

AUTOREFERAT

1. IMIONA I NAZWISKO.....	2
2. POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE – Z PODANIEM NAZWY, MIEJSCA I ROKU ICH UZYSKANIA	2
3. INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH ORAZ DOŚWIADCZENIU ZAWODOWYM	2
4. WSKAZANIE OSIĄGNIĘCIA WYNIKAJĄCEGO Z ART. 16 UST. 2 USTAWY Z DNIA 14 MARCA 2003 R. O STOPNIACH NAUKOWYCH I TYTULE NAUKOWYM ORAZ O STOPNIACH I TYTULE W ZAKRESIE SZTUKI (DZ. U. NR 65, POZ. 595, Z PÓŹN. ZM.).....	3
4A. Tytuł osiągnięcia naukowego	3
4B. Wykaz opublikowanych artykułów naukowych stanowiących podstawę habilitacji.....	3
4C. Omówienie cyklu prac stanowiących osiągnięcie naukowe.....	5
5. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH.....	25
5A. Przed uzyskaniem stopnia doktora	25
5B. Po uzyskaniu stopnia doktora	26

1. IMIONA I NAZWISKO: Marta Alicja Kolanowska

2. POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE – Z PODANIEM NAZWY, MIEJSCA I ROKU ICH UZYSKANIA

- 2012, Gdańsk Uniwersytet Gdański, Wydział Biologii - studia podyplomowe z Biologii Sądowej
Tytuł pracy dyplomowej: Rola botanika w identyfikacji i wskazaniu źródła pochodzenia narkotyków konopnopochodnych
- 2012, Gdańsk Uniwersytet Gdański, Wydział Biologii - studia doktoranckie z Biologii, Ekologii i Mikrobiologii
Tytuł rozprawy doktorskiej: Zróżnicowanie taksonomiczne i geograficzne przedstawicieli Orchidaceae na obszarze departamentu Valle del Cauca w Kolumbii
- 2009, Gdańsk Uniwersytet Gdański, Wydział Biologii - studia magisterskie
Specjalizacja: biologia środowiskowa
Tytuł pracy magisterskiej: Zmienność morfologiczna i genetyczna populacji *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soó (Orchidaceae) na wybranych obszarach Pomorza Gdańskiego

3. INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH ORAZ DOŚWIADCZENIU ZAWODOWYM

- od 9 X 2012 Adiunkt naukowy w Katedrze Taksonomii Roślin i Ochrony Przyrody Uniwersytetu Gdańskiego
- VII 2013, VII 2012, X 2010, VIII 2011, VII 2010, X 2009 Metaplantacja kruszczyka szerokolistnego (*Epipactis helleborine*) z terenu portu lotniczego Gdynia-Kosakowo
Współuczestnik metaplantacji gatunków objętych ochroną [kruszczyka rdzawoczerwonego (*Epipactis atrorubens*), kruszczyka szerokolistnego (*Epipactis helleborine*) i mikołajka nadmorskiego (*Eryngium maritimum*)] z terenu rozbudowy

falochronu na Westerplatte

V-IX 2010 Udział w projekcie „Ochrona zasobów mikołajka nadmorskiego (*Eryngium maritimum*) oraz ocena wpływu ruchu turystycznego na walory przyrodnicze rezerwatu Mechelińskie Łąki”

4. WSKAZANIE OSIĄGNIĘCIA WYNIKAJĄCEGO Z ART. 16 UST. 2 USTAWY Z DNIA 14 MARCA 2003 R. O STOPNIACH NAUKOWYCH I TYTULE NAUKOWYM ORAZ O STOPNIACH I TYTULE W ZAKRESIE SZTUKI (DZ. U. NR 65, POZ. 595, Z PÓŻN. ZM.)

4A. Tytuł osiągnięcia naukowego

Modelowanie niszy bioklimatycznej jako narzędzie w badaniach biogeograficznych rodziny Orchidaceae

4B. Wykaz opublikowanych artykułów naukowych stanowiących podstawę habilitacji

LP	Publikacja	Punkty MNiSW	IF
H1	Kolanowska M. 2013. Niche conservatism and the future potential range of <i>Epipactis helleborine</i> (Orchidaceae). PLoS ONE 8(10): e77352 (DOI:10.1371/journal.pone.0077352).	40	3.534
H2	Kolanowska M. 2013. Glacial refugia and migration routes of the Neotropical genus <i>Trizeuxis</i> (Orchidaceae). Acta Soc. Bot. Pol. 82(3): 225-230 (DOI: 10.5586/asbp.2013.024)	20	1.195
H3	Szlachetko D.L., Górniak M., Kolanowska M., Mytnik-Ejsmont J., Kowalkowska A., Rutkowski P., Koliński T. 2014. Taxonomic position and phylogeny of the genus <i>Vargasiella</i> (Orchidaceae, Vandoideae) based on molecular and morphological evidence. PLoS ONE 9(6): e98472 (DOI:10.1371/journal.pone.0098472)	40	3.534
<i>Mój udział procentowy szacuję na 20%</i>			

H4	Kolanowska M. 2014. The naturalization status of African Spotted Orchid (<i>Oeceoclades maculata</i>) in Neotropics. <i>Plant Biosystems</i> 148(5): 1049-1055 (DOI: 10.1080/11263504.2013.824042)	25	1.91
H5	Kolanowska M., Konowalik K. 2014. Niche conservatism and future changes in the potential area coverage of <i>Arundina graminifolia</i> , an invasive orchid species from Southeast Asia. <i>Biotropica</i> 46(2): 157-165 (DOI: 10.1111/btp.12089)	25	2.084
<i>Mój udział procentowy szacuję na 50%</i>			
H6	Kolanowska M., Szlachetko D. L. 2014. Niche conservatism of <i>Eulophia alta</i> , a trans-Atlantic orchid species. <i>Acta Soc. Bot. Pol.</i> 83(1): 51-57 (DOI: 10.5586/asbp.2014.007)	20	1.174
<i>Mój udział procentowy szacuję na 90%</i>			
H7	Kolanowska M. 2014(2015). Determination of potential glacial refugia and possible migration routes of <i>Campylocentrum</i> (Vandaeae, Orchidaceae) species through the Darién Gap. <i>Acta Soc. Bot. Pol.</i> 84(1): 97-102 (DOI: 10.5586/asbp.2014.030)	20	1.174
H8	Naczka A., Kolanowska M. 2015. Glacial refugia and future habitat coverage of selected <i>Dactylorhiza</i> representatives (Orchidaceae). <i>PLoS ONE</i> 10(11): e0143478 (DOI: 10.1371/journal.pone.0143478)	40	3.534
<i>Mój udział procentowy szacuję na 50%</i>			
H9	Kolanowska M., Mystkowska K., Kras M., Dudek M., Konowalik K. 2016. Evolution of the climatic tolerance and postglacial range changes of the most primitive orchids (Apostasioideae) within Sundaland, Wallacea and Sahul. <i>PeerJ</i> 4:e2384 (DOI: 10.7717/peerj.2384)	35	2.183
<i>Mój udział procentowy szacuję na 40%</i>			
H10	Kolanowska M., Naczka A.M., Jaskuła R. 2016. Herbarium-based studies on taxonomy, biogeography and ecology of <i>Psilochilus</i> (Orchidaceae). <i>PeerJ</i> 4:e2600 (DOI: 10.7717/peerj.2600)	35	2.183

	<i>Mój udział procentowy szacuję na 70%</i>
Suma punktów MNiSW: 300	
Sumaryczny IF: 22.505	

4C. Omówienie cyklu prac stanowiących osiągnięcie naukowe (H1-H10)

Storczykowate (Orchidaceae) są najbardziej zróżnicowaną, kosmopolityczną rodziną okrytozalążkowych do której zaliczanych jest ponad 27000 gatunków reprezentujących 730-880 rodzajów (Pridgeon et al. 1999, 2001, 2003, 2005, 2009, 2014, Chase et al. 2015). Pomimo znacznego zainteresowania tą grupą roślin naukowców zajmujących się różnymi aspektami ich biologii i ekologii, wiele podstawowych zagadnień z zakresu biogeografii Orchidaceae pozostaje niezbadanych.

Największą lukę we współczesnej wiedzy w tym zakresie stanowią zagadnienia z zakresu biogeografii historycznej. Jedną z przyczyn takiego stanu jest niemal zupełny brak danych paleobotanicznych na temat tej grupy roślin. Owoce storczykowatych zawierają bardzo liczne, bezbielmowe nasiona, których dotychczas nie wykryto w materiale kopalnym. Również makroszczałki Orchidaceae, niezdrewniałe łodygi oraz często pozbawione sklerenchymy liście, są niezwykle rzadko odnajdywane przez paleobotaników. W znacznej mierze wiąże się to z rozmieszczeniem storczykowatych, których największa różnorodność obserwowana jest na obszarach tropikalnych cechujących się szybkim tempem rozkładu materii organicznej. Dotychczas zidentyfikowane zostały liście przedstawicieli zaledwie dwóch rodzajów storczykowatych, *Dendrobium* Sw. oraz *Earina* Lindl. (Conran et al. 2009). Pośredni kopalny ślad tych roślin w postaci inkluzji owada z przyklejonymi pyłkowinami w bursztynie został opisany przez botaników z Harvard University w 2007 roku (Ramírez et al. 2007). Niedostateczna ilość danych paleobotanicznych ograniczała możliwość badania historii Orchidaceae, przede wszystkim w aspekcie ich postglacjalnej migracji.

Kolejną barierą w studiach nad storczykowatymi są znaczne braki w informacjach na temat wymagań siedliskowych tych roślin, szczególnie w odniesieniu do taksonów tropikalnych. Trudności w zebraniu danych na temat warunków życia licznych przedstawicieli Orchidaceae uniemożliwiały oszacowanie wpływu przyszłych zmian klimatycznych na nisze tych roślin co jest niezwykle istotne podczas planowania

długotrwałych działań w aspekcie ochrony przyrody, m.in. w selekcji terenów, które powinny zostać objęte monitoringiem lub prawną ochroną czy też określania możliwych obszarów ekspansji gatunków inwazyjnych. Pierwsze kompleksowe modele matematyczne określające przyszłe zmiany klimatyczne powstały już w drugiej połowie XX wieku, jednak ich wykorzystanie nie jest możliwe bez poznania tolerancji badanych gatunków lub, przynajmniej, ich preferowanych nisz klimatycznych. Nie były one zatem wykorzystywane w badaniach nad przedstawicielami Orchidaceae.

Brak danych na temat warunków siedliskowych i klimatycznych, w których mogą przetrwać poszczególne gatunki storczykowatych uniemożliwiało do tej pory również prowadzenie prac dotyczących ewolucji ich tolerancji ekologicznej, a tym samym konserwatyzmem niszy. Koncepcja filogenetycznego konserwatyizmu niszy (phylogenetic niche conservatism, PNC), jednego z ważniejszych elementów ewolucji organizmów jest szeroko dyskutowana wśród ekologów i taksonomów (np. Harvey & Pagel 1991, Price 1997, Harvey & Rambaut 2000, Ackerly 2003, Losos 2008, Cavender-Bares et al. 2009). Weryfikacja tendencji gatunku do utrzymywania przez gatunek ekologicznej charakterystyki przodka (Wiens & Graham 2005) przez wiele lat była w zasadzie niemożliwa do przeprowadzenia ze względu na brak odpowiednich narzędzi do obiektywnego opisu niszy organizmów. Sytuacja zmieniła się diametralnie dzięki opracowaniu aplikacji umożliwiających modelowanie nisz ekologicznych (np. Guisan & Zimmermann 2000), które znalazły również zastosowanie w badaniach filogenetycznych (np. Marske et al. 2011, Bond 2012). Pomimo rozwoju badań molekularnych dotyczących ewolucji Orchidaceae, ze względu na wcześniej omówione ograniczenia, nie podjęto wcześniej prób przebadania PNC u przedstawicieli tej grupy roślin.

Swoje badania poświęciłam możliwości wykorzystania komputerowych narzędzi służących do modelowania niszy bioklimatycznej (ecological niche modeling, ENM) na podstawie znanych lokalizacji populacji badanego taksonu (MaxEnt, Phillips et al. 2004, 2006, Elith et al. 2011) oraz aplikacji zaprojektowanej do analizy otrzymanych modeli (ENMTools, Warren et al. 2010) w badaniach biogeograficznych nad Orchidaceae. Prace dotyczyły podstawowych aspektów fitogeografii, takich jak rozmieszczenie refugium glacialnych, migracje oraz potencjalne modyfikacje zasięgów związane ze zmianami klimatycznymi,

szczególnie w odniesieniu do taksonów inwazyjnych. Ponadto, wykorzystując wyżej wymienione narzędzia przeprowadziłam badania nad filogenetycznym konserwatyzmem niszy u najbardziej prymitywnych storczykowatych.

Wykorzystanie techniki modelowania niszy bioklimatycznej (ENM) w badaniach nad taksonami inwazyjnymi

- Kolanowska M. 2013. Niche conservatism and the future potential range of *Epipactis helleborine* (Orchidaceae). PLoS ONE 8(10): e77352.
- Kolanowska M. 2014. The naturalization status of African Spotted Orchid (*Oeceoclades maculata*) in Neotropics. Plant Biosystems 148(5): 1049-1055.
- Kolanowska M., Konowalik K. 2014. Niche conservatism and future changes in the potential area coverage of *Arundina graminifolia*, an invasive orchid species from Southeast Asia. Biotropica 46(2): 157-165.

Wśród Orchidaceae taksony inwazyjne są niezwykle rzadkie. Zaledwie 90 z około 30000 gatunków tych roślin zostało umieszczonych na liście „Global compendium of weeds”, a natura ekspansji tych nielicznych roślin na nowe tereny pozostawała nieznana. Swoimi badaniami objęłam trzy taksony inwazyjne: *Epipactis helleborine* (L.) Crantz, *Oeceoclades maculata* (Lindl.) Lindl., oraz *Arundina graminifolia* (D. Don) Hochr.

Pierwszy z nich, występujący również w Polsce, jest gatunkiem obcym na terenie Ameryki Północnej. *Epipactis helleborine* w swoim rodzimym zasięgu występuje zarówno w lasach liściastych, na wydmach nadmorskich jak i siedliskach antropogenicznych. W roku 1879 po raz pierwszy odnotowano obecność tego gatunku w USA, a jego ekspansja w Ameryce Północnej nasiliła się w latach 30. XX wieku. Badania molekularne nie wykazały znaczących różnic genetycznych między populacjami inwazyjnymi a rodzimymi (Squirrell et al. 2001). Przez lata uważano, że zadomowienie się *E. helleborine* na obu wybrzeżach USA związane było z podobieństwem strukturalnym tamtejszych lasów do zalesień występujących w Eurazji (Adamowski 1995).

W omawianych badaniach [H1] bazę danych lokalizacji *E. helleborine* podzielono na grupę inwazyjną oraz rodzimą. W celu porównania geograficznego rozmieszczenia siedlisk

preferowanych przez amerykańskie i eurazjatyckie populacje wykorzystano indeks nakładania się zasięgów, zaś w celu ustalenia podobieństwa zajmowanych nisz zastosowano statystyki D, I oraz RR (Warren et al. 2010). Przeprowadzono trzy modelowania dla czasów współczesnych – pierwsza analiza uwzględniała lokalizacje *E. helleborine* z całego zasięgu, druga dotyczyła wyłącznie inwazyjnych populacji, natomiast trzecia miała na celu ustalenie rozmieszczenia nisz odpowiednich dla populacji rodzimych. Dla wszystkich modeli określono wpływ poszczególnych zmiennych klimatycznych użytych w badaniach (Hijmans et al. 2005) na ostateczny kształt potencjalnego zasięgu studiowanych grup. Do modelowania dla roku 2080 (Ramirez & Jarvis 2008) wykorzystano wszystkie dostępne dane, bez podziału na lokalizacje amerykańskie i eurazjatyckie. Przyszłe możliwe modyfikacje potencjalnego zasięgu oceniono dla trzech możliwych scenariuszy zmian klimatycznych: A1b, A2a oraz B2a (Intergovernmental Panel on Climate Change 2000).

Mapy rozmieszczenia nisz bioklimatycznych różniły się we wszystkich trzech analizach stworzonych dla czasów współczesnych. Model bazujący na wszystkich znanych stanowiskach *E. helleborine* wykazał obecność odpowiednich siedlisk w zachodniej i centralnej Europie, włączając Wielką Brytanię, Norwegię i Islandię. Na wschód potencjalny zasięg rozciąga się do wschodniego wybrzeża Morza Czarnego, południowo-zachodniego podnóża Himalajów oraz Korei i Japonii. Ponadto, nisze *E. helleborine* występują wzdłuż Archipelagu Aleutów do Wyspy Kodiak. W zasięgu inwazyjnym potencjalne nisze znajdują się na zachodnim wybrzeżu Ameryki Północnej, od południowo-wschodniej Kanady do Południowej Karoliny na południu, oraz wschodnich, nizinnych obszarach USA. Model utworzony na podstawie lokalizacji populacji amerykańskich różni się od omówionego brakiem potencjalnych siedlisk na wybrzeżu Morza Czarnego w Eurazji. Ponadto, analiza ta nie wykazała obecności odpowiednich nisz we wschodniej części Ameryki Północnej. Ostatni model, stworzony na podstawie lokalizacji populacji rodzimych, wskazał centralną i wschodnią część Ameryki Północnej jako obszar, na którym mógłby zasiedlić się *E. helleborine*. Wizualne zróżnicowanie zostało potwierdzone w teście nakładania się zasięgów ($I=0.3994$, $D=0.1847$, $RR= 0.7159$). Rozmieszczenie populacji inwazyjnych i rodzimych okazało się być limitowane przez różne czynniki klimatyczne. W obrębie zasięgu amerykańskiego największy wpływ na występowanie *E. helleborine* wywiera ilość opadów w

najbardziej suchym i zimnym kwartale roku. Rozmieszczenie azjatyckich populacji związane jest natomiast z wysokością temperatury w najchłodniejszym okresie roku. Obliczone indeksy podobieństwa niszy były natomiast stosunkowo wysokie: $I=0.897$, $D=0.685$, $RR=0.860$. Zmiany klimatyczne nie zmieniają diametralnie zasięgu *E. helleborine*. Najistotniejsze modyfikacje rozmieszczenia potencjalnych siedlisk związane są ze scenariuszem A1b. We wszystkich trzech przestudiowanych modelach zmian klimatycznych ogólna powierzchnia nisz odpowiednich dla badanego gatunku ulegnie znacznej redukcji – potencjalne straty wahają się w zakresie 25% (A1b) – 40% (B2a).

Wyniki badań wskazały na niejednorodny charakter inwazji *E. helleborine*. Podczas gdy na zachodnim wybrzeżu Ameryki Północnej gatunek zasiedlił obszary o podobnych warunkach klimatycznych do panujących w jego rodzimym zasięgu, ekspansja na wschodnie wybrzeże wiązała się z przystosowaniem do innej niszy bioklimatycznej. Ponieważ wcześniej prowadzone badania nie wykazały znacznych różnic genetycznych między populacjami eurazjatyckimi i amerykańskimi, adaptacja do nowych warunków siedliskowych była prawdopodobnie związana z szeroką amplitudą ekologiczną tego gatunku. Wydaje się, że w rodzimym zasięgu *E. helleborine* nie wykorzystuje wszystkich potencjalnych siedlisk, a zajęcie nowych obszarów na wschodnim wybrzeżu Ameryki Północnej wynikało z pełnego wykorzystania amplitudy ekologicznej. Takie wyjaśnienie tłumaczyłoby również szybkie tempo ekspansji w obrębie zasięgu inwazyjnego – dostosowanie się do nowych warunków na poziomie genetycznym z całą pewnością byłoby procesem czasochłonnym. Należy również zaznaczyć, że model rozmieszczenia nisz, stworzony na bazie lokalizacji amerykańskich, w pełni nakłada się ze znanym zasięgiem inwazyjnym *E. helleborine*. Wydaje się zatem, że należałoby rozważyć zmianę statusu tego gatunku na „zadomowiony”. Jego występowanie w stanach Montana, Kolorado oraz Nowy Meksyk jest prawdopodobnie tylko efemeryczne, niemniej jednak ze względu na duży potencjał inwazyjny populacje *E. helleborine* w tych regionach powinny być monitorowane. Jest to szczególnie istotne ze względu na możliwość hybrydyzacji z rodzimym amerykańskim gatunkiem *Epipactis - Epipactis gigantea*. Ze względu na przewidywaną utratę siedlisk przez badany takson, również w rodzimej części zasięgu należałoby podjąć działania ochronne, uwzględniające obszary występowania *E. helleborine*.

Kolejnym badanym przedstawicielem Orchidaceae był afrykański *Oeceoclades maculata* [H4], który jest szeroko rozpowszechniony w Neotropiku, gdzie uznawany jest za takson inwazyjny (np. Cohen & Ackerman 2009). Nieznana pozostaje droga jaką takson ten przedostał się do Ameryki Południowej, lecz najbardziej prawdopodobnym źródłem inwazyjnych populacji były diaspory obecne w balastach statków przewożących niewolników w XVI wieku. Badania miały również na celu określenie czynników klimatycznych wpływających na jego obecne rozmieszczenie oraz przyszłych modyfikacji zasięgu związanych ze zmianami klimatycznymi.

Modele rozmieszczenia nisz bioklimatycznych stworzono na podstawie lokalizacji populacji *O. maculata* oraz 19 zmapowanych zmiennych klimatycznych (Hijmans et al. 2005), uzupełnionych numeryczny model terenu. W celu określenia możliwych zmian rozmieszczenia potencjalnych siedlisk badanego gatunku w przyszłości (rok 2080) przeprowadzono analizy dla trzech możliwych scenariuszy zmian klimatycznych (A1b, A2a oraz B2a) opracowanych przez CGIAR Research Program (Ramirez & Jarvis 2008). Do obliczenia stopnia nakładania się potencjalnego przyszłego zasięgu *O. maculata*, wyznaczonego w trzech analizach, wykorzystano aplikację ENMTools. W celu porównania nisz zajmowanych przez badany gatunek w różnych częściach zasięgu zestawiono trzy zestawy danych: pierwszy obejmował dane lokalizacyjne populacji afrykańskich, drugi – neotropikalnych, natomiast trzeci uwzględniał wszystkie stanowiska. Podobieństwo preferowanych nisz określono na podstawie statystyk D oraz I (Schoener 1968, Warren et al. 2008) wykorzystując aplikację ENMTools.

Przeprowadzone analizy wykazały znaczące rozbieżności w niszach zajmowanych przez amerykańskie i afrykańskie populacje *O. maculata* ($D=0.353$, $I=0.635$). Dla obu grup kluczowym czynnikiem limitującym ich występowanie była sezonowość temperatury, jednak wpływ pozostałych badanych zmiennych klimatycznych był niejednorodny. Neotropikalny zasięg badanego gatunku związany jest z rocznymi wahaniami temperatury, zaś w obrębie kontynentu Afrykańskiego główną rolę odgrywa wysokość opadów. Modelowanie przyszłego rozmieszczenia potencjalnych siedlisk *O. maculata* wykazało istotne różnice w zasięgu tego gatunku w zależności od przyjętego scenariusza zmian klimatycznych, jednak modyfikacje dotyczyć będą przede wszystkim granicznych części współcześnie zajmowanego terytorium.

Wyniki badań wskazują, że gatunek zajął już wszystkie potencjalne siedliska w Ameryce Południowej i powinien być rozpatrywany jako takson zadomowiony, niewykazujący dalszych możliwości ekspansji na tym obszarze. W Ameryce Północnej, zwłaszcza na Florydzie, wkraczanie *O. maculata* na kolejne naturalne siedliska wydaje się być prawdopodobne i w przypadku tych obszarów status gatunku inwazyjnego powinien zostać utrzymany.

Kolejnym inwazyjnym przedstawicielem storczykowatych, który rozprzestrzenił się w Neotropiku jest *Arundina graminifolia*. W przeciwieństwie do *Oeceoclades maculata* ta azjatycka roślina rozpoczęła swoją ekspansję w Ameryce Północnej i na Karaibach w latach 60. XX wieku. W chwili obecnej inwazyjny zasięg *A. graminifolia* rozciąga się od USA na północy do Kolumbii i Peru na południu. Celem prowadzonych badań [H5] było określenie konserwatywności niszy *A. graminifolia* oraz analiza przyszłego potencjału inwazyjnego tego gatunku.

W celu określenia podobieństwa siedlisk zajmowanych przez azjatyckie i neotropikalne populacje *A. graminifolia* bazę danych lokalizacyjnych podzielono na dwie grupy – inwazyjną i rodzimą. Poza statystykami D oraz I uprzednio wykorzystanymi w badaniach nad *O. maculata*, przeanalizowano również wartości indeksu nakładania się zasięgów. Współczynnik korelacji Pearsona (C, Warren & Seifert 2011) został wykorzystany do wyselekcjonowania odpowiednich zmiennych klimatycznych użytych w dalszych analizach. W celu wizualizacji różnic pomiędzy populacjami azjatyckimi oraz inwazyjnymi przeprowadzono analizę PCA. Modelowanie nisz dla okresu 2020-2080 wykonano na danych uwzględniających trzy scenariusze zmian klimatycznych (A1b, A2a oraz B2a), udostępnionych przez Ramirez & Jarvis (2008). Dynamikę przyszłych modyfikacji zasięgu określono dla trzech regionów. Pierwszy uwzględniał wszystkie obszary lądowe, drugi południowo-wschodnią Azję (zasięg rodzimy, 38°N–27°S, 60°E–176°W), natomiast trzeci Neotropik (zasięg inwazyjny, 35°N–60°S, 125°W–24°W).

Wyniki badań wskazały wysoki stopień konserwatywności niszy bioklimatycznej *A. graminifolia*. Inwazja tego gatunku w Neotropiku nie wiązała się w tym przypadku z przystosowaniem się storczyka do nowych warunków siedliskowych. Przeprowadzone analizy wykazały natomiast, iż na kontynentach amerykańskich badany gatunek nie

wykorzystuje wszystkich siedlisk, które pod względem klimatycznym byłyby odpowiednie dla populacji azjatyckich. Analiza PCA dowiodła, iż nisze preferowane przez *A. graminifolia* w Neotropiku stanowią jedynie część całkowitej amplitudy klimatycznej charakterystycznej dla grupy rodzimej. W obrębie zasięgu azjatyckiego występowanie *A. graminifolia* limitowane jest głównie przez ilość opadów, natomiast zasięg populacji inwazyjnych reguluje stałość temperatury. Przyszłe zmiany klimatyczne nie zmienią diametralnie potencjalnego zasięgu badanego gatunku, jednak powierzchnia preferowanych siedlisk ulegnie zmniejszeniu według wszystkich przestudiowanych scenariuszy zmian klimatycznych. Wyraźny ubytek dostępnych nisz zaobserwowany został w modelach A1b oraz A2a i dotyczył przede wszystkim inwazyjnego zasięgu *A. graminifolia*. Potencjalna utrata siedlisk badanego gatunku w Neotropiku może osiągnąć nawet 88%.

Wykorzystanie techniki modelowania niszy bioklimatycznej (ENM) w badaniach z zakresu biogeografii historycznej

- Kolanowska M. 2013. Glacial refugia and migration routes of the Neotropical genus *Trizeuxis* (Orchidaceae). *Acta Soc. Bot. Pol.* 82(3): 225-230.
- Kolanowska M. 2014(2015). Determination of potential glacial refugia and possible migration routes of *Campylocentrum* (Vandaeae, Orchidaceae) species through the Darién Gap. *Acta Soc. Bot. Pol.* 84(1): 97-102.
- Kolanowska M., Szlachetko D. L. 2014. Niche conservatism of *Eulophia alta*, a trans-Atlantic orchid species. *Acta Soc. Bot. Pol.* 83(1): 51-57. (DOI: 10.5586/asbp.2014.007)
- Naczka A., Kolanowska M. 2015. Glacial refugia and future habitat coverage of selected *Dactylorhiza* representatives (Orchidaceae). *PLoS ONE* 10(11): e0143478.
- Kolanowska M., Mystkowska K., Kras M., Dudek M., Konowalik K. 2016. Evolution of the climatic tolerance and postglacial range changes of the most primitive orchids (Apostasioideae) within Sundaland, Wallacea and Sahul. *PeerJ* 4:e2384.

Jak wspomniano na wstępie, klasyczne, paleontologiczne metody analizy dawnego rozmieszczenia oraz określania możliwych dróg migracji nie są możliwe do zastosowania w

przypadku gatunków należących do Orchidaceae ze względu na niemal zupełny brak szczątków kopalnych.

Pierwsze badania w tym zakresie biogeografii historycznej objęły monotypowy rodzaj *Trizeuxis* Lindl. [H2]. Celem pracy było określenie rozmieszczenia refugiów *T. falcata* Lindl. podczas maksimum ostatniego zlodowacenia (LGM, ok. 26500-19000 lat temu) oraz odtworzenie możliwych dróg migracji tego taksonu. Badany takson jest rośliną epifityczną, najczęściej spotykaną na *Psidium guajava* L. (gujawa pospolita), a także gatunkach należących do rodzajów *Citrus* L. oraz *Coffea* L. Ścisły związek *T. falcata* Lindl. z forofitem wykorzystano do wyznaczenia potencjalnych refugiów glacialnych storczyka.

Na podstawie współczesnych lokalizacji populacji *T. falcata* i *P. guajava* oraz zmapowanych 19 zmiennych klimatycznych opracowanych przez Paleoclimate Modeling Intercomparison Project Phase II (Braconnot et al. 2007) i numerycznego modelu terenu stworzono modele rozmieszczenia nisz tych gatunków w okresie LGM. Mapa potencjalnego glacialnego zasięgu *T. falcata* została skompilowana z hipotetycznym rozmieszczeniem *P. guajava* w celu określenia lokalizacji potencjalnych refugiów badanego przedstawiciela Orchidaceae podczas LGM. Rozmieszczenie ostoi zostało następnie porównane ze współczesnym zasięgiem geograficznym *T. falcata*, umożliwiając wskazanie potencjalnych kierunków jego postglacialnej migracji. Opisane badania były pierwszymi studiami fitogeograficznymi o charakterze biogeografii historycznej dotyczącymi Orchidaceae.

Kolejne prace dotyczyły zagadnienia migracji gatunków z rodzaju *Campylocentrum* Benth. przez przesmyk Darién, łączący Amerykę Środkową z Ameryką Południową [H7]. Również w tych badaniach wykorzystano zmienne klimatyczne zmapowane przez Hijmans et al. (2005) oraz Braconnot et al. (2007) a także numeryczny model terenu. Analizy przeprowadzono dla *C. brenesii* Schltr., *C. micranthum* (Lindl.) Rolfe, *C. panamense* Ames oraz *C. tyrridion* Garay & Dunst. na podstawie danych zebranych podczas rewizji materiałów zielnikowych i przeprowadzonych prac terenowych. W przypadku *C. brenesii* najbardziej optymalne nisze bioklimatyczne w okresie LGM były zlokalizowane w Sierra Madre de Chiapas, Cordillera de Talamanca oraz Cordillera de San Blas. Potencjalne refugia *C. micranthum* były szerzej rozpowszechnione i mogły znajdować się w zarówno w Ameryce Centralnej (wyżyna Chiapas, Cordillera Chontaleña, Cordillera de Talamanca, Serranía de

Tabasará, Cordillera de San Blas oraz Serranía del Darién), jak i w Ameryce Południowej (Serranía de Abibe, Serranía de San Jerónimo, Serranía de Ayapar). Ten sam schemat obserwowany był u *C. panamense* oraz *C. tyrridion*. Dla pierwszego z nich odpowiednie warunki panowały w regionie Bocas del Toro, okolicach kanału panamskiego oraz kolumbijskiego wybrzeża Pacyfiku. Drugi gatunek mógł występować na wybrzeżu zatoki Panamskiej, Zatoki Morrosquilo, Zatoki Cartagena, Jeziora Maracaibo, Serranía Del Sapo, jak i na wybrzeżu Ekwadoru (Zatoka Sardinias). Porównując obecne rozmieszczenie badanych gatunków z lokalizacją ich refugium wyznaczono potencjalne drogi migracji tych taksonów. Wyniki analiz wskazały ponadto na zmniejszenie się potencjalnego zasięgu *C. panamense*.

Techniki zastosowane podczas badań nad *Trizeuxis* oraz *Campylocentrum* będą mogły zostać wykorzystane w opracowywaniu rozmieszczenia refugium oraz postglacjalnej migracji innych roślin, których szczątki nie są utrwalone w materiale kopalnym w stopniu umożliwiającym prowadzenie badań paleobotanicznych.

Dalsze badania [H6] dotyczyły *Eulophia alta* (L.) Fawc. & Rendle - taksonu wykazującego dysjunkcję transatlantycką. Gatunek ten jest jedynym przedstawicielem rodzaju występującym naturalnie na kontynencie amerykańskim. Jest on spotykany również w Afryce, gdzie skupiona jest większa część taksonów zaliczanych do *Eulophia* R. Br. Poza określeniem lokalizacji refugium glacialnych tego storczyka, celem prowadzonych analiz było określenie stopnia konserwatywności jego niszy bioklimatycznej.

Na potrzeby badań bazę danych lokalizacji populacji *E. alta* podzielono na dwie grupy: afrykańską i neotropikalną. Dla obu zestawów przeprowadzono modelowanie nisz zarówno dla współczesnych danych klimatycznych (Hijmans et al. 2005), jak i dla okresu ostatniego maksymalnego zlodowacenia (Braconnot et al. 2007). Jednocześnie, dla obu grup określono czynniki limitujące ich rozmieszczenie, a także podobieństwo zajmowanych nisz (Schoener 1968, Warren et al. 2008).

Przeprowadzone analizy umożliwiły określenie lokalizacji glacialnych refugium *E. alta*, które zgodnie z mapami potencjalnej roślinności (Olson et al. 1983) obejmowały tropikalne lasy sezonowe oraz tropikalne sawanny i zalesienia. Nisze zajmowane przez badany gatunek w okresie ostatniego zlodowacenia pokrywają się z ich obecnymi siedliskami. Różnice między niszami współcześnie zajmowanymi przez *E. alta* na obu kontynentach

okazały się być znaczące ($D=0.657$, $I=0.883$), co w połączeniu z brakiem istotnych różnic morfologicznych sugerowałoby preglacjalne rozdzielenie się populacji badanego gatunku i ich niezależne dostosowywanie się do warunków klimatycznych. Kluczowym czynnikiem wpływającym na rozmieszczenie *E. alta*, zarówno w Starym, jak i Nowym Świecie, okazała się być sezonowość temperatury. Istotny wpływ na zasięg badanego gatunku na kontynencie amerykańskim ma także ilość opadów w najchłodniejszym kwartale, natomiast występowanie afrykańskich populacji związane jest ze średnią temperaturą w analogicznym okresie.

Jak wcześniej wspomniano, *E. alta* jest jedynym przedstawicielem *Eulophia* traktowanym jako naturalny element flory neotropikalnej. Należy jednak zaznaczyć, iż w 2007 roku zaobserwowano na Florydzie ekspansję azjatyckiego gatunku, *E. graminea* Lindl., który był już wcześniej notowany jako gatunek inwazyjny na terytorium Republiki Południowej Afryki oraz Australii. W chwili obecnej liczba znanych populacji poza rodzimym zasięgiem tego storczyka jest zbyt niska, aby na ich podstawie przeprowadzić w pełni wiarygodną analizę biogeograficzną, również ze względu na nieznaną stopień zdomowienia tej rośliny na poszczególnych kontynentach. Zebrane dane umożliwiły porównanie niszy bioklimatycznej populacji Azjatyckich z inwazyjnymi. Wyniki wstępnych badań zostały przedstawione podczas konferencji BioDivEvo2014, która odbyła się w dniach 24-27 marca 2014 w Dreźnie (Kolanowska M. 2014. Niche conservatism and potential future expansion of *Eulophia graminea*. ss. 123-124. [W]: BioDivEvo2014. Senckenberg Naturhistorische Sammlungen Dresden). Przeprowadzone analizy wykazały wysoki stopień podobieństwa między badanymi grupami ($I=0.898$, $D=0.706$) pomimo różnic w głównych czynnikach limitujących ich rozmieszczenie. Zgodnie z uzyskanymi wynikami przyszłe zmiany klimatyczne nie wpłyną znacząco na zasięg *E. graminea*.

Rozwój technik molekularnych umożliwił prowadzenie badań filogeograficznych, które wykorzystano do analizy rozmieszczenia przedstawicieli *Dactylorhiza* Neck. ex Nevski (m.in. Nordström & Hedrén 2008, Ståhlberg & Hedrén 2008). Celem kolejnych prowadzonych przeze mnie analiz [H8] było porównanie danych na temat lokalizacji refugium glacialnych stoplamka, uzyskanych na podstawie studiów genetycznych z wynikami analiz ENM, a także określenie wpływu zmian klimatycznych na preferowane siedliska

badanych gatunków. Badaniami objęto kompleks *Dactylorhiza incarnata/maculata*, stosując metody analogiczne do przedstawionych we wcześniejszych analizach.

Wyniki studiów molekularnych i przeprowadzonego modelowania nisz były zgodne w przypadku *D. majalis* ssp. *traunsteineri*, wskazując Alpy jako refugium glacialne. Nieco bardziej w kierunku południowym (Korsyka, południowe Apeniny, południowe wybrzeże Morza Azowskiego) rozmieszczone były potencjalne ostoje *D. majalis* ssp. *lapponica* oraz *D. majalis* ssp. *majalis*. Potwierdzono wyniki wcześniejszych badań (m.in. Hedrén 2001, Pillon et al. 2007) nad *D. incarnata* s.l. wskazując Korsykę, południowe Apeniny, południowe Bałkany oraz północno-wschodnie wybrzeże Morza Czarnego jako najbardziej prawdopodobne ostoje *D. incarnata* var. *cruenta*, *D. incarnata* var. *incarnata* i *D. incarnata* var. *ochroleuca*). W przeciwieństwie do wyników analiz genetycznych, analizy ENM nie wskazały centralnej Europy ani centralnej części Rosji jako obszarów charakteryzujących się odpowiednimi warunkami klimatycznymi w okresie LGM dla występowania tam *D. maculata* ssp. *fuchsii* oraz *D. maculata* ssp. *maculata*. Symulacje zmian powierzchni siedlisk preferowanych przez poszczególne gatunki, związanych ze zmianami klimatu wykazały (poza *D. incarnata* var. *incarnata*) znaczny spadek dostępnych nisz klimatycznych.

Uzyskane wyniki wskazują na konieczność łączenia analiz molekularnych oraz modelowania rozmieszczenia nisz klimatycznych w celu precyzyjnego określenia rozmieszczenia refugiów glacialnych Orchidaceae. Poszukiwanie molekularnych wzorców geograficznego rozlokowania różnych linii genetycznych wchodzących w skład gatunku możliwe jest wyłącznie dla taksonów, dla których możliwe jest zebranie wystarczającej liczby danych molekularnych. Ograniczenia w tego typu studiach będą zapewne dotyczyć storczyków tropikalnych, dla których ilość dostępnego materiału genetycznego jest niewystarczająca, lecz z całą pewnością mogą znaleźć zastosowanie w pracach nad północnoamerykańskimi i eurazjatyckimi roślinami.

W kolejnych badaniach z zakresu biogeografii historycznej, które prowadziłam ze współpracownikami, poruszono problem filogenetycznego konserwatyizmu niszy [H9]. Analizy dotyczyły najbardziej prymitywnej grupy storczyków – podrodziny Apostasioideae. Takson ten był wcześniej obiektem studiów morfologicznych, anatomicznych i molekularnych, ale nie prowadzono na nim żadnych analiz geograficznych. W celu

odtworzenia lokalizacji refugiów glacialnych oraz na potrzeby stworzenia profili zajmowanych nisz wykorzystano 12 zmiennych klimatycznych, a obszar analiz ograniczono do 53°S–47.8°N, 88°–190°E. Poza analizami z zakresu modelowania nisz, badania objęły również rozwój rodziny Apostasioideae. Na podstawie stworzonego drzewa filogenetycznego oraz uzyskanych profili zajmowanych nisz odtworzono ewolucję tolerancji klimatycznej w obrębie badanej grupy.

Wyniki prac nie wykazały istotnych zmian w rozmieszczeniu ani powierzchni preferowanych siedlisk badanych organizmów od czasu LGM. Konserwatyzm niszy w obrębie Apostasioideae okazał się być wysoki, a tolerancja klimatyczna poszczególnych gatunków stosunkowo wąska. Intensywne różnicowanie zakresu tolerancji poszczególnych gatunków rozpoczęło się ok. 21 mln lat temu. Warty odnotowania jest fakt, że w przypadku większości badanych zmiennych klimatycznych nie wykazano silnego wewnątrzrodzajowego konserwatywności niszy - część badanych taksonów *Apostasia* Blume zajmuje siedliska bardziej zbliżone pod względem klimatycznych do tych preferowanych przez *Neuwiedia* Blume niż do innych przedstawicieli *Apostasia*. Analogiczne analizy powinny zostać w przyszłości wykonane dla pozostałych podrodziny Orchidaceae gdyż mogą okazać się niezbędne do określenia przyczyn różnicowania się linii ewolucyjnych w obrębie taksonów różnej rangi.

Wykorzystanie wyników modelowania niszy bioklimatycznej (ENM) w badaniach taksonomicznych

- Szlachetko D.L., Górniak M., Kolanowska M., Mytnik-Ejsmont J., Kowalkowska A., Rutkowski P., Koliński T. 2014. Taxonomic position and phylogeny of the genus *Vargasiella* (Orchidaceae, Vandoideae) based on molecular and morphological evidence. PLoS ONE 9(6): e98472.
- Kolanowska M., Naczek A.M., Jaskuła R. 2016. Herbarium-based studies on taxonomy, biogeography and ecology of *Psilochilus* (Orchidaceae). PeerJ 4:e2600.

Pomimo intensywnych badań morfologicznych prowadzonych od początku XX wieku oraz rozwoju analiz filogenetycznych, klasyfikacja Orchidaceae oraz różnorodność rodzajowa w obrębie wielu plemion pozostaje tematem ożywionej dyskusji wśród taksonomów (np.

Schlechter 1926, Garay 1972, Dressler 1993, van den Berg et al. 2005, Chase et al. 2015, Freudenstein & Chase 2015). Do tej pory jako czynniki mające bezpośredni wpływ na ogromną różnorodność gatunkową storczykowatych (Givnish et al. 2015) wskazywano m.in. ich epifityczny tryb życia, fotosyntezę typu CAM oraz zapylanie przez motyle (Lepidoptera) i pszczoły (Euglossini, Apinae). Nie podejmowano jednak prób włączenia do badań taksonomicznych elementów biogeografii historycznej, która mogłaby tłumaczyć rozdzielenie się wielu linii ewolucyjnych Orchidaceae oraz późniejszą specjację.

Wcześniej opisana analiza filogenetycznego konserwatywności niszy u Apostasioideae [H9] była pierwszym krokiem pozwalającym na określenie wpływu zmian tolerancji klimatycznej na ewolucję Orchidaceae. Stosunkowo niedawną historię, obejmującą maksimum ostatniego zlodowacenia, postanowiłam przeanalizować podczas prac nad Neotropikalnym rodzajem *Vargasiella* C. Schweinf. [H3]. Pozycja systematyczna tego taksonu opisanego w 1952 roku przez lata pozostawała kwestią sporną. Modelowanie nisz wykorzystano w tych badaniach w celu odtworzenia lokalizacji refugium glacialnych *Vargasiella* oraz spokrewnionych rodzajów (*Warrea* Lindl. i *Warreopsis* Garay), a także określenia polodowcowych zmian w rozmieszczeniu ich preferowanych nisz klimatycznych. Do analizy wykorzystano 19 zmiennych klimatycznych opracowanych przez Hijmans et al. (2005) i Braconnot et al. (2007) oraz numeryczny model terenu. Przestrzenne nakładanie się preferowanych nisz badanych taksonów oszacowano za pomocą wcześniej wspomnianych indeksów I oraz D. Przeprowadzone analizy wskazały na lokalizację refugium *Vargasiella* w Andach Centralnych. Porównanie modeli rozmieszczenia nisz podczas LGM z modelami stworzonymi dla czasów współczesnych wykazało, że w wyniku późniejszego ocieplenia klimatu powierzchnia preferowanych siedlisk zaczęła się zmniejszać. Ostoje *Warrea* i *Warreopsis* znajdowały się w cieplejszych, nizinnych i podgórskich regionach Mezoameryki i północnej części Ameryki Południowej, a ich potencjalny zasięg nie uległ znacznym zmianom po ustąpieniu lodowca. Przeprowadzone badania były pierwszym kompleksowym opracowaniem morfologii, filogenezy i biogeografii *Vargasiella* oraz jedynymi studiami, w których wykazano znaczące różnice w postglacialnej historii między tym taksonem i jego najbliższymi krewnymi.

Modelowanie nisz klimatycznych wykorzystałam również w badaniach taksonomicznych nad rodzajem *Psilochilus* Barb. Rodr. [H10]. Przedstawiciele tego taksonu są niewielkimi, naziemnymi roślinami wytwarzającymi niepozorne kwiaty. Ich odnalezienie podczas prac terenowych jest niezwykle trudne co skutkuje niewielką liczbą kolekcji zdeponowanych w herbariach. Ograniczona ilość dostępnego materiału badawczego ograniczała możliwość prowadzenia jakichkolwiek analiz dotyczących ich preferowanych nisz klimatycznych. W swoich badaniach wykorzystałam techniki ENM do określenia stopnia nakładania się nisz klimatycznych gatunków *Psilochilus* wykazujących podobieństwo morfologiczne. Zasięg większości przedstawicieli tego taksonu jest limitowany przez izotermiczność oraz sezonowość temperatury, a taksony o podobnych cechach wegetatywnych i kwiatowych nie zajmują podobnych nisz bioklimatycznych. Analogiczne badania należałoby przeprowadzić dla innych słabo poznanych rodzajów, dla których dostępność danych siedliskowych jest ograniczona co byłoby cenną wskazówką w studiach nad taksonami, w obrębie których podejrzewa się występowanie ekotypów.

Podsumowanie

Wyżej omówione prace były pierwszymi w historii badań nad Orchidaceae opracowaniami, w których wykorzystano technikę modelowania nisz bioklimatycznych. W krótkim czasie wyniki moich analiz znalazły zastosowanie w studiach innych naukowców, nie tylko botaników (np. Beauséjour 2015, Matos Medina 2016, Wang et al. 2017). Żadne wcześniejsze badania taksonomiczne nad tropikalnymi storczykowatymi nie uwzględniały analizy historycznej, która z pewnością może być cenną wskazówką podczas badania przyczyn specjacji w obrębie wielu grup organizmów.

Jednym z najważniejszych wyników prowadzonych prac było wykazanie niejednorodnego charakteru ekspansji *E. helleborine* w Ameryce Północnej. Wcześniejsze badania nad organizmami obcego pochodzenia sugerowały znaczną zmianę amplitudy ekologicznej w obrębie zasięgu inwazyjnego (np. Broennimann et al. 2007), inne wykazywały brak zmian w siedliskach zajmowanych na nowych obszarach (np. Palaoro et al. 2013). W pracach dotyczących *O. maculata* i *A. graminifolia* zastosowano narzędzia służące do modelowania i analizy niszy bioklimatycznej w celu określenia współczesnego stopnia

zadomowienia gatunków inwazyjnych. Ponadto, przeprowadzone badania umożliwiły wskazanie obszarów, które predestynowane są przez panujące tam warunki klimatyczne jako potencjalne obszary dalszej ekspansji badanych taksonów. Analogiczny tok prac może zostać z powodzeniem wykorzystany do weryfikacji statusu innych organizmów obcego pochodzenia oraz identyfikacji terenów, które należy objąć monitoringiem przyrodniczym. Co istotne, zaproponowany schemat analiz znajdzie zastosowanie również w studiach nad ekologicznym zróżnicowaniem populacji gatunków charakteryzujących się znaczną dysjunkcją zasięgową. Transatlantycka przerwa zasięgowa obserwowana jest u około 110 rodzajów roślin okrytozalążkowych (Renner 2004), zatem technika modelowania nisz klimatycznych wspomagać może wiele przyszłych badań botanicznych.

Do najbardziej rozwojowych elementów badań, które z całą pewnością znajdują zastosowanie w licznych pracach dotyczących ewolucji różnych grup organizmów, należą analiza filogenetycznego konserwatyizmu niszy oraz ewolucja tolerancji klimatycznej. Jak wykazano w wyżej omówionych badaniach nad Apostasioideae, techniki ENM w połączeniu z analizami filogenetycznymi mogą posłużyć do określenia wpływu tolerancji bioklimatycznej na procesy dywersyfikacji w obrębie różnych taksonów.

Literatura

- Ackerly, D. D. 2003. Community assembly, niche conservatism and adaptive evolution in changing environments. *Int J Plant Sci* 164: 165–184.
- Adamowski, W. 1995. Amerykańska kariera europejskiego storczyka. *Wiadomości Botaniczne* 39: 105–113.
- Beauséjour, R., Handa, I. T., Martin J. Lechowicz, M. J., Benjamin Gilbert, B. & Mark Vellend, M. 2015. Historical anthropogenic disturbances influence patterns of non-native earthworm and plant invasions in a temperate primary forest. *Biol Invasions* 17: 1267–1281.
- Bond, J. E. 2012. Phylogenetic treatment and taxonomic revision of the trapdoor spider genus *Aptostichus* Simon (Araneae, Mygalomorphae, Euctenizidae) *ZooKeys* 252: 1–209.
- Braconnot, P., Otto-Bliesner, B., Harrison, S., Joussaume, S., Peterchmitt, J.-Y., Abe-Ouchi, A., Crucifix, M., Driesschaert, E., Fichefet, Th., Hewitt, C. D., Kageyama, M., Kitoh, A.,

- Laîné, A., Loutre, M.-F., Marti, O., Merkel, U., Ramstein, G., Valdes, P., Weber, S. L., Yu, Y., & Zhao, Y 2007. Results of PMIP2 coupled simulations of the mid-holocene and last glacial maximum – part 1: experiments and large-scale features. *Clim Past* 3(2): 261–277.
- Broennimann, O., Treier, U. A., Müller-Schärer, H., Thuiller, W., Peterson, A. T. & Guisan, A. 2007. Evidence of climatic niche shift during biological invasion. *Ecol Lett* 10: 701–709.
- Cavender-Bares, J., Kozak, K. H., Fine, P. V. A. & Kembel, S. W. 2009. The merging of community ecology and phylogenetic biology. *Ecol Lett* 12: 693–715.
- Chase, M. W., Cameron, K. M., Freudenstein, J. V., Pridgeon, A. M., Salazar, G., van den Berg, C. & Schuiteman, A. 2015. An updated classification of Orchidaceae. *Bot J Linn Soc* 177: 151–174.
- Cohen, I. M. & Ackerman, J. D. 2009. *Oeceoclades maculata*, an alien tropical orchid penetrates a Caribbean rainforest. *Ann Bot* 104(3): 557–563.
- Conran, J. G., Bannister, J. M., Lee, D. E. 2009. Earliest orchid macrofossils: Early Miocene *Dendrobium* and *Earina* (Orchidaceae: Epidendroideae) from New Zealand. *Am J Bot* 96(2): 466–474.
- Dressler, R. L. 1993. Phylogeny and classification of the orchid family. Cambridge: Cambridge University Press.
- Elith J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E. & Yates, C. J. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Divers Distrib* 17: 43–57.
- Freudenstein, J. V. & Chase M. W. 2015. Phylogenetic relationships in Epidendroideae (Orchidaceae), one of the great flowering plant radiations: progressive specialization and diversification. *Ann Bot* 115(4): 665–681.
- Garay, L. A. 1972. On the origin of the Orchidaceae, II. *J Arnold Arbor* 53: 202–215.
- Givnish, T., Spalink, D., Ames, M., Lyon, S., Hunter, S., Zuluaga, A., Iles, W., Clements, M., Arroyo, M., Leebens-Mack, J., Endara, L., Kriebel, R., Neubig, K., Whitten, M., Williams, N. & Cameron, K. 2015. Orchid phylogenomics and multiple drivers of their extraordinary diversification. *Proc R Soc Biol Sci* 282(1814): 20151553.

- Guisan, A. & Zimmermann, N. E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecol Modell* 135: 147–186.
- Harvey, P. H. & Pagel, M. D. 1991. *The comparative method in evolutionary biology*. Oxford: Oxford University Press.
- Harvey, P. H. & Rambaut, A. 2000. Comparative analyses for adaptive radiations. *Phil Trans R Soc Lond B* 355: 1599–1606.
- Hedrén, M. 2001. Systematics of the *Dactylorhiza euxina/incarnata/maculata* polyploid complex (Orchidaceae) in Turkey: evidence from allozyme data. *Plant Syst Evol* 229: 23–44.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G. & Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int J Clim* 25(15): 1965–1978.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2000. Summary for Policymakers. Emissions Scenarios. A Special Report of IPCC Working Group III. Cambridge : Cambridge University Press.
- Losos, J. B. 2008. Phylogenetic niche conservatism, phylogenetic signal and the relationship between phylogenetic relatedness and ecological similarity among species. *Ecol Lett* 11: 995–1007.
- Marske, K. A., Leschena, R. A. B. & Buckley, T. R. 2011. Reconciling phylogeography and ecological niche models for New Zealand beetles: Looking beyond glacial refugia. *Mol Phylogenet Evol* 59(1): 89–102.
- Matos Medina, A. 2016. What Can an Invasive Dung Beetle Tell Us About Niche Conservatism? *Environ Entomol* 45(5): 1141–1145.
- Nordström, S. & Hedrén M. 2008. Genetic differentiation and postglacial migration of the *Dactylorhiza majalis* ssp. *traunsteineri/lapponica* complex into Fennoscandia. *Plant Syst Evol* 276: 73–87.
- Olson, J. S., Watts, J. A. & Allison, L. J. 1983. Carbon in live vegetation of major world ecosystems. Report DOE/NBB-0037 for US Dept. of Energy. Washington, WA: Carbon Dioxide Research Division.

- Palaoro, A. V., Dalosto, M. M., Costa, G. C. & Santos, S. 2013. Niche conservatism and the potential for the crayfish *Procambarus clarkii* to invade South America. *Freshwater Biol* 58: 1379–1391.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P. & Schapire, R. E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol Modell* 190: 231–259.
- Phillips, S. J., Dudík, M. & Schapire, R. E. 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. In *Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning*, pp. 655–662.
- Pillon, Y., Fay, M. F., Hedrén, M., Bateman, R. M., Devey, D. S., Shipunov, A. B., van der Bank, M. & Chase, M. W. 2007. Evolution and temporal diversification of western European polyploid species complexes in *Dactylorhiza* (Orchidaceae). *Taxon* 56: 1185–1208.
- Price, T. 1997. Correlated evolution and independent contrasts. *Phil Trans R Soc Lond B* 352: 519–529.
- Pridgeon, A. M., Cribb, P. J., Chase, M. W. & Rasmussen, F. N. 2001. *Genera Orchidacearum*, Vol. 2. Oxford: Oxford University Press.
- Pridgeon, A. M., Cribb, P. J., Chase, M. W. & Rasmussen, F. N. 2003. *Genera Orchidacearum*, Vol. 3. Oxford: Oxford University Press.
- Pridgeon, A. M., Cribb, P. J., Chase, M. W. & Rasmussen, F. N. 2005. *Genera Orchidacearum*, Vol. 4. Oxford: Oxford University Press.
- Pridgeon, A. M., Cribb, P. J., Chase, M. W. & Rasmussen, F. N. 2009. *Genera Orchidacearum*, Vol. 5. Oxford: Oxford University Press.
- Pridgeon, A. M., Cribb, P. J., Chase, M. W. & Rasmussen, F. N. 2014. *Genera Orchidacearum*, Vol. 6. Oxford: Oxford University Press.
- Ramirez, J. & Jarvis, A. 2008. Disaggregation of global circulation model outputs. International Center for Tropical Agriculture (CIAT). Cali: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security.
- Ramírez, S. R., Gravendeel, B. Singer, R. B. Marshall C. R. & Pierce, N. E. 2007. Dating the origin of the Orchidaceae from a fossil orchid with its pollinator. *Nature* 448: 1042–1045.

- Renner, S. 2004. Plant dispersal across the tropical Atlantic by wind and sea currents. *Int J Plant Sci* 165(S4): S23–S33.
- Schlechter, R. 1926. Das System der Orchidaceen. *Notizbl Bot Gart Berlin-Dahlem* 9: 563–591.
- Schoener, T. W. 1968. The anolis lizards of Bimini: resource partitioning in a complex fauna. *Ecology* 49(4): 704–726.
- Squirrell, J., Hollingsworth, P. M., Bateman, R. M., Dickson, J. H., Light, M. H. S, MacConaill, M. & Tebbitt, M. C. 2001. Partitioning and diversity of nuclear and organelle markers in native and introduced populations of *Epipactis helleborine* (Orchidaceae). *Am J Bot* 88(8): 1409–1418.
- Ståhlberg D. & Hedrén M. 2008. Systematics and phylogeography of the *Dactylorhiza maculata* complex (Orchidaceae) in Scandinavia: insights from cytological, morphological and molecular data. *Plant Syst Evol* 273: 107–132.
- van den Berg, C., Goldman, D. H., Freudenstein, J. V., Pridgeon, A. M., Cameron, K. M. & Chase, M. W. 2005. An overview of the phylogenetic relationships within Epidendroideae inferred from multiple DNA regions and recircumscription of Epidendreae and Arethuseae (Orchidaceae). *Am J Bot* 92: 613–624.
- Wang, C.-J., Wang, J.-Z. & Zhang, Z.-X. 2017. Expansion potential of invasive tree plants in ecoregions under climate change scenarios: an assessment of 54 species at a global scale. *Scand J Forest Res* doi: 10.1080/02827581.2017.1283049
- Warren, D. L. & Seifert, S. N. 2011. Ecological niche modeling in MaxEnt: The importance of model complexity and the performance of model selection criteria. *Ecol Appl* 21: 335–342.
- Warren, D. L., Glor, R. E. & Turelli, M. 2008. Environmental niche equivalency versus conservatism: quantitative approaches to niche evolution. *Evolution* 62(11): 2868–2883.
- Warren, D. L., Glor, R. E. & Turelli, M. 2010. ENMTools: a toolbox for comparative studies of environmental niche models. *Ecography* 33: 607–611.
- Wiens, J. J. & Graham, C. H. 2005. Niche conservatism: integrating evolution, ecology, and conservation biology. *Ann Rev Ecol Syst* 36: 519–539.

5. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH

5A. Przed uzyskaniem stopnia doktora

Badania nad storczykowatymi rozpoczęłam podczas studiów magisterskich prowadząc badania nad zmiennością genetyczną i morfologiczną lokalnych populacji *Dactylorhiza incarnata* oraz opracowując florę Orchidaceae Pienińskiego Parku Narodowego. Uczestniczyłam też w opracowywaniu skutecznych metod metaplantacji storczykowatych z terenów zagrożonych zniszczeniem (*Epipactis atrorubens*, *E. helleborine*).

W roku 2008 w konkursie „Kolumbia – kraj megaróżnorodny”, organizowanym przez Ambasadę Republiki Kolumbii w Polsce (przy wsparciu Ministerstwa Środowiska), otrzymałam możliwość odbycia stażu w parku narodowym El Cocuy w północnej Kolumbii. Mój pobyt na terenie tego kraju związany był wówczas z programem “Guardaparques Voluntarios” Specjalnej Jednostki Administracyjnej ds. Parków Narodowych Ministerstwa Środowiska, Mieszkalnictwa i Rozwoju Terytorialnego Kolumbii. Doświadczenie to umożliwiło mi rozpoczęcie prac nad opracowaniem flory storczykowatych Republiki Kolumbii i podjęciem tematu badawczego „Różnorodność biologiczna departamentu Valle del Cauca (Kolumbia) na przykładzie rodziny Orchidaceae”, który realizowałam podczas studiów doktoranckich na Uniwersytecie Gdańskim. Finansowe wsparcie badań zapewniło Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, przyznając grant promotorski (projekt N N304 043939).

Podczas przygotowywania rozprawy doktorskiej miałam możliwość współpracy z wiodącymi instytucjami naukowymi, m.in. Harvard University, Missouri Botanical Garden, Naturhistorisches Museum Wien, czy Royal Kew Botanic Garden. Rezultatem kooperacji z lokalnymi naukowcami było opublikowanie dwujęzycznej (angielsko-hiszpańskiej) monografii pt. „Orchids of the Yotoco Forest Reserve, Colombia”. Współpraca ta skutkowała również przygotowaniem szeregu publikacji wydawanych w recenzowanych czasopismach hiszpańsko- i anglojęzycznych [m.in. A1, A2, B3, B7, B8]. Wstępne wyniki badań prowadzonych w ramach studiów doktoranckich przedstawiłam w roku 2011 podczas konferencji BioSystematics, która odbyła się w Berlinie.

Rozprawę doktorską obroniłam w dniu 18 maja 2012 roku. Praca została wyróżniona przez Radę Wydziału Biologii UG oraz nagrodzona przez Gdańskie Towarzystwo Naukowe w konkursie dla młodych pracowników nauki w dziedzinie nauk o Ziemi.

5B. Po uzyskaniu stopnia doktora

Po obronie rozprawy doktorskiej kontynuowałam badania nad Neotropikalnymi przedstawicielami Orchidaceae. Po ukończeniu prac nad opracowaniem flory storczykowatych kolumbijskiego departamentu Valle del Cauca przygotowano cykl czterech monografii zawierający opisy gatunków występujących na terenie badań wraz z kluczami do ich oznaczania i mapami występowania.

Do najważniejszych prowadzonych przeze mnie badań taksonomicznych należały prace nad systematyką i określaniem granic rodzajowych w obrębie kompleksu *Erycina*. Na podstawie wyników analiz molekularnych nad podplemieniem Oncidiinae zespół naukowców z University of Florida zaproponował włączenie do *Erycina* przedstawicieli rodzajów *Psygmorchis* oraz *Stacyella*. Celem prowadzonych badań była analiza morfologiczna roślin reprezentujących omawiane taksony. Przebadano okazy zdeponowane w dziewięciu europejskich i amerykańskich herbariach. Po usystematyzowaniu wiedzy na temat różnorodności obserwowanej w obrębie ich cech wegetatywnych i kwiatowych zaproponowano utrzymanie wszystkich trzech taksonów w randze rodzajowej [A23]. Przedstawiciele *Psygmorchis* charakteryzują się brakiem pseudobulw oraz wachlarzowatym ułożeniem liści, natomiast gatunki *Stacyella* mogą zostać odróżnione od *Erycina* na podstawie obecności pochew liściowych u podstawy pseudobulw. W wyniku rewizji materiałów zielnikowych opisano również dwa nowe gatunki *Psygmorchis*.

Kolejnym taksonem, którego zróżnicowanie gatunkowe wymagało zrewidowania był neotropikalny przedstawiciel Angrecinae – opisany w 1881 roku rodzaj *Campylocentrum*. Zaliczane do niego są zarówno rośliny ulistnione, jak i bezlistne, które produkują niezresupinowane, bardzo drobne kwiaty zebrane w boczne, gęste kwiatostany. Listki okwiatu są wolne lub częściowo zrosnięte, a niepodzielona bądź 3-łatkowa warzka zaopatrzona jest w ostrogę. Krótki prętosłup tych roślin jest gładki lub zaopatrzony w niewielkie wyrostki po obu stronach znamienia. Przeprowadzone badania wykazały liczne błędy w oznaczaniu tych

roślin, wynikające prawdopodobnie z powszechnego bazowania taksonomów na cechach wegetatywnych tych roślin. W celu przeprowadzenia badań porównawczych i zagwarantowania poprawnej identyfikacji okazów, przeanalizowano okazy-typy zdeponowane przede wszystkim w europejskich herbariach. Wynikiem badań było opisanie 12 nowych gatunków *Campylocentrum*, głównie z terytorium Republiki Kolumbii [m.in. A24, A28]. Ponadto, zrewidowano status *Angraecum weigeltii*, który dotychczas uważany był za synonimiczny z *C. fasciola*. Przeprowadzone prace wykazały jednak różnice w budowie kwiatów (warzki i ostrogi) obu gatunków. Konieczne zatem było zaproponowanie nowej kombinacji w obrębie rodzaju - *Campylocentrum weigeltii* [A14].

W dalszej kolejności przeprowadzono prace nad wysokogórskim rodzajem *Pterichis* opisanym w roku 1840. Należą do niego rośliny naziemne, których bazalne liście często są zrzucane podczas kwitnienia. Niezresupinowane kwiaty są zebrane w kwiatostan typu grono. Zarówno przysadki kwiatowe, jak i załącznie, są gęsto orzęsione lub omszone. Warzka jest wklęsła, zwykle ozdobiona licznymi wyrostkami wzdłuż brzegów. Prętosłup przedstawicieli *Pterichis* jest krótki, pozbawiony wyrostków. Geograficzny zasięg rodzaju rozciąga się od Kostaryki do Argentyny, jednak największa różnorodność gatunkowa obserwowana jest w tropikalnych Andach. Populacje *Pterichis* najczęściej rosną w krzewiastym lub trawiastym paramo i subparamo, choć odnajdywane były również w lasach wysokogórskich powyżej 2600 m n.p.m. Prowadzone prace miały na celu rewizję kolumbijskich przedstawicieli rodzaju. Po raz pierwszy *Pterichis* został odnaleziony w tym kraju w 1920 roku, natomiast na najnowszej liście kolumbijskich storczykowatych znalazło się dziewięć gatunków należących do tego taksonu. Przeprowadzone badania skutkowały opisaniem nowych dla nauki gatunków *Pterichis* [m.in. A8, A15, A51, A72, B22].

W herbariach prowadziłam również badania mające na celu opracowanie flory Orchidaceae Republiki Kolumbii. Podczas gdy sąsiadujące państwa doczekały się obszernych prac traktujących o różnorodności krajowych storczykowatych, dotychczasowa wiedza o kolumbijskich przedstawicielach rodziny ogranicza się do opisów morfologicznych notowanych tam rodzajów oraz listy gatunków, których obecność odnotowano do roku 2007. Wraz z zespołem Katedry Taksonomii Roślin i Ochrony Przyrody UG oraz lokalnymi naukowcami opisałam z terytorium Kolumbii ponad 50 nowych dla nauki gatunków,

reprezentujących ponad 20 rodzajów [m.in. A3-A13, A15-A18, A29-A33, A40-A42, A49]. Przygotowano również kompletne opracowania kilku kolumbijskich taksonów, m.in. *Mesadenella* [B23], *Myrosmodes* [A46] oraz *Takulumena* [A53]. Rewizje materiałów zielnikowych skutkowały ponadto odnalezieniem nowych gatunków w innych krajach neotropikalnych, m. in. Ekwadorze [A48, A70], Kostaryce [A27] oraz Wenezueli [A10, A17, A61].

Kolejne prace florystyczne dotyczyły przesmyku Darién – jednego z najstąbiej poznanych regionów świata. W wyniku prowadzonych badań opisałam nowe gatunki występujące na tym terenie [A19, A47], a w roku 2014 opublikowałam monografię zawierającą informacje o wszystkich Orchidaceae podawanych z tego regionu wraz z klczami do ich oznaczania.

W roku 2013 zrewidowano status *Ponthieva micromystax* [A26]. Takson ten nie został nigdy formalnie opisany, a wspomniana nazwa zapisana została na dwóch arkuszach zielnikowych zdeponowanych w Naturhistorisches Museum Wien. Wszystkie okazy zostały zebrane przez jednego kolekcjonera na terytorium Republiki Kolumbii, jednak przeprowadzone badania wykazały, że rośliny te należą do dwóch różnych rodzajów. Pierwsza była przedstawicielem rodzaju *Ponthieva*, jednak nie reprezentowała żadnego znanego współcześnie gatunku tego taksonu. Drugi arkusz zawierał okazy reprezentujące *Ocampoa* – rodzaj, który dotychczas uważany był za monotypowy takson meksykański. W wyniku badań opublikowano opisy dwóch nowych taksonów - *Ponthieva micromystax* oraz *Ocampoa kraenzliniana*.

Kolejne badania taksonomiczne dotyczyły środkowoamerykańskiego rodzaju *Deiregyne*, którego kompozycja gatunkowa jest tematem dyskusji botaników od lat 80. XX wieku. Niezgodność w koncepcjach jest wynikiem niewskazania przez autora rodzaju gatunku-typu oraz ukazanie się w roku 1982 dwóch prac, w których autorzy zaproponowali różne lektotypy dla *Deiregyne* - *Spiranthes chloraeiformis* oraz *S. hemichrea*. Kolejne systemy klasyfikacyjne Spiranthinae różniły się pod względem przyjętego typu, co w konsekwencji doprowadziło do powstania niezgodności w kompozycji rodzajowej całego podplemienia. Rozbieżności dotyczyły głównie składu gatunkowego *Aulosepalum* oraz

Burnsbaloghia. Przeprowadzone badania wskazały za właściwe typizowanie *Deiregyne* przez *S. hemichrea*, a wyniki prac zostały opublikowane w czasopiśmie *Taxon* [A25].

Celem następnych badań taksonomicznych, które prowadziłam, było kompleksowe opracowanie rodzaju *Psilochilus* opisanego w 1882 roku. Rośliny te produkują mięsiste, omszone korzenie, które wyrastają z dolnej części kłącza. Lekko sfałdowane liście tych roślin rozmieszczone są wzdłuż wzniesionego pędu. Niepozorne kwiaty *Psilochilus* są zebrane w kwiatostanie typu grono. Listki okwiatu są niezrośnięte, natomiast warzka jest wyraźnie 3-łatkowa, ozdobiona liniowym, delikatnym kallusem biegnącym w 1-3 rzędach wzdłuż środkowej części warzki. Długi i smukły prętosłup jest łukowato wygięty, nieco zgrubiały u szczytu. Gatunki należące do *Psilochilus* są roślinami naziemnymi, zwykle spotykanymi w mokrych lasach górskich oraz lasach mgielnych. Populacje przedstawicieli rodzaju odnajdywane były zarówno w regionach przybrzeżnych (ok. 200 m n.p.m.), jak i górskich (ok. 2500 m n.p.m.). Zasięg geograficzny *Psilochilus* rozciąga się od południowego Meksyku do Brazylii. Do roku 2012 znanych było zaledwie siedem gatunków należących do tego rodzaju, jednak prowadzone prace skutkowały opisaniem kilku nowych dla nauki taksonów [m.in. A9, A21, A22, A34, A61], a kompleksowa rewizja *Psilochilus* została opublikowana w roku 2016 [H10].

W roku 2014 zintensyfikowano prace nad klasyfikacją i różnorodnością Oncidiinae. Zrewidowano status kilku rodzajów, których skład gatunkowy został zmodyfikowany w roku 2012 na podstawie badań molekularnych, m.in. *Brevilongium* i *Otoglossum* [A38], *Heteranthodium* [A54], *Cyrtochilum* [A90], *Brassia* [A62], *Odontoglossum* [A68], *Cohniella* [A79] czy *Trichocentrum* [A83]. Opisano również wiele nowych gatunków w obrębie rodzajów zaliczanych do Oncidiinae, np. *Heteranthodium* [B41], *Caucaea* [B46], *Cyrtochilum* [A37, A52, A56], *Diadenium* [A70], *Neokoehleria* [A71]. Jednym z najbardziej interesujących wyników prac było opisanie nowych gatunków w obrębie *Hirtzia* [A35] oraz przedstawienie rewizji tego taksonu [A59]. Badania nad Neotropikalnym podplemieniem Pachyphyllinae zaowocowały opublikowaniem pracy zawierającej przegląd rodzajów należących do tego taksonu, w tym nowo opisanego *Valdiviesoa* [A38]. Podczas prowadzonych analiz odnaleziono również nowe gatunki z rodzaju *Pachyphyllum* [A36, A42].

Na podstawie przeprowadzonych prac terenowych oraz analizy materiałów zielnikowych w 2016 roku zrewidowano status *Selenipedium chica*, który jest gatunkiem nominalnym *Selenipedium*. Przez lata uważano, że jedyny okaz z oryginalnej kolekcji zdeponowany jest w herbarium Naturhistorisches Museum Wien (W) i żaden kwiat tej rośliny nie został w całości zakonserwowany. Prace prowadzone w Muséum National d'Histoire Naturelle (P) wykazały jednak istnienie dobrze zachowanych kwiatów z kolekcji typowej w tym zielniku. Weryfikacja morfologii okazu-typu *S. chica* umożliwiła wydzielenie w obrębie tego gatunku jednostek niższej rangi. Ponadto, dane zebrane podczas prac w herbariach Harvard University (AMES), Universidad Nacional de Colombia (COL), Royal Botanic Gardens (K), Missouri Botanical Garden (MO), New York Botanical Garden (NY), Universidad de Nariño (PSO), Río Palenque Science Center (RPSC) oraz Naturalis Biodiversity Center (U) skutkowały opisaniem dwóch nowych gatunków należące do rodzaju *Selenipedium* [A75].

Do moich najważniejszych osiągnięć z zakresu badań florystycznych i taksonomicznych należą opracowanie flory Orchidaceae przesmyku Darién oraz opublikowanie cyklu prac dotyczących granic międzyrodzajowych w obrębie podplemienia Oncidiinae [m.in. A38, A54, A62, A68, A79, A83, A90]. Duże zainteresowanie mediów krajowych i zagranicznych, m.in. Washington Post i National Geographic, wzbudziło odkrycie przeze mnie podczas prac terenowych nowego gatunku *Telipogon*, który ze względu na charakterystyczną budowę prętosłupa i kallusa nazwany został *T. diabolicus* [A80].

W chwili obecnej prowadzę prace dotyczące kosmopolitycznego podplemienia Habenariinae, których elementem jest zebranie danych do odtworzenia tolerancji bioklimatycznej w obrębie tego taksonu. Ponadto prowadzę analizy dotyczące wpływu przyszłych zmian klimatycznych na rozmieszczenie saprofitycznych przedstawicieli Orchidaceae.

Kolanowska