

Dr hab. inż. Tomasz Dudek, prof. UR
Katedra Agroekologii i Użytkowania Lasu
Wydział Technologiczno-Przyrodniczy
Uniwersytet Rzeszowski

Rzeszów, 31.07.2026 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Joanny Kopaczyk

pt. „Biochemiczne i molekularne podstawy procesu ksylogenezy w siewkach sosny
zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. w warunkach deficytu wody”
wykonanej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Tomasza Jelonka
oraz promotora pomocniczego dr Elżbiety Dziabaszewskiej

Podstawę do opracowania recenzji stanowi pismo Pana prof. dr hab. Mirosława Mleczka – Przewodniczącego Rady Dyscypliny Nauki Leśne Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, z dnia 17 lipca 2026 roku (WLD.4000.2.2026) w sprawie powierzenia mi obowiązków recenzenta rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Joanny Kopaczyk.

Podstawowe informacje o Kandydatce

Magister Joanna Kopaczyk urodziła się 20 lipca 1987 r. w Poznaniu. Wykształcenie wyższe zdobyła na Uniwersytecie im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, gdzie w 2010 r. ukończyła studia magisterskie na kierunku biologia, specjalność biologia eksperymentalna, broniąc pracę magisterską pt. „Regulacja ekspresji genu oraz aktywności enzymatycznej dehydrogenazy aldehydu 3-fosfoglicerynowego w komórkach korzeni soi (*Glycine max* cv. Nawiko) poddanych działaniu metali ciężkich”. Po ukończeniu studiów biologicznych poszerzyła swoje kompetencje, podejmując studia na kierunku zarządzanie w Wyższej Szkole Handlu i Rachunkowości, które ukończyła w 2014 r., uzyskując tytuł licencjata. W 2018 r. rozpoczęła kształcenie w Szkole Doktorskiej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu na Wydziale Leśnym (obecnie Wydział Leśny i Technologii Drewna). Dodatkowo ukończyła kurs „Język angielski w środowisku akademickim” i uzyskała certyfikat potwierdzający znajomość języka angielskiego na poziomie B2.

Dorobek naukowy Kandydatki obejmuje 9 publikacji w recenzowanych czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym, takich jak *Environmental and Experimental Botany*,

Forests, BioResources, Wood Research oraz Drewno. W części z nich Kandydatka występuje jako pierwszy autor, co świadczy o jej znaczącym wkładzie w realizowane badania. Wyniki swoich prac prezentowała również podczas konferencji naukowych w formie posterów, a ponadto aktywnie uczestniczyła w działaniach popularyzujących naukę, angażując się m.in. w organizację wydarzeń takich jak Noc Biologów, Fascynujący Dzień Roślin oraz Noc Naukowców.

Przedstawiony przebieg kształcenia oraz dotychczasowy dorobek naukowy wskazują, że mgr inż. Joanna Kopaczyk systematycznie rozwijała swoje kompetencje badawcze, zdobywając doświadczenie zarówno w prowadzeniu badań eksperymentalnych, jak i w opracowywaniu oraz upowszechnianiu ich wyników.

Ocena ogólna pacy

Tematyka rozprawy jest aktualna i dobrze wpisuje się we współczesne kierunki badań z zakresu nauk leśnych, fizjologii drzew oraz biologii molekularnej. Autorka podjęła próbę wyjaśnienia biochemicznych i molekularnych mechanizmów odpowiedzi siewek sosny zwyczajnej na stres suszy, koncentrując się na procesie ksylogenezy oraz ekspresji genów związanych z formowaniem drewna i odpowiedzią na stres. Problem ten ma zarówno znaczenie poznawcze, jak i praktyczne w kontekście zmian klimatu oraz zwiększającej się częstotliwości okresów suszy wpływających na funkcjonowanie lasów i zachowanie ich trwałości w krajobrazie. Na podkreślenie zasługuje szeroki zakres zastosowanych metod badawczych. Autorka połączyła obserwacje morfologiczne i mikroskopowe z oznaczeniami markerów stresu oksydacyjnego oraz analizą ekspresji genów metodą Real-Time qPCR. Takie interdyscyplinarne podejście pozwoliło spojrzeć na badany problem z kilku perspektyw i stanowi mocną stronę rozprawy. Przegląd literatury został przygotowany obszernie i świadczy o bardzo dobrej znajomości zagadnień związanych z ksylogenezą, biosyntezą ściany komórkowej, regulacją molekularną oraz fizjologią stresu suszy u roślin drzewiastych. Rozdział ten tworzy solidne podstawy teoretyczne dla podjętych badań. Część metodyczna jest szczegółowa i umożliwia odtworzenie doświadczenia. Autorka dokładnie opisuje przebieg eksperymentu, zastosowane metody laboratoryjne oraz sposób analizy statystycznej. Na uwagę zasługuje również krytyczne podejście Autorki do uzyskanych wyników. W dyskusji nie wyciąga ona zbyt daleko idących wniosków z obserwowanych trendów, wskazując, że w wielu przypadkach brak istotności statystycznej może wynikać z dużej zmienności biologicznej i stosunkowo niewielkiej liczby powtórzeń. Takie podejście świadczy o dojrzałości naukowej i właściwej interpretacji uzyskanych rezultatów. Potwierdza to także streszczenie rozprawy,

w którym Autorka wyraźnie podkreśla konieczność dalszych badań w celu weryfikacji uzyskanych obserwacji.

Ocena szczegółowa pracy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska liczy 113 stron maszynopisu. W tekście znajduje się 47 rycin i 4 tabele. Spis literatury obejmuje 144 pozycje, w tym aż 139 w języku angielskim, w większości z renomowanych czasopism o zasięgu międzynarodowym. Literatura została dobrana właściwie i obejmuje liczne, aktualne publikacje dotyczące biologii molekularnej, fizjologii roślin, anatomii drewna oraz procesu ksylogenezy. Świadczy to o bardzo dobrej orientacji Doktorantki w aktualnym stanie wiedzy oraz umiejętności krytycznej analizy piśmiennictwa naukowego. Dysertacja została przygotowana zgodnie z klasycznym układem pracy naukowej i obejmuje wszystkie niezbędne rozdziały wymagane w rozprawach doktorskich, tj. wstęp, cel i hipotezy badawcze, materiał i metody, wyniki badań, dyskusję, wnioski oraz wystarczający wykaz literatury. Poszczególne rozdziały tworzą spójną i logicznie uporządkowaną całość.

Wstęp został opracowany bardzo starannie i stanowi wartościowe wprowadzenie do problematyki badawczej podjętej w rozprawie. Autorka wykazała się bardzo dobrą znajomością zagadnień związanych z procesem ksylogenezy, budową i funkcjonowaniem drewna, regulacją molekularną rozwoju tkanek przewodzących oraz fizjologicznymi mechanizmami odpowiedzi roślin na stres suszy. Poszczególne zagadnienia zostały przedstawione w logicznej kolejności – od ogólnej charakterystyki procesu powstawania drewna, poprzez mechanizmy regulacji na poziomie komórkowym i molekularnym, aż do wpływu deficytu wody na przebieg ksylogenezy. Taki układ ułatwia czytelnikowi zrozumienie problematyki badawczej oraz stanowi solidne uzasadnienie dla podjętych badań. Autorka odwołuje się do licznych publikacji dotyczących biologii molekularnej, fizjologii roślin oraz anatomii drewna, obejmujących zarówno klasyczne opracowania, jak i wyniki najnowszych badań. Świadczy to o bardzo dobrej orientacji Doktorantki w aktualnym stanie wiedzy oraz umiejętności krytycznej analizy piśmiennictwa naukowego. Przegląd literatury nie ma charakteru jedynie opisowego – w wielu miejscach Autorka zestawia wyniki różnych autorów oraz wskazuje obszary wymagające dalszych badań, co pozwala płynnie przejść do uzasadnienia celu rozprawy.

Rozdział Cel pracy i hipotezy badawcze został przygotowany poprawnie. Cel badań został jasno określony i wynika bezpośrednio z przedstawionego przeglądu literatury, w którym

wyraźnie wskazano na lukę w wiedzy oraz potrzebę dalszych badań nad molekularnym i biochemicznym podłożem reakcji drzew iglastych na suszę. Wpisuje się on bardzo dobrze w temat rozprawy. Autorka skoncentrowała się na poznaniu wpływu stresu suszy na proces ksylogenezy młodych siewek sosny zwyczajnej z wykorzystaniem markerów biochemicznych oraz analizy ekspresji genów związanych z odpowiedzią na stres i formowaniem drewna. Przyjęte hipotezy są logiczne i odpowiadają zastosowanemu układowi doświadczenia.

Rozdział Materiał i metody został opracowany na wysokim poziomie merytorycznym. Autorka szczegółowo opisała materiał badawczy, warunki prowadzenia doświadczenia oraz kolejne etapy wykonywanych analiz laboratoryjnych, dzięki czemu zastosowaną metodykę można uznać za przejrzystą i umożliwiającą odtworzenie eksperymentu. Na uznanie zasługuje zastosowanie komplementarnych metod badawczych obejmujących analizy fizjologiczne, biochemiczne, mikroskopowe oraz molekularne, co pozwoliło na kompleksową ocenę wpływu deficytu wody na przebieg procesu ksylogenezy u siewek sosny zwyczajnej. Wybór zastosowanych metod jest adekwatny do postawionego celu badań i odpowiada współczesnym standardom badań z zakresu fizjologii i biologii molekularnej roślin. Zastosowane metody statystyczne należy uznać za poprawne, a opis zastosowanych analiz jest zwięzły i przejrzysty.

Rozdział Wyniki został opracowany w sposób przejrzysty i logiczny. Kolejność prezentowania rezultatów odpowiada przebiegowi doświadczenia oraz zastosowanym metodom badawczym. Wyniki zostały przedstawione z wykorzystaniem odpowiednio przygotowanych tabel, wykresów i fotografii mikroskopowych. Autorka zachowuje właściwy podział pomiędzy prezentacją wyników a ich interpretacją, ograniczając się w tej części do przedstawienia uzyskanych danych. Na podkreślenie zasługuje kompleksowa analiza zmian morfologicznych, markerów stresu oksydacyjnego oraz ekspresji wybranych genów związanych z odpowiedzią na suszę i procesem ksylogenezy. Jednocześnie należy zauważyć, że znaczna część analiz ekspresji genów nie wykazała istotności statystycznej, co Autorka uczciwie odnotowuje i uwzględnia podczas interpretacji wyników.

Pewien niedosyt pozostawia natomiast sposób prezentacji analiz statystycznych. W przypadku testu U Manna–Whitneya warto byłoby podać dokładne poziomy istotności statystycznej (p), wartości statystyki U oraz odpowiadające jej wartości Z , co jest obecnie powszechnie przyjętym standardem prezentacji wyników analiz statystycznych. Ponadto uzupełnienie tabel lub wykresów o odchylenie standardowe, ewentualnie współczynnik zmienności (CV), ułatwiłoby ocenę zmienności analizowanych cech oraz wiarygodności uzyskanych rezultatów.

Podsumowując, rozdział „Wyniki” oceniam wysoko. Został on przygotowany w sposób przejrzysty, rzetelny i zgodny z zasadami prezentacji wyników badań naukowych. Niewielkie uwagi dotyczą sposobu raportowania analiz statystycznych nie wpływają na wysoką ocenę tej części rozprawy.

Rozdział Dyskusja został opracowany na wysokim poziomie merytorycznym i świadczy o dobrym przygotowaniu Doktorantki do samodzielnej interpretacji wyników badań. Autorka umiejętnie konfrontuje uzyskane rezultaty z wynikami badań innych autorów, odnosząc się zarówno do prac dotyczących fizjologii roślin, biologii molekularnej, jak i procesu ksylogenezy. Dyskusja nie ogranicza się do prostego porównania wyników, lecz stanowi próbę wyjaśnienia mechanizmów odpowiedzialnych za obserwowane zależności.

W niektórych miejscach interpretacja wyników ekspresji genów – zwłaszcza w przypadkach braku istotności statystycznej – powinna być bardziej wyważona. Nie wpływa to jednak w istotny sposób na ogólną wartość tej części rozprawy.

Rozdział Wnioski (Stwierdzenia i Wnioski) stanowi właściwe podsumowanie przeprowadzonych badań i jest logiczną konsekwencją przedstawionych wyników oraz ich interpretacji. Sformułowane przez Autorkę wnioski odpowiadają postawionemu celowi pracy oraz odnoszą się do zweryfikowanych hipotez badawczych. Ich treść pozostaje zgodna z uzyskanymi rezultatami i w zdecydowanej większości znajduje bezpośrednie odzwierciedlenie w przedstawionych wynikach badań. Autorka unika nadmiernych uogólnień, mając świadomość ograniczeń przeprowadzonego eksperymentu oraz wskazuje kierunki dalszych badań, co należy ocenić pozytywnie.

Uwagi o charakterze dyskusyjnym oraz redakcyjnym

Rozprawa została przygotowana starannie i prezentuje wysoki poziom merytoryczny. Nie oznacza to jednak, że jest wolna od elementów dyskusyjnych, które warto omówić podczas publicznej obrony.

Najistotniejszą uwagę budzi liczba powtórzeń biologicznych, która wydaje się niewielka, a w dodatku jest różna w zależności od rodzaju wykonywanych analiz. Znajduje to odzwierciedlenie w uzyskanych wynikach, gdyż w większości przypadków obserwowane zmiany miały charakter jedynie tendencji i nie osiągnęły istotności statystycznej. Sama Autorka wielokrotnie zwraca na ten fakt uwagę. Jakie były przesłanki takiego rozwiązania oraz czy

zwiększenie liczby powtórzeń mogłoby wpłynąć na uzyskanie większej liczby wyników istotnych statystycznie?

W Rozdziale Wyniki na stronie 69, Autorka stwierdza, że „W przypadku epikotyli zanotowano najwyższą wartość RWC w pierwszym dniu w odniesieniu do kontroli (121,39%).” Czym mógł być spowodowany wzrost nawodnienia epikotyli o 21% w pierwszym dniu po zaprzestaniu podlewania?

Badania przeprowadzono na siewkach sosny zwyczajnej we wczesnym stadium rozwoju, co jest uzasadnione z punktu widzenia możliwości prowadzenia doświadczeń laboratoryjnych. Należy jednak pamiętać, że procesy zachodzące u kilkutygodniowych siewek nie zawsze mogą być bezpośrednio odnoszone do procesów ksylogenezy występujących u starszych drzew funkcjonujących w warunkach naturalnych. Przygotowując publikację warto szerzej omówić ograniczenia wynikające z zastosowanego modelu badawczego. W jakim zakresie wyniki uzyskane na młodych siewkach mogą być odnoszone do przebiegu ksylogenezy u dojrzałych drzew sosny zwyczajnej?

W dyskusji Autorka wskazuje, że interpretację wyników może utrudniać „nakładanie się efektów stresowych i procesów rozwojowych”. Proszę wyjaśnić, jak należy rozumieć to stwierdzenie, skoro wszystkie siewki rozwijały się w jednakowych warunkach i na tym samym etapie ontogenezy, a jedynym czynnikiem eksperymentalnym był deficyt wody?

Praca została napisana starannie pod względem językowym. W tekście występują jednak uchybienia o charakterze przede wszystkim redakcyjnym oraz sporadycznie stylistycznym, spośród których można wymienić:

- str. 6, tytuł rozdziału nr 6 w spisie treści to „Wnioski”, natomiast w tekście pracy na stronie 94 to „Stwierdzenia i wnioski”;
- str. 9, 18, brak kropki na końcu zdania, czasem brak spacji, np. str. 27, czasem za dużo spacji, np. str. 43;
- str. 10, linia 2, jest „w stresie klimatu” powinno być „w strefie klimatu”;
- brak konsekwencji podczas edycji tekstu, w większości stron brak przerw między akapitami, jednak na niektórych niepotrzebne przerwy pomiędzy akapitami wprowadzono, np. str. 11, 14, 19, 21 itd.;
- str. 21, akapit 3, jest „proces ten polega wielowymiarowej” powinno być „proce ten podlega wielowymiarowej”;
- niepotrzebna kropka przed nawiasem z cytowaną literaturą, np. str. 31, 33, 40;
- str. 36, akapit 5, jest „katalizuje rozkład H_2O ” powinno być „katalizuje rozkład H_2O_2 ” oraz jest „związek ograniczny” powinno być „związek organiczny”;

- str. 42, jest „W dniach 0, 1, 3, 4, 5” powinno być „W dniach 0, 1, 3, 5, 7”;
- w kilku miejscach pracy zastosowano niepoprawny w języku polskim zapis liczb dziesiętnych z użyciem kropki zamiast przecinka, np. str. 48, 49, 50;
- str. 54 i 55, jest „wirowano przez 1 minutę (11 000 g)” powinno być „wirowano przez 1 minutę przy $11\,000 \times g$ ”;
- w kilku miejscach rozprawy, cytując publikacje anglojęzyczne, Autorka zastosowała zapis „et al.” zamiast polskiego odpowiednika „i in.”, np. str. 88, 90;
- str. 94, na górze pozostał nie usunięty komentarz;
- w tekście pracy zacytowano kilka pozycji których brak w spisie literatury: str. 13, Lip i in. 2013; str. 14, Whetten i in. 2001; str. 18, Zhang i in. 2004; str. 20, Donaldson i in. 1992; lub są rozbieżności w datach publikacji w tekście i spisie: str. 9, Guerriero i in. 2013(2014); str. 16, Turner i Kumar 2017(2018); str. 30, McDowell i in. 2015(2016); str. 35, Kieliszewska-Rokicka 1987(1989);
- w spisie literatury jest kilka pozycji które nie zostały zacytowane w pracy: 17, 29, 31, 37, 42, 51, 91, 113, 114, 136;
- pozycje 39 i 40 dublują tę samą publikację.

Podsumowując, przedstawione uwagi mają charakter dyskusyjny i nie wpływają na moją pozytywną ocenę rozprawy doktorskiej. W przyszłości warto jedynie zwrócić większą uwagę na redakcję i edycję tekstu podczas przygotowywania publikacji naukowych.

Wniosek końcowy

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Joanny Kopaczyk stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i wnosi istotny wkład do badań nad molekularnymi, biochemicznymi i fizjologicznymi mechanizmami odpowiedzi sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na stres suszy. Podjęta tematyka jest aktualna i ważna zarówno z poznawczego, jak i aplikacyjnego punktu widzenia, zwłaszcza w kontekście postępujących zmian klimatu oraz ich wpływu na funkcjonowanie ekosystemów leśnych. Autorka wykazała się umiejętnością planowania i prowadzenia badań naukowych, właściwego doboru metod badawczych oraz krytycznej analizy uzyskanych wyników. Na szczególne podkreślenie zasługują szeroki zakres przeprowadzonych analiz obejmujących badania fizjologiczne, biochemiczne, mikroskopowe i molekularne oraz umiejętność ich kompleksowej interpretacji w oparciu o aktualną literaturę naukową. Przedstawione w recenzji uwagi mają charakter dyskusyjny i redakcyjny, nie wpływają jednak na wysoką ocenę wartości naukowej rozprawy.

Stwierdzam jednoznacznie, że rozprawa doktorska Pani mgr inż. Joanny Kopaczyk pt. „Biochemiczne i molekularne podstawy procesu ksylogenezy w siewkach sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. w warunkach deficytu wody” spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim oraz warunki nadania stopnia naukowego doktora określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571) i wnoszę do Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Leśne Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu o dopuszczenie Doktorantki do dalszych etapów postępowania doktorskiego.

