

Zadanie nr 6

Poszukiwanie oraz wykorzystanie markerów fenotypowych, metabolicznych i molekularnych do badania typów odporności na fuzariozę kłosów u form pszenicy o zróżnicowanej podatności

Okres realizacji: 1.01.2014 – 31.12.2020 r.

Kierownik zadania:

Dr hab. Tomasz Góral

t.goral@ihar.edu.pl

Wykonawcy zadania:

Prof. dr hab. Halina Wiśniewska

Dr hab. Paweł Czembor, prof. IHAR PIB

Dr Piotr Ochodzki

Dr hab. Michał Kwiatek

Dr Magdalena Radecka-Janusik

IHAR-PIB Radzików

IGR PAN Poznań

IHAR-PIB Radzików

IHAR-PIB Radzików

IGR PAN/UP Poznań

IHAR-PIB Radzików



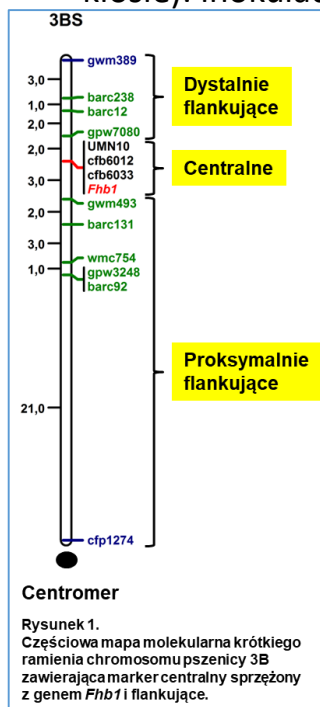
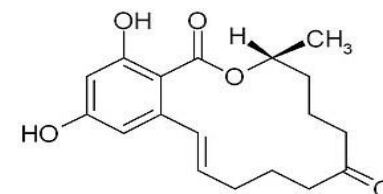
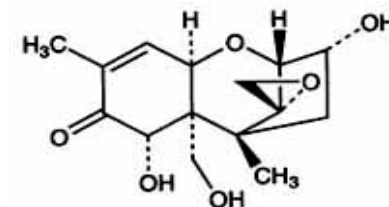
Cele projektu

- 1) Uzyskanie genotypów pszenicy ozimej (*Triticum aestivum*) o zwiększonej odporności na fuzariozę kłosów powodowaną przez grzyby z rodzaju *Fusarium* spp. i niskiej akumulacji mykotoksyn fuzaryjnych w ziarnie.
- 2) Fenotypowanie porażenia kłosów wybranych genotypów pszenicy w doświadczeniach infekcyjnych w różnych środowiskach, w wieloletnim cyklu badawczym celem uzyskania istotnej poprawy odporności pszenicy ozimej z uwzględnieniem najważniejszych typów odporności: typ 1 – odporność na infekcję, typ 2 – odporność na rozprzestrzenianie się *Fusarium* w kłosie, typ 3 – odporność na uszkodzenie ziarniaków przez *Fusarium*, typ 4 – tolerancja wobec fuzariozy kłosów i obecności mykotoksyn (trichotecenów), typ 5 – odporność na akumulację mykotoksyn (trichotecenów).
- 3) Przeprowadzenie analizy wielocechowej – uwzględniającej wszystkie badane cechy zidentyfikowane każdego roku u badanych genotypów łączących różne typy odporności na fuzariozę kłosów
- 4) Zachowanie kolekcji ziarna genotypów wykazujących podwyższoną odporność w Zakładzie Fitopatologii IHAR-PIB
- 5) Wprowadzanie genu odporności na fuzariozę kłosów *Fhb1* do materiałów hodowlanych pszenicy ozimej na drodze selekcji wspomagananej markerami molekularnymi.

Założone w projekcie cele zostały zrealizowane

Tematy badawcze 1, 2, 3

- 1) Doświadczenia infekcyjne w Poznaniu i Radzikowie oraz doświadczenia infekcyjne w 5-6 lokalizacjach (spółki hodowlane – materiały z doświadczeń wstępnych)
- 2) Produkcja inokulum *F. culmorum*, inokulacja kłosów zawiesiną zarodników oraz ocena indeksu fuzariozy kłosów (IFK) (**typ odporności 1+2**).
- 3) Zbiór kłosów wybranych genotypów (Poznań, Radzików) oraz ocena uszkodzenia ziarniaków przez *Fusarium* (FDK) (**typ 3**) i redukcji komponentów plonu (**typ 4**)
- 4) Analizy zawartości metabolitów *Fusarium* w ziarnie: ergosterol (**typ 3**) oraz zearalenon (ZEN), trichoteceny z grupy B (deoksyniwalenol=DON i pochodne, niwalenol=NIV) (**typ 5**). Metody immunoenzymatyczne i chromatograficzne (HPLC, GC).
- 5) Badanie odporności typu 1 (infekcja pierwotna) i 2 (rozprzestrzenianie się *Fusarium* w kłosie): inokulacja punktowa i ocena po 21 dniach (**typ 2**), opryskiwanie kłosów i ocena



- 6) Analizy statystyczne wielocechowe – identyfikacja genotypów pszenicy łączących różne typy odporności na fuzariozę kłosów.

Temat badawczy 4

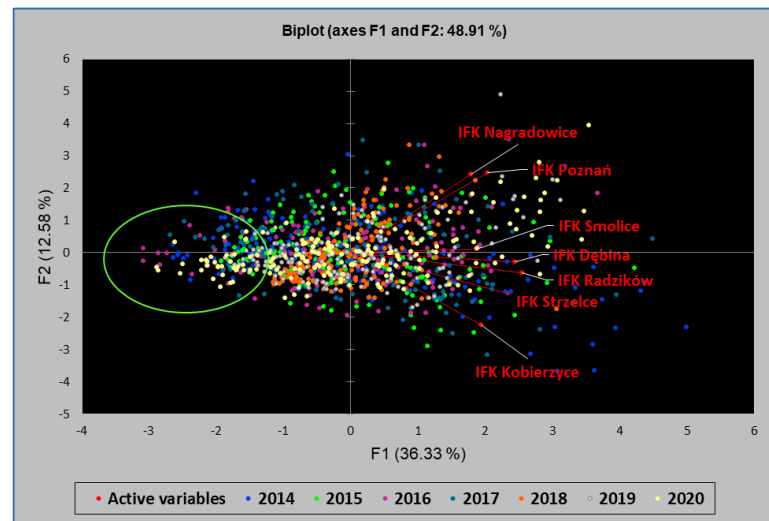
- 1) Dawca odporności (gen *Fhb1*) linia AIII62 (FUS9), rodzice (linie) wypierający: SMH8527 (FUS12), DL414/10 (FUS24), STH1178 (FUS27), MIB11262 (FUS34) i NAD10041 (FUS40).
- 2) Po każdym krzyżowaniu wstecznym prowadzono selekcję roślin wybierając tylko osobniki z allelem rodzica dawcy w locus markera centralnego (UMN10) oraz z allelami rodziców wypierających w loci markerów flankujących (Rysunek 1).
- 3) Wyprowadzone rodziny F3BC2 i F4BC2 badano w doświadczeniach polowych pod względem odporności **typu 1** (na zakażenie patogenem) i **typu 2** (na rozprzestrzenianie się *Fusarium* w kłosie)

Typ 1 i 2 odporności

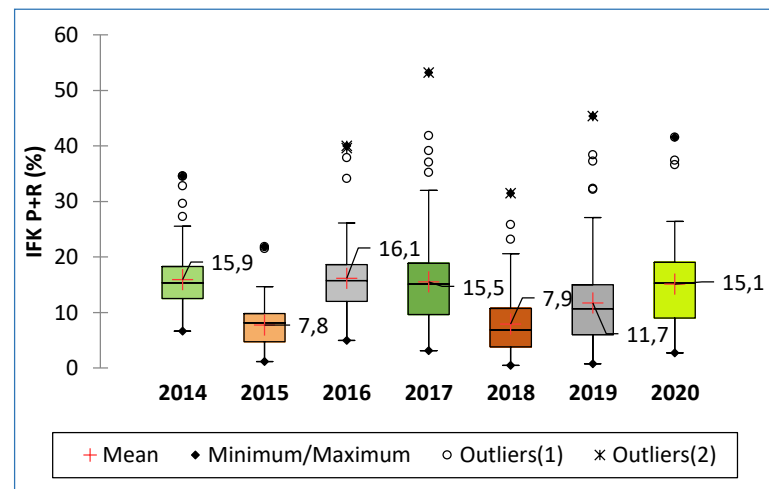
- W latach 2014 – 2020 przebadano odporność na fuzariozę kłosów (IFK) 1118 genotypów pszenicy ozimej oraz 5 odmian wzorcowych (Artist, KWS Ozon, Patras, RGT Kilimanjaro, Tonacja). Doświadczenia infekcyjne przeprowadzono w 5 – 8 lokalizacjach (zależnie od roku i warunków pogodowych – susza, wymarzenie).
- Stwierdzono duże zróżnicowanie odporności genotypów (Rysunek 2). Zidentyfikowano genotypy odporne oraz wysoko podatne we wszystkich środowiskach.
- Obserwowano bardzo silny wpływ warunków środowiska (rok, lokalizacja) na nasilenie fuzariozy kłosów.
- W latach 2014 – 2020 w doświadczeniach w Poznaniu i Radzikowie przebadano odporność na fuzariozę kłosów (IFK) 192 genotypów pszenicy oraz 25 form wzorcowych.
- Genotypy wybierane były na podstawie niskiego IFK w roku poprzednim w doświadczeniach prowadzonych w kilku lokalizacjach (powyżej)
- Najniższe indeksy FK zanotowano w latach 2015 i 2018, najwyższy w roku 2016 (zbliżony do wartości IFK w latach 2014, 2017 i 2020) (Rysunek 3)
- W roku 2020 IFK dla wybranych genotypów o podwyższonej odporności wynosił 13,2% (4,5 – 18,7%), natomiast IFK dla nowych genotypów pszenicy badanych w ramach Doświadczenia Wstępnego wynosił 24,9% (9,6 – 45,0%).

Typ 3 odporności

- W latach 2014 – 2019 przebadano odporność na uszkodzenie ziarniaków (FDK) 163 genotypów o podwyższonej od odporności oraz 29 form wzorcowych. Badano również FDK dla 131 genotypów wybranych z doświadczeń wstępnych.
- Najniższe FDK zanotowano w roku 2019 (5,3%), najwyższe w latach 2014 (42,7%), 2015 (14,9%) i 2016 (14,3%).
- W kolejnych latach badań uszkodzenie ziarniaków (FDK) korelowało z porażeniem kłosa (IFK) w obu lokalizacjach doświadczalnych.
- Na podstawie oceny IFK oraz FDK wybierano corocznie genotypy wykazujące podwyższoną odporność do przeprowadzania analiz zawartości ERG oraz toksyn fuzaryjnych



Rysunek 2. Układ współrzędnych dwóch pierwszych składowych głównych dla 1123 genotypów pszenicy ozimej badanych w latach 2014 – 2020 w 7 lokalizacjach. Zaznaczono genotypy o najwyższej odporności na fuzariozę kłosów (IFK).

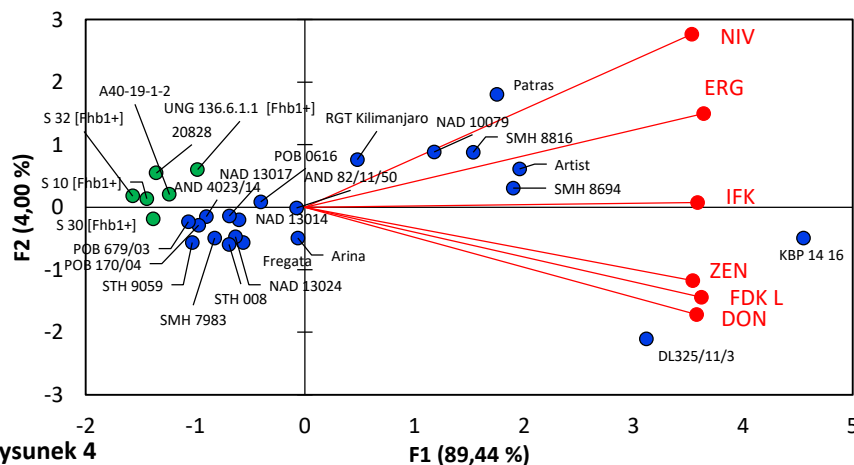


Rysunek 3. Średnie indeksy fuzariozy kłosów (IFK) dla wybranych genotypów wykazujących odporność na fuzariozę kłosów. Doświadczenia w Poznaniu i Radzikowie w latach 2014 – 2020.

- W latach 2014 – 2020 przeanalizowano zawartość toksyn fuzaryjnych w ziarnie genotypów wybranych z doświadczeń w Poznaniu i Radzikowie. Analizowano 151 genotypów pszenicy, 6 odmian oraz 24 form wzorcowych (odpornych i podatnych).
- Najniższe zawartości trichotecenów z grupy B (TCT B = suma DON i NIV) zanotowano w latach 2019 (2,304 mg/kg) i 2018 (4,338 mg/kg), najwyższe w latach 2014 (20,256 mg/kg) i 2017 (11,205 mg/kg).
- Zearalenon (ZEN) występował w dużych ilościach w latach 2017 (0,600 mg/kg), 2014 (0,464 mg/kg) i w 2016 (0,262 mg/kg). W pozostałych 3 latach jego zawartość był średnio poniżej 0,100 mg/kg.
- Niskie zawartości toksyn w latach 2018 i 2019 wynikały z warunków pogodowych niekorzystnych dla rozwoju fuzariozy kłosów i/lub tworzenia się mykotoksyn (wysoka temperatura powietrza, niskie opady).
- W większości lat IFK korelował z uszkodzeniem ziarników FDK (0,445 – 0,842), zawartością trichotecenów z grupy B (0,500 – 0,857) i ZEN (0,392 – 0,834). Wyjątkiem był rok 2015, kiedy nie zanotowano korelacji z FDK i ZEN i słabą z TCT B.
- We wszystkich latach badań stopień uszkodzenia ziarników (FDK) korelował istotnie z zawartością trichotecenów B (0,554 – 0,850) i ZEN (0,396 – 0,719).
- Zawartość ergosterolu (ERG) (wskaźnik ilości grzybni; typ 3 odporności) korelowała istotnie z zawartością trichotecenów B (0,630 – 0,946) i ZEN (0,341 – 0,810). Zawartość ERG korelowała również z uszkodzeniem ziarników przez *Fusarium* (0,373 – 0,878).
- Korelacje dla wyników ze wszystkich lata badań wskazują, że najlepszym wskaźnikiem zawartości trichotecenów B jest uszkodzenie ziarników FDK oraz zawartość ERG (Tabela). Nieco słabiej z toksynami korelowało porażenie kłosa IFK.
- W przypadku ZEN najlepszym wskaźnikiem ilości była zawartość ERG oraz stopień porażenia kłosów.

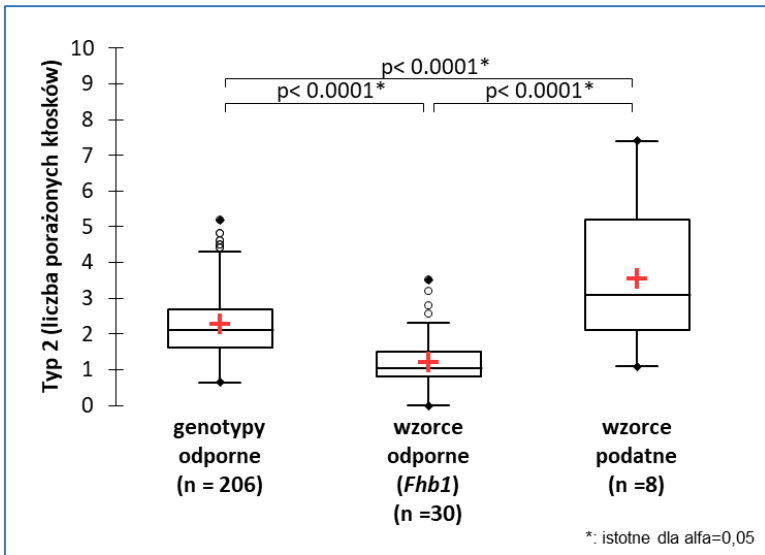
Zmienne	IFK	FDK L	ERG	DON	NIV	TCT B
FDK L	0,392					
ERG	0,629	0,382				
DON	0,458	0,698	0,368			
NIV	0,549	0,771	0,802	0,596		
TCT B	0,564	0,714	0,619	0,968	0,804	
ZEN	0,581	0,360	0,687	0,474	0,588	0,575

Współczynniki istotne na poziomie alfa < 0,001



Rysunek 4

- Genotypy wykazujące podwyższoną odporność na fuzariozę kłosów różnego typu (odporność na porażenie kłosa, na uszkodzenie ziarników, na akumulację toksyn fuzaryjnych w ziarnie) w ciągu kilku lata badań zostały włączone do kolekcji IHAR-PIB. Przykład na Rysunku 4 (wyniki z lat 2017 –2019, ma zielono oznaczone wzorce odporne)
- Kolekcja obejmuje 50 genotypów pszenicy ozimej nieposiadających genów odporności na fuzariozę kłosów o dużym efekcie (np. *Fhb1*, *Fhb2*, *Fhb5*) co wynika z braku źródeł tych genów w ich rodowodach.
- W kolekcji znajdują się również 23 linie/odmiany o wysokiej odporności na fuzariozę kłosów, w tym większość z genem *Fhb1*.

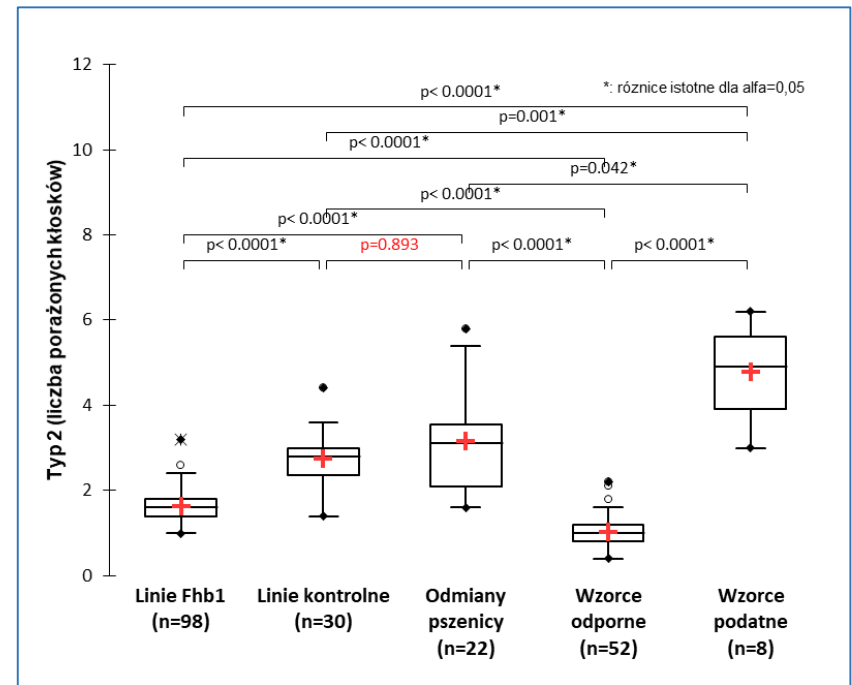


Rysunek 4. Średnia odporność na rozprzestrzenianie się *Fusarium* w kłosie (typ 2) dla grup genotypów pszenicy. Średnie z doświadczeń w latach 2014 – 2020. Istotność różnic średnich określona za pomocą testu Kruskala-Wallisa.

Temat badawczy 4

- Stwierdzono istotne różnice w odporności typu 2 (Rysunek 5). Linie z wprowadzonym genem *Fhb1* wykazywały istotnie wyższą odporność na rozprzestrzenianie się *Fusarium* w kłosie w porównaniu do linii kontrolnych, odmian pszenicy i wzorców podatnych oraz istotnie mniejszą odporność w porównaniu do wzorców odpornych (genotypy posiadające geny odporności na fuzariozę kłosów, w tym *Fhb1*).

- W latach 2014-2020 przebadano **typy odporności 1 i 2** dla 206 genotypów pszenicy wybranych na podstawie niskiego IFK w doświadczeniach polowych oraz 38 wzorców. Pod względem typu 1 genotypy odporne nie różniły się od wzorców podanych, były natomiast istotnie bardziej odporne pod względem typu 2 (Rysunek 4). Genotypy te (nieposiadające znanych genów odporności) były bardziej podatne od wzorców odpornych z genem *Fhb1*.
- Odporność typu 2 korelowała ze średnim IFK z doświadczeń w Poznaniu i Radzikowie ($r = 0,524$), dla typu 1 współczynnik był dwukrotnie niższy ($r = 0,238$)



Rysunek 5. Średnia odporność na rozprzestrzenianie się *Fusarium* w kłosie (typ 2) dla grup genotypów pszenicy. Średnie z doświadczeń w latach 2019 i 2020. Istotność różnic średnich określona za pomocą testu Kruskala-Wallisa.

Wnioski

- Reakcja genotypów pszenicy na infekcję kłosa przez *Fusarium* podlega bardzo silnym wpływom środowiska (rok, lokalizacja), w którym przeprowadzane są doświadczenia infekcyjne.
- Największą zmienność obserwuje się w przypadku ilości toksyn fuzaryjnych akumulowanych w ziarnie pszenicy w poszczególnych środowiskach.
- W przypadku pszenicy stwierdzono istotne zależności (korelacje) pomiędzy porażeniem kłosa, uszkodzeniem ziarniaków i zawartością toksyn fuzaryjnych (trichotecenów grupy B) w ziarnie. Zależności te są słabsze dla zearalenonu.
- Najlepszym wskaźnikiem zawartości trichotecenów grupy B w ziarnie był stopień uszkodzenia ziarniaków.
- Wprowadzanie genu *Fhb1* metodą krzyżowań wstecznych wspomaganym markerami molekularnymi jest skuteczną metodą na uzyskanie genotypów o podwyższonym poziomie odporności (typu 2) na rozprzestrzenianie się *Fusarium* w kłosie.

Osiągnięcia

- Przebadano odporność na fuzariozę kłosów (porażenie kłosa) ponad 1000 genotypów pszenicy ozimej w doświadczeniach infekcyjnych w zróżnicowanych środowiskach i zidentyfikowano formy odporne.
- Zidentyfikowano genotypy pszenicy ozimej (nieposiadające genów odporności o dużym efekcie) wykazujące podwyższoną odporność na fuzariozę kłosów i łączące różne typy odporności w tym na akumulację mykotoksyn.
- Genotypy te, których odporność została potwierdzona w ciągu kilku lat badań (około 50) zostały włączone do kolekcji Zakładu Fitopatologii IHAR-PIB
- Wprowadzono gen *Fhb1* odporności na fuzariozę kłosów do materiałów hodowlanych polskich Spółek Hodowli Roślin wzbogacając w ten sposób pulę materiałów źródłowych do hodowli odpornościowej zaadaptowanych do warunków glebowo-klimatycznych Polski.
- Udowodniono skuteczność wykorzystanej w temacie badawczym metody hodowli molekularnej, która może być wykorzystana w Spółkach Hodowli Roślin.

Publikacje (7)

1. Perlikowski, D., Wiśniewska, H., Góral, T., Kwiatek, M., Majka, M., Kosmala, A. 2014. Identification of kernel proteins associated with the resistance to Fusarium head blight in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). PLoS ONE 9(10) e110822. **IF = 3,534; MNiSW = 40 pkt/2017**
2. Góral T., Ochodzki P., Walentyn-Góral, D., Belter J., Majka M., Kwiatek M., Wiśniewska H., Bogacki J., Drzazga T., Ługowska B., Matysik P., Witkowski E., Rubrycki K., Woźna-Pawlak U. 2015. Odporność genotypów pszenicy ozimej na fuzariozę kłosów i akumulację toksyn fuzaryjnych w ziarnie scharakteryzowana za pomocą różnych typów odporności. Biul. IHAR 276: 19-37. **MNiSW = 6 pkt/2015**
3. Góral T., Walentyn-Góral D., Wiśniewska H. 2015. Odporność pszenicy i pszenżyta na fuzariozę kłosów – odporność typu I oraz typu II. Biul. IHAR 277: 33-46. **MNiSW = 4 pkt/2015**
4. Góral T., Wiśniewska H., Walentyn-Góral D., Radecka-Janusik M., Czembor P. 2016. Resistance to Fusarium head blight [*Fusarium culmorum* (W.G. Sm.) Sacc.] of winter wheat lines generated from crosses between winter type cultivars and resistant spring wheat Sumai 3. Progress in Plant Protection 56: 285-295. **MNiSW = 12 pkt/2016**
5. Góral T., Wiśniewska H., Ochodzki P., Walentyn-Góral D. 2016. Higher *Fusarium* toxins accumulation in grain of winter triticale lines inoculated with *Fusarium culmorum* as compared with wheat. Toxins 8(10): 301. **IF = 3,571; MNiSW = 30 pkt/2016**
6. Góral, T., Wiśniewska, H., Ochodzki, P., Walentyn-Góral, D., Grzeszczak, I., Belter, J., Majka, M., Bogacki, J., Drzazga, T., Ługowska, B., Matysik, P., Witkowski, E., Rubrycki, K., Woźna-Pawlak, U. 2017. Fuzarioza kłosów oraz akumulacja toksyn fuzaryjnych w ziarnie rodów hodowlanych pszenicy ozimej. Biuletyn IHAR 282: 17–40. **MNiSW = 6 pkt/2017**
7. Góral, T., Wiśniewska, H., Ochodzki, P., Nielsen, L. K., Walentyn-Góral, D., Stępień, Ł. 2019. Relationship between Fusarium head blight, kernel damage, concentration of *Fusarium* biomass, and *Fusarium* toxins in grain of winter wheat inoculated with *Fusarium culmorum*. Toxins 11:2. **IF=3,895; MNiSW = 100 pkt/2019**

Prezentacje na konferencjach (19)

1. Góral T., Ochodzki P., Walentyn-Góral, D., Belter J., Majka M., Kwiatek M., Wiśniewska H. 2015. Odporność genotypów pszenicy ozimej na fuzariozę kłosów i akumulację toksyn fuzaryjnych w ziarnie. Streszczenia XII Konferencji Naukowej „Nauka dla Hodowli i Nasiennictwa Roślin Uprawnych”, Zakopane 2 -6 lutego **2015**, str. 313-314.
2. Czembor P., Słowacki P. 2015. Polimorfizm DNA w loci markerów molekularnych sprzężonych z genem *Fhb1* odporności na fuzariozę kłosa w materiałach hodowlanych i źródłach odporności na chorobę. XII Ogólnopolska Konferencja Naukowa, pt. „Nauka dla Hodowli i Nasiennictwa Roślin Uprawnych”, streszczenia referatów i plakatów, Zakopane, 2-6 lutego **2015**, str. 301-302.
3. Walentyn-Góral D., Góral T., Majka M., Belter J., Wiśniewska H. 2015. Odporność typu I i II na fuzariozę kłosów u pszenicy i pszenżyta. Streszczenia Konferencji Naukowej „Nauka dla Hodowli i Nasiennictwa Roślin Uprawnych”, Zakopane 2 -6 lutego **2015**, str. 368-370.
4. Góral T., Wiśniewska H., Ochodzki P., Belter J., Kwiatek M., Majka M., Bogacki J., Drzazga T., Ługowska B., Matysik P., Witkowski E., Rubrycki K., Woźna–Pawlak U. **2015**. Screening of winter wheat breeding lines for resistance to Fusarium head blight and accumulation of Fusarium metabolites in grain. Book of Abstracts. 13th European Fusarium Seminar, 10-14 May 2015, Martina Franca (ITA), Apulia, Italy, p. 166.
5. Perlikowski D., Wiśniewska H., Góral T., Kwiatek M., Majka M., Kosmala A. **2015**. Proteomic research on the resistance to Fusarium head blight in *Triticum aestivum*. Book of Abstracts. The 9th Central and Eastern European Proteomic Conference. 15 -18 June 2015, Poznań, Poland, p. 67.
6. Góral T, Walentyn-Góral D, Radecka-Janusik M, Czembor P C, Wisniewska H. **2016**. Resistance to Fusarium head blight of winter wheat lines derived from crosses between winter type cultivars and resistant spring wheat ‘Sumai 3’. Abstracts of the 20th EUCARPIA General Congress, 29 Aug - 1 Sep 2016, Zurich, Switzerland, p. 157.
7. Piotr Słowacki, Magdalena Radecka-Janusik and Paweł Cz. Czembor. **2016**. Molecular selection in three winter wheat populations for *Fhb1* resistance gene to Fusarium head blight. Abstracts of the 20th EUCARPIA General Congress, 29 Aug - 1 Sep 2016, Zurich, Switzerland, p. 188.
8. Piotr Ochodzki, Tomasz Góral, Halina Wiśniewska, Iga Grzeszczak, Michał Kwiatek. **2016**. Variability in accumulation of *Fusarium* mycotoxins in grain of winter wheat breeding lines artificially inoculated with *F. culmorum* in 2015. Conference Abstracts: 38th Mycotoxin Workshop, Berlin, Germany, 2-4.05.2016, p.115
9. Góral T., Wiśniewska H., Ochodzki P., Grzeszczak I., Walentyn-Góral D. **2017**. Odporność pszenicy ozimej na fuzariozę kłosów i akumulację toksyn fuzaryjnych w ziarnie. Streszczenia Konferencji Naukowej „Nauka dla Hodowli i Nasiennictwa Roślin Uprawnych”, Zakopane 30 stycznia - 3 lutego 2017, str. 165-166.

Prezentacje na konferencjach cd. (19)

10. Piotr Słowacki, Magdalena Radecka-Janusik and Paweł Cz. Czembor. **2017**. Efektywność selekcji molekularnej genu *Fhb1* w dwóch populacjach pochodzących ze skrzyżowania z odmianą Sumai 3. Streszczenia Konferencji Naukowej „Nauka dla Hodowli i Nasiennictwa Roślin Uprawnych”, Zakopane 30 stycznia - 3 lutego 2017, str. 138.
11. Magdalena Radecka-Janusik, Paweł Cz. Czembor. **2017**. Molecular selection in one winter wheat populations for *Fhb1* resistance gene to Fusarium head blight. 8th International Triticeae Symposium. Niemcy, Wernigerode, 12.06-16.06.2017, Programme - Book of Abstracts, p. 84.
12. Góral T., Wiśniewska H., Ochodzki P., Walentyn-Góral D., Kwiatek M. Majka M., Belter J. **2017**. Stability of resistance to Fusarium head blight and *Fusarium* toxin accumulation in winter wheat lines over different environments. Global Conference on Plant Science and Molecular Biology (GPMB 2017), Walencja, Hiszpania, 11 – 13 września 2017, p. 67.
13. Tomasz Góral, Halina Wiśniewska, Piotr Ochodzki, Dorota Walentyn-Góral, Maciej Majka, Iga Grzeszczak. **2018**. Fusarium head blight and Fusarium toxins accumulation in grain of winter wheat breeding lines inoculated with *Fusarium culmorum*. Book of Abstracts: EUCARPIA cereal section meeting: “Breeding cereals for sustainable agriculture”, Clermont-Ferrand, Francja, 19 – 21.03.2018; str. 108.
14. Paweł Cz. Czembor, Magdalena Radecka-Janusik, Piotr Słowacki and Dominika Piaskowska. **2018**. Marker assisted backcrossing in two winter wheat populations for *Fhb1* resistance gene to Fusarium head blight. Programme and Abstracts: Vienna International Science Conference and Events Association. Plant Genetics and Breeding Technologies III. Wiedeń, Austria, 12-13 lipca, 2018; str. 34.
15. Tomasz Góral, Halina Wiśniewska, Piotr Ochodzki, Dorota Walentyn-Góral, Maciej Majka. **2018**. Stability of resistance to Fusarium head blight and *Fusarium* toxin accumulation in winter wheat lines evaluated in the years 2015-2017 in two environments. Book of Abstracts: 2nd Global Conference on Plant Science and Molecular Biology, Rzym, Włochy, 18.09 -22.09.2018; str. 78.
16. Góral, T., Wiśniewska, H., Ochodzki, P., Przetakiewicz, J., Walentyn-Góral, D., Majka, M. **2019**. *Fusarium* toxins and *Fusarium* DNA in grain of winter wheat inoculated with mixture of *F. culmorum* isolates of 3ADON and NIV chemotypes. Conference Abstracts. 41st Mycotoxin Workshop, Lisbon, Portugal, 6 - 8 May 2019, p. 134.
17. Góral, T., Wiśniewska, H., Ochodzki, P., Walentyn-Góral, D., Majka, M. **2019**. Resistance of winter wheat breeding lines to Fusarium head blight and mycotoxin accumulation in grain. Book of Abstracts. CBB5 5th Conference on Cereal Biotechnology and Breeding, Budapest, Hungary, 4–7 November 2019, pp. 75-76.
18. Góral, T., Wiśniewska, H., Walentyn-Góral, D., Majka, M. **2019**. Ocena podatności rodów hodowlanych pszenicy ozimej na fuzariozę kłosów w doświadczeniach infekcyjnych prowadzonych latach 2014 – 2018. XIV Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Nauka dla Hodowli i Nasiennictwa Roślin Uprawnych”, Zakopane, 5-8.02.2019. Biuletyn IHAR. 285:299–300.
19. Piaskowska D., Czembor P., Radecka-Janusik M. **2019**. Selekcja molekularna genu *Fhb1* odporności na fuzariozę kłosa w trzech populacjach mieszańcowych pszenicy ozimej. XIV Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Nauka dla hodowli i nasiennictwa roślin uprawnych”, Zakopane, 5-8.02.2019. Biuletyn IHAR 285: 267-268.