



INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
PLANT BREEDING AND ACCLIMATIZATION INSTITUTE
NATIONAL RESEARCH INSTITUTE

tel. centrala: +(4822)733-45-00, e-mail: postbox@ihar.edu.pl,
http://www.ihar.edu.pl, REGON 000079480, NIP 529-000-70-29, KRS 0000074008

**Zakład Bioenergetyki, Analiz
Jakości i Nasiennictwa**
PL 05-870 Błonie, Radzików
tel. +(4822) 733 45 71

Dr hab. Barbara Wiewióra, prof. IHAR-PIB

Radzików 14.10.2024 r.

Zakład Bioenergetyki, Analiz Jakości i Nasiennictwa

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin

- Państwowy Instytut Badawczy w Radzikowie

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr Natalii Hordyńskiej

**pt. „ Genetyczne i fizjologiczne markery odporności pszenicy jarej (*Triticum aestivum* L.) na
suszę w aspekcie interakcji zachodzących w ryzosferze”**

wykonanej w Instytucie Fizjologii Roślin *im. Franciszka Górskiego* Polskiej Akademii Nauk
pod kierunkiem dr hab. inż. Magdaleny Szechyńskiej - Hebda, prof. Instytutu IB PAN.

Recenzję wykonano przyjmując zlecenie zgodnie z Uchwałą Rady Naukowej Instytutu Fizjologii
Roślin *im. Franciszka Górskiego* PAN w Krakowie podjętą na posiedzeniu w dniu 19.10.2021 r.

Ocena problematyki badawczej

W obliczu zmieniających się warunków klimatycznych, w tym częstszych okresów suszy, rolnicy poszukują skutecznych metod zwiększania odporności pszenicy jarej na te niekorzystne warunki. Susza wczesno- i późno-wiosenna ma znaczący wpływ na plony pszenicy jarej. Zmniejszone opady w tych okresach mogą prowadzić do ograniczenia wzrostu roślin oraz obniżenia jakości zbiorów.

Wczesnowiosenna susza, która występuje zazwyczaj od marca do kwietnia, jest szczególnie niekorzystna dla pszenicy jarej. Rośliny w tym czasie potrzebują odpowiedniej ilości wody, aby prawidłowo się rozwijać. Niedobory opadów mogą prowadzić do ograniczenia fotosyntezy, a co za tym idzie zmniejszenia plonów poprzez zmniejszenie liczby źdźbeł. W wyniku suszy rośliny mogą tracić dolne liście i boczne pędy, co prowadzi do ograniczenia liczby kłosów oraz ich wielkości, a

mniejsza liczba kłosów przekłada się bezpośrednio na zmniejszenie plonu ziarna. Wczesnowiosenna susza ogranicza również proces fotosyntezy, co wpływa na pobieranie składników pokarmowych przez rośliny. W rezultacie pszenica jara może nie osiągnąć optymalnego wzrostu, co przekłada się na gorszą jakość plonów poprzez obniżenie zawartości składników odżywczych oraz zwiększenie podatności na choroby.

Późna susza, która występuje po zakończeniu siewu (od końca kwietnia do czerwca), również ma negatywne skutki. W tym okresie rośliny intensywnie rozwijają system korzeniowy i potrzebują większej ilości wody, a konsekwencją jej braku jest osłabienie systemu korzeniowego, poprzez ograniczenie jego rozwoju, co powoduje zmniejszenie zdolności do pobierania wody i składników odżywczych z głębszych warstw gleby. Ponadto wysokie ciśnienie osmotyczne w glebie podczas suszy prowadzi do odwodnienia roślin, co może skutkować stresem wodnym. Rośliny w odpowiedzi na ten stres mogą produkować nadmierną ilość reaktywnych form tlenu, co prowadzi do uszkodzeń komórek.

Mikroorganizmy ryzosferowe mają kluczowe znaczenie dla uprawy pszenicy jarej, wspierając jej wzrost i odporność na stres oraz jakość gleby. Ich obecność w glebie może znacząco wpłynąć na efektywność produkcji rolniczej, zwłaszcza w obliczu zmieniających się warunków klimatycznych. Właściwe zarządzanie mikroorganizmami w ryzosferze może przynieść korzyści zarówno dla plonów, jak i dla zdrowia ekosystemu glebowego. Mikroorganizmy ryzosferowe, w tym bakterie promujące wzrost roślin (PGPR), odgrywają kluczową rolę w uprawie pszenicy jarej, wpływając na jej zdrowotność, wzrost oraz plonowanie. Dzięki wydzielinom korzeniowym roślin oraz zdolności adaptacji do różnych warunków środowiskowych i szybkiemu tempu wzrostu kolonizują one glebę, co wpływa na jej jakość i zdrowie roślin. Bakterie PGPR mogą bezpośrednio wspierać wzrost pszenicy jarej poprzez stymulację rozwoju systemu korzeniowego oraz poprawę efektywności pobierania składników odżywczych. Mikroorganizmy ryzosferowe mogą zwiększać odporność pszenicy jarej na stresy biotyczne i abiotyczne poprzez regulację gospodarki wodnej roślin oraz poprawę turgoru komórek, co jest kluczowe w warunkach deficytu wody. Obecność mikroorganizmów w ryzosferze przyczynia się do poprawy struktury gleby, co z kolei sprzyja lepszemu zatrzymywaniu wilgoci i dostępności składników odżywczych dla roślin. Niektóre mikroorganizmy ryzosferowe wykazują działanie antagonistyczne wobec patogenów, co może zmniejszać ryzyko chorób u pszenicy jarej. Dzięki temu rośliny są mniej narażone na infekcje grzybowe i bakteryjne.

Mikroorganizmy ryzosferowe, takie jak *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azospirillum* i *Rhizobium*, są najskuteczniejszymi agentami w promowaniu wzrostu pszenicy jarej. Działają one poprzez mobilizację składników odżywczych, produkcję fitohormonów oraz konkurencję z patogenami, co przyczynia się do lepszego wzrostu i plonowania tej uprawy. Wykorzystanie tych

mikroorganizmów w praktyce rolniczej może znacząco poprawić efektywność uprawy pszenicy jarej.

Przedstawione wyżej argumenty jednoznacznie wskazują, że obiekt badań oraz problematyka badawcza podjęta przez mgr Natalię Hordyńską w przedstawionej do recenzji pracy wpisuje się w aktualne zainteresowania zarówno naukowców, jak i rolników, a przedstawione wyniki są cenne z punktu widzenia zarówno poznawczego, jak i użytecznego.

Struktura pracy

Praca w formie monografii obejmuje 254 strony maszynopisu z wydzielonymi rozdziałami typowymi dla prac naukowych z zakresu nauk przyrodniczych: spis treści, przegląd literatury, cel badań, materiał i metody, wyniki, dyskusja, wnioski, literatura oraz streszczenie po polsku i angielski abstrakt pracy. W pracy znajdują się liczne tabele (60) i rysunki (33), zwłaszcza w rozdziale „Wyniki”, które podnoszą zarówno merytoryczne, jak i estetyczne walory pracy.

Spis treści jest w mojej opinii za bardzo szczegółowy, co może przytłoczyć czytelnika, utrudniając mu szybkie zrozumienie struktury dokumentu. Ponadto kiedy podpunkty są zbyt rozbudowane, może być trudno dostrzec główne tematy i ich znaczenie.

Przegląd literatury wprowadza w podjętą tematykę badawczą i wskazuje przesłanki do podjęcia przez Doktorantkę badań, które wykonała w ramach prowadzonego przewodu doktorskiego. Został on podzielony na kilka podrozdziałów, w których omawiane są:

- pszenica jara i jej uprawa,
- wpływ suszy glebowej na wzrost i rozwój tego gatunku,
- nowe trendy w przeciwdziałaniu stresowi suszy w uprawie pszenicy.

Rozdział został napisany jasno i przejrzysto, jednak mam pewne uwagi:

Podpunkt 2.2 Wpływ suszy glebowej na wzrost i rozwój pszenicy jarej i Podpunkt 2.3. Nowe trendy w przeciwdziałaniu negatywnym skutkom suszy w uprawie pszenicy

W moim odczuciu w przeważającej części odnosi się do stwierdzeń ogólnych dotyczących roślin, a mało jest tu informacji, które dotyczyłyby pszenicy jarej.

Podpunkt 2.3.2. Pożyteczne mikroorganizmy glebowe

Zdanie „Jest to istotne tym bardziej, że mikroorganizmy glebowe pozytywnie wpływają na plon roślin w niesprzyjających warunkach” wymaga zacytowania literatury.

Podpunkt 2.3.2.2. Pożyteczne bakterie glebowe

Fragment tekstu:

„Bakterie mogą zasiedlać ryzosferę, rozwijać się bezpośrednio na korzeniach, lub zasiedlać przestrzeń międzykomórkową tkanek korzenia. Do innej grupy zaliczane są natomiast: 1/ bakterie, które rozwijają się wewnątrz tkanek rośliny (rodzaje *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Azotobacter*,

Azospirillum, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Caulobacter*, *Chromobacterium*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Micrococcous*, *Pseudomonas* oraz *Serratia*); 2/ bakterie endofityczne, które wykazują zdolność do wiązania azotu atmosferycznego w specjalnie wytworzonych przez roślinę organach, tzw. brodawkach (rodzaje *Allorhizobium*, *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium* oraz *Rhizobium*) (Bhattacharyya i Jha, 2012); lub 3/ gatunki z rodzaju *Neotyphodium*, które zwiększają przyswajalność fosforu (Prończuk, 2005)”

- jest mało zrozumiały. Moje pytanie to: jakie było kryterium podziału na takie grupy? Czym różnią się bakterie zasiedlające przestrzeń międzykomórkową tkanek korzenia od rozwijających się wewnątrz tkanek rośliny (czy korzeń to nie część rośliny?)

Ponadto uwaga do pkt. 3/ gatunki z rodzaju *Neotyphodium* – w tej chwili jest to rodzaj *Epichloë*, poza tym to nie są bakterie, a grzyby.

Następnie Doktorantka postawiła hipotezę badawczą i cele pracy, którymi było wskazanie w jakim stopniu warunkowana genetycznie wrażliwość roślin na stres suszy glebowej jest modyfikowana przez interakcje z mikroorganizmami zasiedlającymi ryzosferę oraz wskazanie najbardziej efektywnego w podniesieniu odporności na ten stres składu mikroorganizmów. Hipoteza badawcza zakłada, że mikroorganizmy ryzosferowe mają pozytywny wpływ na genetycznie uwarunkowaną odporność roślin na stres suszy. W szczególności, przewiduje się, że interakcje między roślinami a mikroorganizmami w ryzosferze mogą zwiększać ich zdolność do przetrwania w warunkach ograniczonej dostępności wody. Zarówno hipoteza badawcza jak i cel badań został precyzyjnie i jasno sformułowany, a jego wykonanie nastąpiło przez realizację opisanych poniżej szczegółowych celów badawczych:

- 1) ocenę stopnia wrażliwości dwudziestu genotypów pszenicy na suszę w kontekście efektywności procesu fotosyntezy, cech morfologicznych organów wegetatywnych i generatywnych;
- 2) analizę mechanizmów indukowanych przez rośliny o różnej wrażliwości na stres, w odpowiedzi na suszę glebową w różnych reżimach temperaturowych oraz o różnym poziomie intensywności;
- 3) selekcję sześciu genotypów roślin wrażliwych i tolerancyjnych na stres suszy, które stanowią mogą model badawczy;
- 4) określenie kompozycji ilościowej i jakościowej mikroorganizmów w ryzosferze genotypów, różniących się stopniem wrażliwości na suszę, w tym, cech mikroorganizmów potencjalnie korzystnych dla roślin;
- 5) ocenę wpływu pożytecznych mikroorganizmów glebowych (mikroorganizmów modelowych z depozytu SymbioBanku oraz natywnych z ryzosfery pszenicy) na kinetykę fotosyntezy oraz wzrost i rozwój pszenicy, rosnącej w warunkach suszy;

- 6) określenie wpływu pożytecznych mikroorganizmów glebowych (natywnych z ryzosfery pszenicy) na strukturę korzeni i bioróżnorodność stanowiska glebowego;
- 7) analizę interakcji mikroorganizmów glebowych z roślinami pszenicy na poziomie transkryptomu korzeni roślin i ekspresji wybranych genów pędów roślin dla określenia mechanizmów odpowiedzialnych za wrażliwość pszenicy na stres suszy.

Jednak moim zdaniem opisane cele szczegółowe są zbyt rozbudowane, przez co wydają się mało zrozumiałe. Niektóre z nich można by było połączyć np. 1 i 3- stopień wrażliwości dwudziestu genotypów pszenicy na suszę w kontekście efektywności procesu fotosyntezy, cech morfologicznych organów wegetatywnych i generatywnych oraz wytypowanie z nich sześciu genotypów roślin wrażliwych i tolerancyjnych na stres suszy, które stanowią model badawczy czy 6 i 7 mówiący o pożytecznych mikroorganizmach glebowych i ich interakcji z roślinami pszenicy.

W rozdziale „Materiał i Metody” Doktorantka szczegółowo opisuje układ eksperymentalny prowadzonych doświadczeń oraz sposób przeprowadzania pomiarów cech morfologicznych i komponentów plonu, fluorescencji, zastosowane współczynniki określające stopień tolerancji na stres suszy oraz metody izolacji i identyfikacji mikroorganizmów ryzosferowych, ich charakterystyki oraz sposób określenia stopnia kolonizacji korzeni. Wskazuje również jakie metody statystyczne wykorzystwała przy analizowaniu uzyskanych wyników. Rozdział napisano bardzo szczegółowo, jednak w trakcie czytania nasunęły mi się pewne pytania:

- na podstawie czego przyjęto, że 35% polowej pojemności wodnej to są warunki suszy glebowej?
- czy są jakieś inne metody/wskaźniki określające tolerancję na suszę glebową w zależności od genotypu, na czym polegają, dlaczego wybrano współczynnik wrażliwości na suszę (DSI) liczony na podstawie suchej masy nadziemnej części roślin (DW) oraz masy ziarniaków (DW)?

Najobszerniejszą część dysertacji, obejmującą 130 stron, stanowi rozdział „Wyniki”, które są podzielone na 33 podpunkty, których w moim odczuciu jest zdecydowanie za dużo. Niektóre podpunkty w tym rozdziale są zbędne, gdyż są tam powtórzone informacje z rozdziału „Materiały i Metody” mówiące co i kiedy wykonano, są to np. 5.2, 5.2.1, 5.2.2., 5.3, 5.6.1. W punkcie 5.1 i tab. 5 wytypowano sześć genotypów potencjalnie tolerancyjnych i potencjalnie wrażliwych na stres suszy, dlaczego dalsze analizy są prowadzone raz dla wszystkich genotypów, a raz dla tych sześciu? Takie podejście może prowadzić do niezrozumienia u czytającego. Przy analizach statystycznych wyników dla dwudziestu genotypów, można wprowadzić grupy jednorodne, które wskazałyby genotypy potencjalnie wrażliwe i tolerancyjne, a wtedy można zrezygnować z oddzielnego opisu dla wcześniej wskazanych sześciu genotypów, albo skoncentrować się tylko na nich. Dlaczego przy wynikach dotyczących suszy podczas późnej wiosny analizowanych było już tylko pięć genotypów (nie sześć i nie dwadzieścia)? W mojej opinii wyniki powinny być przedstawione bardziej

syntetycznie. Najbardziej interesujące są te, które porównują analizowane parametry fotosyntezy, czy też cechy morfologiczne zarówno części wegetatywnej, jak i generatywnej dla kontroli (optymalne warunki nawodnienia) i stresu suszy. Oddzielne opisywanie wyników dla kontroli i wariantu z suszą może prowadzić do niejednoznaczności w interpretacji danych. Ponadto cele pracy są opisane na początku rozprawy, więc nie widzę konieczności pisania celu/celów dla każdego doświadczenia omawianego w „Wynikach”. W punktach 5.6.1.1, 5.6.1.2, czy 5.6.1.3 napisano, że pomiary przeprowadzano w warunkach stresu suszy glebowej (połowa dawki wody przez trzy tygodnie), podlewanych wodą bądź suplementowanych jednym z konsorcjów pożytecznych mikroorganizmów glebowych. Czy to znaczy, że w stresie suszy rośliny były podlewane zawiesiną pożytecznych mikroorganizmów glebowych, a jeśli tak to czy była to dawka taka sama, jak dawka wody w warunkach stresu suszy (utrzymanie 35% PPW)? Ponadto w „Materiałach i Metodach” pkt. 4.2.2. napisano, że suplementacja konsorcjum była prowadzona dwa razy: po wysadzeniu skielkowanych ziarniaków i w dniu poprzedzającym stres suszy, więc nie do końca jest to dla mnie jasne.

Dyskusja obejmuje 52 strony i jest starannie podzielona na kluczowe zagadnienia, którymi zajmowała się Doktorantka. Taki układ nie tylko ułatwia nawigację po treści, ale także stanowi istotne uzupełnienie oraz komentarz do rozdziału dotyczącego uzyskanych wyników. Autorka wykazuje się tu dobrą znajomością literatury dotyczącej przedmiotu pracy. Z dużym zainteresowaniem czytałam dyskusję na temat wyników uzyskanych dla mechanizmów fotosyntetycznych determinujących wrażliwość roślin na suszę. Drugie zagadnienie, na które zwróciłam szczególną uwagę w tym rozdziale, to znaczenie interakcji między roślinami a mikroorganizmami w ryzosferze, która może wpływać na zdolność do efektywnego wykorzystania dostępnej wody. Cały rozdział zawiera wnikliwe porównania wyników własnych z literaturą przedmiotu, co świadczy o umiejętności analizy i syntezy informacji. Dzięki takiej strukturze dyskusja nie tylko dostarcza głębokiego wglądu w badane zagadnienia, ale także wzmacnia argumentację autorki. Ponadto dostarcza szczegółowych informacji na temat mechanizmów adaptacyjnych roślin w odpowiedzi na stres wodny, co jest kluczowe dla zrozumienia ich przetrwania w zmieniającym się klimacie, a badania nad mikroorganizmami ryzosfery ukazują ich istotną rolę w efektywności fotosyntezy oraz wzroście roślin, co otwiera nowe kierunki badań w ekologii i agronomii.

Proszę o wyjaśnienie pewnej kwestii. Na stronie 192 w dyskusji jest zdanie „Susza na poziomie 55% i 15 % polowej pojemności gleby nie różnicowała znacząco genotypów wrażliwych i tolerancyjnych; w pierwszym przypadku, jako rezultat wciąż wystarczającej ilości wody do wzrostu i rozwoju roślin, w drugim przypadku ze względu na przekroczenie progu wrażliwości nawet w przypadku genotypów tolerancyjnych”, czy stwierdzono to na podstawie wyników uzyskany w

pracy? Jeśli tak, to gdzie one są, gdyż w metodyce mówi się tylko o wartości 35% PPW, jako stresie suszy. Podobnie na stronie 193 jest zdanie „W powyższych badaniach wykorzystano klasyfikację na warunki optymalnego nawodnienia i trzy typy suszy (susza o niskiej intensywności, susza umiarkowana, susza skrajna), podobny podział zastosowano w niniejszej pracy” – gdzie jest taki podział?

Podsumowując ten rozdział należy stwierdzić, że mgr Natalia Hordyńska wykazuje solidne teoretyczne przygotowanie do prowadzenia badań, co potwierdza jej wykorzystanie różnorodnej literatury anglojęzycznej, w tym prac z ostatniego dziesięciolecia. Taki wybór literatury świadczy o jej umiejętności korzystania z aktualnych źródeł wiedzy oraz o zdolności do analizy i syntezy informacji z różnych perspektyw.

Wnioski to zbiór 10-ciu rozbudowanych punktów stanowiących podsumowanie uzyskanych w pracy wyników, które współgrają ze szczegółowymi celami pracy. W mojej opinii niektóre z nich są jednak za bardzo rozbudowane (3, 5 i 8) np. wniosek 3 mógłby brzmieć: Mechanizmy roślin w odpowiedzi na stres suszy glebowej, różniące się w zależności od temperatury i intensywności suszy, wykazują istotne zmiany w fazie jasnej fotosyntezy (wyższy poziom absorpcji fotonów na poziomie jednego centrum aktywnego, obniżona absorpcja energii na poziomie całej próbki fotosyntetyzującej liścia, zmniejszona gęstość centrów reakcji, indukcja mechanizmów rozpraszania energii w postaci ciepła, czy obniżona wydajność PSII), co skutkuje zmniejszeniem suchej masy nadziemnych organów wegetatywnych oraz plonu ziarna. Dodatkowo, warunki stresu związane z niską temperaturą powietrza są bardziej selektywne dla wrażliwości na suszę niż te występujące w wysokiej temperaturze.

Merytoryczna ocena pracy

W przedstawionej pracy doktorskiej podjęto ważne i wielowątkowe zagadnienia związane z wrażliwością roślin pszenicy jarej na stres suszy glebowej, która może być modyfikowana przez interakcje z mikroorganizmami zasiedlającymi ryzosferę. Praca pod względem merytorycznym została wykonana prawidłowo, a do najważniejszych osiągnięć uzyskanych przez Doktorantkę należy zaliczyć:

- potwierdzenie, że interakcje korzeni roślin z mikroorganizmami w ryzosferze zarówno pośrednio, jak i bezpośrednio modyfikują odpowiedź roślin na stres suszy, a konsorcja mikroorganizmów opisane w pracy, mogą być efektywnie wykorzystane w praktyce rolniczej, zwłaszcza w kontekście ochrony upraw pszenicy w czasie suszy glebowej,
- wykazanie, że wskaźnik wrażliwości na suszę (DSI) wykazuje korelację z efektywnością fotosyntezy oraz cechami morfologicznymi organów wegetatywnych i generatywnych, co pozwala na charakterystykę wrażliwości/tolerancyjności genotypów pszenicy na suszę,

- stwierdzenie, że stres suszy glebowej wywołuje różne reakcje u roślin, które zależą od genotypu oraz warunków środowiskowych, takich jak temperatura i intensywność suszy, a zrozumienie tych mechanizmów jest kluczowe dla poprawy wydajności upraw oraz adaptacji do zmieniających się warunków klimatycznych,
- wskazanie, że efektywną metodą selekcji genotypów pszenicy jest zastosowanie parametrów fluorescencji chlorofilu,
- wykazanie znaczących różnic w kompozycji ilościowej i jakościowej mikroorganizmów w ryzosferze pszenicy pomiędzy genotypami wrażliwymi i tolerancyjnymi na stres suszy,
- stwierdzenie, że pożyteczne bakterie glebowe, zarówno modelowe z depozytu SymbioBanku, jak i natywne izolowane z ryzosfery pszenicy, mają znaczący wpływ na wzrost i rozwój pszenicy w warunkach suszy i odgrywają kluczową rolę w poprawie struktury korzeni, bioróżnorodności gleby oraz zdrowia roślin,
- wykazanie, że profil transkryptomu w korzeniach pszenicy jarej jest silnie regulowany przez rodzaj stosowanych konsorcjów ryzosferowych mikroorganizmów oraz genotypy roślin,
- wskazanie, że zmiany ekspresji genów odpowiedzialnych za reakcje fotosyntetyczne i antyoksydacyjne w liściach roślin różnią się w zależności od genotypu oraz warunków temperaturowych.

Uogólniając, stwierdzam, że oceniana rozprawa pod względem merytorycznym jest na wysokim poziomie, na co wpływa charakter podjętych badań, których celem było rozwiązanie konkretnego problemu o istotnym znaczeniu w uprawie pszenicy jarej. Doktorantka kompleksowo potraktowała problem badawczy, a wielowątkowy charakter prowadzonych badań wymagał od niej znajomości i zastosowania wielu metody badawczych związanych nie tylko z fizjologią roślin, lecz również znajomości metod molekularnych do identyfikacji mikroorganizmów glebowych, czy testów związanych z charakterystyką tych mikroorganizmów pod kątem cech korzystnych dla roślin. Tak szeroka znajomość metod wykorzystanych w pracy zasługuje na podkreślenie, ponieważ ma kluczowe znaczenie dla jakości i wiarygodności wyników badań.

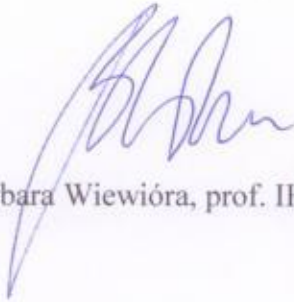
Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska mgr Natalii Hordyńskiej „Genetyczne i fizjologiczne markery odporności pszenicy jarej (*Triticum aestivum* L.) na suszę w aspekcie interakcji zachodzących w ryzosferze” stanowi interesujący i naukowo znaczący wkład do dalszego pogłębienia wiedzy dotyczącej wrażliwości pszenicy jarej na stres suszy glebowej. Realizacja pierwszej części założonego przez Doktorantkę celu wskazuje jakie zmiany fizjologiczne i morfologiczne zachodzą w roślinie pszenicy narażonej na stres suszy wczesną i późną wiosną. Rezultatem wynikającym z drugiej części celu pracy jest uzupełnienie wiedzy odnośnie czy i w jaki sposób mikroorganizmy

ryzosferowe mogą wpływać na podniesienie odporności pszenicy na suszę oraz wskazanie możliwości zastosowania konsorcjów mikroorganizmów ryzosferowych w ochronie upraw pszenicy przed suszą glebową.

W mojej ocenie przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska spełnia wszystkie kryteria określone w art. 13 ustawy z dnia 14.03.2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2017 r. poz.1789) uwzględniając rozporządzenie MNiSW z dnia 19 stycznia 2018 roku w sprawie trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie profesora (Dz.U. 2018 r. poz.261) zgodnie z art. 119 ustawy z 3 lipca 2018 r. - Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018 r. poz. 1669). W związku z powyższym wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Fizjologii Roślin *im. Franciszka Górskiego* PAN w Krakowie o dopuszczenie mgr Natalii Hordyńskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Radzików 14.10.2024r.



Dr hab. Barbara Wiewióra, prof. IHAR-PIB