



Kraków, 22.01.2025 r.

Dr hab. Inż. Anna Klamerus-Iwan, prof. URK
Katedra Inżynierii Ekologicznej i Hydrologii Leśnej
Wydział Leśny
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej **mgr inż. Mateusz Smorawski** pt.: *„Zastosowanie metod geometrycznych określania kąta zwilżania i swobodnej energii powierzchniowej do charakterystyki powierzchni liści”*

Opracowanej pod kierunkiem promotora rozprawy: dr hab. Henryka Ratajkiewicza

Podstawa formalna

Recenzja została przygotowana w odpowiedzi na pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, prof. dr hab. Piotra Rybackiego z dnia 20.11.2024 r. (nr RNDRIO-46/4000/2024), informujące o powołaniu uchwałą Rady Naukowej Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo z dnia 15.11.2024 r. mojej osoby na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr. inż. Mateusza Smorawskiego.

Wprowadzenie

W ostatnich latach badania nad interakcjami pomiędzy powierzchniami roślin a wodą zyskały na znaczeniu, szczególnie w kontekście zmian klimatycznych i konieczności lepszego zrozumienia procesów ekohydrologicznych. Analiza zwilżalności oraz hydrofobowości/hydrofilowości powierzchni roślin odgrywa kluczową rolę w poznaniu mechanizmów wpływających na zdolność liści i igieł do zatrzymywania wody. Jednym z najważniejszych narzędzi badawczych w tym zakresie są pomiary kąta zwilżania, które pozwalają na ocenę właściwości fizykochemicznych powierzchni roślin i ich interakcji z wodą.

Zmienność właściwości powierzchniowych roślin, takich jak polarność i niepolarność, jest kluczowym czynnikiem determinującym zachowanie się wody na ich powierzchni. Te właściwości wynikają z interakcji sił adhezji i kohezji, które można opisać za pomocą



swobodnej energii powierzchniowej (SEP). Wyznaczenie wartości SEP metodami analitycznymi umożliwia dokładniejszą charakterystykę powierzchni liści i igieł, co ma istotne znaczenie w kontekście ekosystemów leśnych. Kąty zwilżania oraz SEP wpływają bezpośrednio na zdolność magazynowania wody przez korony drzew, co z kolei oddziałuje na bilanse wodne ekosystemów leśnych i mikroklimat, na przykład poprzez zwiększenie wilgotności powietrza i ograniczanie parowania.

Jednym z istotnych aspektów tych badań jest uwzględnienie zmienności powierzchni liści na różnych etapach rozwoju oraz wpływu czynników zewnętrznych, takich jak osadzanie się pyłu i zanieczyszczeń. Zdjęcia mikroskopii elektronowej pozwalają na wizualizację tej zmienności oraz analizę jakości i ilości zanieczyszczeń osadzających się na powierzchniach liści i igieł. To podejście stanowi cenne uzupełnienie badań ekohydrologicznych, które coraz częściej łączą analizy fizykochemiczne z badaniami środowiskowymi.

Metody analizy kąta zwilżania, SEP oraz napięcia powierzchniowego mają również znaczenie interdyscyplinarne. W inżynierii materiałowej, na przykład, są wykorzystywane do projektowania powierzchni o określonych właściwościach adhezyjnych, co znajduje zastosowanie w biomateriałach, technologii powłok ochronnych czy materiałach samoczyszczących. Dobrym przykładem interdyscyplinarnego wykorzystania tych metod jest finansowany przez Europejską Radę ds. Badań Naukowych (ERC) projekt BioCom4SavEn. Celem tego projektu jest opracowanie materiałów inspirowanych strukturami naturalnymi, takimi jak pióra pingwinów czy sierść niedźwiedzi polarnych, które dzięki swoim unikalnym właściwościom izolacyjnym mogą przyczynić się do oszczędności energii. Badania te koncentrują się na zrozumieniu i naśladowaniu naturalnych mechanizmów, co prowadzi do opracowania zaawansowanych materiałów o lepszych parametrach termicznych i energetycznych.

W kontekście biologii i ekologii roślin badania nad kątem zwilżania oraz swobodną energią powierzchniową mają znaczenie nie tylko poznawcze, ale również praktyczne. Mogą one dostarczyć nowych informacji na temat roli powierzchni liści w magazynowaniu wody i ochronie przed nadmiernym parowaniem, co jest kluczowe dla zrozumienia mechanizmów adaptacyjnych roślin do zmieniających się warunków środowiskowych.



Podjęcie przez Kandydata do stopnia doktora badań dotyczących wpływu metod geometrycznych na określenie kąta zwilżania i SEP w charakterystyce powierzchni liści należy uznać za w pełni uzasadnione. Badania te wnoszą istotny wkład zarówno w rozwój podstawowej wiedzy o interakcji roślin z wodą, jak i w potencjalne zastosowania praktyczne w takich dziedzinach jak inżynieria materiałowa, ekohydrologia czy ochrona środowiska.

Ocena rozprawy doktorskiej

Recenzowana rozprawa Pana mgr. inż. Mateusza Smorawskiego charakteryzuje się typowym układem prac badawczych, liczy 138 stron wraz z załącznikiem w postaci zdjęć powierzchni liści. Do pracy została dołączona płyta CD z elektroniczną wersją pracy oraz kalkulatorem do obliczania kątów zwilżania.

W części zasadniczej Doktorant umieścił 25 tabel.

Recenzowana rozprawa doktorska podejmuje niezwykle interesujący i istotny problem badawczy dotyczący oceny wpływu struktur powierzchniowych liści, stopnia nasłonecznienia, pory roku oraz wybranych biotrofów na zwilżalność powierzchni liści. Autor pracy postawił sobie ambitne cele, które mają na celu lepsze zrozumienie mechanizmów determinujących zwilżalność powierzchni liści oraz rozwój nowych metod badawczych w tej dziedzinie.

W rozprawie zaproponowano hipotezę, że wymiarowanie kropli w dwóch perspektywach – z boku i z góry – może zostać skutecznie wykorzystane do obliczania kąta zwilżania oraz swobodnej energii powierzchniowej liścia. Takie podejście pozwala na kompleksową charakterystykę zwilżalności w szerokim zakresie kątów, różnorodności właściwości powierzchni liści oraz cieczy używanych do pomiarów.

Weryfikacja tej hipotezy została przeprowadzona przez realizację szeroko zakrojonych badań, które uwzględniały:

- Analizę wpływu woskowych struktur krystalicznych i włosków pokrywających liście;
- Badanie oddziaływania czynników środowiskowych, takich jak nasłonecznienie, sezonowość oraz obecność chorób grzybowych na zwilżalność powierzchni liści;



- Ocenę przydatności dwóch podejść do wymiarowania kropli w obliczeniach kąta zwilżania i swobodnej energii powierzchniowej.

Szczególnością wartości pracy jest wykorzystanie nowatorskich rozwiązań matematycznych do obliczeń kąta zwilżania w perspektywie z góry. Wyniki badań potwierdzają, że kąt zwilżania obliczany na podstawie zależności geometrycznych kropli jest skuteczną miarą zwilżalności liści i może być użyty do charakteryzowania ich powierzchni.

Doktorant zaprezentował również porównanie dwóch metod obliczeniowych:

- Metoda Macka, która bazuje na wymiarowaniu kropli pod względem jej wysokości i rozlania.
- Metoda Bikermana, która wykorzystuje wymiarowanie kropli w kontekście jej objętości i rozlania.

Porównanie wykazało, że metoda Bikermana jest bardziej niezawodna, szczególnie w przypadku dobrze zwilżalnych powierzchni. Ogranicza błędy wynikające z obserwacji oraz jest prostsza do zastosowania przy użyciu adiuwantów, które zmniejszają kąt zwilżania. Co więcej, obie metody, zarówno Macka, jak i Bikermana, pozwalają na dokładne obliczenia swobodnej energii powierzchniowej.

Autor pracy zwrócił także uwagę na istotność czynników środowiskowych, takich jak sezonowość i nasłonecznienie, które znacząco wpływają na zmienność kąta zwilżania. Badania wykazały, że kąt zwilżania, podobnie jak ilość wody zatrzymywanej w koronach drzew, nie jest wartością stałą i różni się w zależności od pory roku oraz warunków oświetleniowych. Istotnym wnioskiem pracy jest również zauważenie różnic w zwilżalności między górną (doosiową) a dolną (odosiową) stroną liści, przy czym górna strona liści była zazwyczaj bardziej zwilżalna.

Całość rozprawy została napisana poprawnym i precyzyjnym językiem naukowym. Autor wyraźnie starał się unikać nadmiernych powtórzeń, w tym zwrotu „kąt zwilżania,” co świadczy o jego dbałości o styl i czytelność tekstu. Niemniej jednak, w pracach naukowych powtórzenia terminów specjalistycznych są często nieuniknione, aby zachować klarowność i spójność terminologiczną, co jest w pełni uzasadnione. Wszelkie drobne potknięcia językowe absolutnie nie wpływają na merytoryczną wartość rozprawy i nie umniejszają jej wysokiej jakości naukowej.



Pewien niedosyt budzi pominięcie w metodyce szczegółowego opisu wykonywania zdjęć z użyciem mikroskopii elektronowej oraz brak rozwinięcia tego wątku w dyskusji, szczególnie w kontekście analizy tekstury powierzchni liści. Takie zdjęcia, choć trudne do przedstawienia w formie wartości liczbowych, które można bezpośrednio uwzględnić w analizach statystycznych, mają ogromny potencjał do ukazania różnic gatunkowych. W literaturze można znaleźć przykłady wykorzystania mikroskopii elektronowej do określania typu i ilości zanieczyszczeń na powierzchni roślin, co może być pomocne w badaniach nad zwilżalnością materiału roślinnego. Ciekawym zagadnieniem, które można by w przyszłości rozważyć, jest szersze zastosowanie zdjęć mikroskopowych do analizy tekstury i szorstkości liści w kontekście ich zwilżalności. W związku z tym jestem ciekawa, czy Doktorant spotkał się z przykładami szerszego wykorzystania tego rodzaju zdjęć w badaniach, i jakie widzi możliwości dalszego rozwoju tego podejścia w swoich badaniach.

W literaturze powszechnie stosuje się klasyfikację hydrofobowości powierzchni na podstawie wartości kąta zwilżania. Zgodnie z tą klasyfikacją, powierzchnie o kącie zwilżania mniejszym niż 90° uznaje się za hydrofilowe, natomiast te o kącie zwilżania większym niż 90° za hydrofobowe. Powierzchnie o kącie zwilżania zbliżonym do 180° są określane jako superhydrofobowe. W kontekście przeprowadzonych badań, interesujące byłoby poznanie opinii Autora na temat możliwości modyfikacji tej klasyfikacji w oparciu o uzyskane wyniki.

Czy Autor podjął próbę umiejscowienia badanych gatunków roślin w ramach tej skali hydrofobowości? Taka analiza mogłaby dostarczyć dodatkowych informacji na temat właściwości zwilżalności badanych liści i potencjalnie przyczynić się do rozwoju istniejących klasyfikacji.

Rozprawa ma charakter metodyczny, co plasuje ją w zakresie nauk podstawowych, jednak posiada także ogromny potencjał aplikacyjny. Wyniki badań mogą zostać zaimplementowane w praktyce, szczególnie w celu ulepszenia metod opryskowych w ogrodnictwie.



Wniosek końcowy

Podsumowując, doktorant w sposób kompleksowy i nowatorski zrealizował założenia badawcze, a uzyskane wyniki wnoszą znaczący wkład w rozwój wiedzy na temat zwilżalności liści. Rozprawa potwierdza, że autor dysponuje nie tylko szeroką wiedzą, ale także umiejętnością rozwiązywania złożonych problemów naukowych. Praca zasługuje na najwyższą ocenę, a jej wyniki mogą być istotnym punktem odniesienia dla dalszych badań w tej dziedzinie.

Na uwagę zasługuje również umiejętność sprawnego i czytelnego opisanie swoich badań i wyników w postaci tak obszernej monografii. Praca została wykonana z użyciem prawidłowych metod badawczych, co pozwoliło Doktorantowi osiągnąć założony cel rozprawy,

Oceniana rozprawa doktorska stanowi istotny wkład w dziedzinę nauk rolniczych i ogrodniczych, ponieważ bada właściwości fizyczne roślin w kontekście ich zwilżalności i pojemności wodnej, które mogą wpływać na bilans wodny ekosystemów oraz lokalny mikroklimat. Praca wyróżnia się kompleksowym podejściem metodycznym i wypełnia lukę w badaniach nad zwilżalnością materiału roślinnego, zarówno pod względem metodologii, jak i obliczeń. Dzięki temu stanowi cenne źródło wiedzy dla dalszych badań oraz praktycznych zastosowań, zwłaszcza w zakresie zarządzania wodą w rolnictwie i ogrodnictwie.

Praca spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z Ustawą z dnia 20lipca 2018 roku Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce {t. jedn. Dz. U. z2023 r poz.742} ponieważ stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i dowodzi dojrzałości naukowej Autora do samodzielnego prowadzenia prac naukowych i badawczych.

Stwierdzam z pełnym przekonaniem, że przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Mateusza Smorawskiego pt.: „Zastosowanie metod geometrycznych określania kąta zwilżania i swobodnej energii powierzchniowej do charakterystyki powierzchni liści” spełnia wymagania obowiązujących przepisów i wnoszę o dopuszczenie Doktoranta do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Anna Klamerus-Iwan