



Katowice, 29 maja 2023 r.

Imię i nazwisko kandydata: mgr **Mateusz Sebastian Wala**
Tytuł rozprawy doktorskiej:

Wpływ typu gleb i pierwiastków na kiełkowanie i wzrost roślin piaszczystych muraw bezwapiennych i kserotermicznych muraw wapieniolubnych

Promotor: dr hab. Jeremi Kołodziejek, prof. UŁ

Recenzent: dr hab. Gabriela Woźniak, prof. UŚ
Uniwersytet Śląski w Katowicach
Wydział Nauk Przyrodniczych
Instytut Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska
Zespół Geobotaniki i Funkcjonowania Ekosystemów

RECENZJA

pracy doktorskiej Pana Mgr. **Mateusza Sebastiana Wala** pod tytułem „*Wpływ typu gleb i pierwiastków na kiełkowanie i wzrost roślin piaszczystych muraw bezwapiennych i kserotermicznych muraw wapieniolubnych*”, wykonanej w Katedrze Geobotaniki i Ekologii Roślin i Ochrony Środowiska Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego pod kierunkiem Pana Promotora dr hab. Jeremiego Kołodziejka, prof. UŁ.

Ocena formalna rozprawy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska jest maszynopisem liczącym 190 stron wraz z załącznikami. Tekst składa się z numerowanych rozdziałów prezentujących: Finansowanie badań, Wykaz artykułów naukowych nie wchodzących w skład rozprawy doktorskiej, Streszczenie, Abstrakt, Wprowadzenie, Uzasadnienie badań, Cele Pracy oraz Ogólne Hipotezy Badawcze, Materiał i metody, Szczegółowe omówienie wyników, Dyskusja, Wnioski, Literatura.

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska jest zbiorem czterech publikacji wydanych w uznanych czasopismach naukowych. Pierwszy artykuł pt. Wala, M.*, Kołodziejek, J., Mazur, J., Patykowski, J., 2020. Differences in iron acquisition strategies of calcicole plant species from xerothermic grasslands. *Geoderma* 377, 114572. DOI: 10.1016/j.geoderma.2020.114572, Praca oryginalna, IF2020: 6,114, MEiN2020: 200, druga praca to publikacja: Wala, M.*, Kołodziejek, J., Mazur, J., 2023.



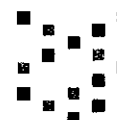


The diversity of iron acquisition strategies of calcifuge plant species from dry acidic grasslands. *Journal of Plant Physiology* 280, 153898. DOI: 10.1016/j.jplph.2022.153898, Praca oryginalna, IF2021: 3,686, MEiN2023: 100; trzeci artykuł to: Wala, M.*, Kołodziejek, J., Mazur, J., Cienkowska, A., 2021. Reactions of two xeric-congeneric species of *Centaurea* (Asteraceae) to soils with different pH values and iron availability. *PeerJ* 9, e12417. DOI: 10.7717/peerj.12417, Praca oryginalna, IF2021: 3,061, MEiN2021: 100; czwarta praca: Wala, M.*, Kołodziejek, J., Wilk, T., 2022. Acidity and availability of aluminum, iron and manganese as factors affecting germination in European acidic dry and alkaline xerothermic grasslands. *PeerJ* 10, e13255. DOI: 10.7717/peerj.13255, Praca oryginalna, IF2021: 3,061, MEiN2022: 100. Wszystkie prace są współautorskie, co jest domeną współczesnej nauki, zwłaszcza gdy dorobek publikowany jest w światowych prestiżowych periodykach naukowych. Pan Wala jest pierwszym autorem. Wedle oświadczeń autorów **Doktorant** miał dominujący udział w powstawaniu powyższych prac.

Problem badawczy podjęty w pracy doktorskiej mieści się tematycznie w zakresie ekologii roślin, botaniki, wpisuje się w przedmiot badań biologii środowiskowej. Stanowi zatem formalnie podstawę rozprawy doktorskiej w dyscyplinie nauki biologiczne. Problem badawczy podjęty w pracy jest bardzo ważny i aktualny z dwóch powodów. Po pierwsze badania obejmowały bardzo szczegółowe i przekrojowe badania mające na celu poznanie ekologii, a więc relacji między wybranymi gatunkami kserotermicznymi a warunkami siedliska, w jakim występują. Po drugie Autor odniósł się do kluczowego zagadnienia ontologicznego w badaniach nad istotą struktury roślinności, jakim jest koncepcja indywidualistyczna i holistyczna. W swoich badaniach Doktorant wskazał na potrzebę rozpatrywania ekologii wielogatunkowych zbiorowisk roślinnych przez pryzmat ekologii, a zwłaszcza ekofizjologii gatunków, które je budują.

Zakres badań i ocena zastosowanej metodyki

Skład gatunkowy i uwarunkowania siedliskowe muraw bezwapiennych i kserotermicznych muraw wapieniolubnych stanowią od dawna przedmiot zainteresowań botaników, geobotaników, jak również ekofizjologów. Zainteresowanie to wynika z bardzo specyficznych warunków siedliskowych, które w efekcie doprowadziły do zrzeszania się gatunków roślin najlepiej, **optymalnie przystosowanych do specyficznych warunków, zasadniczo odmiennych i określonych dla obu typów roślinności.**



Autor w pracy doktorskiej skoncentrował się na różnych aspektach analiz związanych z **niedoborami żelaza, w relacji do wybranych innych pierwiastków, jako głównego źródła ograniczeń, w jakich rośliny kiełkują, rozwijają się i rosną na glebach (zasadowych) w obu typach zbiorowisk.** Pomimo licznych prac, etiologia tychże niedoborów (objawiających się zazwyczaj w postaci chloroz między nerwowych) jest niejasna, co przyczyniło się do utrwalenia pojęcia tzw. „paradoksu chlorozy zależnej od żelaza”. Ponadto podatność na niedobory żelaza oraz ich przyczyny i skutki dla roślin występujących w obrębie piaszczystych muraw bezwapiennych, oraz kserotermicznych muraw wapieniolubnych (skrajnie różnych pod względem odczynu i dostępności żelaza) pozostawały w znaczącej mierze niezbadane.

W związku z powyższym, celem recenzowanej pracy było:

Zbadanie relacji między wymaganiami osobników 12 gatunków roślin naczyniowych występujących w płatach roślinności piaszczystych muraw bezwapiennych i kserotermicznych muraw wapieniolubnych względem odczynu gleby a wymaganiami względem dostępności żelaza.

Określenie częstości występowania chlorozy zależnej od obecności jonów żelaza dla badanych gatunków oraz złożoności przyczyn jego niedoborów.

Określenie wpływu gleby, parametrów chemicznych czynników edaficznych, które różnicują warunki siedliskowe obu typów muraw, na zdolność wykiełkowania nasion 20 gatunków roślin naczyniowych z piaszczystych muraw bezwapiennych i kserotermicznych muraw wapieniolubnych.

Autor realizował cele w ścisłym połączeniu z testowanymi hipotezami:

H1 W obrębie obu badanych typów muraw występują gatunki o preferencjach znanych z ogólnej wiedzy o badanych siedliskach, tj.: gatunki kwasolubne (kalcyfoby) – występujące w obrębie piaszczystych muraw bezwapiennych – preferują glebę kwaśną, a gatunki zasadolubne (kalcyfile) – występujące w obrębie kserotermicznych muraw wapieniolubnych – preferują glebę zasadową, oraz ich wymagania względem dostępności żelaza są zgodne z dostępnością tegoż pierwiastka w glebie optymalnej dla wzrostu, tj. gatunki kwasolubne wymagają więcej żelaza niż gatunki zasadolubne.

H2 Gatunki kwasolubne (niedopasowane do gleb o odczynie zasadowym) są bardziej podatne na rozwój chlorozy zależnej od niedoboru żelaza na glebie zasadowej niż gatunki zasadolubne (dopasowane do gleb o odczynie zasadowym), a dysfunkcja ta powodowana jest więcej niż jednym czynnikiem, co oznacza, że etiologia niedoboru ma charakter złożony.



H3 Stres powodowany skrajnymi warunkami glebowymi występuje zarówno u gatunków kwasolubnych, jak i zasadolubnych, a stres powodowany niedoborem

żelaza realizowany jest na poziomie aparatu fotosyntetycznego i związany jest również ze zmianami w aktywności enzymatycznego systemu antyoksydacyjnego (gatunki kwasolubne) lub metabolizmem (gatunki zasadolubne) badanych gatunków.

H4 Tolerancja badanych gatunków względem dostępności żelaza, manganu, glinu oraz odczynu, jako element strategii kiełkowania badanych gatunków, jest dostosowana do warunków edaficznych występujących w obrębie badanych muraw, tj. gatunki kwasolubne będą tolerowały wyższe stężenia żelaza, manganu i glinu niż gatunki zasadolubne, przy czym jednocześnie gatunki kwasolubne będą bardziej tolerancyjne względem kwaśnego odczynu medium oraz żelaza i manganu w formie jonowej, a gatunki zasadolubne będą bardziej tolerancyjne w stosunku do zasadowego odczynu podłoża oraz żelaza i manganu w formie chelatów. Autor przewiduje, że powyższe preferencje będą związane z wartością liczby wskaźnikowej Ellenberga w odniesieniu do parametru odczynu (EIV R) i/lub masy diaspor.

Do badań nad reakcjami roślin na rodzaj gleby i dostępności żelaza w glebie zasadowej wykorzystano dwa reprezentatywne typy gleb: kwaśną glebę bielicową i zasadową rędzinę właściwą. Na uwagę zasługuje fakt, że w badaniach uwzględniono szerokie zróżnicowanie taksonomiczne gatunków, dzięki czemu zredukowano ryzyko błędu związanego z ekstrapolacją wniosków wyciągniętych z badań nad ekologią ograniczonej liczby gatunków na ekologię zbiorowisk. Ponadto Autor przyjął szereg kryteriów wyboru badanych gatunków, podstawowy, jakim jest ich występowanie w obrębie piaszczystych muraw bezwapiennych lub kserotermicznych muraw wapieniolubnych, kolejnym jest wieloletni lub przynajmniej dwuletni typ wzrostu oraz łatwość uzyskania odpowiedniej biomasy osobników, jak również łatwość w pozyskaniu potrzebnej dużej ilości diaspor z jednego sezonu wegetacyjnego. Przynależność osobników badanych gatunków do roślin dwuliściennych podyktowana była ogólnym podobieństwem strategii poboru żelaza. Z tego samego powodu z badań wyłączono osobniki gatunków roślin z rodziny Fabaceae Lindl., które nawiązują symbiozę z bakteriami wiążącymi azot atmosferyczny, a mikroorganizmy te mają dużo wyższe zapotrzebowanie na dostępność żelaza.





Doktorant przeprowadził badania w układach doświadczalnych, zakładając pobudzenie poboru żelaza przez rośliny, w wyniku zwiększenia zawartości i dostępności żelaza w glebie. Wykorzystano żelazo w formie chelatu, co pozwoliło na uniknięcie konieczności interpretacji wyników w kontekście zakwaszenia ryzosfery przez badane rośliny.

Doktorant w badaniach laboratoryjnych wykorzystał związek kompleksujący (chelator) kwas N,N'-di(2-hydroksybenzylo)-etylenodiamino-N,N'-dioctowy (HBED). Należy on do grupy syntetycznych ligandów acyklicznych do innych pierwiastków (umożliwia założenie, że po pobraniu żelaza z chelatu przez roślinę, chelator ten będzie dążył do dalszego kompleksowania żelaza). Charakteryzuje się on wysoką stabilnością chelatacji w szerokim zakresie wartości pH (umożliwiająca odtworzenie warunków wysoce zbliżonych do naturalnych). Ponadto, żelazo w Fe-HBED występuje na trzecim stopniu utlenienia, co oznacza, że musi ono przejść przez kluczowy etap redukcji enzymatycznej w trakcie poboru przez roślinę. Przybliża to układ doświadczalny do warunków naturalnych. **Bardzo interesujące jest, czy i które elementy układu doświadczalnego odbiegają od warunków, jakie panowałyby na poletkach, gdyby eksperyment prowadzony był w terenie.**

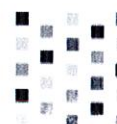
Doktorant wykorzystał w pracy dwie metody doświadczalne:

1. Polowe doświadczenie doniczkowe – częściowo kontrolowane.

Pozwoliło ono na prowadzenie badań nad roślinami w warunkach czasowej zmienności czynników zewnętrznych przy jednoczesnym znaczącym ograniczeniu zmienności przestrzennej tychże warunków. Jak **Doktorant** słusznie zaznacza, podejście takie pozwala na ujednolicenie początkowych warunków doświadczenia i ich przestrzennej zmienności (ta sama objętość i jednorodność substratu, jakość i ilość światła, temperatura, dostępność wody, skład atmosfery i czynniki regulujące ewapotranspirację), co przekłada się na większą homogenność uzyskanych wyników niż dla doświadczeń prowadzonych w gruncie. Jednocześnie, zapewniona zostaje powtarzalność i odtwarzalność prowadzonych badań i obserwacji. Jak **Doktorant** trafnie zauważa, podczas doświadczeń polowych istnieje możliwość zaistnienia nieprzewidywalnej zmienności czasowej głównych czynników środowiska, tj. temperatury, oświetlenia i składu atmosfery.

2. Laboratoryjne doświadczenie szalkowe – ściśle kontrolowane.

Pozwoliło na przeprowadzenie regulowanej inkubacji i pełną kontrolę nad czynnikami, a przez to sprawdzenie zdolności nasion do kiełkowania. Kontroli podlegały wszystkie główne czynniki wpływające na kiełkowanie: fototermoperiod, wilgotność, parametry podłoża i medium oraz natężenie czynników badanych. Dzięki powyższemu można uniknąć interferencji z niekontrolowanym działaniem czynników zewnętrznych.

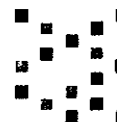




Jak zauważa **Doktorant**, kontrolując rodzaj podłoża oraz medium, w którym zachodzi proces kiełkowania, unika w ten sposób problemu wpływu złożonego układu, który może powodować, że synergiczne powiązania (pozostające poza kontrolą) różnych czynników w glebie może oddziaływać na przebieg procesów biologicznych. Umożliwia to interpretację wyników w kontekście czynnika zaburzającego oraz stanu fizjologicznego nasion. Ponadto, wyrównanie doświadczenia pozwala na porównawczą interpretację zjawisk w kontekście czasowym. Nasuwa się pytanie, w jakim zakresie **Doktorant** przewiduje powtarzalność wyników w warunkach płatu roślinności obu badanych typów muraw.

W pracy **Doktorant** wykorzystał pięć technik analitycznych:

1. Metody wagowe – techniki ilościowego określenia masy organów roślin oraz stosunków masowych. Określenia masy suszonej powietrznie lub termicznie pozwalają na określenie odpowiednio powietrznie suchej masy, lub suchej masy próby badanej.
2. Laserowy skanining optyczny – wykorzystany dla ilościowego określania powierzchni obiektów. Metoda oparta jest o wysokorozdzielczą rejestrację intensywności odbitego światła laserowego. Metoda oparta o wykorzystanie światła czerwonego ($\lambda = 675 \text{ nm}$).
3. Spektrofluorymetria – technika z zakresu spektroskopii molekularnej pozwala na ilościowy pomiar intensywności światła oddanego z próby w procesie zaniku promienistego w wyniku przejścia elektronów ze stanu wzbudzenia do stanu podstawowego. Metoda spektrofluorymetryczna oparta o rejestrację intensywności fluorescencji chlorofilu mierzonej przy dwóch długościach fali emisji ($\lambda_1 = 700 \text{ nm}$ i $\lambda_2 = 735 \text{ nm}$) pozwala na ilościowy pomiar zawartości chlorofilu w przeliczeniu na jednostkę powierzchni. Technikę tę **Doktorant** wykorzystał do analizy zawartości chlorofilu w liściach. Metoda pozwala na rejestrację zmian w intensywności fluorescencji chlorofilu, a po podaniu pojedynczego impulsu światła wysycającego na liście adaptowane w ciemności (tzw. test OJIP), umożliwia ilościowy pomiar funkcjonowania fotoukładu II (PSII) oraz, pośrednio, informuje o warunkach, w których zachodzi fotosynteza. Technika ta została wykorzystana do analizy fluorescencji chlorofilu a w liściach.
4. Spektrofotometria – technika z zakresu spektroskopii molekularnej pozwala na badania widm elektronowych oraz ilościowy pomiar intensywności światła zaabsorbowanego przez próbę. Spektrofotometria UV-VIS pozwala na ilościowy pomiar stężenia analitów, dzięki wprost proporcjonalnej relacji między absorbancją jednorodnego roztworu, a jego stężeniem i grubością warstwy absorbującej światło monochromatyczne w zakresie ultrafioletu (UV) lub światła widzialnego (VIS).



Technika ta została przez **Doktoranta** wykorzystana do ilościowej analizy aktywności enzymów: dysmutazy nadtlenkowej, katalazy i peroksydazy, zawartości białka oraz zawartości metabolitów specjalistycznych: związków fenolowych, fenylopropanoidów, orto-dihydroksyfenoli, flawonoidów i flawan-3-oli i zdolności antyoksydacyjnej metodą FRAP.

5. Absorpcyjna spektrometria atomowa – technika z zakresu spektrometrii atomowej pozwalająca na ilościowy pomiar stężenia pierwiastków w próbce na podstawie zdolności swobodnych atomów do absorpcji promieniowania elektromagnetycznego w warunkach plazmy niskotemperaturowej. Zarówno płomieniowa absorpcyjna spektrometria atomowa, jak i elektrotermiczna absorpcyjna spektrometria atomowa pozwalają na określenie zawartości pierwiastków w badanym materiale roślinnym.
6. Ponadto **Doktorant** dodatkowo wykorzystał pomocniczo techniki analityczne do badań właściwości chelatów oraz badanych roztworów: pH-metria – technika z zakresu potencjometrii pozwalająca na ilościowy pomiar aktywności jonów wodorowych w roztworze poprzez oznaczenie siły elektromotorycznej ogniwa złożonego z elektrody wskaźnikowej i porównawczej zanurzonej w roztworze; Absorpcyjna spektroskopia podczerwieni z transformacją Fouriera (FT-IR) – technika z zakresu spektroskopii pozwalająca na jakościową i ilościową analizę prób poprzez analizę wyekstrahowanego dzięki transformacji Fouriera widma interferencyjnego próby; Chromatografia cieczowa z tandemową spektrometrią mas – technika z zakresu chromatografii pozwalająca na rozdzielanie mieszanin dzięki podziałowi składników mieszanin między fazę stacjonarną i mobilną układu chromatograficznego oraz na ilościową i jakościową analizę spektrometryczną tychże składników po rozdzieleniu na podstawie stosunku masy do ładunku ich naładowanych cząsteczek.

Ocena wyników pracy

Wyniki pracy przedstawione zostały w czterech pracach. W pracy zbadano łącznie 24 gatunki roślin naczyniowych. Badane gatunki reprezentują zbiorowiska roślinne (ekosystemy) muraw bezwapiennych i kserotermicznych muraw wapieniolubnych.

Wyniki pierwszej części badań nad roślinami kalcyfilnymi (opisane w pracy Wala, M., Mazur, J., Patkowski, J., 2020. Differences in iron acquisition strategies of calcicole plant species from xerothermic grasslands. *Geoderma* 377, 114572. DOI: 10.1016/j.geoderma.2020.114572) wyraźne wskazały, że podczas gdy *Salvia verticillata* i *Veronica teucrium* są gatunkami niewykazującymi objawów związanych z niedoborami żelaza, to *Aster amellus*, *Betonica officinalis* oraz *Prunella grandiflora* należą do grupy roślin, u których pojawienie się chlorozy związanej z obecnością żelaza ma najczęściej złożoną etiologię i wiąże się z licznymi negatywnymi reakcjami obserwowanymi w przebiegu procesów fizjologicznych.



Wyniki uzyskane w trakcie badań prowadzonych nad zróżnicowaniem reakcji na niedobory żelaza w obrębie roślin zaliczanych do kalcyfobów, zebrane podczas drugiego etapu badań (opisane w pracy Wala, M.*, Kołodziejek, J., Mazur, J., 2023. The diversity of iron acquisition strategies of calcifuge plant species from dry acidic grasslands. *Journal of Plant Physiology* 280, 153898. DOI: 10.1016/j.jplph.2022.153898) wskazały różnice między badanymi gatunkami z podziałem na podatne (*Antennaria dioica* i *Jasione montana*) oraz odporne (*Alyssum montanum*, *Hypochaeris radicata* i *Potentilla arenaria*) na niedobory żelaza. W tym przypadku chloroza również miała złożoną przyczynę i pociągała za sobą negatywne skutki na poziomie funkcjonalnym.

Dalsze badania nad gatunkami kongenerycznymi, występującymi w obrębie obu typów muraw (*Centaurea scabiosa* i *C. stoebe*), wskazały, że nisze ekologiczne gatunków mających szerokie wymagania względem odczynu gleby różnicowane są na poziomie indywidualnego zapotrzebowania na żelazo (wyniki przedstawione w pracy Wala, M.*, Kołodziejek, J., Mazur, J., Cienkowska, A., 2021. Reactions of two xeric-congeneric species of *Centaurea* (Asteraceae) to soils with different pH values and iron availability. *PeerJ* 9, e12417. DOI: 10.7717/peerj.12417). Uzyskane wyniki wskazały rozłączność wymagań badanych gatunków względem odczynu gleby oraz dostępności żelaza. Stwierdzono również brak zależności między preferencjami związanymi z zasobnością gleby w substraty a tolerancją na niedobory tegoż pierwiastka. Mimo wpływu udziału manganu i cynku w kształtowaniu się niedoborów żelaza, mechanizm tej relacji jest specyficzny gatunkowo.

Końcowy etap badań nad roślinami tworzącymi skład gatunkowy obu typów muraw (praca: Wala, M.*, Kołodziejek, J., Wilk, T., 2022. Acidity and availability of aluminum, iron and manganese as factors affecting germination in European acidic dry and alkaline xerothermic grasslands. *PeerJ* 10, e13255. DOI: 10.7717/peerj.13255) wskazał, że odczyn gleby oraz ilość dostępnego żelaza, manganu i glinu mogą grać rolę filtrów selekcyjnych już na wczesnych etapach ontogenezy, kształtując zdolność nasion do wykiełkowania. Wykazano, że ilość dostępnego żelaza i manganu jest wtórna wobec odczynu i ilości dostępnego glinu. Wykazano również, że tolerancja wobec tych czynników jest znacząca w fazie kiełkowania, w porównaniu z dalszymi etapami rozwoju osobniczego.



Ustalono, że zróżnicowanie wymagań roślin występujących naturalnie, zarówno w obrębie piaszczystych muraw bezwapiennych, jak i kserotermicznych muraw wapieniolubnych, jest wyższe, co wskazuje na potrzebę rozpatrywania ekologii zbiorowisk wielogatunkowych przez pryzmat ekologii gatunków, które je budują.

Do największych osiągnięć rozprawy zaliczam:

- Wskazanie, że istnieje potrzeba rozpatrywania ekologii wielogatunkowych zbiorowisk roślinnych, w aspekcie ekologii, relacji między organizmami żywymi i ich siedliskiem, a zwłaszcza ekofizjologii gatunków, które budują analizowane zbiorowiska roślinne.
- Wykazanie, że skład gatunkowy roślin naczyniowych kserotermicznych muraw wapieniolubnych tworzony jest z gatunków o zróżnicowanych wymaganiach pod względem odczynu gleby, jak i dostępności żelaza. Zróżnicowanie to można analizować w kontekście taksonomicznym, jak i ekologicznym. Biologia badanych gatunków roślin preferujących gleby bogate w wapń wynika zarówno z dostępności żelaza jak i odczynu gleby (warunkującego występowanie dostępnego dla roślin żelaza), oraz od ilościowych relacji w dostępności żelaza i manganu modyfikowanych przez wszystkie czynniki edaficzne regulujące dostępność wymienionych pierwiastków.
- Wskazanie, że zwiększenie dostępności żelaza w glebie zasadowej w wyniku aplikacji Fe-HBED nie minimalizuje wszystkich rodzajów ograniczeń, których doświadczają badane gatunki. Oznacza to, że dostępność żelaza nie jest dla nich jedynym czynnikiem ograniczającym. Podkreślenia wymaga również wynik wskazujący, że niniejsze badania potwierdziły założenie o znacznej komplikacji, złożoności przyczyn niedoborów żelaza u gatunków kwasolubnych. Wynik taki może wskazywać na fakt, że może to być mechanizm uniwersalny dla większości lądowych roślin wyższych doświadczających niedoborów żelaza.
- Ustalenie, że *C. scabiosa* i *C. stoebe* charakteryzują się szerokim zakresem tolerancji względem odczynu gleb suchych. Są to rośliny o podwójnej strategii życiowej – w odniesieniu do siedlisk kserotermicznych, jak i alkalizacji. Gatunki te mogą być uważane za rośliny kongeneryczne. Oba badane gatunki *C. scabiosa*, jak i *C. stoebe*, nie wykazywały objawów niedoborów mineralnych. W trakcie badań nie zaobserwowano fenotypowych objawów niedoborów żelaza.



- Nie stwierdzono zmiany w zawartości chlorofilu w liściach, a zmiany parametrów związanych z fluorescencją chlorofilu, a miały łagodny charakter, jeśli porównać je z gatunkami takimi jak np. *A. amellus*, *B. officinalis*, *P. grandiflora*, *A. dioica* i *J. montana*. Stwierdzono obniżenie międzygatunkowego stosunku (*C. scabiosa* do *C. stoebe*) wartości wybranych parametrów fizjologicznych, takich jak liczba i powierzchnia liści, świeża i sucha masa korzeni i porównanie masy części nadziemnych roślin oraz świeżej i suchej biomasy.
- Ustalono, że dwa parametry opisujące liście: LDMC (ang. leaf dry matter content) oraz SLA (ang. specific leaf area) to tzw. parametry funkcjonalne są często analizowane w pracach z zakresu relacji między organizmami a warunkami siedliska, w jakim występują (ekologii). Parametry te jednak nie tłumaczą różnic między badanymi gatunkami. Podobna niespójność została wykazana w pracach pokazujących brak relacji między bardziej związanymi ze sobą parametrami, takimi jak: SLA i LDMC i punkt utraty turgoru.
- Wykazano, że na zdolność kiełkowania nasion wpływ mają niedobory żelaza. Relacje te mają charakter specyficzny gatunkowo. Wykazano również, że zmiany powodowane przez działanie badanych czynników, odczyn oraz dostępność jonów glinu miały największy wpływ na proces kiełkowania, a dostępność i specjacja żelaza oraz manganu odgrywają drugorzędną rolę.

Wniosek końcowy

Ja, niżej podpisana stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska Pana Mgr. Mateusza Sebastiana Wala spełnia warunki określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce) i wnioskuję do Rady Dyscypliny Nauki biologiczne Uniwersytetu Łódzkiego o dopuszczenie Pana Mgr. Mateusza Sebastiana Wala do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Gabriela Wozniak





Ja, niżej podpisana wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej.

Gabriela Woźniak

Biorąc pod uwagę walory poznawcze, aplikacyjne i nowatorstwo zastosowanych technik badawczych uważam, że praca zasługuje na **wyróżnienie**.

Uzasadniając ten wniosek chcę podkreślić, że:

1. Miarą jakości prac są m.in. czasopisma w których prace zostały opublikowane. Wszystkie artykuły zostały opublikowane w czasopismach z listy JCR. Jedna z prac opublikowana została w czasopiśmie za 200 pkt. Pozostałe prace opublikowane zostały w czasopismach za 100 pkt.
2. Niewątpliwie, publikacje przedstawione do oceny stanowią nowatorskie podejście do rozwiązywanych problemów badawczych: Ustalenie molekularnych oraz ekofizjologicznych mechanizmów adaptacji gatunków tworzących murawy nawapienne i murawy napiaskowe bezwapienne do czynnika jakim jest niedobór żelaza. W pracach analizowano reakcje wybranych gatunków murawowych na takie parametry podłoża jak zakwaszenie, przyswajalne formy żelaza oraz mangan i glin.
3. Oprócz ważnych treści merytorycznych, wzbogacających wiedzę o ekologii, relacji między organizmami, roślinami a warunkami siedliska, wyniki te mają znaczenie również dla biologicznych podstaw ochrony muraw nawapiennych i muraw napiaskowych bezwapiennych.
4. Zaangażowanie **Doktoranta** we wszystkie etapy powstawania poszczególnych etapów ocenianych i opublikowanych artykułów.

Gabriela Woźniak

dr hab. Gabriela Woźniak, prof. UŚ



