

Łódź, dnia 28 października 2024 r.

Dr hab. Marta Kolanowska, prof. UŁ
Katedra Geobotaniki i Ekologii Roślin
ul. Banacha 12/16, 90-237 Łódź

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ PANI MGR INŻ. SONI PAŻ-DYDERSKIEJ

ZATYTUŁOWANEJ „CECHY REPRODUKCYJNE ROŚLIN DRZEWIASTYCH JAKO NARZĘDZIE EKOLOGII FUNKCJONALNEJ:

ANALIZA ZMIENNOŚCI I POTENCJAŁU”

Podstawę opracowania recenzji stanowi uchwała nr 14/2024 Rady Naukowej Instytutu Dendrologii Polskiej Akademii Nauk z dnia 4 października 2024 roku.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr inż. Soni Paż-Dyderskiej została wykonana pod kierunkiem Pana prof. dr hab. inż. Andrzeja M. Jagodzińskiego w Zakładzie Ekologii Instytutu Dendrologii Polskiej Akademii Nauk.

Problematyka i temat rozprawy

Funkcjonowanie każdego ekosystemu uzależnione jest od jego składu gatunkowego i funkcjonalnego, w szczególności od kompozycji zbiorowisk roślinnych. Najbardziej rozpowszechnioną metodą oceny kondycji danego ekosystemu, jego zdolności odbudowy, a także wpływu czynników zewnętrznych na jego funkcjonowanie jest analiza zróżnicowania i liczebności gatunków. Potrzeba precyzyjnej ewaluacji stanu zachowania ekosystemów stanowiła impuls do intensyfikacji badań związanych z cechami funkcjonalnymi roślin, które mierzalne na poziomie osobnika związane są z odpowiedzią organizmu na warunki środowiskowe.

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Soni Paż-Dyderskiej dotyczy zmienności cech reprodukcyjnych roślin i ich wykorzystania w badaniach z zakresu ekologii funkcjonalnej. Podjęta tematyka badań jest ambitnym przedsięwzięciem wpisującym się w nową perspektywę mechanistycznego wyjaśniania procesów ekologicznych.

Naukowcy wciąż poszukują zestawu cech, które najpełniej zobrazują działanie ekosystemu. W opublikowanych wcześniej pracach wykazano m. in. korelację powierzchni liści

i zawartości azotu z wielkością produkcji pierwotnej. Poszczególne mierzalne parametry mogą korespondować z jedną lub kilkoma funkcjami, jednak wciąż nie opracowano uniwersalnego zestawu cech, który umożliwiłby kompleksową ocenę działania ekosystemu (tzw. cechy efektu) oraz jego odpowiedzi na zmiany warunków środowiskowych (tzw. cechy odpowiedzi). Obszerne bazy cech funkcjonalnych roślin są już dostępne i dostarczają uśrednionych wartości różnych parametrów, których wewnątrzgatunkowa zmienność pozostaje jednak niewystarczająco opisana. Ponadto, zdecydowana większość prowadzonych wcześniej badań dotyczyła użyteczności cech wegetatywnych roślin, natomiast mniejszym zainteresowaniem naukowców cieszyły się parametry związane z reprodukcją. Bez wątpienia jednym z powodów braku reprezentatywnej ilości danych o zmienności kwiatów i owoców w kontekście ich użyteczności w analizach z zakresu ekologii funkcjonalnej jest ich ograniczona dostępność podczas cyklu życiowego roślin. Należy jednak zaznaczyć, że poszczególne cechy roślin nie są niezależnie kształtowane. Jak wskazywali Kleyer i Minden (2015) od skali tkanki do organizmu większość ekspresji cech jest ograniczona przez inne cechy, zgodnie ze wzorcami alokacji zasobów między organami pojedynczej rośliny. W związku z tym, aby w pełni poznać strategie roślin umożliwiające im przetrwanie w danym krajobrazie, należy rozszerzać katalog cech uwzględnianych w analizach. W tę koncepcję poznawania zmienności różnych parametrów wpisują się analizy prowadzone przez Doktorantkę stanowiąc interesującą próbę określenia zmienności wybranych cech kwiatów i owoców roślin drzewiastych na poziomie międzygatunkowym i wewnątrzgatunkowym oraz ewaluacji potencjału wykorzystania tych parametrów w badaniach z zakresu ekologii funkcjonalnej.

Struktura i zawartość merytoryczna rozprawy

Układ rozprawy jest typowy dla tzw. „zszywki”, tj. zbioru opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych. Poza streszczeniem w języku angielskim, praca przygotowana została w języku polskim. Doktorantka poprawnie posługuje się specjalistycznym słownictwem i terminologią naukową.

Przedstawiona rozprawa doktorska składa się z czterech zasadniczych rozdziałów poprzedzonych streszczeniem (w j. polskim i angielskim). W rozdziale wprowadzającym Doktorantka omówiła koncepcje ekonomicznego spektrum roślin (*plant economics spectrum*, PES) i ekonomicznego spektrum kwiatów (*flower economics spectrum*, FES), a także przedstawiła informacje dotyczące możliwego wykorzystania cech reprodukcyjnych roślin w

badaniach z zakresu ekologii funkcjonalnej oraz ograniczenia związane z poprawną interpretacją zmienności tych cech związane z brakiem reprezentatywnej ilości danych w skali globalnej. Doktorantka postawiła cztery hipotezy badawcze dotyczące zmienności cech reprodukcyjnych roślin drzewiastych, ich skorelowania z filogenezą oraz powiązania z innymi cechami reprezentującymi globalne spektrum form i funkcji roślin, m.in. stosowanych w odniesieniu do dostępności zasobów. W rozdziale trzecim Doktorantka opisała, moim zdaniem zbyt obszernie, teren badań, którym był obszar Arboretum w Kórniku oraz przedstawiła informacje o danych, które były gromadzone w celu przeprowadzenia analiz statystycznych. W dalszej kolejności omówiona została metodyka określenia zmienności badanych cech na poziomie międzygatunkowym i osobniczym, a także przedstawiono proces oszacowania korelacji tych cech z filogenezą oraz sposób ewaluacji związku badanych parametrów z koncepcją ekonomicznego spektrum roślin. Dobór metod badawczych uważam za właściwy w odniesieniu do weryfikacji postawionych hipotez. Syntetyczne omówienie uzyskanych wyników badań zostało przedstawione w rozdziale czwartym. W podrozdziałach tej części rozprawy Doktorantka skonfrontowała otrzymane wyniki analiz z wcześniej postawionymi hipotezami przedstawiając dane dotyczące (1) stopnia korelacji cech reprodukcyjnych i ich zmienności z filogenezą, (2), porównania zmienności cech reprodukcyjnych na poziomie wewnątrzosobniczym i międzygatunkowym, (3) porównania wewnątrzosobniczej zmienności cech reprodukcyjnych względem cech bardziej zależnych od dostępności zasobów (performance-related traits), oraz (4) zależności pomiędzy cechami reprodukcyjnymi a powszechnie wykorzystywanymi cechami reprezentującymi globalne spektrum form i funkcji roślin. W piątym rozdziale rozprawy Doktorantka podsumowała wyniki analiz oraz zaprezentowała wnioski z przeprowadzonych prac badawczych wskazując na znaczny potencjał cech kwiatów i owoców w badaniach z zakresu ekologii funkcjonalnej. Zamieszczona na końcu rozprawy bibliografia liczy ponad 50 pozycji literaturowych, głównie anglojęzycznych artykułów naukowych. Do rozprawy załączono oświadczenia Doktorantki i współautorów prac o ich indywidualnym wkładzie w przygotowanie publikacji.

W głównym tekście rozprawy doktorskiej nie umieściła materiałów ilustracyjnych. Szata graficzna trzech artykułów przedstawiających wyniki badań została odpowiednio dobrana, jednak surowe dane umożliwiające weryfikację przeprowadzonych analiz statystycznych nie zostały udostępnione przez autorów w formie materiału uzupełniającego do opublikowanych prac.

Ocena merytoryczna rozprawy

Wyniki badań Doktorantka zaprezentowała w formie trzech artykułów. Dwie prace przygotowała wyłącznie we współpracy z Promotorem, natomiast jedna publikacja jest trójjautorska. Wszystkie artykuły zostały wydane przez renomowane czasopisma naukowe - Global Ecology and Conservation (Impact Factor = 3.5, Q1 Ecology), Ecology and Evolution (Impact Factor = 2.3, Q1 Ecology), oraz Forests (IF = 2.4, Q1 Forestry).

Jak wynika z oświadczeń doktorantki oraz współautorów, Pani mgr inż. Paż-Dyderska miała wiodący udział (80-90%) w tworzeniu wszystkich trzech publikacji, od opracowania koncepcji i metodyki badań, przez analizę i interpretację wyników, po przygotowanie i redagowanie manuskryptów. Na uznanie zasługuje fakt, że Doktorantka pozyskała fundusze na prowadzone badania z Narodowego Centrum Nauki w ramach konkursu Preludium (grant 2020/37/N/NZ8/00387), a także uzyskała wsparcie finansowe Instytutu Dendrologii PAN w ramach Funduszu Badań Własnych (2021/01/ZB/FBW/00003) oraz ze środków na działalność statutową.

Pierwsza opublikowana przez Doktorantkę praca pt. „Intra- and Interspecific Variability of Non-Structural Carbohydrates and Phenolic Compounds in Flowers of 70 Temperate Trees and Shrubs” dotyczyła zmienności osobniczej i międzygatunkowej oraz siły sygnału filogenetycznego dwóch parametrów chemicznych kwiatów, które wcześniej nie były badane w ramach analiz cech funkcjonalnych roślin, tj. zawartość związków fenolowych (total phenolic compounds, TPh) oraz węglowodanów niestrukuralnych (total non-structural carbohydrates, TNC). Do analiz prowadzonych na 70 gatunkach drzew i krzewów włączono również dane dotyczące zawartości węglowodanów rozpuszczalnych oraz skrobi. Ponadto, zweryfikowano zróżnicowanie tych cech w kwiatach pobranych z różnych części koron drzew cechujących się odmiennymi warunkami dostępności światła. Autorzy publikacji wykazali umiarkowany sygnał filogenetyczny dla TPh. Zgodnie z przeprowadzonymi analizami statystycznymi, cechy kwiatowe nie wykazywały znaczących różnic wynikających z dostępności światła w różnych częściach roślin.

Kontynuując analizę cech kwiatowych Doktorantka zebrała dane dotyczące kolejnych sześciu cech ilościowych – zawartości węgla i azotu oraz wzajemnych proporcji tych pierwiastków, a także długości i szerokości kwiatu oraz suchej biomasy. Wyniki analiz dotyczących tych parametrów przeprowadzone na 79 gatunkach roślin drzewiastych

opublikowano w pracy zatytułowanej „Low intra-canopy variability of floral traits in temperate woody plants”. Ponownie, poza weryfikacją zmienności badanych cech określono siłę ich sygnału filogenetycznego oraz określono wpływ warunków świetlnych na wartości poszczególnych cech. Największą zmienność międzygatunkową autorzy publikacji stwierdzili w obrębie parametrów związanych z wielkością kwiatów, tj. suchą biomasą oraz długością i szerokością kwiatów. Znacznie mniejsze zróżnicowanie wykazano dla parametrów chemicznych. Statystycznie istotny sygnał filogenetyczny został stwierdzony dla wszystkich badanych przez Doktorantkę cech. Ponownie nie wykryto znaczących różnic w badanych parametrach kwiatów zebranych z różnych części drzew o odmiennych warunkach dostępności światła.

Ostatnia z zaprezentowanych przez Doktorantkę publikacji zatytułowana "Potential of reproductive traits in functional ecology: A quantitative comparison of variability in floral, fruit, and leaf traits" zawiera wyniki analiz aż 16 cech funkcjonalnych roślin – 12 związanych z kwiatami i owocami oraz czterech związanych z liśćmi. Przeprowadzone badania wskazały, że największa zmienność międzygatunkowa obserwowana jest w obrębie suchej masy kwiatów i owoców, natomiast najmniejsze zróżnicowanie wykazano dla zawartości węgla w kwiatach i liściach. Doktorantka nie potwierdziła w swoich analizach, że cechy kwiatów i owoców wnoszą zupełnie nową informację do globalnego spektrum cech używanych w pracach z zakresu ekologii funkcjonalnej roślin.

Przeprowadzone przez Doktorantkę badania stanowią interesujący wkład w rozwój ekologii funkcjonalnej, jednak możliwość włączenia analizowanych cech reprodukcyjnych roślin do szerszych badań jest znacząco ograniczona. Należy zaznaczyć, że materiał badawczy stanowiły osobniki rosnące w Arboretum w Kórniku, a w związku z tym zbadana zmienność cech kwiatów i owoców dotyczy bardzo wąskiego spektrum siedliskowego. Trudno zatem wnioskować, czy cechy wskazane przez Doktorantkę jako wykazujące zmienność międzygatunkową faktycznie będą użyteczne przy uwzględnieniu szerszego spektrum osobników rosnących w odmiennych warunkach siedliskowych, szczególnie w przypadku gatunków o szerokich zasięgach geograficznych. Jednocześnie, część analizowanych taksonów to gatunki obcego pochodzenia, których zmienność może kształtować się odmiennie na obszarach rodzimych. Zastanawia mnie również opinia Doktorantki na temat możliwości zastosowania cech reprodukcyjnych roślin drzewiastych w badaniach z zakresu ekologii funkcjonalnej w lasach tropikalnych, które stanowią około 45% globalnej pokrywy leśnej. W

licznych ekosystemach na obszarach okołorównikowych zwarta warstwa wysokich drzew, których pnie są gęsto porośnięte przez epifity naczyniowe praktycznie uniemożliwia pobranie kwiatów i owoców bezpośrednio z badanego osobnika.

Drugim bardzo istotnym ograniczeniem w praktycznym zastosowaniu cech reprodukcyjnych badanych przez Doktorantkę jest brak analizy zmienności wewnątrzgatunkowej tych parametrów. Próbkę pobierane były z pojedynczych osobników i chociaż pochodziły one z części roślin o różnym stopniu nasłonecznienia, to nie oddają one w żadnym stopniu zmienności, która mogłaby zostać zaobserwowana po przebadaniu wielu osobników badanych gatunków z różnych regionów geograficznych czy występujących w odmiennych warunkach siedliskowych. Nierozpoznana pozostaje również wewnątrzpopulacyjna zmienność analizowanych cech. Jest to znaczące ograniczenie uniemożliwiające na tym etapie szersze zastosowanie parametrów wskazanych przez Doktorantkę w badaniach z zakresu ekologii funkcjonalnej.

Niezależnie od wyżej wymienionych ograniczeń przeprowadzonych analiz, bardzo wysoko oceniam badania przeprowadzone przez Doktorantkę oraz jakość uzyskanych przez nią wyników. Uważam, że przedstawione rezultaty analiz można traktować jako pilotażowe i dające wskazówkę do dalszych dociekań w zakresie poszukiwania cech użytecznych w rozwoju ekologii funkcjonalnej.

Za najważniejsze osiągnięcia Doktorantki opisane w rozdziałach rozprawy uważam:

- określenie zmienności osobniczej i międzygatunkowej 20 cech funkcjonalnych (10 kwiatowych, 6 owoców, 4 liści) roślin drzewiastych,
- wykazanie znaczącego sygnału filogenetycznego dla ośmiu cech badanych u roślin drzewiastych,
- wykazanie stabilności badanych cech morfologicznych w różnych warunkach dostępności światła (w obrębie jednego osobnika).

Wnioski końcowe

W mojej opinii rozprawa doktorska mgr inż. Soni Paż-Dyderskiej stanowi znaczne osiągnięcie naukowe. Jest to jedno z nielicznych tak szerokich opracowań zmienności cech reprodukcyjnych roślin drzewiastych, które w przyszłości może posłużyć do opracowania modeli obecnego i przyszłego funkcjonowania ekosystemów, co jest szczególnie istotne w kontekście obserwowanych zmian klimatu.

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Soni Paż-Dyderskiej **spełnia warunki** określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.) i wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Dendrologii Polskiej Akademii Nauk o dopuszczenie Pani mgr inż. Soni Paż-Dyderskiej do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.

.....*kolonauka*.....