



dr hab. inż. Przemysław Bąbelewski

Wrocław 15.04. 2019

Zakład Roślin Ozdobnych i Dendrologii

Recenzja rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Moniki Czaji

pt. Stan fizjologiczny liści różnych gatunków lip rosnących

wzdłuż ciągów komunikacyjnych Krakowa

Recenzja wykonana jest na podstawie zlecenia prof. dr hab. Stanisława Mazura, Dziekana Wydziału Biotechnologii i Ogrodnictwa Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie z dnia 28 lutego 2019 roku.

INFORMACJE OGÓLNE

Pozytywny wpływ roślinności wysokiej tj. drzewiastej na kształtowanie miejskiego mikroklimatu jest kwestią oczywistą i szeroko udokumentowaną. Powszechna jest świadomość, że roślinność miejska w sposób wydajny może złagodzić niekorzystne skutki urbanizacji, dostarczając szeregu korzyści ekosystemowych, takich jak usuwanie zanieczyszczeń, niwelowanie skutków miejskich wysp ciepła, zmniejszanie odpływu wód opadowych oraz wzbogacanie miejskich ekosystemów. Aby poprawić jakość życia w ekosystemach miejskich celowo i świadomie wprowadza się różne gatunki drzew i krzewów. Niestety nie wszystkie są w stanie rozwijać się oraz świadczyć usługi ekosystemowe w zmienionych antropogenicznie warunkach dużych aglomeracji miejskich, do jakich zalicza się Kraków z Nową Hutą. Obserwowana od dziesięcioleci migracja ludności ze wsi do miast przyczynia się do ich powiększania. Powstają olbrzymie ekosystemy miejskie, gdzie większość taksonów rodzimych drzew i krzewów nie jest w stanie przetrwać uciążliwych warunków miejskich. Celowe jest prowadzenie obserwacji i badań nad gatunkami drzew i krzewów rosnących w środowisku miejskim, ponieważ dobór tej roślinności musi być przemyślany, by świadczyła ona konkretne korzyści związane z zieloną infrastrukturą. Badania naukowe



**UNIwersytet
Przyrodniczy
we Wrocławiu**

KATEDRA OGRODNICTWA

wykazały, że roślinność wysoka decyduje o jakości życia w miastach. Drzewa dzięki swoim specyficznym cechom posiadają zdolność pobierania i degradacji ksenobiotyków zanieczyszczających środowisko. Poprzez aktywny wpływ na zachodzące w naturze procesy fizyczne, chemiczne i biologiczne zmieniają je tak, aby umożliwić przebieg własnego cyklu życiowego. Co więcej, rośliny te wyposażone w mechanizmy obronne pobierając, metabolizując lub koncentrując we własnych tkankach substancje toksyczne oczyszczają środowisko. W celu uzyskania konkretnych rozwiązań i spełnienia powyższych założeń celowe jest podejmowanie badań, aby stworzyć opracowanie ujednoliconego doboru drzew i krzewów dla konkretnego miasta. Stan organizmów drzewiastych wymaga kontrolowania procesów fizjologicznych i biochemicznych.

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska wypełni wpisuje się w badania nad roślinnością miejską jakie prowadzone są na świecie. Badanie kondycji lip jako podstawowego rodzaju sadzonego w miastach europejskich jest jak najbardziej celowe i uzasadnione. Autorka pracy doktorskiej zaprezentowała szerokie, nowatorskie i obszerne badania fizjologiczne oraz biochemiczne nad wybranymi taksonami tego gatunku w zieleni miejskiej Krakowa. Prezentowane badania oparte są na zastosowaniu nowoczesnych technik badawczych, co wymagało od Autorki przesłania i obsługi nowoczesnego sprzętu badawczego. Interesującym zagadnieniem recenzowanej rozprawy są badania nad stresem roślinnym w warunkach środowiskowych, a nie kontrolnych. Prezentowane czynniki stresowe to pomiar fluorescencji chlorofilu a, który pozwala na ocenę efektywności aparatu fotosyntetycznego szczególnie fotoukładu II. Do wyjątkowo cennych badań prowadzonych na drzewach lipy w badanym obiekcie należy pomiar stresu oksydacyjnego mierzony na podstawie aktywności enzymów oksydacyjnych.

UKŁAD PRACY

Przedstawiona praca doktorska składa się z sześciu rozdziałów, typowych dla prac naukowych i rozpraw doktorskich. Praca liczy 222 strony, 100 rycin, do których wliczono dokumentację fotograficzną, wykresy i schematy oraz 64 tabele. Prezentowane schematy są czytelne i wprowadzają uporządkowanie w dysertacji.



OCENA MERYTORYCZNA

WSTĘP

Wstęp napisany jest prawidłowo syntetycznie, Autorka opisuje walory roślinności wysokiej, która ważna jest dla środowiska miejskiego. Wymienia czynniki, które mają wpływ na zielen miejską, będącą pod wpływem antropopresji, która obniża jej jakość życia. Podkreśla ważność odpowiedniego doboru gatunków o możliwie najwyższej tolerancji do warunków miejskich. Opisuje również przyczyny, dla których podjęła się prowadzić badania w tak szerokim i ciekawym zakresie.

PRZEGLĄD LITERATURY

W przeglądzie na 47 stronach Autorka opisuje stan badań nad gatunkami drzewiastymi, szczególnie rodzajem lipa. W podrozdziale 2.1 prezentuje syntetycznie informacje na temat rodzaju *Tilia* oraz jego szerokim zastosowaniu w nasadzeniach przyulicznych w krajach skandynawskich, przez centralną część kontynentu po południe Europy. Przedstawia również krótką charakterystykę morfologiczną i wymagania wybranych taksonów lip, w której skupia się na lipie drobnolistnej, lipie szerokolistnej, lipie holenderskiej i lipie węgierskiej. Szkoda, że nie opisano również lipy krymskiej *Tilia* 'Euchlora' (wspomina tylko przy opisie *T. dasystyla*, z którą może być mylona), takson ten jest również sadzonym w miastach Polskich, a we Wrocławiu znajdują się liczne drzewa rosnące w zieleni przyulicznej oraz parkowej, wyróżniające się malowniczym pokrojem. Warto było również wspomnieć o *Tilia* 'Varsaviensis' i *Tilia* 'Vratislaviensis' rzadko spotykanych w miastach Polskich. W podrozdziale tym na wyróżnienie zasługuje rycina nr 7, gdzie Autorka na podstawie dostępnej literatury opracowała zasięg geograficzny gatunków lip występujących na terenie Europy. W kolejnym podrozdziałach opisuje najważniejsze choroby i szkodniki występujące na rodzaju lipa. Ciekawie opisze o drzewie lipy jako elemencie kultury, sztuki i życia codziennego zarówno na świecie jak i Polsce. Ważnym rozdziałem jest „Miasto jako środowisko życia roślin”, gdzie przedstawione są czynniki abiotyczne jak gleba, powietrze i światło mające wpływ na roślinność w ekosystemach miejskich. W opisywaniu zanieczyszczeń gleby, zmian



pH i niedoboru składników pokarmowych, Autorka prezentuje między innymi swoje wcześniejsze wyniki (Czaja i in. 2015). Świadczy to o prowadzeniu badań przez Autorkę nie tylko z zakresu recenzowanej rozprawy, ale w szerszym zakresie badając środowisko miejskie. Przedstawia niedoceniane jeszcze zjawisko fotoinhibicji, w miejscach, gdzie występuje zmniejszone promieniowanie słoneczne na skutek zacieniania przez infrastrukturę miejską roślinności drzewiastej. Jako przyczyny zamierania drzew Autorka podaje interesujące badania związane ze „stresem zmiany miejsca” oraz pisze o terenach o niskim statusie socjo-ekonomicznym, gdzie wzrost zamierania drzew koreluje z poziomem bezrobocia. Ciekawie opisane są badania światowe nad znaczeniem drzew w ekosystemach miejskich, tu prezentowane jest pojęcie „usługi ekosystemowe”, do których zalicza się: lepsze zarządzanie wodą opadową (niebieska infrastruktura), poprawienie komfortu termalnego ludzi, akumulację pyłów zawieszonych PM_{10} , $PM_{2.5}$ na powierzchni liścia, sekwencję CO_2 , usuwanie wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych oraz usuwanie ozonu z powietrza. Zajmując przedstawia problem zanieczyszczenia hałasem poprzez kojące działanie parków i lasów miejskich. Opisała również wycenę finansową korzyści płynących z nasadzeń drzew na przykładzie Stanów Zjednoczonych. Interesująco przedstawiła wpływ abiotycznych czynników stresowych na rośliny drzewiaste, które mają wpływ na reakcję anatomiczno-morfologiczne, fizjologiczne, biochemiczne i molekularne rośliny. Należy nadmienić, że prezentowane wyniki badań światowych oparte są na najnowszych pozycjach oryginalnych prac twórczych.

CEL PRACY

Cel pracy został sformułowany jasno i przejrzysto, poparty konkretnymi hipotezami badawczymi.

MATERIAŁ I METODY

Rozdział „Materiał i metody” zajmuje 24 strony, napisany został zrozumiało poparty schematem przedstawiającym klasyfikację obiektów badawczych z podziałem na lokalizację wzrostu oraz ze względu na takson, na którym były prowadzone badania. W opisie badanych obiektów szkoda, że nie uwzględniono (dla wszystkich tasonów) lokalizacji o zróżnicowanym



stopniu warunków środowiskowych jak miało to miejsce, przy *T. tomentosa*. Oczywiście nie jest to duże uchybienie metodyczne, ponieważ wynikało to z braku stanowisk w podobnym wieku zlokalizowanych w Krakowie. Uzasadnione było również metodycznie wykonanie osobnych analiz stanowiska wzrostu, do których zaliczono warunki klimatyczne i analiza gleby. Wyodrębniano osobno obszerne analizy liści, w których uwzględniono fluorescencje chlorofilu a, zawartość barwników asymilacyjnych, przepuszczalność błon biologicznych, przemiany azotu, zawartość suchej masy, zawartość związków fenolowych, aktywność enzymatyczna oraz zawartość makroskładników i metali ciężkich. W rozdziale tym zostały opisane wzorowo warunki klimatyczne Krakowa uwzględniające klasyfikacje termiczną z lat 1966-2015 (wg klasyfikacji H. Lorenc) oraz klasyfikacje opadową z lat 1966 -2015 (według Kaczorowskiej). Zostały wykonane bardzo starannie i wzorowo diagramy klimatyczne Gaussn'a-Walther'a przedstawiające zależności średnich temperatur i sum opadów w kolejnych miesiącach i latach prowadzonych badań. Skrupulatnie przedstawiono na wykresie dane obrazujące natężenie promieniowania słonecznego w tygodniach, miesiącach i latach prowadzonych badań. Uważam jednak, że niepotrzebnie w tym rozdziale znalazły się wyniki analiz glebowych w tym zasolenia, odczynu, ogólnej zawartości pierwiastków i ich dostępności. Dane te powinny znaleźć się w rozdziale „wyniki” ponieważ nie przygotowywano gleby do sadzenia drzew na wybranych stanowiskach w Krakowie.

Należy tu podkreślić, że mimo uwag recenzenta, rozdział ten napisany jest zrozumiale, wymagał poznania przez Autorkę licznych metod badawczych szczególnie tych laboratoryjnych. Zostały one ukazane zrozumiale, precyzyjnie i zwięźle uwzględniając stosowne słownictwo fizjologiczne i biochemiczne.

WYNIKI

Wyniki to najbardziej obszerny rozdział zajmujący w dysertacji 79 strony, w których Autorka prezentuje bardzo liczne o szerokim zakresie badania środowiskowe rezultaty analiz laboratoryjnych. W celu ułatwienia czytelnikowi prezentację wyników Autorka wykonała schemat (ryc. 38) przedstawiający sposoby ich prezentowania. Przedstawione w nim parametry odnoszą się osobno do porównania taksonów i porównania obiektów. Pozwoliło to na



uporządkowanie i zrozumieniu licznych cennych danych obrazujących stan fizjologiczny badanych taksonów drzew. Wszystkie wyniki przedstawione są na 68 starannych i czytelnych rycinach oraz 57 tabelach prezentujących wyniki analiz statystycznych. Wyniki opisane są zwięźle i czytelnie odnoszą się do danych liczbowych w tabelach i na rycinach. Wymagało to od Autorki konkretnych i kompleksowych decyzji by przedstawić taki ogrom wyników oraz oby czytający nie zagubił się w ich interpretacji i wnioskowaniu.

Podsumowując ten rozdział uważam, że Autorka przedmiotowej dysertacji ma duże predyspozycje naukowe, ponieważ bardzo umiejętnie prezentuje obszerne wyniki środowiskowe i laboratoryjne.

DYSKUSJA

Zaprezentowana w pracy Dyskusja świadczy o dużej umiejętności Autorki w odniesieniu do pisania prac naukowych. Jest ona bardzo rzeczowa i wnikliwa, kompleksowo udowadnia sens prowadzonych badań, gdyż badania środowiskowe są trudne w interpretacji i wymagają całościowego podejścia. Badane gatunków drzew rosły w różnych warunkach i doświadczyły skumulowanych stresów, które występują w niejednorodnym nasileniu i zróżnicowanych momentach sezonu wegetacyjnego. W rozdziale tym bardzo cennym jest odniesienie się do warunków klimatycznych Krakowa z uwzględnieniem faz fenologicznych, które nie są jednakowe dla wszystkich taksonów drzew. Przebieg warunków klimatycznych a w szczególności opadów decyduje o większości procesach fizjologicznych, jakie odbywają się w organizmach drzewiastych. Autorka udowadnia, że obowiązująca metoda wizualna oceny drzew jest trudna do interpretacji, natomiast długoterminowe badania fizjologiczne i biochemiczne dostarczają unikatowych wyników zarówno ze względu na częstotliwość pomiarów jak i dużą liczbę wykorzystywanych parametrów. Bardzo umiejętnie udowadniane są terminy, kiedy należy wybrać optymalny termin zbioru liści wykazujących najlepszą wydajność fizjologiczną w oparciu o dane klimatyczne. Warto tu podkreślić, że dyskutowane badania są kompleksowe i opisują funkcjonowanie liści badanych drzew na przestrzeni całego sezonu wegetacyjnego w badaniach wieloletnich. Dotychczas tego typu badania w Polsce były prowadzone wybiórczo i nie odnosiły się do całego sezonu funkcjonowania powierzchni



UNIwersytet
Przyrodniczy
we Wrocławiu

KATEDRA OGRODNICTWA

asymilacyjnej drzew. Przedstawiając w dyskusji warunki glebowe, szczególnie skażenie metalami ciężkimi, porównując wyniki własne z innymi pracami z miast Polski, Autorka zaprzeczyła dość powszechnej opinii skażenia gleb miejskich pierwiastkami śladowymi. Podobne wyniki otrzymałem we Wrocławiu badając metale ciężkie w glebach, gdzie rosły inwazyjne gatunki drzew. Ciekawie udowodniono tolerancje drzew lipy na szerokie spektrum pH gleby czy podłoża, gdzie lipy rosły w glebie o zakresie pH między 4,0 do 7,0. Porównując dane odnośnie zasolenia z literaturą z innych miast Polski i świata uznała Autorka, że gleba, na którym rosły badane lipy nie była zasolona. Konfrontując stan fizjologiczny liści udowadnia, że są one elementem prawidłowego funkcjonowania organizmu roślinnego. Bardzo umiejętnie dyskutowane są wyniki odnośnie fluorescencji chlorofilu oraz parametrów testu OJIP stosowane w ocenie różnorodnych stresów abiotycznych na roślinach. Przytaczając wyniki z badaniami z literatury światowej uznano, że badane drzewa są w dobrej maksymalnej wydajności PSII i potwierdza to wcześniej założoną hipotezę, że czerwiec jest miesiącem o wysokiej wydajności procesów fizjologicznych. Solidne analizy i rozważania Autorki odnoszą się do badań fluorescencji chlorofilu u drzew poddanych stresowi abiotycznemu, gdzie parametr PI_{ABS} jest bardziej przydatny w interpretacji wyników, co potwierdzają inni autorzy. Jako nowatorskie w określaniu kondycji drzew należy uznać zastosowanie metody przepuszczalności błon biologicznych, ponieważ uszkodzenie błon komórkowych występuje na skutek różnych rodzajach stresów abiotycznych szczególnie suszy. Co potwierdzili liczni autorzy, że stabilność błon biologicznych jest jedną z głównych składowych tolerancji roślin na suszę, ale parametr ten jest wykorzystywany w ocenie różnorodnych czynników stresowych. Przy metabolizmie azotu Autorka udowodniła, że podczas prowadzenia badań nie zaobserwowano wzrostu zawartości wolnych aminokwasów, świadczących o degradacji i zawartości białek w miesiącach najbardziej produktywnych. W sposób bardzo umiejętny powiązała różne wyniki badań, jakie prowadziła w odniesieniu do potencjału fotosyntetycznego, systemu antyoksydacyjnego, przepuszczalności błon biologicznych i metabolizmu azotu z pracami naukowymi o zasięgu światowym. Interesująco zestawiała i porównała wyniki swoich badań z zawartości Ca, Mg, pierwiastków śladowych oraz Na w liściach w odniesieniu do lip rosnących w innych miastach Polski, gdzie prowadzono takie



badania. Tabela nr 63 została nieprawidłowo podpisana. Podpis nad nią powinien dotyczyć: Tab. 63. „Porównanie zawartości pierwiastków śladowych w liściach różnych taksonów lip rosnących w warunkach miejskich na terenie Polski”.

WNIOSKI

Rozdział Wyniki przedstawiający syntetyczne repertorium wyników bez cytowania wartości cyfrowych. Mam pewne zastrzeżenia do wnioski 1, gdzie Autorka pisze, że „podczas pobierania prób glebowych wskazują na występowanie niedoboru wody i ubicia gleby na badanych stanowiskach”. Niestety nieprowadzone były badania odnośnie wilgotności, gęstości i objętości gleby. Gdyby tak było, można by się pokusić o wykonanie korelacji pomiędzy prowadzonymi badaniami fizjologicznymi a właściwościami fizycznymi gleby lub podłoża. Myślę, że to dość dobry przyczynek do prowadzenia kompleksowych badań przez Autorkę w kolejnych latach kariery naukowej.

Jako bardzo cenne i wartościowe uważam wnioski 4, 5, 6 i 7 ponieważ mają znaczenie praktyczne i poglądowe dla oceny stanu drzew w warunkach stresowych jakie funduje miasto. Zgadzam się z ostatnim wnioskiem, gdzie Autorka wykazuje, że najbardziej przydatnym taksonem do uprawy w warunkach miejskich jest lipa srebrzysta. Potwierdzam to z badań własnych i obserwacji prowadzonych we Wrocławiu..

PODSUMOWANIE

Stwierdzam, że przedstawiona rozprawa doktorska Pani mgr inż. Moniki Czaji jest bardzo wartościowa. Wnosi interesujące i unikatowe wyniki w skali kraju do oceny wpływu warunków stresowych na kondycje wybranych taksonów z gatunku lipa rosnących w dużych miejskich ekosystemach, będących pod wpływem czynników antropogenicznych. Prowadzone badania fizjologiczne i biochemiczne są kompleksowe, nie wybiórcze, odnoszą się do dwóch pełnych okresów wegetacji. Autorka wykazała dużą umiejętność prowadzenia obszernych badań oraz interpretowania swoich wyników z literaturą naukową. Przystudiowała bardzo obszerną bibliografię (361 pozycji), która została dobrana w sposób bardzo przemyślany i nie



UNIwersytet
Przyrodniczy
we Wrocławiu

KATEDRA OGRODNICTWA

przypadkowy. Postawiony cel i hipoteza badawcza zostały rozwiązane i opisane w pracy. Znikome uwagi krytyczne nie umniejszają **dużej wartości ocenianej rozprawy doktorskiej**.

Konstatując, przedstawiona dysertacja doktorska Pani mgr inż. Moniki Czaji pt. „Stan fizjologiczny liści różnych gatunków lip rosnących wzdłuż ciągów komunikacyjnych Krakowa” spełnia wymogi pracy doktorskiej stawiane w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku, o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z późniejszymi zmianami. Wnoszę do Szanownej Rady Wydziału Biotechnologii i Ogrodnictwa Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie o dopuszczenie Pani mgr inż. Moniki Czaji do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie wnoszę i bardzo proszę o wyróżnienie dysertacji doktorskiej Pani M. Czaji, ponieważ praca prezentuje wysoki poziom merytoryczny i praktyczny. Prowadzone badania mają charakter innowacyjny i wpisują się w trend badań światowych nad gatunkami drzew rosnących w środowisku miejskim w dobie postępujących zmian antropogenicznych, w tym klimatycznych.

Przemysław Szpilewski