infection by leaf rust



Rys. 2. Wykres pudełkowy porażenia rdzą brunatną, sklasyfikowany ze względu na pochodzenie genotypów (CHD – DANKO Hodowla Roślin sp. z o.o., Oddział Choryń-Kościan, HRSM – Hodowla Roślin Smolice, LAD – DANKO Hodowla Roślin sp. z o.o., Oddział Laski, LG – kolekcja czterech linii z Katedry Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, PHR – Poznańska Hodowla Roślin, Oddział Wiatrowo, SOA – DANKO Hodowla Roślin sp. z o.o., Oddział Sobiejuchy, WR – linie wsobne Katedry Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu). Dół i góra pudełka oznacza 25. i 75. percentyl, czyli kwartyle, odpowiednio, dolny i górny; wewnątrz pudełka odkładamy 50. percentyl – medianę. Końce wąsów przedstawiają wartości minimalną i maksymalną wszystkich obserwacji

Fig. 2. Boxplot of the infection by leaf rust, classified by origin of genotype. The bottom and top of the box are the 25th and 75th percentile – the lower and upper quartiles, respectively, and the band near the middle of the box is the 50th percentile – the median. The ends of the whiskers represent the minimum and maximum of all the data

PIŚMIENNICTWO

- Brown J.F., Ogle H.J., 1997. Plant Pathogens and Plant Diseases. Australasian Plant Pathology Society, s. 3–20, DOI: 10.1046/j.1365-3059.1998.0223e.x
- Bułatowicz A., Snarska K., Rogala R., 2009. Reakcje odmian żyta ozimego na patogeny grzybowe, zachwaszczenie oraz stosowane zabiegi ochronne. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl. 49(3), 1539–1542.
- GUS, 2019. Produkcja upraw rolnych i ogrodnictw w 2018 roku. Warszawa.
- Jasińska Z., Kotecki A. (red.), 1999. Szczegółowa uprawa roślin. T. 1. Wyd. AR we Wrocławiu, s. 131.
- Głazek M., Krzyżńska B., Mączyńska A., 2000. Mycoses in rye (*Secale cereale* L.) – occurrence and threat. Three-year study in the region of Southern Poland. J. Plant Prot. Res. 40(3/4), 237–243.
- Kubicka H., 2004. Zarys genetyki zbóż. T. 1. Poznań, s. 331.
- Kurowski T.P., Damszel M., Wysocka U., Sadowski T., Rychcik B., 2012. Zdrowotność żyta ozimego uprawianego w systemie konwencjonalnym i ekologicznym. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl. 52(4), 1188–1192.
- Miedaner T., Klocke B., Flath K., Geiger H.H., Weber W.E., 2012. Diversity, spatial variation and temporal dynamics of virulences in the German of leaf rust (*Puccinia recondite* f. sp. *secalis*) population in winter rye. Eur. J. Plant Pathol. 132, 23–35.
- Park R.F., Felsenstein F.G., 1998. Physiological specialization and pathotype distribution of *Puccinia recondita* in western Europe, 1995. Plant Pathol. 47, 157–164.
- Prażak R., Skrzypik A., 2014. Efektywność wykorzystania postępu biologicznego w hodowli i uprawie żyta (*Secale cereale* L.). Episteme 25, 149–167.
- Roelfs A.P., Singh R.O., Saari E.E., 1992. Rust Disease of wheat. Concepts and methods of disease management. CIMMYT, Mexico.
- Sawicka Z., 2011. Wpływ mączniaka prawdziwego i rdzy brunatnej na plonowanie żyta ozimego. Prog. Plant Prot. 51(3), 1193–1197.
- Shapiro S.S., Wilk M.B., 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika 52, 591–611.
- Smolik M., Cieluch P., Mazurkiewicz-Zapałowicz K., 2012. Morphological and cytological response of selected recombinant inbred lines of rye (*Secale cereale* L.) to nutrient deprivation stress assessed at the seedling stage. Not. Bot. Horti. Agrobot. 40(1), 282–289.
- Sobczak J., Szulc M., Matyjaszczyk E., 2015. Konsekwencje dla praktyki ochrony roślin wynikające z wycofania ze stosowania substancji czynnej karbendazym. Zagad. Doradz. Rol. 3, 83–93.
- Tarkowski C., 1983. Biologia żyta. PWN, Warszawa.
- Tomczyńska I., Śliwka J. 2011. Piramidyzacja genów odporności w roślinach uprawnych. Biul. IHAR 262, 77–88.
- Tyrka M., Chełkowski J., 2004. Enhancing the resistance of triticale by using genes from wheat and rye. J. Appl. Genet. 45(3), 283–295.
- VSN International, 2015. Genstat Reference Manual (Release 18). VSN International, Hemel Hempstead, UK.
- Weber R., Bujak H., Nowosad K., Gacek E., Kotowicz L., 2015. Analiza zmienności porażenia odmian żyta ozimego przez grzyb *Puccinia recondita* na Dolnym Śląsku. Pol. J. Agron. 23, 82–87.
- Wójtowicz A., Pasternak M., Zacharczuk M., Mroczek I., 2016. Systemy wspomagające podejmowanie decyzji w ochronie roślin – wyzwanie dla nauki i doradztwa rolniczego. Zagad. Doradz. Rol. 1, 62–75.

Źródło finansowania: Pracę sfinansowano ze środków na działalność statutową prowadzoną w Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu w ramach funduszy z Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Summary. The susceptibility of 766 rye genotypes to brown rust infestation (*Puccinia recondita* f. sp. *secalis*) was evaluated in a greenhouse experiment. The research material encompassed or include a collection of breeding materials of Department of Genetics, Plant Breeding and Seed Production of the University of Life Sciences in Wrocław. Genotypes came from the: DANKO Plant Breeding sp. z o.o. (branches in Choryń-Kościan, Laski, Sobiejuchy), Smolice Plant Breeding, Poznań Plant Breeding, and materials developed in the Department of Genetics, Plant Breeding and Seed Production of the University of Life Sciences in Wrocław. Valuation of the degree of plant infestation by disease was based on a four-stage scale. The examined genotypes displayed a statistically significant difference in terms of brown rust infection. Statistically significant differences were also observed between the mean values of brown rust infection in particular groups of origin. The highest mean brown rust infection was observed in genotypes from Sobiejuchy, while the lowest in Wrocław.

Key words: *Secale cereale*, *Puccinia recondita* f. sp. *secalis*, inoculation

Otrzymano/ Received: 9.07.2019
Zaakceptowano/ Accepted: 23.10.2019