

dr hab. Katarzyna Marcysiak, prof. uczelni
Katedra Biologii Ewolucyjnej
Wydział Nauk Biologicznych
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego
Al. Ossolińskich 12
85-093 Bydgoszcz

Bydgoszcz 15.11.2024 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Soni Paż-Dyderskiej: Cechy reprodukcyjne roślin drzewiastych jako narzędzie ekologii funkcjonalnej: analiza zmienności i potencjału.

Podstawą do wykonania niniejszej recenzji jest uchwała nr 14/2024 Rady Naukowej Instytutu Dendrologii Polskiej Akademii Nauk w Kórniku, której ustalenia przekazał mi Zastępca Przewodniczącego Rady, dr hab. Tomasz Leski, prof. ID PAN, w piśmie z dnia 9 października 2024. Przedstawiona mi do recenzji rozprawa została wykonana w Instytucie Dendrologii PAN. Promotorem jest prof. dr hab. inż. Andrzej M. Jagodziński.

Rozprawa została oparta o trzy publikacje:

1 – Paż-Dyderska S., Jagodziński A.M. 2024. Low intra-canopy variability of floral traits in temperate woody plants. Opublikowana w *Global Ecology and Conservation* 54, czasopiśmie o Impact Factor równym 4,1 i punktacji zgodnie z Załącznikiem do komunikatu Ministra Edukacji i Nauki z dnia 5 stycznia 2024, wynoszącej 100 punktów;

2 - Paż-Dyderska S., Żytkowiak R., Jagodziński A.M. 2022. Intra- and Interspecific Variability of Non-Structural Carbohydrates and Phenolic Compounds in Flowers of 70 Temperate Trees and Shrubs. Opublikowana w *Forests*, czasopiśmie o Impact Factor równym 2,7 i punktacji wynoszącej 100 punktów;

3 – Paż-Dyderska S., Jagodziński A.M. 2024. Potential of reproductive traits in functional ecology: A quantitative comparison of variability in floral, fruit, and leaf traits. Opublikowana w *Ecology and Evolution* o Impact Factor równym 2,9 i punktacji 100.

Trzy artykuły łącznie dają zatem łączną punktację równą 300 oraz sumaryczny IF wynoszący 9,7, co należy uznać za znaczący dorobek na tym etapie rozwoju naukowego. Wkład

Doktorantki w powstanie publikacji jest znaczny i wynosi odpowiednio 90%, 80% i 90%. Autorka deklaruje, że w przypadku każdej publikacji brała udział w opracowaniu koncepcji i metodyki badań, przeglądzie literatury, zbiorze danych w terenie, opracowaniu wyników i ich analizie statystycznej, przygotowaniu manuskryptu oraz jego korekty po uzyskaniu recenzji. Była także autorką korespondencyjną.

Do finansowania badań Doktorantka pozyskała grant Preludium nr 2020/37/N/NZ8/00387 pt. „Jak lepiej opisać funkcjonowanie gatunków w ekosystemie? Cechy reprodukcyjne i ich potencjał w ekologii funkcjonalnej roślin”, a także środki w ramach zadania badawczego nr 2021/01/ZB/FBW/00003 pt. „Słodko-gorzkie życie kwiatów. Zmienność zawartości cukrów i fenoli w kwiatach drzew i krzewów strefy klimatu umiarkowanego”, sfinansowanego przez Instytut Dendrologii PAN w ramach Funduszu Badań Własnych oraz w ramach badań statutowych Instytutu Dendrologii PAN.

Przedstawiona mi do recenzji rozprawa stanowi opracowanie składającej się z dwóch głównych części: polskojęzycznego omówienia oraz załączników, czyli trzech wyżej wymienionych publikacji w języku angielskim. Doktorantka rozpoczyna pracę od licznych podziękowań, po czym następuje lista publikacji składających się na rozprawę, angielskojęzyczny abstrakt oraz streszczenie w języku polskim. Samo opracowanie podzielone jest na klasyczne części, czyli: Wstęp, Cele i hipotezy, Materiał i metody, Główne wyniki pracy, przy czym dwa ostatnie rozdziały podzielono na logiczne podrozdziały. Pracę kończą Podsumowanie i wnioski oraz Literatura (bardziej odpowiednie byłoby określenie Literatura przedmiotu albo Piśmiennictwo). Ten prawidłowy układ opracowania jest bardzo przejrzysty, co ułatwia lekturę. Całość zajmuje 21 stron, a bez spisu literatury, liczącego 56 pozycji, 15 stron. Doktorantka potrafi pisać w sposób zwarty i syntetyczny, co stanowi niewątpliwie zaletę podczas tworzenia artykułów naukowych. Po części polskojęzycznej następują oświadczenia kierującego pracą i autorki pracy, oraz oświadczenia wszystkich autorów określające ich udział w kolejnych publikacjach.

Ocena naukowej wartości pracy

Doktorantka podjęła się określenia możliwości zastosowania cech reprodukcyjnych w badaniach z zakresu ekologii funkcjonalnej. Cechy organów reprodukcyjnych uznawane są za bardziej stałe i mniej zależne od wpływów środowiska, za to niosące informacje o filogenezie. Pomimo oczywistej, wydawałoby się, wartości tych cech, pozostają one niedostatecznie zbadane i rzadko wykorzystywane w analizach z zakresu ekologii. Brak danych dla tych cech w bazach, w przeciwieństwie do licznie reprezentowanych cech

wegetatywnych. Powodem na pewno jest, między innymi, określony, zwykle niezbyt długi, okres kwitnienia roślin, a w przypadku gatunków wytwarzających owoce mięsiste, również ich owocowania, co wymaga znacznej dyscypliny badaczy podczas zbioru materiału. Badania Doktorantki odpowiadają na istotną potrzebę zwiększenia ilości informacji o cechach generatywnych, określenia możliwości ich zastosowania w badaniach i tworzą zaczątek bazy danych. Podjęcie tej tematyki jest zatem uzasadnione, a osiągnięte wyniki – istotne dla rozwoju nauki.

Doktorantka dobrze rozumie potrzebę podjętych badań i dobrze to tłumaczy w pierwszym rozdziale pracy, czyli Wstępie. Wprowadza i wyjaśnia pojęcie „cech funkcjonalnych” i omawia ich rodzaje. Tłumaczy poziomy zmienności – gatunkowy, wewnątrzgatunkowy i wewnątrzsobniczy i wskazuje na ich znaczenie w badaniach. Rozdział jest dobrze napisany i zwarty, a szersze informacje wprowadzające znaleźć można w poszczególnych publikacjach składających się na dyzertację.

W drugim rozdziale: „Cele i hipotezy”, znajdujemy dwa prosto sformułowane cele pracy: przeanalizowanie zmienności wybranych cech reprodukcyjnych na poziomie międzygatunkowym i wewnątrzsobniczym oraz określenie potencjału tych cech w rozwoju ekologii funkcjonalnej. Autorka stawia cztery hipotezy robocze, zakładając, że cechy reprodukcyjne będą silnie powiązane z filogenezą (H1), cechy reprodukcyjne będą charakteryzowały się mniejszą zmiennością na poziomie wewnątrzsobniczym niż międzygatunkowym (H2), cechy reprodukcyjne będą charakteryzowały się mniejszą zmiennością na poziomie wewnątrzsobniczym i międzygatunkowym cechy związane z dostępnością zasobów (H3) oraz, że cechy reprodukcyjne będą powiązane z innymi, powszechnie wykorzystywanymi cechami reprezentującymi globalne spektrum form i funkcji roślin (H4).

Rozdział trzeci omawiający materiały i metody, podzielony jest na trzy podrozdziały, przybliżające teren badań, zbiór danych oraz metody statystyczne zastosowane w pracy. Terenem badań jest największe w Polsce Arboretum należące do Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku. Trzeba pochwalić chęć i umiejętność wykorzystania tak bogatego źródła wiedzy. Podrozdział krótko przybliży historię Arboretum. Ponadto Autorka dobrze uzasadnia, że jest to obiekt właściwy do prowadzenia zaplanowanych badań. Dłuższy jest podrozdział: „Zbiór danych”, w którym opisano zarówno sposób zbioru organów roślinnych, jak i ich mierzenia oraz określania zawartości badanych pierwiastków i związków. Na początku Autorka określa, że zbioru dokonano z 79 drzew – tu przydałoby się odniesienie do listy gatunków, chociaż

oczywiście znaleźć ją można w publikacjach 1 i 2. Ten i kolejne rozdziały napisany jest w pierwszej osobie liczby mnogiej („my”), co razi w pracy doktorskiej, którą Autorka powinna wykonać samodzielnie. Rozumiem, że jest to przeniesienie stylu z publikacji, których autorami były dwie lub trzy osoby. Niemniej rozprawa doktorska powinna być wykonana samodzielnie, i należy to zaznaczyć. Sposób zbioru kwiatów i owoców jest dokładnie opisany i prawidłowy. Mam tu jednak pewne wątpliwości dotyczące sposobu pomiaru, szczególnie cech kwiatów. Moje pytanie: jak wyznaczano długość i szerokość kwiatu? Czy zwracano uwagę na jego budowę? Bowiem, w przypadku kwiatów o wolnopłatkowej koronie, długość płatków składała się na pomiar szerokości kwiatu (np. *Magnolia*), a przy koronie zrosłopłatkowej, rurkowatej (np. *Weigela*) długość płatków informowała o długości kwiatu. Może w badaniach podjętych przez Doktorantkę nie jest to istotne, ale proszę o komentarz. Może też zastanawiać, dlaczego zbierano materiał tylko z jednego drzewa każdego gatunku. Odpowiednie, i zadowalające, wyjaśnienia znalazły się w publikacjach i szkoda, że tu ich zabrakło. Stwierdziłam drobną nieścisłość – w rozdziale stwierdzono, że organy roślin pobierano przy pomocy sekatora na wysięgniku o długości 5 metrów, w publikacjach mowa o 6 metrach. Moje pewne wątpliwości budzi też wybór elementów, które mierzono jako kwiat, co omówię przy następnym rozdziale. Ostatni podrozdział traktuje o metodach statystycznych zastosowanych w pracy. Do analiz wykorzystano program R. Obliczone różnice we współczynnikach zmienności cech posłużyły do wykazania zmienności cech na poziomie międzygatunkowym, a na poziomie wewnątrzsobniczym wykorzystano współczynnik plastyczności. Zastosowano także test t-Studenta oraz analizę głównych składowych, na danych standaryzowanych. Ponadto Autorka pozyskała z baz danych informacje o podobieństwie filogenetycznym, a także dane cech innych, niż zastosowane w badaniach. Ze względu na braki w bazach, zastosowano metodę imputacji danych. Może trochę niepokoić zakres danych uzyskanych w ten sposób, ponieważ w przypadku cech owoców dotyczyło to ponad 58 % gatunków, a dla cechy SSD (specific stem density) nawet 62% (dane z publikacji 3). Niejmniej autorzy zapewniają, podpierając się stosowną pozycją bibliografii, że nawet takie wartości pozwalają na solidną analizę danych. Używanie w badaniach różnych baz i pakietów świadczy o biegłości Doktorantki w korzystaniu z wielu źródeł i różnych metod badawczych oraz o umiejętności ich świadomego, właściwego stosowania.

Rozdział czwarty, omawiający wyniki pracy, jest jasno skonstruowany. Składa się z czterech podrozdziałów odpowiadających postawionym hipotezom badawczym, i w każdym z nich

oddzielnie przedstawiono wyniki zawarte w publikacjach składających się na rozprawę doktorską. Badając związek cech reprodukcyjnych z filogenezą (hipoteza 1) Doktorantka wykazała istotny sygnał dla suchej masy oraz długości kwiatu. Przy olbrzymiej różnorodności struktury kwiatów, wykazanie tego związku jest bardzo interesujące. Zależność uzyskano także dla sumy związków fenolowych. Autorka stwierdza ponadto, że najsilniejszy sygnał uzyskano dla zawartości skrobi, ale wynik nie był istotnie statystyczny ze względu na wartość odstającą dla *Paulownia tomentosa*. Moje pytanie: czy próbowano określić ten związek usuwając paulownię ze zbioru danych?

Kolejna hipoteza (2) dotyczyła porównania zmienności cech reprodukcyjnych na poziomie wewnątrzgatunkowym i międzygatunkowym. W kolejnych publikacjach Doktorantka uzyskała ciekawe i przydatne wyniki mówiące o niewielkim wpływie światła na badane funkcjonalne cechy reprodukcyjne. Pozostaje jednak istotna kwestia, co traktowano jako kwiat. Na przykład Autorka pisze, że: „Długość kwiatu wynosiła od 0,68 mm (*Salix gracilistyla*) do 155,68 mm (*Davidia involucrata*), a szerokość od 0,61 mm (*Salix gracilistyla*) do 122,61 mm (*Magnolia tripetala*).” Wierzby rzeczywiście mają bardzo drobne kwiaty, zebrane w gęste kwiatostany, ale *Davidia* również ma niewielkie kwiaty zebrane w gęste główki, w których jest tylko jeden kwiat żeński, pozostałe są męskie, a całość podpiera duża, biała, efektowna podsadka, działająca jako powabnia i ta całość osiąga wymiary jakie podano w dyzertacji. Mamy tu zatem odmienne podejście do wyboru elementu podlegającemu mierzeniu jako kwiat. Analiza wielkości zmierzonych kwiatów w tabeli zamieszczonej w publikacji pierwszej przynosi więcej takich nieścisłości. W przypadku *Cornus* przebadano trzy gatunki. *Cornus* mają drobne kwiatki zebrane w gęste, i niezbyt duże, baldachy. Niektóre gatunki wykształciły ozdobne przysadki, które sprawiają, że kwiatostan przypomina pojedynczy kwiat, np. *Cornus florida*, którego długość określono na 38,9 mm, a szerokość – 35,5 mm. Dla pozostałych dwóch gatunków *Cornus* (*Cornus mas*, *Cornus officinalis*), które nie wytwarzają ozdobnych podsadek, oba wymiary wynosiły poniżej 10 mm. Zastanawiam się co zmierzono dla wyżej wymienionych gatunków? Pojedyncze kwiaty czy całe kwiatostany wraz z podsadkami? Próbę wyjaśnienia tej kwestii znajdujemy w publikacji 2, w której Autorka tłumaczy, że w przypadku drobnych, niepozornych kwiatów, do badań włączono cały kwiatostan, żeby uwzględnić wszystkie struktury kwiatowe, których funkcją jest przyciąganie zapylaczy. Tłumaczenie może wydać się przekonujące, ale jako przykłady wskazano rodzaj *Corylus* i dąb (*Quercus*), w których kwiaty są wiatropylne. Traktowanie kwiatostanu jako pewnej całości

przystosowanej do przyciągania zapylaczy można uznać za słuszne, ale rodzi to wiele problemów metodologicznych – kiedy uznać kwiat jako pojedynczy, a kiedy brać pod uwagę cały kwiatostan? Wspomniana już wyżej paulownia też ma kwiaty w kwiatostanach. Bardzo proszę o komentarz do całego tego zagadnienia i wyjaśnienie jak określano element, który podlegał pomiarom. Można też się zastanowić, co traktować jako owoc – np. co potraktowano jako owoc w przypadku magnolii? Nie rozumiem także, i tu proszę o wyjaśnienie – czy naprawdę maksymalna różnica między długością i szerokością kwiatów *Malus×hartwigii* z miejsca nasłonecznionego i zacienionego wyniosła, odpowiednio, ponad 58 i 82 mm, chociaż średnie wymiary są znacznie niższe? (Może źle zrozumiałam przyjętą tu metodę). W swoich badaniach Doktorantka ustaliła, że największą międzygatunkową zmienność miała sucha masa kwiatów i owoców, co nie dziwi przy ogromnym zróżnicowaniu ich form. Zastanawiam się nad słusznością jednakowego potraktowania kwiatów wiatro- i owadopylnych, tak samo jak owoców suchych i mięsistych. Czy rozpatrywano tę kwestię przy planowaniu badań? Tu także proszę o komentarz.

Kolejny podrozdział Wyników przedstawia porównanie wewnątrzsobniczej zmienności cech reprodukcyjnych względem cech bardziej zależnych od dostępności zasobów, które Autorka zamieściła w publikacji trzeciej (hipoteza 3). Wnioski stwierdzające większą stałość zawartości węgla w porównaniu ze zmiennością suchej masy kwiatów potwierdzają przyjęte założenia. Podobnie cenne jest ustalenie większej zmienności wewnątrzsobniczej specyficznej powierzchni liści w stosunku do cech kwiatów. Te osiągnięcia należy uznać za znaczące.

Ostatni podrozdział tej części pracy odnosi się do hipotezy zakładającej, że cechy reprodukcyjne będą powiązane z innymi, powszechnie wykorzystywanymi cechami reprezentującymi globalne spektrum form i funkcji roślin (H4), co Autorka udowadnia w publikacji 3. Wykazanie tych związków uzasadnia stosowanie cech generatywnych w badaniach ekologii funkcjonalnej, co jest kluczowym osiągnięciem pracy. Zastanawiać może wynik wskazujący na pozytywną korelację masy nasion z wymiarami i suchą masą owoców, ale rezultat ten jest odpowiednio przedyskutowany w publikacji.

Pracę kończy zwarte i przejrzyste podsumowanie, z wypunktowanymi wnioskami. Na zakończenie Doktorantka stwierdza, że osiągnięte przez nią wyniki wskazują na znaczny potencjał cech generatywnych i zachęcają do dalszych badań, z czym należy się zgodzić.

Trzy publikacje składające się na rozprawę zostały już opublikowane i w związku z tym pomyślnie przeszły proces recenzowania, ale mam tu drobne uwagi.

W publikacji pierwszej, w części dyskusji dotyczącej międzygatunkowej zmienności badanych cech kwiatów, nie do końca zgadzam się ze stwierdzeniem, że „Thus, maintaining low variability in these traits may reflect a strategy related to animal pollination, while for wind- or water-pollinated plants, variability may be more common.” Autorka oparła ten wniosek o wyniki opublikowane przez Cresswella (1998), który w swojej pracy zajął się zmiennością w obrębie gatunku (Stabilizing Selection and the Structural Variability of Flowers within Species), natomiast zmiennością międzygatunkową rządzą inne prawa. Wiatropylne kwiaty, np. w rodzinie Poaceae mają dość stałą budowę. Proszę o komentarz na ten temat.

W publikacji trzeciej, również w dyskusji (rozdział 4.1) Doktorantka słusznie zauważa, że na obserwowaną zmienność cech kwiatów wpływ ma przystosowania kwiatów do wiatro- bądź owadopylności. Ale jako przykłady gatunków o wiatropylnych kwiatach przywołuje dęby – słusznie, oraz sosny, które jako rośliny nagozalążkowe nie wytwarzają kwiatów, tu występują strobile. W rozdziale 4.2 Tej samej dyskusji rażą mnie nieco stwierdzenia dotyczące rozmieszczenia kwiatów w koronie drzewa. Autorka pisze o „intentional placement strategies” i „deliberate positioning of flowers”, co niezbyt szczęśliwe sugeruje przemyślane działania ze strony roślin.

Podsumowując należy stwierdzić, że Doktorantka wykonała olbrzymie zadanie, między innymi podczas zbioru materiału! Podjęła się zagadnienia stosunkowo nowego, dla którego brak jeszcze stosownych źródeł. W swojej próbie ujęcia wielkiej różnorodności kwiatów, obejmujących cały zakres systematyczny roślin dwuliściennych, od prymitywnych magnolii po kolkwicję z rodziny Caprifoliaceae (obecnie Adoxaceae) musiała czasem pójść na skróty, np. dotyczące sposoby określania kwiatów czy owoców, co na tym etapie rozwoju badań należy uważać za słuszne. Dzięki temu położyła podwaliny pod budowę baz danych dla cech reprodukcyjnych. Udowodniła możliwość zastosowania tych cech w badaniach. Osiągnęła zamierzone cele i pozytywnie zweryfikowała postawione na początku pracy hipotezy. Jej prace można uznać za pionierskie w swojej dziedzinie. Wskazują one możliwy kierunek badań innym naukowcom.

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska dr. inż. Soni Paż-Dyderskiej spełnia warunki określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.) i wnioskuje do Rady Naukowej Instytutu

Dendrologii Polskiej Akademii Nauk o dopuszczenie mgr inż. Soni Paż-Dyderskiej do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.

Jednocześnie wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr inż. Soni Paż-Dyderskiej. Praca ta wyróżnia się znaczeniem postawionego problemu badawczego, odwagą w prowadzeniu pionierskich badań, doskonałym zaplanowaniem i przeprowadzeniem badań oraz cennymi wynikami, które zostały opublikowane w doskonałych czasopismach.

Władysław Kuczyński