

dr hab. Marcin Zadworny  
Katedra Hodowli Lasu  
Wydział Leśny i Technologii Drewna  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Joanny Śróbki  
pt. „Badania morfometryczne systemów korzeniowych wybranych roślin użytkowych  
rosnących w ośrodkach charakteryzujących się różnymi właściwościami fizycznymi”,  
wykonanej pod kierunkiem dr hab. Joanny Szymanowskiej-Pułki i dr Izabeli Potockiej**

Podstawą formalną do wykonania recenzji jest pismo Dyrektora Instytutu Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska, Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego z dnia 29 maja 2023 roku, powierzające mi obowiązki recenzenta na podstawie uchwały Rady Instytutu Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska z dnia 26 maja 2023 roku.

### **Informacje formalne**

Rozprawa doktorska jest napisana w języku polskim i ma format monografii o typowym dla prac eksperymentalnych układzie dysertacji doktorskiej, zawierając wszystkie wymagane dla tego typu opracowania elementy. Recenzowana praca jest niezwykle obszerna i wraz z suplementem liczy 310 stron. Składa się z sześciu głównych rozdziałów, wykazu literatury obejmującego 158 pozycji i suplementu w postaci szczegółowych wyników analiz statystycznych. Pracę podzielono na rozdziały obejmujące wstęp z obszernym przeglądem literatury, cele pracy, opis materiału i zastosowanych metod, przedstawienie wyników, dyskusję, spis literatury, a całość opatrzone streszczeniem w języku polskim i angielskim. Poszczególne rozdziały podzielono na podrozdziały odnoszące się do badanych gatunków, co znacznie ułatwia czytelnikowi orientację w tekście. Tytuł pracy jest adekwatny, w pełni oddaje treść i cele rozprawy. Cele, zarówno główne jak i szczegółowe, zostały jasno sformułowane i wynikają z opisu realizowanych zadań. Tak obszerna praca została opatrzone adekwatną liczbą rycin i tabel. Spis treści i cytowania zostały zastosowane prawidłowo. Cytowane prace bardzo dobrze odzwierciedlają aktualny stan wiedzy, a ich dobór i liczba są jak najbardziej odpowiednie. Na uwagę zasługuje przywołanie przez Autorkę również starszych, ale nadal bardzo wartościowych pozycji literatury. Popołniona praca jest prawidłowa pod kątem formalnym dotyczącym zarówno struktury, jak i przedstawienia wyników badań. Dysertacja została wykonana przez Autorkę samodzielnie, zatem jej indywidualny wkład w opracowywanie koncepcji, realizacji badań bądź interpretacji wyników jest zgodny z zapisami w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym. Praca jest napisana bardzo ładnym językiem bez poważniejszych uchybień, znajdują się tylko nieliczne literówki i błędy edytorskie.

## Ocena merytoryczna

W przedstawionej do oceny pracy Doktorantka podjęła się analizy bardzo trudnego tematu dotyczącego wpływu fizycznych właściwości podłoża na wzrost, morfologię, cechy anatomiczne oraz mechaniczne korzeni. Pomimo wielu badań, korzeń lub szerzej system korzeniowy jest organem stosunkowo słabo poznanym, zwłaszcza w kontekście wpływu rodzaju oraz struktury podłoża na morfologię korzeni (średnica, długości), anatomię (układ komórek kory pierwotnej, budowa walca osiowego, charakter inkrustracji ścian komórkowych), a także właściwości mechaniczne korzeni (moduł sprężystości, podatność na rozciąganie, sztywność). Od współzależności tych wszystkich czynników zależność bowiem będzie funkcjonowanie nie tylko samych korzeni, ale przede wszystkim roślin jako całości. Zwiększenie stopnia upakowania cząstek gleby w wyniku intensywnie prowadzonej gospodarki rolnej, wpływając na architekturę systemów korzeniowych i ich budowę anatomiczną, ma dalekosiężne konsekwencje nie tylko dla samego wzrostu korzeni, ale przede wszystkim zdolności absorpcji składników pokarmowych. Od liczby, rozmieszczenia w profilu glebowym i potencjału absorpcyjnego korzeni, uwarunkowanego długością korzeni oraz cechami kory pierwotnej, będzie bowiem zależność rodzaj nawożenia stosowanego na danym stanowisku oraz wybór gatunków roślin, dla których dane środowisko wzrostu będzie optymalne pod kątem struktury gleby. Postawienie przez Autorkę problemu badawczego wymagało z pewnością poprawnej analizy problematyki w kontekście aktualnego stanu wiedzy i znaczenia analizowanej problematyki. W podjętych przez Autorkę badaniach wyłania się charakterystyka funkcjonowania korzeni podczas wzrostu roślin w ośrodkach o różnym stopniu upakowania i wielkości agregatów podłoża. Aspekt ten wydaje się być pomijany w praktyce agrarnej. Poznanie zatem wpływu różnego stopnia upakowania podłoża i rozmiarów tworzących go cząstek, jest kluczowe dla uzyskania wysokiej produktywności roślin i optymalizacji nawożenia. Podjęta przez Autorkę problematyka ma również szersze znaczenie biologiczne. Istotny dla znaczenia pracy był także wybór odpowiedniego modelu doświadczalnego. Doktorantka zdecydowała się poddać analizie systemy korzeniowe takich gatunków jak kukurydza oraz kapusta, charakteryzujących się odpowiednio wiązkowym i palowym systemem korzeniowym. Ten bardzo trafny wybór w kontekście wzrostu gatunków roślin w środowisku o zróżnicowanej strukturze gleby może przybliżyć nas do poznania wzoru funkcjonowania roślin o odmiennym systemie korzeniowym i odmiennej przynależności taksonomicznej. Należałoby w tym miejscu zadać także pytanie czy system wiązkowy generalnie cechujący się przypowierzchniową lokalizacją, czy też palowy system korzeniowy charakteryzujący się dużym potencjałem penetracji gleby i zdolnością większego pozyskiwania składników pokarmowych oraz wody z głębszych warstw, będzie „sobie lepiej radził” na podłożach o różnej pojemności sorpcyjnej w obliczu globalnych zmian klimatu? Uprzejmie proszę Doktorantkę o podjęcie takiej dyskusji, czy rozważań podczas obrony pracy doktorskiej. Na szczególną uwagę zasługuje wielość analizowanych wariantów, a jednocześnie klarowna prezentacja oraz rzeczowa analiza otrzymanych wyników. Uzyskane wyniki są bowiem w dużej mierze nowatorskie, dzięki zastosowaniu układu eksperymentalnego i właściwego wyboru modelu doświadczalnego.

Główna część dysertacji obejmuje wstęp z przeglądem literatury, cele pracy, zastosowane metody badawcze, wyniki oraz dyskusję. W rozdziałach tych daje się dostrzec drobne błędy edytorskie czy językowe np. „wcale nienawożonych”, „gleba ciągła”, „rosnącemu korzeniowi

jest się łatwiej przepchać”, „faworyzowane cechy”, których ze względu na objętość opracowania trudno było się ustrzec i nie wpływają na ocenę pracy.

#### *Ocena poszczególnych części rozprawy*

**Wstęp wraz z przeglądem literatury** przyjął formę szczegółowego i obszernego omówienia dotychczasowego stanu wiedzy w przedmiocie badań. Przygotowany w formie kilku podrozdziałów przegląd literatury pozwala umieścić założenia Autorki w szerokiej perspektywie tj. w kontekście i na tle wyników innych autorów. Jest zatem umiejętnym przeprowadzeniem czytelnika przez aktualny stan wiedzy, konsekwentnie kreśląc założenia, pod postawione w kolejnym rozdziale cele pracy. Szczegółowo wprowadzając i analizując wielokompleksowe relacje zachodzące pomiędzy podłożem, poczynszy od omówienia rodzajów i budowy korzeni, a na wpływie rodzaju podłoża na wzrost korzeni kończąc, Autorka nie ustrzegła się drobnych nieścisłości.

Autorka opisując system korzeniowy kukurydzy używa terminu „korzenie łodygowe”, natomiast są to typowe korzenie przybyszowe o charakterze podporowym. Jaki zatem poprawny termin powinien w tym przypadku być zastosowany? Należy bowiem wziąć pod uwagę, że u kukurydzy korzenie przybyszowe, wyrastające kilka centymetrów nad powierzchnią gleby z dolnej części łodygi i wrastające w podłoże, pełnią głównie funkcję podpierającą. Określa się je czasem mianem „podporowych”, rzadziej „wspierających” lub „powietrznych”, nie zaś „łodygowych”.

Ponadto schematyczne przedstawienie trzech stadiów rozwojowych endodermy na rycinie I5 (strona 12) byłoby bardziej czytelne gdyby Autorka odwróciła schemat stadium III, przyczyniając się do bardziej naturalnego układu komórek „U-kształtnych”.

Opisując typy systemów korzeniowych występujące w obrębie roślin w rozdziale I.1.2, autorka wymieniła tylko system palowy i wiązkowy, warto jednak byłoby wspomnieć, że w obrębie np. roślin drzewiastych istnieje większe zróżnicowanie, znane pod nazwą heteroryzja w obrębie systemów korzeniowych. We wstępie i konsekwentnie w całej pracy Autorka stosuje termin „hodowla” w odniesieniu do zastosowanego układu eksperymentalnego. Proszę o wyjaśnienie przyczyn zastosowania terminu hodowla, skoro przyjęta definicja terminu hodowla brzmi „nauka traktująca o polepszaniu cech dziedzicznych u roślin uprawnych, obejmującą również praktyczne działania, których celem jest wytworzenie odmian lepszych jakościowo i plenniejszych”. Jaki zatem poprawny termin powinien w tym przypadku być zastosowany?

**Kolejny rozdział obejmuje główne cele oraz szczegółowe** zamierzenia mające umożliwić Autorce udzielenie odpowiedzi na pytania pojawiające się we wstępie i przeglądzie literatury.

**W rozdziale Materiał i metody** został omówiony materiał badawczy, rodzaj oraz uzasadnienie wyboru stosowanych podłoży, a także opracowany układ eksperymentalny. Realizacja założeń pracy opierała się na zastosowaniu odpowiednich technik, a przyjęty układ eksperymentalny był odpowiedni. Opis metodyki jasno i rzeczowo przedstawiał rodzaj prowadzonych analiz i zakres prowadzonych badań. W toku lektury tego rozdziału nasunęło mi się jednakże kilka sugestii/pytań:

1) Pierwsza z moich uwag dotyczy jednego z terminów określających stosowany pojemnik wzrostu. Autorka używa określenia „akwarium”. W mojej opinii poprawniejsze byłoby stosowanie terminu angielskiego „rhizotron” lub jego spolszczonego odpowiednika „ryzotron”,

ewentualnie okna ryzotronowe. Termin akwarium jest niejednoznaczny, zwłaszcza że w powszechnym znaczeniu powinien być wypełniony wodą...

2) Proszę Doktorantkę o wyjaśnienie powodów zastosowania małej odległości między oknami „akwarium” tj. 0.5 cm. Wydaje się, że jest to zbyt mały odstęp, aby korzeń mógł swobodnie wzrastać i aby odstęp ten nie miał wpływu na wielkość powstających naprężeń, choć moja wątpliwości może wynikać z pracy na odmiennym materiale jakim są rośliny drzewiaste, o bardziej rozbudowanym systemie korzeniowym. Umknęła mi ponadto informacja w jaki sposób zostały zabezpieczone boki „akwarium” oraz czy boki były zabezpieczone przed bezpośrednim promieniowaniem lamp, mogących wpływać na morfologię korzeni podczas ich wzrostu w nienaturalnych warunkach tzn. na świetle?

3) W zakresie opisu metodyki skanowania korzeni wydaje się, że sam skan był wykonany stosując program Epson będący „nakładką” do programu WhinRhizo. Zastanawiam się również na ile wcześniejsze podbarwienie cienkich i delikatnych korzeni mogłoby wpłynąć na wartości uzyskanych rezultatów? Proszę o przedyskutowanie tej kwestii.

4) Kolejna moja wątpliwość dotyczyła odcinania korzeni bocznych przed przystąpieniem do określenia właściwości mechanicznych korzeni głównych. Czy porównywano właściwości mechaniczne korzeni zarodkowych, związane z opornością na zerwanie, w obrębie sadzonek posiadających korzenie boczne?

5) Wydaje się, że wiele wyników zawiera pomiary odstające. Czy obrazu i interpretacji wyników nie zmieniłoby ich wyłączenie lub ewentualne zastąpienie średnią z pozostałych powtórzeń?

**Rozdział Wyniki** to bardzo ciekawa i wartościowa część pracy, zawiera klarowną prezentację wielu oryginalnych dla nauki informacji. Pomimo mnogości danych, prezentacja wyników pozwala czytelnikowi w łatwy i przejrzysty sposób śledzić główne przesłanie pracy. Zarówno sposób dokumentacji fotograficznej, jak i spozycjonowanie rycin prawidłowo zestawionych z opisem wyników ułatwia czytelnikowi analizę. Warto jednak wziąć pod uwagę bardziej klarowną konstrukcję samych rycin; raz są one kolorowe, raz czarnobiałe, raz litery definiujące statystyczną istotność różnic między średnimi są kolorowe, a innym razem nie. Za szczególnie istotne można uznać wykazanie braku wpływu pojemnika typu „akwarium” na cechy biomechaniczne części typów korzeni, oraz analizę wpływu stosowanego ośrodka na mierzone cechy korzeni. Pierwsza kwestia potwierdza przydatność wykorzystania ryzotronów do prowadzenia eksperymentów nad biologią korzeni, a druga jest interesująca z praktycznego punktu widzenia. Generalnie, detaliczny sposób prezentacji, unaocznia ogrom wykonanej pracy, zasługując na szczególne uznanie. Prosiłbym jednak o ustosunkowanie się Autorki do następujących kwestii:

1) Czym należy tłumaczyć najwyższe wartości sprężystości korzeni u sadzonek rosnących w vermikulicie, a najniższe rosnących w glebie (strona 170)?

2) Czy wysoka łamliwość korzeni rosnących na podłożu z kulek szklanych może być pokłosiem wypłukiwania substancji wydzielanych przez korzenie spomiędzy gładkich powierzchni szklanych kulek podczas podlewania, a więc zniekształcenia środowiska wzrostu korzeni?



**Rozprawa kończy się obszerną Dyskusją**, podzieloną na podrozdziały. Biorąc pod uwagę ilość uzyskanych wyników, Autorka w sposób bardzo umiejętny poprowadziła dyskusję, prawidłowo zestawiając zarówno wyniki odnoszące się do zastosowanego modelu eksperymentalnego, jak i zastosowanych czynników, z danymi eksperymentalnymi. Dyskusja jednoznacznie wskazuje, że Autorka posiadała umiejętność krytycznej analizy uzyskanych wyników, prawidłowo konfrontując np. rolę zgrubień fi w strukturalnym wzmocnieniu korzeni charakteryzujących się niską liczbą gniazd protoksylemu podczas stresu, bądź w interesujący sposób omawiając wpływ egzodermy na funkcjonowanie korzeni rosnących na odmiennych podłożach, z danymi literaturowymi. Jak już uprzednio wspomniałem, znakomita znajomość przedmiotu pracy przez Autorkę, pozwoliła jej właściwie przeprowadzić dyskusję i wyciągnąć jasne wnioski przytoczone na zakończenie dyskusji. Praca zawiera również streszczenie podnoszące najważniejsze aspekty pracy.

### **Wniosek końcowy**

Wartość merytoryczna pracy oraz znaczenie uzyskanych wyników zasługują na bardzo wysoką ocenę. Przedstawiona do oceny praca w znaczącym stopniu poszerza wiedzę o cechach korzeni i pozwala lepiej poznać potencjalną regulację funkcjonowania korzeni roślin wzrastających na zróżnicowanych podłożach. Przedstawione uwagi w żadnym stopniu nie umniejszają wartości rozprawy, ale są raczej pretekstem do dyskusji. Wiedza uzyskana w toku realizowanych podczas pracy badań zarówno z poznawczego, jak i praktycznego punktu widzenia może niewątpliwie zostać wykorzystana w praktyce agrarnej. Oceniana praca jednoznacznie potwierdza umiejętność stawiania problemów badawczych oraz ich późniejszej weryfikacji przez panią mgr Joannę Śróbkę.

Przyjęta i zaprezentowana forma dysertacji spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim w myśl Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jednolity Dz. U. z dnia 2017 r., poz. 1789) w związku z art. 179 ust. 2 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r., poz. 1669).

Kompleksowość ujęcia przedmiotu problemu oraz wartość naukowa uzyskanych wyników, mająca znaczenie bardzo praktyczne w kontekście poszerzenia wiedzy o wzroście i rozwoju korzeni na glebach zdegradowanych, jednoznacznie przemawiają za wyróżnieniem rozprawy doktorskiej, o co wnoszę do Wysokiej Rady Instytutu Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska na Uniwersytecie Śląskim w Katowicach.

Poznań, 17.07.2023

