

Poznań, 7.09.2020

Prof. dr hab. Małgorzata Jędrzycka  
Instytut Genetyki Roślin Polskiej Akademii Nauk  
ul. Strzeszyńska 34  
60-479 Poznań

**Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Grzegorza Czajowskiego pt.: „Wirulencja i polimorfizm DNA populacji *Puccinia triticina* (Erikss.) występującej na pszenżycie (*xTriticosecale* Wittm.) w Polsce”**

Pracę wykonano w Pracowni Genetyki Stosowanej w Zakładzie Genetyki i Hodowli Roślin Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie, pod opieką dr hab. Pawła Czembora, prof. IHAR. Recenzję pracy wykonano na podstawie pisma Prof. dr hab. Marka Szyndela - Przewodniczącego Rady Naukowej IHAR, zawierającego informacje o powołaniu mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej dla uzyskania stopnia doktora w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie agronomia, zgodnie z wymogami ustawy z 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2017 poz. 1789).

**Ocena wyboru problematyki badawczej**

Badania przedstawione w niniejszej dysertacji wykonano w programie wieloletnim (lata 2015-2020) w ramach finansowania działań dla stworzenia naukowych podstaw postępu biologicznego i ochrony roślinnych zasobów genowych jako źródła dla innowacji i wsparcia zrównoważonego rolnictwa oraz bezpieczeństwa żywnościowego kraju. Badania dotyczyły obszaru tematycznego obejmującego monitoring zmian zdolności chorobotwórczych populacji organizmów szkodliwych i kwarantannowych roślin uprawnych. W przypadku ocenianych badań praca skupiała się na badaniu zmian zdolności chorobotwórczych populacji biotroficznych patogenów zbóż podstawowych. Już samo zainteresowanie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi oraz wkład finansowy ponoszony przez okres pięciu lat na finansowanie badań objętych rozprawą doktorską świadczą o wadze i aktualności podjętej problematyki badawczej. Powierzchnia pszenżyta na świecie jest nieznaczna i obejmuje jedynie 3,8 mln ha, jednak to nasz kraj zdecydowanie przoduje w uprawie tego zboża. Z powierzchni 3,2 mln ha pszenżyta uprawianych w Europie, aż 1,28 mln ha czyli 40% pszenżyta znajduje się w Polsce. W stosunku do obszaru pszenżyta na świecie uprawa w Polsce stanowi 33,7% a zatem jedną trzecią produkcji światowej. Na 11,5 mln ton

uzyskiwanego ziarna, 4 mln ton czyli 34,8% wytwarzane jest przez producentów rolnych naszym kraju. Nie tylko obszar uprawy ale i produkcja, a zatem wysokość plonów pszenżyta w Polsce stawiają nasz kraj w zdecydowanej pozycji lidera na świecie.

Ze względu na wysoką zawartość białka w ziarnie oraz mniejszą zawartość substancji antyżywniowych w stosunku do żyta, pszenżyto stanowi cenny komponent pasz dla bydła, trzody chlewnej, owiec i kur. Sukces pszenżyta polega na możliwości uprawy tego zboża na stanowiskach z glebą lekką, nienadającą się dla pszenicy. W uprawie pojawiły się także odmiany z zawartością glutenu, których mąkę wykorzystuje się do wypieku chleba bez potrzeby jej zakwaszania.

Cel hodowlany polegający na uzyskaniu ziarna wysokiej jakości na glebach słabych został osiągnięty, jednak po okresie w którym pszenżyto jawiło się jako roślina zbożowa o znaczącej odporności na większość patogenów stwierdzano coraz większe problemy ze zdrowotnością tego nowego gatunku, uzyskanego poprzez krzyżowanie oddalone. Główne problemy zdrowotne pszenżyta wiążą się obecnie z chorobami powodowanymi przez grzyby, zarówno nekro- jak też sapro- i bio-troficzne, a w grupie tych ostatnich przez mączniaki i rdze.

Rdza brunatna powodowana przez *Puccinia triticina* (Erikss.) stanowiła jak dotąd znaczące zagrożenie w uprawach pszenicy na świecie, natomiast jeszcze 15 lat temu w publikacjach naukowych pszenżyto opisywano jako zboże o znacznym stopniu odporności. Znaczący areał uprawy *xTriticosecale* uważa się za jeden z czynników wpływających na selekcję w populacjach patogenów biotroficznym, w tym *P. triticina*. Nowe rasy patogenu cechowała szczególna wirulencja w stosunku do pszenżyta.

Patogeny wywołujące rdze należą do grupy charakteryzującej się wysokim poziomem zmienności genetycznej, a charakterystyka aktualnej populacji jest elementem warunkującym właściwą hodowlę odpornościową. Zróżnicowanie genetyczne grzybów rodzaju *Puccinia* jest ogromne, a obfitość zarodnikowania tego patogenu oraz występowanie formy płciowej na żywicielu pośrednim przyczyniają się do nieograniczonych wręcz wariantów genetycznych, z których część może przystosować się do nowych roślin żywicielskich dotychczas nie występujących na danym terenie. Monitoring zmienności *P. triticina* prowadzono jak dotąd na populacjach patogenu wyodrębnionych z pszenicy zwyczajnej (*T. aestivum*) i pszenicy durum (*T. durum*), poświęcając stosunkowo niewiele uwagi izolatom wyodrębnionym z pszenżyta. Celem prac przedstawionych jako rozprawa doktorska była analiza zmienności w populacjach *P. triticina* z pszenżyta oraz porównanie jej z populacjami pochodzącymi z pszenicy.

Zarówno obiekt jak i cel przyświecający badaniom był istotny z teoretycznego i aplikacyjnego punktu widzenia. Informacje na temat populacji patogenu są kluczowe dla podjęcia odpowiedniej strategii hodowli odpornościowej, a zatem tematykę badawczą podjętą przez Doktoranta uważam za ważną i wyjątkowo aktualną.

### **Formalna ocena pracy**

Recenzowana praca składa się z 93 stron, 16 rycin, 10 tabel oraz 255 pozycji literaturowych. Dysertację napisano według struktury właściwej dla rozpraw doktorskich: Wstęp i cel pracy, Przegląd literatury, Materiał i metody, Wyniki, Dyskusja, Wnioski, Bibliografia. Na wstępie umieszczono streszczenie w j. polskim i j. angielskim, które syntetycznie przedstawia całość przeprowadzonych badań. Po Spisie treści (1 strona) następuje Wstęp i cel pracy, w którym na 2 stronach autor nakreśla problem badawczy jaki zamierza rozwiązać i przyczyny, dla których wybrał określone metody. Za główny cel Doktorant obrał analizę przydatności markerów mikrosatelitarnych (SSR) do wykrywania zmienności u *P. triticina* oraz *P. recondita* f.sp. *secalis*, a także zastosowanie tych markerów do analizy zmienności populacji *P. triticina* występującej na pszenżycie w Polsce.

Przegląd literatury obejmuje 19 stron i podzielona jest na podrozdziały:

1. Systematyka i historia nazewnictwa gatunkowego *Puccinia triticina*.
2. Biologia grzyba.
3. Odporność roślin na rdzę brunatną.
4. Badania zmienności w populacji *Puccinia triticina* występującej na pszenżycie.

Tematyka poruszana w poszczególnych podrozdziałach jest zgodna z tytułem. W pierwszym podrozdziale Autor zapoznaje czytelników z systematyką grzyba oraz jego nazewnictwem, wielokrotnie zmieniającym się od jego pierwszego opisu w 1815 roku. Dowiadujemy się nie tylko kto i kiedy zmieniał poszczególne nazwy i przypisywał w związku z tym odmienną przynależność taksonomiczną, ale także z jakiego powodu. W przypadku rdzy ważnym elementem w podziale systematycznym jest żywiciel ecjalny (pośredni), na którym patogen rozmnaża się płciowo. Z tego względu w rozdziale Biologia grzyba wyodrębniono podrozdział Rośliny żywicielskie, w którym opisano żywicieli telialnych i ecjalnych oraz zasięgi ich występowania. Przy tej okazji Doktorant przytoczył podstawowe informacje na temat pszenicy i pszenżyta, przedstawiając także mapy FAO z 2018 roku, ilustrujące intensywność produkcji rolniczej pszenicy i pszenżyta na świecie. Ponadto Doktorant zamieścił rycinę pokazującą gospodarzy telialnych z rodzaju *Triticum* oraz *xTriticosecale*, są to ilustracje własne Autora.

Znaczną część przeglądu literatury poświęconego biologii grzyba Doktorant przeznaczył na szczegółowy opis cyklu rozwojowego patogenu, przytaczając ilustracje z literatury. W tym rozdziale także znajdują się ilustracje przygotowane przez Autora. Z rolniczego punktu widzenia informacje na temat zakresu gospodarzy będących ważnymi roślinami uprawnymi są nieodzowne, jednak ze względu na fakt, iż praca dotyczy specjalności jaką jest fitopatologia dziwi brak przedstawienia szczegółowych informacji na temat gospodarzy ecjalnych (rutewka). W tym względzie zabrakło moim zdaniem ilustracji oraz informacji na temat jej występowania w stanie dzikim oraz rozpowszechnienia jako rośliny ozdobnej. Takie dane dopełniłyby naszą wiedzę na temat cyklu życiowego *P. triticina*. Informacje na temat warunków rozwoju patogenu podano w rozdziale Epidemiologia, skupiając się jedynie na temperaturze. Doktorant opisał zakresy temperatur sprzyjające zainicjowaniu infekcji lub jej niemożności a także warunki dla obfitego zarodnikowania. Czy opady i/lub wilgotność względna powietrza są w tym przypadku obojętne? Uprzejmie proszę o informacje na ten temat. W rozdziale Epidemiologia Autor opisał także straty plonu ziarna zbóż spowodowane przez ten patogen na różnych kontynentach, w wielu krajach oraz latach obserwacji, a także na różnych odmianach pszenicy. W tym podrozdziale zabrakło danych na temat strat spowodowanych przez rdzę brunatną w uprawach pszenżyta. Czy w literaturze polskiej, europejskiej lub światowej są takie dane i jak kształtują się straty plonu ziarna spowodowane rdzą brunatną na tle strat plonu wywoływanych przez inne grzyby chorobotwórcze? Czy biorąc pod uwagę zmiany klimatyczne należy się spodziewać dalej narastającego problemu z powodu rdzy brunatnej czy też choroby wywoływane przez inne patogeny będą ważniejsze z ekonomicznego punktu widzenia? Bardzo proszę Doktoranta o komentarz na ten temat.

W kolejności Autor przedstawił hipotezy opisujące wirulencję patogenu i koszty związane z różnymi strategiami jego rozmnażania na roślinie żywicielskiej oraz relacje między wirulencją a sprawnością patogenu. Autor rozważa różne definicje wirulencji, obejmujące i nie obejmujące szkód które patogen wywołuje na roślinie żywicielskiej. Następnie Doktorant opisał hipotezę Flora „gen-na gen” i przybliżył czytelnikom rolę białek efektorowych, stosując dość niefortunnie nazwę białka wydzielnicze. Doktorat opisał także na czym polega klasyczny model koewolucji roślin żywicielskich i patogenów, odnosząc się do kosztów sprawności obu organizmów, w której koszt wirulencji patogenu powinien być niższy aniżeli koszt jego awirulencji. W podrozdziale Odporność roślin na rdzę brunatną Autor opisał podstawowe koncepcje odporności, w tym koncepcję odpowiedzi układu odpornościowego wg modelu ‘zig-zag’ zaproponowanej przez Jones’a i Dangl’a (2006).

Doktorant opisał także wybrane geny odporności *Lr*, spośród ponad osiemdziesięciu opisanych obecnie w literaturze na różnych gatunkach z rodziny Poaceae. Geny te są wszechobecne w genomie pszenicy; zlokalizowano je na 20 z 21 chromosomów pszenicy heksaploidalnej. Doktorant pracowicie usystematyzował literaturę na temat wszystkich tych genów (Tabela 1) oraz ich lokalizacji (Tabela 2). Brawo dla skrupulatności w tym względzie! Wśród genów *Lr* wymienionych przez Autora tylko niektóre wykorzystywane są w programach hodowlanych. Autor wymienił i opisał te geny a także odmiany i formy, które stanowią źródła odporności je zawierające. W ostatnim podrozdziale Przeglądu literatury, korzystając z pracy przeglądowej opublikowanej w 2011 roku, Doktorant przedstawił aktualną wiedzę na temat dotychczas prowadzonych badań nad zmiennością populacji *P. triticina* oraz skład i charakterystykę kolejnych zestawów różnicujących. Zestawy te Autor usystematyzował w Tabeli 3 przedstawiając wykaz i skład genów *Lr* reprezentowanych w kolejnych zestawach. Zestawienie to, aczkolwiek przygotowane na podstawie pracy innych autorów, w przejrzysty sposób umożliwia prześledzenie kompozycji poszczególnych zestawów służących do identyfikacji ras *P. triticina*. Ponadto Doktorant szczegółowo opisał, które markery molekularne wykorzystano do badania zmienności populacji patogenu. W wyniku badań opublikowanych w latach 2007 i następnym stwierdzono, że populacje *P. triticina* mają charakter klonalny. Badano korelacje pomiędzy genotypem opartym na polimorfizmie pojedynczej sekwencji powtórzonej (SSR) oraz fenotypem testowanym na zestawach różnicujących. Pomimo ograniczonego zasięgu występowania gospodarza ecjalnego *Thalictrum speciosissimum*, stanowiącego miejsce rekombinacji płciowej patogenu i związaną z tym możliwość tworzenia nowych ras, w populacji patogenu corocznie stwierdza się występowanie nowych ras, co oczywiście niekoniecznie znaczy, iż powstały one niedawno, ale z pewnością znaczy, że ich udział w populacji wzrósł na tyle, iż ich obecność mogła zostać ujawniona.

Ostatnie paragrafy Przeglądu literatury Doktorant poświęcił na krótkim scharakteryzowaniu genomu patogenu oraz doniesieniach na temat pojawienia się nowej rasy patogenu wirulentnej wobec pszenżyta. W Przeglądzie literatury Autor zawarł także informacje z pracy opublikowanej w 2020 roku (Kolmer i in.), z której wynika, że populacja *P. triticina* na świecie jest wyjątkowo silnie zróżnicowana i występują w niej spokrewnione ze sobą wielolokusowe genotypy (MLG) o zasięgu międzyregionalnym a prawdopodobnie także międzykontynentalnym.

Reasumując, Przegląd literatury opracowany jest ciekawie i dobrze przygotowuje czytelnika do części badawczo-eksperymentalnej. Tekst napisany jest bardzo klarownie i poza kilkoma drobiazgami edytorskimi nie wnoszę uwag.

### **Merytoryczna ocena pracy**

#### **Material i metody**

Opisy metodyczne są przygotowane w sposób czytelny, jednak mam następujące pytania /uwagi dotyczące części metodycznej:

#### **3.1 Analiza przydatności markerów**

##### **3.1.1 Przygotowanie i identyfikacja tożsamości gatunkowej izolatów**

1. Czym kierował się Autor wybierając izolaty do badań? Na stronie 45 podano liczbę izolatów lecz nie podano przesłanek, na podstawie których dokonano ich wyboru.
2. Jak wyprowadzano izolaty jednozarodnikowe? Fitopatolog czytający pracę domyśli się jaka metodę zastosowano, jednak opis powinien być bardziej szczegółowy aniżeli tylko podanie odmian służących do rozmnożenia materiału inokulacyjnego. Jakie były warunki? sprzęt? temperatura? wilgotność? czas od naniesienia urediniospor do ich zebrania z poszczególnych gatunków zbóż?
3. Zgodnie z zasadami ogólnie przyjętymi w publikacjach procedura Manjunatha i współautorów (2018) służąca do weryfikacji gatunkowej wszystkich izolatów powinna zostać pokrótce opisana.
4. Nie spotkałam się z określeniem „marker wagowy” dla markera podającego wielkości produktów w parach zasad, czy ta nazwa jest poprawna?
5. Przedstawiony żel zawiera bardzo dużą ilość produktu PCR pochodzącego z *P. triticina*. Wynik jest oczywisty jednak dla potrzeb publikacji proponuję rozcieńczenie produktu by można było określić jego wielkość z większą dokładnością.
6. Czy przy zastosowaniu trzech barwników fluorescencyjnych i sekwencji M13 rozdział w 4,5% żelu poliakrylamidowym gwarantował rozdzielczość pozwalającą na prawidłowe oznaczenie zmienności fragmentów mikrosatelitarnych różniących się dwoma nukleotydami?

##### **3.1.2. Analiza molekularna**

Bez zastrzeżeń

##### **3.1.3. Analiza statystyczna**

Bez zastrzeżeń.

### **3.2 Analiza zmienności w populacji *P. triticina* występującej na pszenżycie.**

1. Moim zdaniem w analogii do rozdziału 3.1 pierwsza część opisu powinna mieć odrębną nazwę podrozdziału i nosić numer 3.1.1.

2. Miejsca doświadczeń polowych wybrano w pobliżu pól hodowlanych z różnymi odmianami pszenicy i pszenżyta. Proszę o przybliżenie lokalizacji pola w Krakowie, domyślam się że w granicach administracyjnych Krakowa jest jakaś stacja hodowlana? Szkoda, że nie założono poletek na Nizinie Szczecińskiej, Wyżynie Lubelskiej, Żuławach oraz na Nizinie Śląskiej gdzie intensywność uprawy pszenicy jest największa. Z kolei najczęściej pszenżyta, głównie formy ozimej uprawia się w Wielkopolsce, na Kujawach oraz na Warmii i Mazurach. Domyślam się, że lokalizacja miejsc doświadczalnych spowodowana była względami organizacyjnymi. Nie wszędzie można przeprowadzić badania polowe. Poproszę o komentarz dotyczący przesłanek wyboru lokalizacji doświadczeń polowych a szczególnie zróżnicowania lokalizacji Kraków i Grodkowice. Spodziewać się można podobieństwa populacji patogenu w tych lokalizacjach, jednak z pracy Autora wynika ich największe zróżnicowanie (str. 66, 3 linijka od dołu).

3. W jakich warunkach prowadzono testy odpornościowe? Proszę o przybliżenie szczegółów. Czy zróżnicowanie pomiędzy 10 a 12 dniem oceny może spowodować zmianę kategorii reakcji odpornościowej i czy może to mieć wpływ na wyniki analizy?

4. Czy bonitacja 1 na fotografii 11 odpowiada oznaczeniu „L” (*low*) w tabeli 6, natomiast 2-4 oznacza „H” (*high*) w tabeli 6? Czy brak objawów chorobowych lub nekrozy bez zarodnikowania zaliczane są do kategorii „L”? W kodach wg Huerta-Espino i in. (2011) widnieją tylko dwa typy infekcji: niski i wysoki, brak jest kodu jej braku.

5. W tabeli 6 przytoczonej z pracy Huerta-Espino i in. (2011) nie oznaczono zestawów przez co zrozumienie kodowania izolatów jest trudne. Szkoda, że Doktorant nie zmodyfikował tej tabeli, dodatkowo podając numery zestawów i nazwy genów. „Typ infekcji” (stopień odporności linii różnicującej) można wtedy oznaczyć kolorami (np. zielonym i czerwonym).

#### **3.2.1. Analiza statystyczna**

Analiza opisana szczegółowo i wzorcowo, jednak wskazane by był to podrozdział 3.2.2.

## **Wyniki**

### **4.1. Analiza przydatności markerów mikrosatelitarnych**

1. Proszę o rozwinięcie uwagi „tylko 16 produktów było polimorficznych”.(str. 57, 4 linijka od góry).

2. Rozdział opracowany syntetycznie i bardzo przejrzystie. Brakuje jednak materiałów uzupełniających w formie aneksu, pozwalających na przyjrzenie się wielkościom uzyskanych alleli SSR; w tabeli 7 podano tylko zakres wielkości produktów PCR.

#### **4.2. Analiza zmienności w populacji *P. triticina* występującej na pszenżycie.**

Opis i ilustracje czytelne i wystarczające do zrozumienia uzyskanego wyniku badań.

### **Dyskusja**

W dyskusji wyników Autor umiejętnie udowodnił, iż wybrane 34 markery SSR można wykorzystywać w analizach genetycznych pokrewnych gatunków grzybów rodzaju *Puccinia*, w tym do analizy zmienności populacji *P. triticina* oraz określenia powiązań filogenetycznych różnych gatunków w obrębie rodzaju *Puccinia*. Wyniki pracy Doktoranta przedstawiono na tle szeroko zakrojonych badań opublikowanych w 2020 roku przez Kolmera i współpracowników, a wcześniej także przez inne grupy badawcze. Doktorant odniósł się do unikalnej sytuacji w Polsce polegającej na rozpowszechnieniu uprawy pszenżyta i presji selekcyjnej wywoływanej przez gatunek *xTriticosecale*. Doktorant wykazał także z jakiego powodu uważa, że w populacji izolatów *P. triticina* pochodzących z pszenżyta uprawianego na terenie Polski większy wpływ na zmienność ma dryf genetyczny aniżeli mutacje. Autor wykazał ponadto, że mutacje także są elementem wprowadzania nowej zmienności do stosunkowo młodej, populacji patogenu jakim jest *P. triticina*.

Wskaźniki obliczone przez Autora (wyższa heterozygotyczność obserwowana aniżeli oczekiwana, a także ujemne wartości współczynnika wsobności a także średnia wartość korelacji z testu Mantel'a) wskazują na klonalny charakter populacji *P. triticina* z terenu Polski. W dyskusji Autor zwraca uwagę na stosunkowo niewielki obszar objęty badaniami oraz na intensywność uprawy pszenicy i pszenżyta w Polsce i warunki te odnosi do populacji charakteryzowanych przez badaczy, którzy uzyskali izolaty z innych obszarów. Ciekawy fragment Dyskusji odnosi się do frekwencji izolatów *P. triticina* wirulentnych względem linii pszenicy z poszczególnymi genami *Lr* oraz zróżnicowania ich zestawu w populacjach oznaczonych jako SSR grupa I i SSR grupa II. Doktorant opisuje częstość poszczególnych patotypów zauważając w SSR I większą popularność patotypów DDRx (zwłaszcza DDRT 13,2%) , DDHx (DDHT 7,4%), BBxx, DBHx, DBRx oraz DJxx, natomiast w SSR II – dominację patotypów MHxx i MKxx wirulentnych względem linii z genami *Lr1*, *Lr3*, *Lr16* i *Lr26* przy czym nie zaobserwowano wyraźnej tendencji pozwalających przypisać dane patotypy i genotypy do określonej lokalizacji.



W podsumowaniu dyskusji Autor wyłuskał swoje najważniejsze spostrzeżenia oraz skojarzył grupy SSR z preferencjami pasożytniczymi izolatów zaliczonych do tych grup (pszenżyto dla SSR grupa I i pszenica dla SSR grupa II).

Język pracy jest czytelny, wyjątkowo rzadko określenia można by sformułować właściwiej, np. 'wybrano izolaty' zamiast 'przygotowano zestaw' (str. 45), 'srogie zimy' zamiast 'ciężkie' (str. 71), 'populacja z terenu Polski' zamiast 'polska populacja' (str. 73).

## **Wnioski**

Wnioski przedstawione przez Autora są w uzasadnione jednak bardziej odpowiednie byłyby sformułowania nie wymagające czytania całej pracy dla ich zrozumienia. Wniosek 1: „w oparciu o przeprowadzona analizę” – należało podać jaka analizę przeprowadzono („na podstawie analizy...”). Wniosek 2: „wspomniany zestaw markerów” – należało podać szczegółowszą charakterystykę tego zestawu lub choćby liczbę badanych markerów SSR znajdującą się w zestawie. Wniosek 3: słowo „głównie” należało wesprzeć udziałem procentowym patotypów o określonych preferencjach pasożytniczych. Wniosek 5: badania skupiały się na czynnikach opisanych w pierwszej części tego wniosku; w pracy nie zastosowano narzędzi aerobiologicznych a zatem część wniosku mówiąca o migracji urediniospor jest przypuszczeniem, bardzo prawdopodobnym lecz nie weryfikowanym eksperymentalnie przez Autora. Brakuje wniosku o przydatności kozieńca *Aegilops umbellulata* oraz kwaśnicy zwyczajnej *Thinopyrum ponticum* w hodowli odpornościowej pszenicy i pszenżyta na rdzę brunatną powodowaną przez *P. triticina*. W tym kierunku nie prowadzono badań lecz taki wniosek można wysnuć na podstawie charakterystyki populacji patogenu przeprowadzonej przez Autora (awirulencja wszystkich badanych izolatów względem linii z genami *Lr9* i *Lr19*)..

## **Bibliografia**

Lista cytowań zawiera 255 pozycji, z czego 237 (93%) to literatura anglojęzyczna. Ponad ¾ prac (77%, 197 prac) opublikowano w ciągu ostatnich dwudziestu lat (2000 rok i dalej) a 16% prac (41 publikacji) ukazało się w ciągu ostatnich pięciu lat (1995-2019). Autor odnosi się także do ważnej pracy Kolmera i współpracowników opublikowanej w 2020 roku, co świadczy o nieustającym śledzeniu literatury w zakresie badanego zagadnienia.

### **Wniosek końcowy**

Pan mgr inż. Grzegorz Czajowski podjął się zakrojonych na dużą skalę badań nad populacjami *P. triticina* występującymi na pszenżycie *xTriticosecale* w trzech regionach Polski. Za największe osiągnięcie pracy przedłożonej do oceny uważam umiejętne zastosowanie licznych wskaźników i narzędzi matematycznych do opisu scharakteryzowanej eksperymentalnie populacji patogenu. Na ich podstawie Doktorant wnioskuje o wirulencji 242 izolatów *P. triticina* wyodrębnionych z pszenżyta i przedstawia je na tle zmienności opisanej przez innych autorów, odnosząc się do populacji *P. triticina* i innych gatunków *Puccinia* występujących na pszenicy. Oczywiście zaletą pracy jest zbadanie populacji występującej na pszenżycie, czego w tak dużym zakresie nie podjął się dotąd żaden zespół naukowy. Dysertacja dostarcza zatem cennych informacji i wnosi nową wiedzę na temat *P. triticina* – ważnego grzyba chorobotwórczego wobec zbóż w Polsce i na świecie.

Przedstawiona do oceny rozprawa mgr inż. Grzegorza Czajowskiego spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim z dziedziny nauk rolniczych w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo zgodnie z ustawą z 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2017 poz. 1789).

**Stawiam wniosek do Rady Naukowej Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – PIB o dopuszczenie pana mgr inż. Grzegorza Czajowskiego do dalszych etapów postępowania w przewodzie doktorskim.**



Małgorzata Jędrzycka