

Received: 13.07.2023 / Accepted: 03.10.2023

ARTYKUŁ ORYGINALNY

Odporność odmian regionalnych i tradycyjnych jęczmienia jarego na porażenie mączniakiem prawdziwym zbóż i traw (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*)

Resistance of spring barley old varieties to powdery mildew caused by *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*

Elżbieta Czembor* , Jerzy H. Czembor , Elżbieta Wnuk 

Streszczenie

Odporność pięćdziesięciu polskich odmian regionalnych i tradycyjnych jęczmienia jarego na mączniaka prawdziwego zbóż i traw powodowanego przez *Blumeria graminis* D.C. f. sp. *hordei* (Marchal) (*Bgh*) badano testem fenotypowym na roślinach w stadium siewki. Wykorzystano kolekcję 11 izolatów *Bgh*, które były wirulentne lub awirulentne w stosunku do specyficznych genów odporności obecnych w różnicujących odmianach i liniach izogenicznych Pallas. Na podstawie uzyskanych wyników w żadnej z badanych odmian nie stwierdzono obecności genu specyficznego. Potencjalnie, trzy akcesje wskazano jako źródła odporności na *Bgh*. Były to: odmiana tradycyjna E 0942 oraz odmiany regionalne Putza i Wieloryb z Podhorec. Odmiana tradycyjna E 0942 była podatna na jeden izolat, a odmiana regionalna Putza na dwa izolaty. Odmiana Wieloryb z Podhorec była średnio odporna na sześć izolatów, a odporna na dwa izolaty. Odmiany o potencjalnie podwyższonej odporności na *Bgh* mogą być wprowadzone do bezpośredniej produkcji jako element integrowanej ochrony jęczmienia oraz mogą być wykorzystane w programach hodowlanych poszerzając zmienność w kolekcjach wyjściowych.

Słowa kluczowe: bioróżnorodność, mączniak prawdziwy zbóż i traw, jęczmień jary, odmiany regionalne i tradycyjne

Abstract

Fifty accessions stored in the form of seeds by the National Center for Plant Genetic Resources, IHAR – PIB were evaluated. Identification of the presence of specific resistance genes was carried out by the phenotypic method using a set of 11 differential isolates at the seedling stage. Based on the obtained results, no known resistance genes were found for any of the accessions. However, three cultivars deserved special attention: the E 0942 and the cultivars Putza and Wieloryb z Podhorec. The traditional cultivar E 0942 was susceptible to one isolate. The regional cultivar Putza was susceptible to 2 isolates and resistant to 6 isolates. The Wieloryb z Podhorec cultivar was susceptible to 2 isolates and moderately resistant to six isolates. The regional cultivars Wieloryb z Podhorec and Putza and the traditional cultivar E 0942 characterized in present studies may be a potential source of resistance to *Bgh*. These varieties may be used in integrated control of barley to control *Bgh* or as germplasm in barley resistance breeding programs.

Key words: biodiversity, powdery mildew, spring barley, old cultivars

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

*corresponding author: e.czembor@ihar.edu.pl

Wstęp / Introduction

Jęczmień (*Hordeum vulgare* L.) należy do podstawowych gatunków roślin użytkowych. Gatunek ten ma duże znaczenie w całokształcie gospodarki zbożowej Polski, Europy i świata. Jęczmień to gatunek odporny na niedobór wody oraz wzrastającą długość dnia, co powoduje, że w zmieniających się warunkach klimatycznych wyróżnia się wśród zbóż jarych dużą niezawodnością plonowania. W 2020 roku powierzchnia uprawy jęczmienia na terytorium Europy stanowiła 46% całkowitej powierzchni tej uprawy na terenie świata (Dreiseitl 2020). W 2021 roku w Europie zebrano ponad 52,1 mln ton ziarna jęczmienia, co stanowiło 17,5% całej produkcji zbóż po pszenicy, kukurydzy na ziarno i CCM łącznie (<https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained> – dane z 15.04.2023).

W Polsce, jęczmień jary w siewie czystym zajmuje czwarte miejsce pod względem powierzchni uprawy – po trzech zbożach ozimych – pszenicy, pszenżycie i życie. Ma zdecydowanie największe znaczenie wśród zbóż jarych. W 2021 roku był uprawiany na powierzchni 721 tys. ha, a jego średni udział w powierzchni uprawy pięciu podstawowych zbóż i mieszanek zbożowych to około 10% (GUS 2021). Ziarno jęczmienia jarego wykorzystywane jest głównie na paszę oraz do produkcji piwa (w mniejszym stopniu do produkcji żywności).

Mączniak prawdziwy zbóż i traw powodowany przez grzyba *Blumeria graminis* D.C. f. sp. *hordei* (Marchal) (*Bgh*), występuje powszechnie w głównych rejonach uprawy jęczmienia na świecie. Nawet niewielkie porażenie roślin istotnie pogarsza jakość ziarna jęczmienia przeznaczonego na cele browarne poprzez zmniejszenie masy tysiąca ziaren i zwiększenie w nich zawartości białka (Balkema-Boomstra i Masterbroek 1995). Potwierdziły to również analizy wpływu na plon rzeczywisty jęczmienia jarego czynników biotycznych (odporność na choroby, w tym na *Bgh*), przyrodniczych (kategoria gleby), meteorologicznych (temperatury i opady) oraz agrotechniki (nawożenie) prowadzone przez Czembor i wsp. (2022b).

W okresie międzywojennym XX wieku nastąpiła utrata odporności jęczmienia na mączniaka prawdziwego zbóż i traw w odmianach uprawianych szczególnie na terenie Niemiec, co doprowadziło do epifitozy i dużej redukcji uzyskiwanych plonów. Było to spowodowane stworzeniem korzystnych dla rozwoju mączniaka prawdziwego zbóż i traw warunków w wyniku intensyfikacji metod uprawy jęczmienia, tj. głównie zwiększoną gęstością zasiewów i zwiększonym nawożeniem nawozami mineralnymi, zwłaszcza zwiększeniem dawek azotu. Efektywna odporność odmian na mączniaka prawdziwego zbóż i traw nie tylko chroni te odmiany, ale ogranicza wytwarzanie inokulum i rozprzestrzenianie się patogena na większe obszary doprowadzając do epifitozy na polach obsianych odmianami podatnymi. Wobec powyższego, hodowla odpornościowa na *Bgh* powszechnie

stosowana od lat 60. XX wieku była i jest nadal prowadzona równoległe z monitorowaniem struktury genetycznej populacji patogena pod kątem wirulencji do znanych i używanych przez hodowców genów odporności. Badania monitorowania struktury genetycznej populacji *Bgh* wykazują, że zmienia się ona bardzo dynamicznie i występuje w niej wiele kombinacji wirulencji/awirulencji niezależnie od okresu badań (Hovmöller i wsp. 2000; Czembor i Czembor 2004a, b; Gacek i wsp. 2004). Wynika to również z faktu, że kolonia mączniaka prawdziwego zbóż i traw może wytworzyć do 300 000 zarodników konidialnych, a w warunkach Europy środkowej może wystąpić średnio do 20 cykli rozwojowych i zarodniki konidialne mogą być przenoszone z wiatrem na odległość do 500 km. W sposób kompleksowy osiągnięcia w zakresie identyfikacji źródeł odporności na *Bgh* i ich uwarunkowań genetycznych korespondują z efektywnością na przestrzeni czasu, co zostało omówione w pracy przeglądowej Dreiseitl (2020). W pracy tej nie uwzględniono opisu badań w zakresie hodowli odpornościowej na *Bgh* prowadzonych w Polsce. W Polsce badania w tym zakresie były prowadzone już od lat 60. XX wieku (Ralski i Mikołajewicz 1969; Czembor 1972a, b, 1976, 1981a, b, 1984; Czembor i wsp. 1979; Czembor i Kudła 1984; Gacek i Czembor 1988; Gacek i wsp. 1991), czego nie uwzględniono w tej pracy przeglądowej. Następnie w Polsce były kontynuowane regularne badania nad określeniem uwarunkowań genetycznych odporności na mączniaka prawdziwego zbóż i traw odmian włączonych do Porejestrowych Doświadczeń Odmianowych (PDO) Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych metodą fenotypową (Czembor i Czembor 1998, 1999, 2001, 2004a, b; Czembor 2003; Czembor i wsp. 2012, 2016) oraz metodami fenotypową i używając markerów molekularnych (Czembor i wsp. 2012, 2016; Piechota i wsp. 2019, 2020; Czembor i Czembor 2021a, b, 2022).

Od 1 stycznia 2014 roku w Polsce, podobnie jak we wszystkich krajach Unii Europejskiej, obowiązuje stosowanie zasad integrowanej ochrony roślin. Kontynuacją tej polityki Unii Europejskiej jest Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów. Dyrektywa uwzględnia zapis o wykorzystaniu wszelkich dostępnych metod, w tym uprawę odmian odpornych na patogeny czy mieszanin odmian, przed podjęciem decyzji o ochronie chemicznej (Tratwal 2005; Tratwal i Weber 2006; Dyrektywa 2009; Tratwal i Walczak 2010). W dniu 20.05.2020 roku, Komisja Europejska w ramach Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ) przyjęła strategię „Od pola do stołu” oraz strategię „Na rzecz bioróżnorodności”, gdzie istnieje zapis: „...odejście od wykorzystania chemicznej ochrony roślin na rzecz, tej naturalnie występującej w świecie roślin, odporności genetycznej” (https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_20_908; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/>

TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0381; <https://data.europa.eu/doi/10.2779/677548>). Zapewnia to możliwość sprostania zwiększającym się dążeniom społeczeństwa do poprawy jakości życia poprzez wykorzystanie wysokiej jakości produktów uzyskanych w warunkach pro-ekologicznych z ograniczeniem lub brakiem stosowania pestycydów w uprawach roślin.

Intensyfikacja rolnictwa ukierunkowana na uprawę odmian plennych wpłynęła na zawężenie dostępnej puli genowej w kolekcjach wykorzystywanych w hodowli odpornościowej jęczmienia jarego na *Bgh*. Geny odporności sukcesywnie identyfikowane i używane w hodowli od okresu wystąpienia epifitozy na terenie Niemiec w latach 30. XX wieku tracą swoją efektywność w ciągu kilku lat w wyniku adaptacji *Bgh* i pojawienia się nowych ras wirulentnych do powszechnie używanych genów odporności w jęczmieniu. Dlatego ważne jest, aby na bieżąco kontynuować identyfikację nowych efektywnych źródeł odporności i skracać cykl hodowlany, wykorzystując technologie łączące selekcję metodami molekularnymi i fenotypowymi przy użyciu platform bioinformatycznych (Czembor i wsp. 2023). Banki Genów odpowiadają za przechowywanie akcesji roślin użytkowych, w tym gatunków jęczmienia, w których identyfikowane są geny odporności na *Bgh*, takich jak *Hordeum vulgare* subsp. *vulgare*, *H. vulgare* subsp. *nigrum*, *H. vulgare* subsp. *laevigatum* oraz *H. vulgare* subsp. *spontaneum* oraz za ich właściwą charakterystykę, która jest udostępniana w bazach danych (Newton i wsp. 2010; Weise i wsp. 2020; Marone i wsp. 2021). Jako źródła odporności jęczmienia na *Bgh* wykorzystane są głównie odmiany miejscowe z obszarów Bliskiego Wschodu, gdzie został on udomowiony 10 tys. do 12 tys. lat temu. Jednak odmiany te są również źródłem cech powiązanych z niską wartością gospodarczą. Dlatego cennymi źródłami odporności na *Bgh* mogą być odmiany regionalne i tradycyjne uprawiane na terenie Europy, w tym na terenie Polski, już od okresu średniowiecza (Wojtyśiak 1951; Klichowska 1955; Topolski 1964; Badr i wsp. 2000). Odmiany te powstały na drodze naturalnej selekcji lub są efektem realizowanych programów hodowlanych w okresie międzywojennym i od lat 60. XX wieku. Mogą one być również wprowadzane do bezpośredniej produkcji w rolnictwie ekologicznym, niskonakładowym i zrównoważonym. Dotychczas nie prowadzono kompleksowych badań, których celem było określenie uwarunkowań genetycznych odporności na *Bgh* polskich dawnych odmian jęczmienia jarego genami specyficznymi, które są przechowywane w Krajowym Centrum Roślinnych Zasobów Genowych (KCRZG) Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego (IHAR – PIB) w Radzikowie. Jest to jednostka, która jako jedna z największych w Europie odpowiada za przechowywanie w formie nasion ponad 85 tys. akcesji roślin użytkowych (Gryziak i wsp. 2017). Dane dotyczące charakterystyki cech tych obiektów wraz

z informacją o ich pochodzeniu są wprowadzone do bazy danych EGISET (<https://bankgenow.edu.pl/baza-danych/bazy-krzgz/>). W roku 2022 wdrożony został nowy system rozwiązań technologicznych i bioinformatycznych, w ramach projektu AGROBANK, konkurs Gospostrateg NCBR, zapewniający sprawne zarządzanie zasobami genetycznymi (Radziuk i wsp. 2022), w tym zasobami jęczmienia. System ten uwzględnia potrzeby użytkownika zewnętrznego (właściwy, uporządkowany opis metodami fenotypowymi i molekularnymi i prosta ścieżka dostępu do danych) oraz wewnętrznego (sprawna obsługa przechowalni długoterminowej zasobów genowych w formie nasion).

Celem badań było określenie odporności kolekcji polskich odmian regionalnych i tradycyjnych jęczmienia jarego z kolekcji KCRZG IHAR – PIB na mączniaka prawdziwego zbóż i traw powodowanego przez grzyba *B. graminis* D.C. f. sp. *hordei* (Marchal) uwarunkowanej genami specyficznymi.

Materiały i metody / Materials and methods

Material roślinny / Plant material

Do badań włączono pięćdziesiąt akcesji jęczmienia jarego polskiego pochodzenia. Źródłem danych opisujących pochodzenie badanych akcesji była baza EGISET, prowadzona przez Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych (KCRZG) Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego (IHAR – PIB). W bazie EGISET, 31 dawnych odmian uprawianych na terenie Polski opisano jako odmiany regionalne uzyskane w trakcie realizacji programów hodowlanych oraz 19 akcesji jako odmiany tradycyjne i formy miejscowe zebrane podczas ekspedycji prowadzonych przez KCRZG i przechowywanych w przechowalni długoterminowej w formie nasion.

Zestaw izolatów różnicujących *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* / *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* differential set

W badaniach wykorzystano kolekcję 11 izolatów *B. graminis* f. sp. *hordei* (*Bgh*), które były wirulentne lub awirulentne w stosunku do specyficznych genów odporności obecnych w odmianach i liniach izogenicznych Pallas zestawionych przez Kølster i wsp. (1986). Zestaw różnicujący izolacji Pallas na mączniaka prawdziwego zbóż i traw jest powszechnie używany do badań mających na celu określenie uwarunkowań genetycznych jęczmienia na *Bgh* (tab. 1). Zestaw został uzupełniony o odmiany, dla których sukcesywnie określano nowe geny odporności. Dla większości genów odporności przypisany został swoisty tylko dla tego genu układ wirulencji i awirulencji izolatów tworzących zestaw izolatów różnicujących mączniaka prawdziwego zbóż i traw.

Tabela 1. Reakcje odpornościowe zestawu różnicującego linii izogenicznych Pallas i odmian o znanych specyficznych genach odporności na zakażenie zestawem różnicującym 11 izolatów *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*

Table 1. Resistance reaction of barley differential set of Pallas near-isogenic lines and cultivars with known resistance genes after inoculation with 11 isolates of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*

Lp. No.	Źródło pochodzenia Main donor	Linie izogeniczne i odmiany Cultivars and isogenic lines	Geny odporności Resistance genes	Izolat – Isolate										
				<i>Bgh</i> 19-70	<i>Bgh</i> 19-21	<i>Bgh</i> 19-64	<i>Bgh</i> 19-61	<i>Bgh</i> 19-65	<i>Bgh</i> 18-32	<i>Bgh</i> 19-85	<i>Bgh</i> 19-88	<i>Bgh</i> 19-90	<i>Bgh</i> 20-28	<i>Bgh</i> 20-35
1	Pallas		<i>Mla8</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	Algerian CI 1179	P01	<i>Mla1</i>	4	4	4	4	4	0	4	4	4	4	0
3	Ricardo CI 6303	P02	<i>Mla3</i>	0	0	4	4	1	1	1	1	4	1	1
4	<i>Hordeum sontanenum</i> (Voldagsen 8141/44)	P03	<i>Mla6, Mla14</i>	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	Lyallpur 3645	P04B	<i>Mla7, +?</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0
6	Arabische	P10	<i>Mla12, Mla(Em 2)</i>	4	4	4	4	4	1	4	4	4	3	4
7	Rupee CI 16155	P11	<i>Mla13, MlRu3</i>	4	4	0	4	2	4	0	0	4	0	0
8	Weihenstephan 41/145	P14	<i>Mlra</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
9	Kwan	P17	<i>Mlk</i>	4	4	4	2	2	1	4	2	2	2	2
10	<i>Hordeum nigrinudum</i>	P18	<i>Mlnn</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
11	Psaknon	P19	<i>Mlp</i>	-	-	4	-	-	-	4	4	4	2	2
12	Atlas 46 CI 4118	P 20	<i>Mlat</i>	-	-	3	-	-	-	2	2	4	2	2
13	Weihenstephan 127422 CI 1325	P21	<i>Mlg, Ml(CP)</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
14	Mutant Carlsberg II R 5678	P22	<i>Mlo5</i>	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)
15	<i>Hordeum laevigatum</i>	P23	<i>Ml(La)</i>	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	3
16	Hauters	P24	<i>Mlh</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2
17	Benedicte	Benedicte	<i>Mla9, Ml(IM9)</i>	4	4	4	4	4	1	4	4	4	0	0
18	Lenka	Lenka	<i>Mla13, Ml(Ab)</i>	4	4	0	4	4	4	0	0	4	0	0
19	Gunnar	Gunnar	<i>Mla3, Ml(Tu2)</i>	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0	0
20	Steffi	Steffi	<i>Ml(St1), l(St2)</i>	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4
21	Triumph	Triumph	<i>Mla7, Ml(Ab)</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
26	Borwina	Borwina	<i>Ml(Bw)</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
29	Iron	Iron	<i>l-B-53</i>	4	4	4	4	4	1	4	4	1	4	4
22	Galleon	Galleon	<i>MlGa</i>	4	4	2	1	4	4	4	4	2	3	3
28	Souleyka	Laverda	<i>Lv</i>	4	0	1	1	4	4	2	4	2	2	4
23	255	255-3-3	<i>Mor (255)</i>	2	1	1	2	1	-	1	4	1	2	1
24	173	173	<i>(Mr)</i>	0	4	0	0	0	-	1	1	0	-	-
25	569	569	<i>569</i>	1	1	1	1	1	-	1	1	1	2	2
26	5317	5317	<i>5317</i>	1	1	4	1	0	-	1	1	1	1	0
27	39408	39408	<i>39408</i>	4	2	4	1	0	-	2	4	1	2	2
28	Manchurian			4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

- brak wyniku - no data

Test odpornościowy i postulowanie genów odporności / Resistance tests and postulation resistance genes

Określenie specyficznych genów odporności obecnych w dawnych odmianach prowadzono w warunkach szklarniowych (długość dnia 16 h, temperatura 16–22°C) w okre-

sie zimowym 2019–2020. Odmiany i linie zestawu różnicującego oraz badane akcesje wysiewano do multiplatów (5 nasion na genotyp). Izolaty *Bgh* namnażano na siewkach podatnej odmiany Manchurian CI 3230. Zakażenia sztuczne prowadzono strząsając zarodniki konidialne nad siewkami

badanych akcesji oraz nad roślinami zestawu różnicującego. Inokulację przeprowadzano w fazie 2 w pełni rozwiniętego liścia. We wszystkich badaniach jako kontrola używana była podatna na mączniaka prawdziwego zbóż i traw odmiana Manchurian CI 3230. Ocenę reakcji odpornościowej roślin na mączniaka prawdziwego zbóż i traw przeprowadzono po 8–10 dniach od zakażeń i określono w skali 0–4 (Mains i Dietz 1930), gdzie 0 – brak widocznych objawów porażenia; 1 – niewielkie nekrozy; 2 – większe nekrozy, chlorozy, niewielkie zarodnikowanie; 3 – chlorozy, grzybnia rozwinięta, słabo zarodnikująca; 4 – dobrze rozwinięta i zarodnikująca grzybnia, uzupełnioną o stopień 0(4) charakteryzujący reakcję odmian z odpornością Mlo (za Czembor i Czembor 2001).

Postulowanie obecności genów odporności prowadzono zgodnie z hipotezą „gen na gen” na podstawie porównania reakcji badanych akcesji z reakcjami odmian i linii różnicujących na zakażenie zestawem izolatów różnicujących. Rośliny o reakcji 0–1 klasyfikowano jako odporne. Rośliny o reakcji 2 jako średnio odporne, a w zakresie 3–4 jako podatne. Pierwszym etapem było wyeliminowanie genów odporności nieobecnych w badanych odmianach. W przypadku zaobserwowania zgodnej reakcji (oceny 3 i 4) z danym izolatem, oznaczało to, że odmia-

na nie posiadała alleli odporności, dla których izolat był awirulentny.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Obecność specyficznych genów odporności na mączniaka prawdziwego zbóż i traw powodowanego przez *B. graminis* f. sp. *hordei* (*Bgh*) postulowano dla kolekcji pięćdziesięciu akcesji jęczmienia jarego polskiego pochodzenia.

Łącznie wykonano 410 ocen. W grupie 11 izolatów o znanej wirulencji/awirulencji w stosunku do znanych genów odporności obecnych w zestawie różnicującym linii izogenicznych i odmian o znanych genach odporności na *Bgh*, najmniej agresywnym izolatem był *Bgh 19-90*, a najbardziej *Bgh 20-35*. Trzydzieści pięć akcesji (70,0%) było podatnych na wszystkie izolaty *Bgh*, w tym 22 w grupie odmian regionalnych (na 31 badanych) i 14 w grupie odmian tradycyjnych (na 19 badanych) (tab. 2, 3). Dla żadnej akcesji nie stwierdzono obecności specyficznych genów odporności obecnych w zestawie różnicującym oraz żadna z nich nie była odporna na wszystkie izolaty *Bgh*.

Odmiana E 0942 była podatna na jeden izolat (*Bgh 18-32*), a jej reakcję odpornościową na inny izolat (*Bgh 19-65*) oce-

Tabela 2. Lista odmian regionalnych i tradycyjnych podatnych na zakażenie wszystkimi izolatami zestawu różnicującego *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*

Table 2. List of regional and traditional cultivars which were susceptible to inoculation with all isolates in differential set of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*

Lp. No.	Numer akcesyjny Accession number (ACCENUMB)	Nazwa akcesji Accession name	Lp. No.	Numer akcesyjny Accession number (ACCENUMB)	Nazwa akcesji Accession name
Odmiany regionalne – Regional cultivars					
1	40023	Polonez	12	41693	Hanna Goli
2	40385	N 11	13	41751	Korona Laschkego
3	40410	Połnocny SWHN	14	41784	Markowicki
4	40457	Szelejewski	15	41886	Piast
5	40490	Dłuzewski	16	41905	Przeworski
6	40556	Polon	17	41907	Pucki
7	41081	Słodowy	18	41908	Pulawski Wczesny
8	41419	ARS	19	42042	Browarny Pzhr
9	41463	Hanna Kleszczewski	20	42060	Pulawski Browarny
10	41475	Kutnowski	21	42125	Danubia Ciolkowski
11	41570	Antalek	22	42127	Mazowiecki
Odmiany tradycyjne – Traditional cultivars					
1	40068	E0301	8	41434	E0507
2	40554	E0188	9	41531	E0139
3	41265	E0214	10	41768	Lubicki
4	41268	E0313	11	42120	E0056
5	41274	E0359	12	43053	E1562, Lubicki
6	41283	Rybicki	13	43054	E1564
7	41284	E0407, Lubicki	14	43055	E1542

Tabela 3. Reakcje odpornościowe odmian regionalnych i tradycyjnych w stosunku do których przynajmniej jeden izolat był wirulentny z zestawu różnicującego izolatów *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*

Table 3. Resistance reactions of regional and traditional for which at least on isolate was virulent from a differential set of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* isolates

Lp. No.	Numer akcesyjny Accession number (ACCENUMB)	Nazwa akcesji Accession name	Izolat – Isolate											Liczba izolatów Isolates number [%]			
			<i>Bgh 19-70</i>	<i>Bgh 19-21</i>	<i>Bgh 19-64</i>	<i>Bgh 19-61</i>	<i>Bgh 19-65</i>	<i>Bgh 18-32</i>	<i>Bgh 19-85</i>	<i>Bgh 19-88</i>	<i>Bgh 19-90</i>	<i>Bgh 20-28</i>	<i>Bgh 20-35</i>	awiru- lentych awirulent	reakcja pośrednia moderate reaction	wirulentnych wirulent	
Odmiany regionalne – Regional cultivars																	
1	40415	Rajski	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	0,0	9,1	90,9
2	40940	Jarek	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	0,0	9,1	90,9
3	42007	Wieloryb z Podhorec	4	2	0	2	2	0	4	2	0	2	2	27,3	54,5	18,2	
4	41415	Bielik	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	0,0	0,0	100,0
5	42129	Putza	–	–	0	–	4	4	0	0	0	0	0	75,0	0,0	25,0	
6	42130	Sobieszynski	4	4	2	4	2	4	4	4	2	4	4	0,0	27,3	72,7	
7	43319	Czarny Perciwala	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	4	0,0	27,3	72,7	
8	43335	Orlik	4	4	4	4	0	4	4	0	4	3	4	18,2	0,0	81,8	
9	19I00632	Polonia Staropolska	0	4	0	4	4	4	4	4	4	4	3	18,2	0,0	81,8	
Odmiany tradycyjne – Traditional cultivars																	
1	41533	E0237	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	0,0	9,1	90,9	
2	41731	E0041, Jarzec	4	4	2	4	2	4	4	4	4	2	2	0,0	36,4	63,6	
3	42121	E0085	4	2	4	4	4	4	4	4	2	4	4	0,0	18,2	81,8	
4	42388	E0942	–	–	0	0	2	4	0	0	0	0	0	88,9	0,0	11,1	

niono na 2 (co oznacza, że jest średnio odporna na porażenie przez ten izolat). Akcesja ta była odporna na pozostałe siedem izolatów. Odmiana regionalna Putza była podatna na dwa izolaty (*Bgh 19-65* oraz *Bgh 18-32*), a odporna na sześć izolatów. Wysoką odpornością charakteryzowała się również odmiana Wieloryb z Podhorec. Była ona odporna na trzy izolaty (*Bgh 19-64*, *Bgh 18-32*, *Bgh 19-90*). Dodatkowo, była średnio odporna na porażenie sześcioma innymi izolatami (ocena stopnia porażenia 2). Podatna była tylko na dwa izolaty (*Bgh 19-70*, *Bgh 19-85*). Na uwagę zasługują również odmiany Orlik i Polonia Staropolska odporne na dwa izolaty (tab. 3).

W bieżących badaniach dla żadnej z pięćdziesięciu odmian regionalnych oraz tradycyjnych, zgromadzonych na terenie Polski w trakcie ekspedycji organizowanych przez KCRZG, nie stwierdzono obecności genów *Mlg*, *Mla6*, *Mla7*, *Mla12* wykorzystywanych najbardziej powszechnie w hodowli odpornościowej jęczmienia jarego w latach 60. i 70. XX wieku. Geny te, obok *Mla9*, *Mla13* oraz *Mlk*, *Mlg*, *MILa*, *Mlh* i *Mlra* warunkowały odporność na większość patotypów populacji *Bgh* występującej w tym okresie na terenie całej Europy (Czembor 1976; Dreiseitl 2020). Prawie wszystkie akcesje były podatne na wykorzystany w badaniach zestaw izolatów wirulentnych lub awirulentnych do linii izogenicznych Pallas, które w locus *Mla*

posiadają allele *Mla1*, *Mla3*, *Mla6*, *Mla7*, *Mla12*, *Mla13* oraz *Mla14*.

Odmiana tradycyjna E 0942 była podatna tylko na jeden izolat z dziewięciu wykorzystanych w ocenie, co sugeruje jej wyższy stopień odporności względem innych odmian. Została ona zebrana w trakcie ekspedycji na Wysoczyźnie Siedleckiej w 1984 roku. Jednak dodatkowego potwierdzenia wymaga możliwość, że podczas zbioru tej odmiany nie nastąpiły zamieszania, ponieważ w tym okresie hodowla była już zaawansowana i w uprawie wykorzystywano odmiany współczesne o podwyższonej odporności na *Bgh*. Odmiana regionalna Putza podatna była tylko na dwa izolaty z jedenastu wykorzystanych w ocenie tej akcesji. Odmiana ta została wprowadzona w roku 1961 do kolekcji przechowywanej w przechowalni długoterminowej w formie nasion i prowadzonej przez KCRZG IHAR – PIB. Uprawiana była w latach 1930–1939 (dane z bazy EGISET prowadzonej przez KCRZG IHAR – PIB). Odmiana Wieloryb z Podhorec podatna była na trzy izolaty. Została wprowadzona do kolekcji przechowywanej w KCRZG IHAR – PIB również w roku 1961. Akcesje te jako potencjalne źródła odporności na mączniaka prawdziwego zbóż i traw wymagają dalszych badań celem określenia specyficznych uwarunkowań odporności oraz aby wykluczyć fakt ewentualnego zamieszania w trakcie namnażania i przechowywania nasion.

Uzyskane wyniki umożliwiły skompletowanie i uaktualnienie danych w zakresie charakterystyki włączonych do bieżących badań odmian metodami fenotypowymi w warunkach polowych oraz molekularnymi poprzez sekwencjonowanie DArTseq prowadzonych w latach 2018–2019, uwzględniając odporność na podstawowe choroby występujące na liściach jęczmienia (Czembor i Czembor 2022a). W charakterystyce odmian w warunkach polowych oprócz odporności na patogeny uwzględniono również inne cechy fenotypowe, fizjologiczne i plonotwórcze (Czembor i Czembor 2022b). W badaniach tych materiałem roślinnym były sub-kolekcje odmian regionalnych, tradycyjnych i współczesnych polskiego pochodzenia oraz sub-kolekcje odmian regionalnych i współczesnych z innych krajów Europy (Niemiec, Austrii, Szwecji, Francji, Czech, Wielkiej Brytanii, Danii, Holandii). Badane sub-kolekcje obejmowały odmiany dawne i współczesne, co umożliwiło określenie postępu hodowlanego, jaki uzyskano dla odporności na *Bgh* w ramach programów hodowlanych realizowanych w poszczególnych krajach i omówienie wyników na tle innych doniesień literaturowych (Czembor i Czembor 2022a). Na podstawie oceny polowej odporności na *Bgh* prowadzonej w latach 2018–2019 w stadium strzelania w źdźbło i w fazie mleczno-woskowej stwierdzono, że średnio odmiany dawne są bardziej podatne na *Bgh* niż odmiany współczesne. Najbardziej podatne są zarówno dawne, jak i współczesne akcesje holenderskie, z krajów Europy Północnej oraz dawne odmiany francuskie. Jednak porównując odporność dawnych odmian francuskich i odmian współczesnych, stwierdzono że we Francji uzyskano postęp hodowlany dla tej cechy. Odporność polskich odmian współczesnych oceniona została średnio na tym samym poziomie, jak odmian czeskich, niemieckich i austriackich.

Literatura / References

- Badr A., Muller K., Schafer-Pregl R., El Rabey H., Effgen S., Ibrahim H.H., Pozzi C., Rohde W., Salamini F. 2000. On the origin and domestication history of barley (*Hordeum vulgare*). *Molecular Biology and Evolution* 17 (4): 499–510. DOI: 10.1093/oxfordjournals.molbev.a026330
- Balkema-Boomstra A.G., Masterbroek H.D. 1995. Effect of powdery mildew (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) on photosynthesis and grain yield of partially resistant genotypes of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Breeding* 114 (2): 126–130. DOI: 10.1111/j.1439-0523.1995.tb00776.x
- Czembor H.J. 1972a. Studia nad dziedziczeniem się odporności jęczmienia na mączniaka (*Erysiphe graminis* D.C. f. sp. *hordei* Marchal). Praca doktorska. Hodowla Roślin, Aklimatyzacja i Nasiennictwo 16 (5): 403–411.
- Czembor H.J. 1972b. Wstępna ocena przydatności hodowlanej odmiany jęczmienia jarego Alegerian C.I. 1179 odpornej na *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* Marchal. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin* 5–6: 91–96.
- Czembor H.J. 1976. Źródła odporności na mączniaka jęczmienia *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*. Praca habilitacyjna. Hodowla Roślin, Aklimatyzacja i Nasiennictwo 20 (5): 467–490.
- Czembor H.J. 1981a. Rasy fizjologiczne mączniaka jęczmienia (*Erysiphe graminis* D.C. ex Merat f. sp. *hordei* Marchal) występujące w Polsce w latach 1975–1979. *Hodowla Roślin, Aklimatyzacja i Nasiennictwo* 25 (5/6): 215–226.
- Czembor H.J. 1981b. Dziedziczenie odporności jęczmienia na mączniaka (*Erysiphe graminis* D.C. ex Merat f. sp. *hordei* Marchal). *Hodowla Roślin, Aklimatyzacja i Nasiennictwo* 25 (5/6): 227–234.
- Czembor H.J. 1984. Odporność jęczmienia ozimego na mączniaka (*Erysiphe graminis* DC Ex Merat f. sp. *hordei*). *Hodowla Roślin, Aklimatyzacja i Nasiennictwo* 28 (1): 1–31.
- Czembor H.J. 2003. Odporność krajowych odmian jęczmienia jarego na mączniaka prawdziwego (*Erysiphe graminis* DC Ex Merat f. sp. *hordei*). *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin* 230: 327–334.
- Czembor J.H., Czembor H.J. 1998. Powdery mildew resistance in cultivars of spring barley from Polish register. *Plant Breeding and Seed Science* 42 (2): 87–99.

Natomiast odmiany regionalne polskie scharakteryzowano jako bardziej odporne w stosunku do odmian regionalnych z innych krajów.

W przeprowadzonych badaniach odmiany regionalne Wieloryb z Podhorec i Putza oraz odmiana tradycyjna E 0942 mogą być wskazane jako akcesje o potencjalnie podwyższonej odporności na *Bgh*, które mogą być wprowadzone do bezpośredniej produkcji jako element integrowanej ochrony roślin. Mogą być także wykorzystane w programach hodowlanych poszerzając zmienność w kolekcjach wyjściowych. Odmiany regionalne i tradycyjne mogą być wykorzystane w rolnictwie zrównoważonym i ekologicznym. Działania te korespondują do uwarunkowań wynikających z międzynarodowych konwencji i porozumień ratyfikowanych lub planowanych do przyjęcia przez Polskę. Należą one do części zobowiązań realizowanych przez kraje Unii Europejskiej i prawodawstwa w ramach Wspólnej Polityki Rolnej.

Wnioski / Conclusions

1. Dla żadnej odmiany regionalnej i tradycyjnej nie stwierdzono obecności genu specyficznego warunkującego odporność na mączniaka prawdziwego zbóż i traw.
2. Odmiana tradycyjna E 0942 i odmiany regionalne Putza i Wieloryb z Podhorec wykazały podwyższoną odporność na porażenie przez mączniaka prawdziwego zbóż i traw. Odmiany te stanowią cenne źródło odporności na tego patogena w hodowli odpornościowej jęczmienia i mogą być zalecane do uprawy w warunkach rolnictwa zrównoważonego (stosując integrowaną ochronę roślin) niskonakładowego i ekologicznego.

- Czembor J.H., Czembor H.J. 1999. Powdery mildew resistance in cultivars of winter barley from Polish register. *Plant Breeding and Seed Science* 43 (1): 65–75.
- Czembor H.J., Czembor J.H. 2001. Resistance to powdery mildew in barley cultivars and breeding lines included in 1998–2000 Polish registration trials. *Plant Breeding and Seed Science* 45 (1): 21–41.
- Czembor H.J., Czembor J.H. 2004a. Chorobotwórczość mączniaka prawdziwego jęczmienia (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) w Polsce w roku 1999. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin* 231: 377–386.
- Czembor H.J., Czembor J.H. 2004b. Chorobotwórczość mączniaka prawdziwego jęczmienia (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) w Polsce w roku 2000. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin* 233: 107–115.
- Czembor J.H., Czembor E. 2021a. Sources of resistance to powdery mildew in barley landraces from Turkey. *Agriculture* 11 (10): 1017. DOI: 10.3390/agriculture11101017
- Czembor J.H., Czembor E. 2021b. Mlo resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) in barley landraces collected in Yemen. *Agronomy* 11 (8): 1582. DOI: 10.3390/agronomy11081582
- Czembor J.H., Czembor E. 2022. Genome-wide association study of agronomic traits in European spring barley from Polish gene bank. *Agronomy* 12 (9): 2135. DOI: 10.3390/agronomy12092135
- Czembor J.H., Czembor E., Krystek M., Pukacki J. 2023. AgroGenome: interactive genomic-based web server developed based on data collected for accessions stored in Polish Genebank. *Agriculture* 13 (1): 193. DOI: 10.3390/agriculture13010193
- Czembor H.J., Czembor J.H., Pietrusińska A., Domeradzka O. 2012. Odporność na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) odmian jęczmienia włączonych do badań rejestrowych w Polsce w roku 2011. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin* 265: 23–33. DOI: 10.37317/biul-2012-0036
- Czembor J.H., Czembor E., Suchecki R., Watson-Haigh N.S. 2022a. Genome-wide association study for powdery mildew and rusts adult plant resistance in European spring barley from Polish Gene Bank. *Agronomy* 12 (1): 7. DOI: 10.3390/agronomy12010007
- Czembor H.J., Gacek E., Kudła M. 1979. Źródła odporności na mączniaka jęczmienia *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*. *Hodowla Roślin, Aklimatyzacja i Nasiennictwo* 23 (6): 337–355.
- Czembor E., Kaczmarek Z., Pilarczyk W., Mańkowski D., Czembor J.H. 2022b. Simulating spring barley yield under moderate input management system in Poland. *Agriculture* 12 (8): 1091. DOI: 10.3390/agriculture12081091
- Czembor H.J., Kudła M.M. 1984. Rasy fizjologiczne mączniaka jęczmienia (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* Marchal) występujące w Polsce w latach 1980–1982. *Hodowla Roślin, Aklimatyzacja i Nasiennictwo* 28 (3/4): 219–230.
- Czembor J.H., Pietrusińska A., Czembor H. 2016. Odporność na mączniaka prawdziwego zbóż i traw (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) odmian jęczmienia włączonych do badań rejestrowych w Polsce w roku 2013. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin* 280: 3–12. DOI: 10.37317/biul-2016-0001
- Dreiseitl A. 2020. Specific resistance of barley to powdery mildew, its use and beyond: A concise critical review. *Genes* 11 (9): 971. DOI: 10.3390/genes11090971
- Dyrektywa 2009. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów. *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej* L 309/71 z 24.11.2019. <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/128/oj>
- European Commission 2020a. Factsheet: From farm to fork: Our Food, our Health, our Planet, our future. The European Green Deal. European Commission, Brussels. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_20_908
- European Commission 2020b. A farm to fork strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system. COM (2020) 381 final. European Commission, Brussels, 20.05.2020. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0381>
- European Commission 2021. Directorate-general for environment, EU biodiversity strategy for 2030 – bringing nature back into our lives. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2779/677548>
- Eurostat 2023. <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained>
- Gacek E., Biliński Z.R., Czembor H.J., Czembor J.H. 2004. Chorobotwórczość mączniaka prawdziwego jęczmienia (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) w Polsce w latach 1993–1996. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin* 231: 365–376.
- Gacek E., Czembor H.J. 1988. Analiza ilościowa struktury populacji mączniaka jęczmienia (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*). *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin* 167: 13–19.
- Gacek E., Czembor H.J., Biliński Z. 1991. Distribution of barley powdery mildew resistance and virulence in Poland. s. 67–71. W: *Integrated Control of Cereal Mildews: Virulence Patterns and Their Change* (J.H. Jørgensen, red.). Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark.
- GUS 2021. Uprawy rolne i ogrodnicze. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/rolnictwo-lesnictwo/uprawy-rolne-i-ogrodnicze/>
- Gryziak G., Zaczyński M., Pietrusińska A., Czembor J.H. 2017. Wykorzystanie zasobów genowych udostępnianych przez przechowalnię Krajowego Centrum Roślinnych Zasobów Genowych IHAR – PIB w Radzikowie. [Utilization of genetic resources distributed by the repository of the National Centre for Plant Genetic Resources IHAR – PIB in Radzików]. *Agronomy Science* 72 (4): 89–98. DOI: 10.24326/as.2017.4.9
- Hovmöller M.S., Caffier V., Jalli M., Andersen O., Besenhofer G., Czembor J.H., Dreiseitl A., Flath K., Fleck A., Heinrics F., Jönsson R., Limpert E., Mercer P., Plesnik S., Rashal I., Skinnes H., Slater S., Vronska O. 2000. The European barley powdery mildew virulence survey and disease nursery 1993–1999. *Agonomie* 20 (7): 729–743. DOI: 10.1051/agro:2000172
- Klichowska M. 1955. Z badań nad roślinami uprawnymi Polski wczesnośredniowiecznej. *Dawna Kultura*, nr 1, Wrocław, s. 22–30.
- Kølster P., Munk L., Stølen O., Løhde J. 1986. Near-isogenic barley lines with genes for resistance to powdery mildew. *Crop Science* 26 (5): 903–907. DOI: 10.2135/cropsci1986.0011183X002600050014x
- Mains F.B., Dietz S.M. 1930. Physiologic forms of barley mildew, *Erysiphe graminis hordei*, Marchal. *Phytopathology* 20: 229–299.
- Marone D., Russo M.A., Mores A., Ficco D.B.M., Laidò G., Mastrangelo A.M., Borrelli G.M. 2021. Importance of landraces in cereal breeding for stress tolerance. *Plants* 10 (7): 1267. DOI: 10.3390/plants10071267
- Newton A.C., Akar T., Baresel J.P., Bebeli P.J., Bettencourt E., Bladenopoulos K.V., Czembor J.H., Fasoula D.A., Katsiotis A., Koutis K., Koutsika-Sotiriou M., Kovacs G., Larsson H., Pinheiro de Carvalho M.A.A., Rubiales D., Russell J., Dos Santos

- T.M.M., Vaz Patto M.C. 2010. Cereal landraces for sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 30: 237–269. DOI: 10.1051/agro/2009032
- Piechota U., Czembor P.C., Czembor J.H. 2020. Evaluating barley landraces collected in North Africa and the Middle East for powdery mildew infection at seedling and adult plant stages. *Cereal Research Communications* 48: 179–185. DOI: 10.1007/s42976-020-00021-4
- Piechota U., Czembor P.C., Słowacki P., Czembor J.H. 2019. Identifying a novel powdery mildew resistance gene in a barley landrace from Morocco. *Journal of Applied Genetics* 60: 243–254. DOI: 10.1007/s13353-019-00505-y
- Radziuk A., Gryziak G., Pukacki J., Podyma W., Wilk K., Taracinski R., Blaszczyk M., Czembor J.H. 2022. IoT based solution for seed collection management of genebank. s. 1–5. W: *IEEE International Conference on Omni-layer Intelligent Systems (COINS)*. Barcelona, Spain.
- Ralski E., Mikołajewicz T. 1969. Studia nad odpornością jęczmienia na mączniaka prawdziwego (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* Marchal). *Hodowla Roślin, Aklimatyzacja i Nasiennictwo* 13 (5): 359–373.
- Topolski J. 1964. *Ogrodnictwo*. s. 267–298. W: *Kultura ludowa Wielkopolski. T. 2* (W.J. Burszta, red.). Wydawnictwo Poznańskie, Poznań, 808 ss.
- Tratwal A. 2005. Wpływ uprawy mieszanek odmian jęczmienia ozimego na ograniczenie występowania mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*). [The effect of growing of winter variety mixtures upon reduction of the incidence of powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*)]. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin* 235: 163–170.
- Tratwal A., Walczak F. 2010. Powdery mildew (*Blumeria graminis*) and pest occurrence reduction in spring cereal mixtures. [Ograniczanie występowania mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis*) i szkodników w mieszkach zbóż jarych]. *Journal of Plant Protection Research* 50 (3): 402–407. DOI: 10.2478/v10045-010-0068-3
- Tratwal A., Weber Z. 2006. Virulence frequency of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* and the occurrence of powdery mildew in four winter barley cultivars. [Ocena frekwencji wirulencji *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* oraz nasilnia występowania mączniaka prawdziwego na czterech odmianach jęczmienia ozimego]. *Journal of Plant Protection Research* 46 (3): 221–230.
- Weise S., Lohwasser U., Oppermann M. 2020. Document or lose it-on the importance of information management for genetic resources conservation in genebanks. *Plants* 9 (8): 1050. DOI: 10.3390/plants9081050
- Wojtysiak A. 1951. *Gospodarstwo wiejskie na Ziemiach Zachodnich i Północnych*, t. 1, s. IX, 6. Warszawa.