

1. Imię i Nazwisko: **Agnieszka Kreitschitz** (Nazwisko panieńskie: Skowronek)

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

1998 - Magister Biologii w zakresie botaniki, Instytut Botaniki, Wydział Nauk Przyrodniczych (obecnie Wydział Nauk Biologicznych) Uniwersytet Wrocławski.

2003 - Doktor Nauk Biologicznych, Uniwersytet Wrocławski. Dyplom uzyskany w Zakładzie Morfologii i Rozwoju Roślin (obecnie Zakład Biologii Rozwoju Roślin, Instytut Biologii Eksperymentalnej, Uniwersytet Wrocławski). Tytuł rozprawy doktorskiej - "Zróżnicowanie morfologiczne i cytologiczne wybranych gatunków rodzaju *Artemisia* L. z Dolnego Śląska", opiekun pracy – dr hab. prof. UWr Janina Dąbrowska.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/ artystycznych.

2003-2004 - asystent w Zakładzie Biologii Rozwoju Roślin (aktualna nazwa), Instytut Biologii Eksperymentalnej (aktualna nazwa), Uniwersytet Wrocławski.

Od 2004 - do chwili obecnej adiunkt w Zakładzie Biologii Rozwoju Roślin (aktualna nazwa), Instytut Biologii Eksperymentalnej (aktualna nazwa), Uniwersytet Wrocławski.

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. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.):

a) Tytuł osiągnięcia naukowego:

Morfologia, struktura i właściwości fizyczne otoczki śluzowej nasion i owoców

b) Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego:

IF zgodny z rokiem opublikowania, punkty MNiSW wg listy z dn. 9 grudnia 2016r.

1. **Kreitschitz A.**, Vallès J., 2007. Achene morphology and slime structure in some taxa of *Artemisia* L. and *Neopallasia* L. (Asteraceae). *Flora* 202:570-580 [**MNiSW - 25 pkt., IF: 1.157**], udział własny 90%.
2. **Kreitschitz A.**, Tadele Z., Gola E.M., 2009. Slime cells on the surface of *Eragrostis* seeds maintain a level of moisture around the grain to enhance germination. *Seed Science Research* 19:27–35 [**MNiSW - 30 pkt., IF:1,608**], udział własny 60%.
3. **Kreitschitz A.**, 2009. Biological properties of fruit and seed slime envelope – how to live, fly, and not die. W: Gorb. N. S. (Ed.) *Functional surfaces in biology*. Vol. 1-2.Springer. PP:11-30 [**10 pkt.**], udział własny 100%.
4. **Kreitschitz A.**, 2012. Mucilage formation in selected taxa of the genus *Artemisia* L. (Asteraceae, Anthemideae). *Seed Science Research* 22:177–189 [**MNiSW - 30 pkt., IF: 1,931**], udział własny 100%.

5. **Kreitschitz A.**, Kovalev A., Gorb S.N., 2015. Slipping vs sticking: water-dependent adhesive and frictional properties of *Linum usitatissimum* L. seed mucilaginous envelope and its biological significance. *Acta Biomaterialia* 17(4):152-159 [**MNiSW - 45 pkt., IF:6.025**], udział własny 70%.
6. **Kreitschitz A.**, Kovalev A., Gorb S.N., 2016. "Sticky invasion" – the physical properties of *Plantago lanceolata* L. seed mucilage. *Beilstein Journal of Nanotechnology* 7:1918–1927 [**MNiSW - 30 pkt, IF:2.778**], udział własny 70%.
7. **Kreitschitz A.**, Gorb S.N., 2017. How does the cell wall 'stick' in the mucilage? A detailed microstructural analysis of the seed coat mucilaginous cell wall. *Flora* 229:9-22 [**25 pkt., IF:1.59**], udział własny 90%.

Sumaryczny Impact Factor (IF) wyżej wymienionych publikacji został podany zgodnie z rokiem publikacji i wynosi - **15.089**

Sumaryczna liczba punktów MNiSW (zgodnie z aktualną punktacją wg wykazu MNiSW z dnia 9 grudnia 2016 r., rozporządzenia MNiSW z dnia 13 lipca 2012 r.) wynosi - **195**

c) *Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania:*

Morfologia, struktura i właściwości fizyczne otoczki śluzowej nasion i owoców

WSTĘP

Nasiona i owoce (diaspory) niektórych gatunków roślin wykazują ciekawą cechę, jaką jest tworzenie wokół nich galaretowatej otoczki, tzw. otoczki śluzowej. Zjawisko to, nazywane myksodiasporią, jest uwarunkowane występowaniem na powierzchni diaspor wyspecjalizowanych komórek śluzowych, które po umieszczeniu w wodzie ulegają hydratacji i uwalniają śluzową zawartość. Tworzenie śluzu przez diaspory podawane jest dla ponad 80 rodzin roślin okrytonasiennych zarówno jedno- jak i dwuliściennych takich jak na przykład Asteraceae, Brassicaceae, Euphorbiaceae, Juncaceae, Poaceae (Grubert 1974). Zdolność do produkcji śluzu wykazują wyspecjalizowane komórki tzw. komórki śluzowe okrywy nasiona lub perykarpu owocu. Śluz deponowany jest w apoplazmie komórek śluzowych podczas różnicowania okrywy/perikarpu, w czasie dojrzewania diaspor (Western 2012). Pod względem chemicznym jest on mieszaniną polisacharydów, wśród których dominują pektyny - ramnogalakturnan I i homogalakturnan, które stanowią główną masę śluzu. Dodatkowo stwierdzono w nim obecność celulozy oraz hemiceluloz takich jak np. ksylan i arabinoksylan (Arsovski i inni 2010, Ralet i inni 2016). Na podstawie składu chemicznego wyodrębnia się dwa typy śluzu: pektynowy i celulozowy. Pierwszy typ, zawierający pektyny i hemicelulozy, jest charakterystyczny dla rodzaju *Linum* sp. Obecność dodatkowego składnika – celulozy, występującej w postaci fibryli zanurzonych w pektynowej otoczce, charakteryzuje drugi typ śluzu - celulozowy. Jest on szerzej rozpowszechniony i występuje u wielu przedstawicieli różnych rodzin np. Asteraceae (*Artemisia* spp.), Brassicaceae (*Arabidopsis thaliana*, *Capsella bursa-pastoris*, *Lepidium sativum*) czy Lamiaceae (*Salvia hispanica*, *Ocimum basilicum*) (Grubert 1974, Western 2012, Kreitschitz 2009, 2012).

Otoczka śluzowa jest istotna dla skutecznego wypełniania przez nasiona i owoce ich biologicznej roli. Przytwierdza i zagłębia diaspory w glebie, dzięki gromadzeniu wody stwarza odpowiednie warunki do kiełkowania nasion, chroni przed atakiem patogenów, przeniesieniem na

niekorzystne siedliska czy zjedzeniem (zebraniem) przez owady. Przyczynia się do rozprzestrzeniania diaspor zapewniając sukces kolonizacyjny zarówno w skali lokalnej jak i na obszarach wielkości kontynentu (Grubert 1974, Yang i inni 2012).

Otoczka śluzowa ze względu na swoje wielorakie funkcje skupia uwagę badaczy z różnych dziedzin. Najczęściej charakteryzowana jest w odniesieniu do jej funkcji ekologicznej, właściwości fizykochemicznych czy biomedycznych (Yang i inni 2012). Analizy chemiczne i techniki używane w biologii komórki pozwoliły zdefiniować otoczkę śluzową jako wyspecjalizowaną wtórną ścianę komórkową bogatą w pektyny. Ponadto obecność typowych dla ściany polisacharydów sprawia, że jest ona doskonałym modelem do badań procesów syntezy, formowania się i funkcjonowania ściany komórkowej. Duże zainteresowanie zyskały w ostatnich latach badania śluzowych diaspor *Arabidopsis thaliana* i jej mutantów, które pozwoliły na poznanie mechanizmów syntezy i funkcjonowania śluzowej ściany komórkowej na poziomie molekularnym (Macquet i inni 2007, Sullivan i inni 2011, Haughn i Western 2012, North i inni 2014, Voiniciuc i inni 2015a, b). W związku z tym wielostronne studia nad śluzowymi diasporami, które prowadzę i które obejmują zagadnienia morfologiczne, strukturalne, fizyczne i ekologiczne doskonale wpisują się w aktualną tematykę badawczą. Moje prace charakteryzują się kompleksowym podejściem do badanych zagadnień, interdyscyplinarnością oraz łączeniem tradycyjnych metod z nowoczesnymi technikami analizy.

CEL

W prezentowanym cyklu, składającym się na osiągnięcie naukowe, skupiłam się poznaniu morfologii, struktury i właściwości fizycznych otoczki śluzowej oraz wzajemnych zależności między badanymi cechami. Obiektem analiz były śluzowe nasiona/owoce wybranych taksonów roślin. Wśród nich znaleźli się przedstawiciele rodzajów *Artemisia*, *Linum*, *Plantago*, których nasiona są wykorzystane w medycynie czy farmacji, ale także rośliny ruderalne i gatunki kserotermiczne, których diasporę doskonale nadają się do badań ze względu na zdolność tworzenia obfitej otoczki śluzowej.

Charakterystyka mikromorfologiczna owoców i nasion jest często wykorzystywana w taksonomii roślin. Obecność komórek śluzowych w okrywie diaspor jest cechą znaną dla wielu gatunków, brak jest jednak ich kompleksowych analiz. Zbadanie mikromorfologicznych właściwości śluzowych diaspor oraz ich zróżnicowania pod względem zdolności formowania śluzu były pierwszym celem mojej pracy. Mają one ważne znaczenie w poznaniu zdolności adaptacyjnych roślin do różnych warunków siedliskowych oraz dostarczają dodatkowych informacji pozwalających na prześledzenie ewolucji i różnicowania się pojedynczych taksonów czy całych rodzajów.

Zdolność gromadzenia i utrzymania wody w otoczce śluzowej oraz zapewnienie przez nią efektywnego rozprzestrzeniania się diaspor przyczynia się do sukcesu reprodukcyjnego roślin. W przypadku śluzowych diaspor właściwości fizyczne otoczki śluzowej mogą mieć decydujące znaczenie dla sposobu w jaki będą one transportowane na przykład przez zwierzęta. Minimalne tarcie powinno ułatwiać przejście przez przewód pokarmowy (endozoochoria). Z kolei dobre właściwości adhezyjne mogą mieć decydujące znaczenie w procesie egzozoochorii, ale mogą także przeciwdziałać transportowi przytwierdzając diasporę do podłoża. Porównanie właściwości fizycznych śluzu pektynowego i celulozowego, określenie zależności między stopniem hydratacji śluzu, a tarcie i adhezją oraz określenie ich wpływu na sposób rozprzestrzeniania się diaspor było kolejnym celem mojej pracy.

Szczególne właściwości pektyn powodują, że w wyniku ich hydratacji następuje rozluźnienie struktury śluzowej ściany komórkowej i utworzenie żelowej kapsuły, która otacza diasporę (Haughn i

Western 2012). Dzięki temu możliwe jest zbadanie przestrzennej organizacji śluzu. Poznanie przeze mnie wzoru rozmieszczenia składników otoczki śluzowej przyczyniło się do wyjaśnienia w jaki sposób śluz utrzymywany jest na powierzchni diaspory i jak wygląda jego architektura.

Publikacja

Kreitschitz A., Vallès J., 2007. Achene morphology and slime structure in some taxa of *Artemisia* L. and *Neopallasia* L. (Asteraceae). *Flora* 202:570-580.

Rodzaj *Artemisia* jest jednym z najliczniej reprezentowanych w rodzinie Asteraceae. Szacuje się, iż może liczyć od 250 do 500 taksonów. Szeroki zasięg występowania obejmujący półkulę północną i zróżnicowane siedliska, na których występują taksony *Artemisia* spowodowały wykształcenie różnego typu przystosowań na przykład anatomicznych, morfologicznych, cytogenetycznych ważnych dla rozwoju, przetrwania i rozprzestrzeniania się taksonów tego rodzaju. Jedną z takich cech jest zdolność tworzenia śluzu przez owoce (niełupki). Jest to właściwość szczególnie często spotykana u roślin zasiedlających obszary o ograniczonym dostępie do wody takie jak stepy, obszary pustynne czy półpustynne, ale także spotykana u roślin występujących na przykład na siedliskach ruderalnych (Kreitschitz 2003). Celem niniejszej pracy były: a) badania ultrastruktury niełupek, identyfikacja komórek śluzowych i wzorów ich rozmieszczenia na powierzchni owoców różnych taksonów; b) ustalenie podstawowych składników śluzu oraz typu śluzu; c) ustalenie relacji między zdolnością tworzenia śluzu a typem siedliska, formą życiową rośliny i poziomem jej ploidalności.

Analizy przeprowadzone z użyciem elektronowego mikroskopu skaningowego oraz mikroskopu świetlnego, ukazały zróżnicowanie kształtów i rozmieszczenia komórek śluzowych na powierzchni niełupek. Zaobserwowano, że wszystkie badane gatunki charakteryzowały się obecnością w okrywie owocu, dominujących pod względem liczebności komórek śluzowych. Tworzyły one wyraźne, podłużne pasma gęsto pokrywając powierzchnię niełupek. Kształt komórek śluzowych był zróżnicowany: przeważały komórki prostokątne, wąskie ale były także komórki trójkątne i owalne. Te ostatnie były charakterystyczne dla pochodzących z Ameryki Północnej *Artemisia nova* i *A. pygmaea*. Cecha ta podkreśla odrębne pochodzenie tych taksonów, które należą do endemicznego podrodzaju *Tridentatae*.

Użycie różnych barwników pozwoliło na określenie głównych składników śluzu. Były nimi pektyny i celuloza, które klasyfikują go do typu celulozowego. Badanie przebiegu hydratacji ujawniło z kolei mechanizm tworzenia otoczki śluzowej. Pod wpływem kontaktu z wodą następowało uwodnienie pektyn, które pęczniąc zwiększały swoją objętość. W konsekwencji następowało rozerwanie ścian komórkowych komórek śluzowych i po kilku minutach cała masa śluzu formowała galaretowatą otoczkę wokół diaspory. Z masą pektyn „wyrzucane” były także celulozowe fibryle, które pozostawały spiralnie zwinięte lub ulegały rozprostowaniu układając się w charakterystyczne, długie nici zanurzone w śluzowej otoczce.

Niełupki *Artemisia vulgaris* i *A. verlotiorum* mimo obecności komórek śluzowych nie produkowały śluzu. Cechę tą można wiązać z występowaniem obu tych gatunków na wilgotniejszych, żyzniejszych siedliskach, które stwarzają wystarczające warunki do kiełkowania. Kolejną przyczyną niezdolności tworzenia śluzu może być poliploidalność. Zjawisko to zaobserwowano u niektórych tetraploidalnych okazów *A. campestris* i *A. campestris* ssp. *sericea*. Dla porównania, diploidy *A. campestris* tworzyły dużą, dobrze rozwiniętą otoczkę śluzową. Obfity śluz był także

charakterystyczny dla takich gatunków jak jednoroczne, ruderalne *A. annua*, *A. biennis*, czy typowo stepowa *Neopallasia pectinata*. W przypadku krótkiego cyklu życiowego zdolność tworzenia śluzu wspomaga szybsze kiełkowanie. Diaspory roślin występujących na siedliskach ruderalnych lub o ograniczonym dostępie do wody mogą szybciej kiełkować dzięki wodzie zgromadzonej w otocze śluzowej wygrywając konkurencję z roślinami, których diaspory pozbawione są śluzu.

Główne osiągnięcia:

- Pierwsza, dokładna identyfikacja i charakterystyka komórek śluzowych i podstawowych składników śluzu produkowanego przez diaspory *Artemisia* i *Neopallasia*.
- Poznanie sposobu formowania się otoczki śluzowej wraz z określeniem czynników decydujących o jej morfologicznym zróżnicowaniu.
- Określenie charakterystycznych cech morfologicznych komórek śluzowych dla poszczególnych gatunków i cech mających znaczenie w taksonomii rodzaju *Artemisia* i *Neopallasia*.

Publikacja

Kreitschitz A., Tadele Z., Gola E.M., 2009. Slime cells on the surface of *Eragrostis* seeds maintain a level of moisture around the grain to enhance germination. *Seed Science Research* 19:27–35.

Do rodzaju *Eragrostis* Wolf. należy wiele kosmopolitycznych gatunków, wśród których występują także rośliny uprawiane do celów spożywczych. Rośliny z rodzaju *Eragrostis* wykazują szereg przystosowań morfologiczno-anatomicznych do różnych warunków siedliskowych (Bekele i inni 1995, Ketema 1997, Assefa i inni 2001). Ponieważ w rodzinie Poaceae, do której należy rodzaj *Eragrostis*, znane są gatunki o diasporach produkujących śluzu, pojawiło się pytanie czy taką właściwość mają także ziarniaki *Eragrostis*. Niniejszy artykuł, potwierdzający obecność komórek śluzowych u *Eragrostis*, powstał we współpracy z Panem dr. Zerihunem Tadele (Uniwersytet w Bern, Szwajcaria). Jest on specjalistą zajmującym się badaniami fizjologicznymi i genetycznymi nad *Eragrostis tef*. Głównymi celami prezentowanej pracy były: a) badania morfologiczno-anatomiczne ziarniaków wybranych taksonów z rodzaju *Eragrostis*; b) analiza mechanizmu tworzenia śluzu.

W niniejszej pracy przedstawiona została dokładna budowa morfologiczno-anatomiczna ziarniaków oraz odkrytych w nich komórek śluzowych, organizacja tych komórek w zewnętrznej warstwie okrywającej ziarniak i mechanizm tworzenia specyficznej warstwy śluzu.

Szczegółowe badania powierzchni ziarniaków *Eragrostis* z użyciem elektronowego mikroskopu skaningowego oraz analizy anatomicznej i specyficzne barwienia na śluz ujawniły szczególne cechy strukturalne komórek śluzowych. Śluz badanych gatunków *Eragrostis* należy do typu pektynowego. Wydłużone, prostokątne komórki śluzowe pokrywały ściśle ziarniak, zarówno w zagłębieniach lub na wypukłej powierzchni diaspory, przyjmując czasami wygięty, półksiężycowaty kształt. W diasporach *Eragrostis* zaobserwowano rzadką sytuację, gdy pektyny w komórkach śluzowych pęczniały, ale nie były z nich uwalniane. Utworzony śluz pozostawał zamknięty w ich obrębie. Formowanie śluzu następowało dośrodkowo - w kierunku do centrum komórki, nie zaś, jak to najczęściej następuje u roślin, odśrodkowo, co powoduje zazwyczaj uwolnienie śluzowej zawartości do otoczenia w wyniku rozerwania ściany komórkowej. Prawdopodobnie zbyt mała ilość śluzu była przyczyną niepęknięcia komórek śluzowych. Cechę tą wykazywały wszystkie badane taksony *Eragrostis*.

Dodatkowo powierzchnię ziarniaka utworzoną z komórek śluzowych okrywała warstwa kutykuli, mająca znaczenie w retencji zgromadzonej przez śluz wody. Zaobserwowano, że w

obecności jonów wapniowych zawartych w wodzie kutykula oddzielała się od powierzchni ziarniaka tworząc rodzaj ciągłej powłoki pod którą skupione były komórki śluzowe. W wyniku tego możliwe było utrzymanie wilgoci wokół diaspory. Natomiast w wyniku zastosowania wody pozbawionej jonów (destylowanej), ułatwiającej ściśle związanie kutykuli z powierzchnią ziarniaka tj. ze ścianami komórek śluzowych, następowało odrywanie się podczas pęcznienia tychże komórek od powierzchni, a co za tym idzie prawdopodobnie szybsza utrata wody z tych komórek i zmniejszenie jej ilości wokół diaspory. Zdolność produkcji śluzu oraz utrzymywania komórek śluzowych na powierzchni ziarniaka umożliwiają gromadzenie wody niezbędnej do rozpoczęcia procesu kiełkowania i mogą stanowić doskonały mechanizm adaptacyjny do suchych warunków siedliskowych, w jakich występują gatunki z rodzaju *Eragrostis*

Główne osiągnięcia:

- Poznanie w szczegółach budowy morfologiczno-anatomicznej ziarniaków i struktury komórek śluzowych w rodzaju *Eragrostis*.
- Odkrycie mechanizmu tworzenia śluzu w ziarniakach rodzaju *Eragrostis* oraz czynników regulujących utrzymywanie się komórek śluzowych na powierzchni ziarniaka.
- Identyfikacja składu i dokładna analiza morfologiczna śluzu.

Publikacja

Kreitschitz A., 2009. "Biological properties of fruit and seed slime envelope – how to live, fly, and not die". W: Gorb. N. S. (Ed.) *Functional surfaces in biology. Little structures with big effects. Vol. 1-2.* Springer. PP:11-30.

Moja kolejna praca powstała na zaproszenie, jakie otrzymałam od Pana Profesora Stanisława Gorba do przygotowania rozdziału w monografii poświęconej funkcjonalnym powierzchniom biologicznym. Praca ta podsumowuje wiedzę o morfologii, strukturze oraz funkcji komórek śluzowych i otoczki śluzowej, a także porusza aspekty ewolucji śluzu, jego wykorzystania przez człowieka i znaczenia dla roślin.

W pracy syntetycznie omówiono skład chemiczny śluzu, a także przedstawiono klasyfikację typów śluzu i znaczenie funkcjonalne takiego podziału. Oprócz tego została opisana morfologia komórek śluzowych, otoczki śluzowej i różnice między typami śluzu. Ze względu na ważne znaczenie ekologiczne śluzu część pracy poświęcona została aspektom ewolucyjnym oraz adaptacjom śluzowych diaspor do różnych warunków siedliskowych, a także różnym sposobom ich rozprzestrzeniania.

Podsumowano także stan wiedzy dotyczący funkcji biologicznych otoczki śluzowej, do których należą między innymi: gromadzenie wody i stworzenie odpowiednich warunków do kiełkowania, regulacja temperatury wokół diaspory, ochrona przed patogenami oraz zapewnienie różnych sposobów rozprzestrzeniania diaspor co ma znaczenie dla kolonizacji nowych obszarów.

Ostatnim zagadnieniem zaprezentowanym w pracy a pokazującym spektrum funkcjonalności śluzu, było jego ekonomiczne wykorzystanie np. w przemyśle spożywczym czy w medycynie.

Główne osiągnięcie:

- Syntetyczne podsumowanie wiedzy dotyczącej składu, roli, ewolucji i funkcji otoczki śluzowej nasion i owoców.

Publikacja

Kreitschitz A., 2012. Mucilage formation in selected taxa of the genus *Artemisia* L. (Asteraceae, Anthemideae). *Seed Science Research* 22:177–189.

Niniejsza publikacja jest rozwinięciem wcześniejszych badań (Kreitschitz i Vallès 2007) nad ultrastrukturą niełupiek i morfologią otoczki śluzowej, w której szerzej przeanalizowano zagadnienia związane z mechanizmem utrzymywania wody przez diaspory w kontekście adaptacji roślin do różnych siedlisk. Celami badawczymi tej pracy były: a) określenie cech morfologicznych komórek śluzowych w niełupkach i sposobów ich rozmieszczenia; b) analiza zdolności tworzenia śluzu; c) ustalenie sposobu zaopatrywania diaspory w wodę w przypadku niezdolności do tworzenia otoczki śluzowej; d) analiza znaczenia ekologicznego śluzu celulozowego u badanych taksonów.

W prezentowanej pracy zbadano owoce należące do 38 taksonów *Artemisia* reprezentujących pięć różnych podrodzajów, w tym endemiczny dla obszaru Ameryki Północnej podrodzaj *Tridentatae*. Dla 31 taksonów stwierdzono obecność komórek śluzowych w okrywie owocu. W pozostałych siedmiu przypadkach okrywa była zbudowana wyłącznie z komórek właściwych epidermy.

Kształt komórek śluzowych był najczęściej prostokątny. Komórki o bardziej nieregularnych kształtach (owalne, trójkątne) charakterystyczne były dla *Tridentatae*. Cechę tę zaobserwowano także dla innych, wcześniej niebadanych przedstawicieli tej grupy np. *Artemisia arbuscula* ssp. *arbuscula*. Zdolność tworzenia otoczki śluzowej była charakterystyczna dla czterech sekcji tj. *Absinthium*, *Artemisia*, *Dracunculus* i *Seripidium*. W wielu przypadkach, takich jak *A. frigida*, *A. herba-alba*, diaspory po uwodnieniu pokrywał obfity śluz z dobrze widoczną masą pektyn i zanurzonym w niej szkieletem celulozowym. Obecne były także taksony tworzące po hydratacji mniejszą otoczkę, jak na przykład *A. demissa*. W przypadku taksonów z sekcji *Tridentatae* śluz często pozostawał zamknięty w napęczniałych komórkach. Niezdolność tworzenia otoczki śluzowej oraz całkowity brak komórek śluzowych u innych taksonów to najbardziej wyróżniające cechy gatunków z tej sekcji.

Stwierdzono, że brak zdolności tworzenia śluzu może być rekompensowany na dwa sposoby. Pierwszym z nich było tworzenie luźnej okrywy owocu, pod którą formowała się wolna przestrzeń gromadząca wodę. Cecha ta obserwowana była dla niełupiek pozbawionych komórek śluzowych oraz dla całej sekcji *Tridentatae*, u której niewielka ilość śluzu pozostaje zamknięta w komórkach. Drugą możliwością było gromadzenie wody między włoskami okrywającymi, znajdującymi się na powierzchni niełupiek.

Dodatkową cechą, która była brana pod uwagę przy analizowaniu zdolności tworzenia śluzu, był poziom ploidalności badanych taksonów. Wyraźne różnice zaobserwowano w seriach poliploidalnych reprezentowanych np. przez *A. dracunculus* (2x, 4x, 10x), gdzie okazy dekaploidalne charakteryzowały się małą ilością śluzu w porównaniu do diploidów. Także w kompleksie *A. campestris* (2x, 4x) i *A. campestris* ssp. *sericea* (4x) owoce tetraploidalne wytwarzały mniej śluzu lub nawet były go pozbawione.

Ciekawą cechą, zaobserwowaną u wysokogórskiego gatunku *A. glacialis*, była obecność komórek śluzowych ułożonych w postaci krótkich pasm i pęcznienie śluzu bez uformowania otoczki. Cecha ta obserwowana była także u niektórych przedstawicieli *Tridentatae*. Można przypuszczać, że

podobny sposób funkcjonowania komórek śluzowych mógł pojawić się niezależnie w różnych grupach taksonomicznych jako przystosowanie do specyficznych (ubogich w wodę) warunków siedliskowych.

Tworzenie śluzu celulozowego, zaopatrzonego w fibryle celulozowe, ma szczególne znaczenie dla diaspor z rodzaju *Artemisia*. Obecność celulozowego szkieletu może przynosić różne korzyści diasporom: chroni śluz przed utratą z powierzchni niełupki w wyniku wypłukania przez wodę, pozwala na mocniejsze przyczepienie do podłoża lub do zwierząt rozsiewających nasiona, zwiększa powierzchnię kontaktu diaspor z podłożem i zapewnia lepszą przyczepność.

Podsumowując można stwierdzić, że porównanie większej liczby taksonów, pochodzących z różnych siedlisk i obszarów geograficznych pozwoliło na wyodrębnienie nowych cech mających wpływ na zdolność tworzenia otoczki śluzowej i zaopatrywania diaspor w wodę. Najważniejsza z nich to rekompensowanie niezdolności do formowania śluzu, poprzez wytworzenie dodatkowych struktur (mechanizmów) ułatwiających gromadzenie wody. Uzyskane wyniki pokazały także zróżnicowanie tendencji ewolucyjnych i zdolności adaptacyjnych badanych taksonów.

Główne osiągnięcia:

- Przedstawienie, po raz pierwszy, alternatywnych mechanizmów gromadzenia wody przez diasporę niezdolną do produkcji śluzu.
- Ukazanie w szczegółach zróżnicowania mikromorfologii niełupki u 38 taksonów *Artemisia* z wyróżnieniem cech mających szczególne znaczenie w ewolucji i adaptacji roślin do różnych siedlisk.
- Ujawnienie znaczenia śluzu celulozowego dla rodzaju *Artemisia*, jako szczególnego przystosowania do suchych warunków siedliskowych i rozprzestrzeniania jego przedstawicieli.

Publikacje

Kreitschitz A., Kovalev A., Gorb S.N., 2015. Slipping vs. sticking: water-dependent adhesive and frictional properties of *Linum usitatissimum* L. seed mucilaginous envelope and its biological significance. *Acta Biomaterialia* 17(4):152-159.

Kreitschitz A., Kovalev A., Gorb S.N. 2016. "Sticky invasion" – the physical properties of *Plantago lanceolata* L. seed mucilage. *Beilstein Journal of Nanotechnology* 7:1918–1927.

Główna różnica między śluzem pektynowym i celulozowym polega nie tylko na odmiennym składzie chemicznym, ale także na właściwościach funkcjonalnych obu typów śluzu, w którym ważną rolę pełni obecność szkieletu celulozowego. Gdy jest obecny, stanowi rusztowanie, na którym rozpięte są pozostałe składniki śluzu, takie jak pektyny i hemicelulozy, i chroni śluzową otoczkę przed usunięciem z powierzchni diaspor.

Obecność śluzu w nasionach i owocach tworzy specyficzne warunki fizyko-chemiczne dla funkcjonowania diaspor, takie jak lepkość czy napięcie powierzchniowe. Tarcie i adhezja to zjawiska fizyczne związane wprost z właściwościami polisacharydów otoczki śluzowej, które odgrywają rolę w procesie rozprzestrzeniania diaspor na drodze endo- lub egzo-zoochorii. Z tego względu można przypuszczać, że odmienność chemiczna dwóch typów śluzu: pektynowego i celulozowego powinna przekładać się także na ich właściwości fizyczne i tym samym na właściwości biologiczne. Celem niniejszych prac było: a) zbadanie przebiegu procesu utraty wody z otoczki śluzowej nasion *Linum usitatissimum* i *Plantago lanceolata* różniących się typem śluzu; b) oszacowanie związku między

stopniem uwodnienia otoczki śluzowej a tarcie i adhezją; c) określenie w jaki sposób właściwości fizyczne mogą wpływać na sposób rozprzestrzeniania diaspor.

Przeprowadzone badania pokazały, że uwadnianie nasiona *Inu*, charakteryzujące się śluzem pektynowym, różniły się między sobą ilością pochłoniętej wody, a tym samym wielkością otoczki śluzowej. Dynamika utraty wody z otoczki śluzowej była natomiast podobna we wszystkich badanych nasionach *Inu*. Szybka i gwałtowną utratę wody obserwowano zaraz po hydratacji, a w końcowych etapach doświadczenia woda była tracona powoli i przez dłuższy czas. Dehydratacja zależna była od ilości śluzu i zgromadzonej w nim wody. Nasiona z większą otoczką śluzową traciły wodę dłużej.

W porównaniu do *L. usitatissimum*, utrata wody z otoczki śluzowej *P. lanceolata* przebiegała szybciej. Mniejsza masa śluzu oraz mniejsza ilość zaabsorbowanej wody mogą być głównymi czynnikami odpowiedzialnymi za zaobserwowane różnice. Obecność celulozy może mieć wpływ na przestrzenną strukturę otoczki śluzowej i przez to także na dehydratację, poprzez oddziaływanie z innymi składnikami śluzu.

Doświadczenia pokazały, że wraz z utratą wody wzrastała siła adhezji. Adhezja otoczki śluzowej *L. usitatissimum* okazała się trzykrotnie wyższa niż u *P. lanceolata*. Zaobserwowano, że w przypadku śluzu *L. usitatissimum*, krzywe przebiegu zmian adhezji indywidualnych nasion wyraźnie różniły się od siebie. Wzrost adhezji był rozciągnięty w czasie i po osiągnięciu maksimum jej wartości utrzymywały się na wysokim poziomie. Natomiast poszczególne krzywe dla indywidualnych pomiarów *P. lanceolata* charakteryzowały się regularnym i podobnym przebiegiem: w trakcie pomiarów następował stopniowy wzrost adhezji, punkt maksimum i gwałtowny spadek. Można przypuszczać, że obecności fibryli celulozowych w śluzie *P. lanceolata* odpowiada za mechaniczną stabilność całego układu (otoczki śluzowej) wpływając na większą regularność przebiegu zmian adhezji. Stopniowa utrata wody z otoczki śluzowej powoduje wzrost adhezji, co sprzyja przyklejaniu się nasion na przykład do ciała zwierząt. To z kolei ułatwia rozsiewanie diaspor na drodze egzozoochorii.

Uwodnione nasiona obydwu gatunków charakteryzowały się bardzo niskim współczynnikiem tarcia, który wzrastał wraz z dehydratacją otoczki śluzowej. Śluz nasion *P. lanceolata* charakteryzował się niższymi wartościami tarcia w porównaniu do *L. usitatissimum*. Zjawisko to może mieć znaczenie dla rozsiewania nasion w drodze endozoochorii. Dzięki niskiemu tarcu nasiona łatwiej przechodzą przez przewód pokarmowy, a obecność celulozowych fibryli utrzymuje integralność śluzu.

Na podstawie uzyskanych wyników udowodniłam, że stopień hydratacji otoczki śluzowej oraz jej skład chemiczny mają wpływ na jej właściwości fizyczne. Mimo zaobserwowanych różnic co do przebiegu utraty wody, czy zmian adhezji i tarcia oba typy śluzu reprezentują efektywne systemy, które mogą być odpowiedzialne za zoochoryczne rozprzestrzenianie diaspor.

Obie prace zrealizowane zostały podczas pobytu naukowego, w ramach stypendium uzyskanego z DAAD (Deutscher Akademischer Austauschdienst), w Zoological Institute, Department of Functional Morphology and Biomechanics, Kiel University.

Główne osiągnięcia:

- Po raz pierwszy wykonano pomiary dynamiki utraty wody z otoczki śluzowej oraz tarcia i adhezji śluzu nasion *L. usitatissimum* i *P. lanceolata*, które ujawniły istotne różnice na poziomie zmienności wewnątrz- i międzygatunkowej.
- Wykazano związek stopnia uwodnienia otoczki śluzowej oraz jej składu chemicznego ze zjawiskami fizycznymi adhezji i tarcia.

- Opracowano technikę pomiaru adhezji z zastosowaniem sprzętu i metod eksperymentalnych używanych w badaniach jakościowych i ilościowych powierzchni biologicznych, bez potrzeby chemicznego utrwalania/modyfikowania próbek, które mogą zmieniać ich właściwości.

Publikacja

Kreitschitz A., Gorb S.N., 2017. How does the cell wall 'stick' in the mucilage? A detailed microstructural analysis of the seed coat mucilaginous cell wall. *Flora* 229:9-22.

Dotychczasowe badania otoczki śluzowej nasion skupiały się przede wszystkim na jej składzie chemicznym, aspektach genetycznych jej istnienia czy procesie syntezy (Macquet i inni 2007, Sullivan i inni 2011, North i inni 2014, Voiniciuc i inni 2015a, b). Mało wiadomo natomiast o przestrzennej strukturze śluzu, która traktowana jest jako swoisty rodzaj ściany komórkowej. Wiedza o rozmieszczeniu komponentów w obrębie śluzowej ściany komórkowej pochodzi przede wszystkim z analiz biochemicznych oraz nielicznych i dosyć ogólnych wizualizacji uzyskanych za pomocą elektronowej mikroskopii skaningowej lub/i mikroskopii sił atomowych (Windsor i inni 2000, Naran i inni 2008, Young i inni 2008, Arsovski i inni 2010, Capitani i inni 2013, Salgado-Cruz i inni 2013). Rozpatrując śluz jako zmodyfikowaną ścianę komórkową (Haughn i Western 2012) należy postawić pytanie, czy jego przestrzenna organizacja odzwierciedla układ komponentów charakterystyczny dla typowej ściany komórkowej? Badania właściwości fizycznych otoczki śluzowej pokazały, iż skład chemiczny (typ śluzu) ma wpływ na przebieg adhezji i tarcia (Kreitschitz i inni 2015, 2016), można więc oczekiwać, iż znajdzie on również swoje odzwierciedlenie w jej strukturze przestrzennej.

Charakterystyczną i ważną cechą śluzu jest jego zdolność do przemiany pod wpływem hydratacji z kompaktowej, zbitej warstwy w trójwymiarową, galaretowatą otoczkę rozpoczątą wokół nasiona. Właściwość ta okazała się kluczowa w przeprowadzonych badaniach ponieważ umożliwiła wizualizację składników otoczki śluzowej z zachowaniem ich przestrzennego układu. Dopracowana przez nas i wykorzystana technika analizy otoczki śluzowej z zastosowaniem suszenia w punkcie krytycznym (CPD) jest mało inwazyjna i pozwala na zachowanie struktur w stanie prawie nienaruszonym. Suszenie w punkcie krytycznym (CPD) i analizę z użyciem elektronowego mikroskopu skaningowego (SEM) zastosowano po raz pierwszy do wizualizacji organizacji przestrzennej otoczki śluzowej dwu odmiennych typów śluzu: pektynowego u *Linum usitatissimum* i celulozowego u *Neopallasia pectinata*.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że otoczka śluzowa obu gatunków tworzyła trójwymiarową sieć, złożoną z prostych i/lub rozgałęzionych łańcuchów o różnej długości reprezentujących poszczególne składniki (polisacharydy) otoczki. Śluz pektynowy charakteryzował się bardziej nieuporządkowaną architekturą przestrzenną niż celulozowy. W śluzie celulozowym fibryle celulozowe były zakotwiczone w pozostałych, niezniszczonych fragmentach ściany komórek śluzowych, dzięki czemu śluz charakteryzował się równomiernym rozmieszczeniem na powierzchni owocu. Fibryle celulozowe tworzyły rodzaj rusztowania, na którym rozpięte były pozostałe składniki śluzowej ściany komórkowej. Wykonana dla *L. usitatissimum* analiza immunochemiczna wykazała obecność arabinoksydanu, który jest charakterystycznym składnikiem śluzu tego gatunku. Natomiast u *N. pectinata* stwierdzono obecność ksydanu. Jego występowanie w śluzie celulozowym potwierdziło charakter tego typu śluzu jako zmodyfikowanej ściany wtórnej.

Wykorzystana metoda preparacji (CPD) oraz wizualizacja w SEM umożliwiły po raz pierwszy pokazanie przestrzennej nanostruktury śluzowej ściany komórkowej. Na podstawie uzyskanych

wyników można stwierdzić, że układ przestrzenny składników otoczki śluzowej jest porównywalny ze strukturą przestrzenną ściany komórkowej.

Wyniki uzyskane w pracy stały się podstawą do przygotowania projektu z programu Horyzont 2020, który uzyskał finansowanie w 2016 r. Projekt jest obecnie realizowany w ramach indywidualnego stypendium Marii Skłodowskiej-Curie w Zoological Institute, Department of Functional Morphology and Biomechanics, Kiel University, Germany.

Główne osiągnięcia:

- Wyjaśnienie sposobu, w jaki otoczka śluzowa utrzymuje się na powierzchni nasiona oraz ukazanie przestrzennego rozmieszczenia jej komponentów.
- Wykazanie charakterystycznych różnic strukturalnych śluzu pektynowego i celulozowego.
- Dopracowanie małoinwazyjnej metody wizualizacji śluzowej ściany komórkowej.
- Nowatorska, zastosowana po raz pierwszy technika wykorzystana do bezpośredniej wizualizacji składników śluzu na poziomie nanostrukturalnym.
- Połączenie techniki suszenia w punkcie krytycznym, wizualizacji w SEM i badań śluzowej ściany komórkowej z jej szczególnymi właściwościami co otwiera nowe możliwości analizy przestrzennej (śluzowej) ściany komórkowej, na przykład w badaniach mutacji związanych z syntezą składników ściany.

Podsumowanie

W prowadzonych przeze mnie pracach skupiłam się na analizie ultrastruktury śluzowych diaspor oraz badaniach otoczki śluzowej pod kątem jej składu chemicznego, morfologii, struktury i właściwości fizycznych. W badaniach ultrastruktury diaspor zauważyłam, że analiza kształtu i rozmieszczenia komórek śluzowych na powierzchni nasion i owoców dostarcza informacji o znaczeniu taksonomicznym oraz ewolucyjnym, ważnych przy opracowywaniu klasyfikacji taksonów i śledzeniu kierunków specjacji. Wyniki moich prac pokazały zróżnicowanie formowania otoczki śluzowej zależne od takich czynników, jak na przykład charakter siedliska, zajmowanego przez dany takson czy poziom poliploidalności. Z kolei niezdolność do formowania otoczki śluzowej, przy obecności niefunkcjonujących w tym wypadku komórek śluzowych, może być rekompensowana przez wykształcenie innych cech, na przykład luźnej okrywy owocu lub włosków okrywających, które pomagają w gromadzeniu wody wokół diaspor. Analizy podstawowego składu chemicznego śluzu, przeprowadzone dla taksonów z rodzajów *Eragrostis*, *Artemisia* i *Neopallasia*, ujawniły obecność podstawowych składników śluzu czyli pektyn u *Eragrostis* oraz pektyn i celulozy u *Artemisia*, *Neopallasia* i pozwoliły na jego sklasyfikowanie odpowiednio jako pektynowego i celulozowego. Uzyskane dane razem z opisem procesu formowania się otoczki śluzowej po raz pierwszy pozwoliły na szczegółową charakterystykę zjawiska myksodiasporii u badanych taksonów.

Przeprowadzona charakterystyka własności fizycznych śluzowych diaspor ukazała istnienie zależności między stopniem hydratacji otoczki śluzowej a zjawiskiem tarcia i adhezji. Obie właściwości odgrywają ważną rolę w zoochorycznym rozprzestrzenianiu diaspor. Uzyskane wyniki pokazały, iż typ śluzu, a więc jego skład chemiczny, ma wpływ na jego właściwości fizyczne. Ważnym elementem tych badań było zastosowanie precyzyjnych technik pomiarowych dla siły adhezji, które odnoszą się do całych śluzowych diaspor (jako jednostek rozprzestrzeniania roślin) a nie do wybranych składników śluzu, które badane osobno dają tylko wycinkowy obraz w funkcjonowaniu śluzowej otoczki.

Ważnym osiągnięciem moich badań było udokumentowanie, po raz pierwszy, przestrzennej organizacji śluzowej otoczki i wyjaśnienie sposobu, w jaki utrzymuje się ona na powierzchni diaspor.

Ponadto pokazałam, że wzajemne, przestrzenne rozmieszczenie składników śluzu odzwierciedlało układ charakterystyczny dla ściany komórkowej. Pokazałam, że fibryle celulozowe pozostają zakotwiczone na powierzchni diaspory i służą jako rusztowanie dla pozostałych komponentów, zwykle występujących w macierzy ścian komórek roślinnych (ksylany). Użycie mało inwazyjnej metody preparacji (suszenia w punkcie krytycznym) oraz wizualizacji w SEM po raz pierwszy uwidoczniło architekturę śluzu na poziomie nanostrukturalnym, ze szczegółami które trudno uzyskać stosując tradycyjne techniki mikroskopowe czy metody biochemiczne. Należy podkreślić, że dopracowanie przez nas techniki analizy otoczki śluzowej otwiera nowe możliwości badania struktury ściany komórkowej np. śluzowych nasion *Arabidopsis thaliana* i jej mutantów.

Plany naukowe

Obecnie przebywam na dwuletnim stypendium indywidualnym Marii Skłodowskiej-Curie w Zoological Institute, Department of Functional Morphology and Biomechanics, Kiel University. W ramach projektu kontynuuję i rozwijam badania struktury otoczki śluzowej, które rozpoczęłam w laboratorium w Kiel. Projekt realizuję pod opieką Prof. Stanislava Gorba, z którym współpracuję już od prawie siedmiu lat. W moich przyszłych planach naukowych szczególnie ważne i interesujące będą dla mnie następujące zagadnienia:

- a) kontynuacja i rozwinięcie badań nad analizą struktury przestrzennej śluzu diaspor różnych gatunków, w tym *Arabidopsis thaliana* i jej mutantów śluzowych. Celem będzie między innymi zbadanie w jaki sposób różnice w składzie chemicznym oraz zaburzenia w produkcji śluzu przekładają się na jego morfologię i strukturę przestrzenną;
- b) biomechaniczna charakterystyka śluzu diaspor – rozwinięcie badań tarcia i adhezji śluzu dla różnych gatunków roślin na różnych powierzchniach (hydrofobowej, hydrofilowej); określenie relacji między składem chemicznym i strukturą śluzu a siłą adhezji i wartościami tarcia;
- c) dokładniejsze zbadanie roli otoczki śluzowej w rozprzestrzenianiu diaspor na drodze zoochorii.

Literatura

1. Arsovski A.A., Haughn G.W., Western T.L., 2010. Seed coat mucilage cells of *Arabidopsis thaliana* as a model for plant cell wall research. *Plant Signal. Behav.* 5 (7):796–801.
2. Assefa K., Tefera H., Merker A., Kefyalew T. and Hundera, F., 2001. Quantitative trait diversity in tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter] germplasm from Central and Northern Ethiopia. *Gen. Res Crop Evol.* 48:53–61.
3. Bekele E., Fido R.J., Tatham A.S. and Shewry P.R., 1995. Heterogeneity and polymorphism of seed proteins in tef (*Eragrostis tef*). *Hereditas* 122:67–72.
4. Capitani M.I., Ixtaina V.Y., Nolasco S.M., Tomás M.T., 2013. Microstructure, chemical composition and mucilage exudation of chia (*Salvia hispanica* L.) nutlets from Argentina. *J. Sci. Food Agric.* 93 (15):3856–3862.
5. Grubert M., 1974. Studies on the distribution of myxospermy among seeds and fruits of Angiospermae and its ecological importance. *Acta Biol.Venez.* 8:15–355.
6. Haughn G.W., Western T.L., 2012. *Arabidopsis* seed coat mucilage is a specialized cell wall that can be used as a model for genetic analysis of plant cell wall structure and function. *Front. Plant Sci.* 3: 1–7.

7. Ketema S., 1997. Tef. *Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Vol. 12. Gatersleben, Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research; Rome, International Plant Genetic Resources Institute.
8. Kreitschitz A., 2003: Morphological and cytological differentiation selected species of *Artemisia* L. from Lower Silesia". PhD thesis, Department of Plant Morphology and Development (currently Department of Plant Developmental Biology), Faculty of Natural Sciences, University of Wrocław.
9. Kreitschitz A., Vallès J., 2007. Achene morphology and slime structure in some taxa of *Artemisia* L. and *Neopallasia* L. (Asteraceae). *Flora* 202:570-580
10. Kreitschitz A., 2012. Mucilage formation in selected taxa of the genus *Artemisia* L. (Asteraceae, Anthemideae). *Seed Sci. Res.* 22:177–189
11. Kreitschitz A., Kovalev A., Gorb S.N., 2015. Slipping vs sticking: water-dependent adhesive and frictional properties of *Linum usitatissimum* L. seed mucilaginous envelope and its biological significance. *Acta Biom.* 17(4):152-159
12. Kreitschitz A., Kovalev A., Gorb S.N., 2016. "Sticky invasion" – the physical properties of *Plantago lanceolata* L. seed mucilage. *Beilstein J. Nanotechnol.* 7:1918–1927
13. Macquet A., Ralet M.-C., Kronenberger J., Marion-Poll A., North H.M., 2007. In situ, chemical and macromolecular study of the composition of *Arabidopsis thaliana* seed coat mucilage. *Plant Cell Physiol.* 48 (7):984–999.
14. Naran R., Chen G., Carpita N.C., 2008. Novel rhamnogalacturonan I and arabinoxylan polysaccharides of Flax seed mucilage. *Plant Physiol.* 148:132–141.
15. North H.M., Berger A., Saez-Aguayo S., Ralet M.-C., 2014. Understanding polysaccharide production and properties using seed coat mutants: future perspectives for the exploitation of natural variants. *Ann. Bot.* 114:1251–1263.
16. Ralet M.-C., Crépeau M.-J., Vigouroux J., Tran J., Berger A., Sallé C., Granier F., Botran L., North H.M., 2016. Xylans provide the structural driving force for mucilage adhesion to the *Arabidopsis* seed coat. *Plant Physiol.* 171:165–178.
17. Salgado-Cruz Ma. de la Paz, Calderón-Domínguez G., Chanona-Pérez J., Farrera-Rebollo R.R., Méndez-Méndez J.V., Díaz-Ramírez M., 2013. Chia (*Salvia hispanica* L.) seed mucilage release characterisation. A microstructural and image analysis study. *Ind. Crop. Prod.* 51:453–462.
18. Sullivan S., Ralet M.C., Berger A., Diatloff E., Bischoff V., Gonneau M., Marion-Poll A., North H.M., 2011. CESA5 is required for the synthesis of cellulose with a role in structuring the adherent mucilage of *Arabidopsis* seeds. *Plant Physiol.* 156:1725–1739.
19. Voiniciuc C., Yang B., Schmidt M.H.-W., Günl M., Usadel B., 2015a. Starting to gel: how *Arabidopsis* seed coat epidermal cells produce specialized secondary cell walls. *Int. J. Mol. Sci.* 16:3452–3473.
20. Voiniciuc C., Günl M., Schmidt M.H.-W., Usadel B., 2015b. Highly branched xylan made by IRX14 and MUC121 links mucilage to *Arabidopsis* seeds. *Plant Physiol.* 169:403-420.
21. Western, T.L., 2012. The sticky tale of seed coat mucilages: production, genetics, and role in seed germination and dispersal. *Seed Sci. Res.* 22:1–25.
22. Windsor J.B., Symonds V.V., Mendenhall J., Lloyd A.L., 2000. *Arabidopsis* seed coat development: morphological differentiation of the outer integument. *Plant J.* 22: 483–493.
23. Yanga X., Baskinc J.M., Baskinc C.C., Huang Z., 2012. More than just a coating: Ecological importance, taxonomic occurrence and phylogenetic relationships of seed coat mucilage. *Persp. Plant Ecol. Evol. Syst.* 14:434– 442.
24. Young R.E., Mcfarlane H.E., Hahn M.G., Western T.L., Haughn G.W., Samuels A.L., 2008. Analysis of the Golgi apparatus in *Arabidopsis* seed coat cells during polarized secretion of pectin-rich mucilage. *Plant Cell* 20:1623–1638.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych (artystycznych).

a. Dorobek naukowy

Poza moją obecną a zarazem główną tematyką badawczą dotyczącą zagadnień ujętych w cyklu habilitacyjnym, mam w moim dorobku naukowym 12 prac z zakresu cytogenetyki, morfologii i anatomii oraz prace florystyczne, artykuły popularnonaukowe i jedno sprawozdanie z konferencji. Sumaryczny współczynnik oddziaływania (IF) zgodny z rokiem opublikowania (bez 7 prac stanowiących cykl habilitacyjny) wynosi 11.017, suma punktów MNiSW (wg listy z dnia 9 grudnia 2016 r.) wynosi 169. Znajdują się tu prace, które zostały zrealizowane we współpracy z naukowcami z takich jednostek badawczych jak: Ogród Botaniczny Uniwersytetu Wrocławskiego, Katedra Kształtowania Agroekosystemów i Terenów Zieleni (Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu), Instytut Biologii Środowiskowej (Uniwersytet Wrocławski).

Publikacje

1. Kromer K., **Kreitschitz A.**, Kleinteich T., Gorb S.N., Szumny A., 2015. Oil secretory system in vegetative organs of three *Arnica* taxa – essential oil synthesis, distribution and accumulation. *Plant and Cell Physiology* 57(5):1020-1037 [40 pkt., IF:4.931].
2. Szymura M. Szymura T.H, **Kreitschitz A.**, 2015. Morphological and cytological diversity of goldenrods (*Solidago* L. and *Euthamia* Nutt.) from south-western Poland. *The Biodiversity: Research and Conservation* 38:8-15 [13 pkt.].
3. Szcześniak E., Rosadziński S., Spałek K., Szymanowski M., **Kreitschitz A.**, Kruk J., Śliwiński M., Kamiński R., 2013. Current distribution of *Pilularia globulifera* L. in Poland – changes of geographical range and habitat preferences. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 3:207-213 [15 pkt., IF:0.925].
4. Konowalik K., **Kreitschitz A.**, 2012. Morphological and anatomical characteristics of *Artemisia absinthium* var. *absinthium* and its Polish endemic variety *A. absinthium* var. *calcigena*. *Plant Systematics and Evolution* 298:1325-1336 [25pkt., IF: 1.312].
5. Konowalik K., Garcia S., Pellicer J., **Kreitschitz A.**, Vallès J., 2009. Cytogenetic characterisation of *Artemisia absinthium* (Asteraceae, Anthemideae) and its Polish endemic var. *calcigena*. *Annales Botanici Fennici* 47(6):477-488 [20 pkt., IF:0.692].
6. **Kreitschitz A.**, 2008. Rozmieszczenie bylicy boże drzewko (*Artemisia abrotanum* L.) na Dolnym Śląsku. *Acta Botanica Silesiaca*, Vol. 3:161-166 [3 pkt.].
7. Garcia S., Sanz M., Garnatje T., **Kreitschitz A.**, McArthur E.D., Vallès J., 2004. "Variation of DNA amount in 47 populations of the subtribe Artemisiinae and related taxa (Asteraceae, Anthemideae): karyological, ecological, and systematic implications", *Genome* 47:1004-1014 [25 pkt., IF:2.1].
8. **Kreitschitz A.**, Vallès J., 2003. New or rare data on chromosome numbers in several taxa of the genus *Artemisia* L. (Asteraceae) in Poland, *Folia Geobotanica* 38:333-343 [25 pkt., IF:1.057].
9. **Kreitschitz A.**, 2002. Utrzymywanie się stanowiska of *Achillea crithmifolia* W. Et. K we Wrocławiu (Persistence of *Achillea crithmifolia* W. Et. K. locality in Wrocław). *Acta Botanica Silesiaca* 1:137-140 [3 pkt.].

10. Skowronek A., 2000. Bylica pospolita – roślina magiczna, lecznicza i przyprawowa. Wiadomości Zielarskie T 42(07-08):19-20.
11. Skowronek A., Klimczyńska M. 2001. IV Międzynarodowa Konferencja Naukowa "Geoekologiczne Problemy Karkonoszy" (Svoboda nad Úpou, Czechy, 19-21 września 2000). 4th International Scientific Conference "Geoeological problems of Karkonosze Mountains" (Svoboda on Úpou, Czech Republic, 19-21 września 2000). Sprawozdania ze spotkań naukowych. Wiadomości Botaniczne 45(1/2):83-84.
12. Skowronek A., 1999. Tajemnice porostów. Zielona Planeta, 22:5-7.

Morfologia, anatomia i cytogenetyka

Głównymi zagadnieniami mojej pracy doktorskiej, prowadzonej pod kierunkiem Pani dr hab. prof. UWr Janiny Dąbrowskiej, były badania taksonomiczne wybranych gatunków z rodzaju *Artemisia* występujących na terenie Dolnego Śląska. Po uzyskaniu doktoratu rozpocząłam pracę jako asystent, a od 2004 r. jako adiunkt w Zakładzie Botaniki Ogólnej (obecnie Zakład Biologii Rozwoju Roślin) Uniwersytetu Wrocławskiego pod kierunkiem Pani prof. dr hab. Beaty Zagórskiej-Marek. Dzięki szerokim możliwościom stworzonym przez Panią Profesor Zagórską-Marek mogłam swobodnie kontynuować i rozwijać moje zainteresowania badawcze. Tematyką ze studiów doktoranckich zajmowałam się jeszcze przez pierwsze lata mojej pracy w Zakładzie Biologii Rozwoju Roślin czego wynikiem są oryginalne prace naukowe (Kreitschitz i Vallès, 2003, Garcia i inni 2004). Podczas dalszej pracy wyłonił się temat dotyczący śluzu owoców i nasion. Stał się on w ostatnich kilku latach moim głównym polem badawczym i dał podstawy do prezentowanego cyklu habilitacyjnego.

W mojej pracy naukowej, począwszy od doktoratu, zajmowałam się badaniami taksonomicznymi rodzaju *Artemisia*. Szczególnie interesowała mnie problematyka związana z badaniem cech morfologicznych, pozwalających na charakterystykę i odróżnianie poliploidów od ich form diploidalnych. Prowadziłam także badania cytogenetyczne liczb chromosomów i zawartości 2C DNA w jądrach komórkowych. Poliploidalność jest jednym z czynników zmienności cytogenetycznej roślin i prowadzi często do powstawania nowych cytotypów, które przyczyniają się do poszerzenia zasięgu danego taksonu (w formie poliploidalnej). Zbierając materiał roślinny do badań sporządziłam także obszerną mapę rozmieszczenia rodzaju *Artemisia* na Dolnym Śląsku, weryfikując przy tym dane literaturowe. Uzyskane wyniki pokazały między innymi, że formy poliploidalne niektórych gatunków rodzaju *Artemisia* (*A. abrotanum*, *A. campestris*) poszerzyły swój zasięg występowania w porównaniu do wyjściowych diploidów, a w konsekwencji niektóre z cech morfologicznych, związane z przejściem na wyższy stopień ploidalności, uległy zmianom. Do takich cech, między innymi, należało zwiększenie wielkości owoców, ziaren pyłku oraz liczby chloroplastów w aparatach szparkowych. Ponadto zaobserwowane zostały zaburzenia rozwojowe owoców polegające na ograniczeniu (lub braku) zdolności tworzenia śluzu a także aneuploidalność i występowanie B chromosomów związanych ze zwiększeniem stopnia ploidalności. Wybrane wyniki pracy doktorskiej zostały ujęte w czterech publikacjach (Kreitschitz i Vallès 2003, 2007, Garcia i inni 2004, Kreitschitz 2012).

Pracując w zespole Pani Profesor Zagórskiej-Marek rozwinęłam warsztat badań anatomicznych. Cechy anatomiczne są często wykorzystywane w taksonomii obok cech cytogenetycznych i posiadają wartość diagnostyczną. Wykonane analizy cytogenetyczno-anatomiczne pozwoliły na wskazanie cech użytecznych dla rozstrzygnięcia pokrewieństwa i pozycji systematycznej dwóch taksonów tj. *Artemisia absinthium* var. *absinthium* i opisywanej jest jako endemit pieniński -

A. absinthium var. *calcigena*. Analizy wzorów prążkowych chromosomów, anatomii pędu, liści morfologii niełupki i ziaren pyłku a także wykonane eksperymenty transplantacyjne roślin obu taksonów pokazały, że w przypadku *A. absinthium* var. *calcigena* badane cechy są bardziej wynikiem przystosowania do specyficznych warunków siedliskowych niż objawem odrębności systematycznej. Sugeruje to, że badany endemit pieniński reprezentuje raczej formę, która jest wynikiem plastyczności fenotypowej taksonu *A. absinthium* (Konowalik i inni 2009, 2012).

Moje doświadczenie cytogenetyczne wykorzystałam do współpracy z naukowcami zajmującymi się badaniami florystycznymi (dr Ewa Szczęśniak – Uniwersytet Wrocławski, dr hab. Magdalena Szymura – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu). Badania liczb chromosomów wykonane przeze mnie dla *Pilularia globulifera* czy taksonów rodzaju *Solidago* w ramach współpracy przy grantie NCN (N/N305/401438) stały się wartościowym uzupełnieniem kompleksowej charakterystyki tych taksonów. Oznaczona liczba chromosomów *P. globulifera* potwierdziła utrzymywanie się diploidalnych populacji na terenie Polski (Szczęśniak i inni 2013). Z kolei obecność poliploidów w rodzaju *Solidago* pokazała, iż może to być jedna z przyczyn ekspansyjności *Solidago gigantea*, która jest gatunkiem inwazyjnym, występującym w szerokim spektrum siedliskowym (Szymura i inni 2015).

W ostatnich latach nawiązałam współpracę z Panią Profesor Krystyną Kromer (Ogród Botaniczny, Uniwersytet Wrocławski), która dotyczyła badań nad rodzajem *Arnica*. Moje zadanie badawcze, jako wykonawcy w grantie NCN (4311/PB/OB/09.) polegało na analizie anatomicznej organów wegetatywnych trzech taksonów *Arnica* pod kątem organizacji systemu wydzielniczego. Stwierdziłam obecność trzech typów struktur wydzielniczych zlokalizowanych w korzeniach, kłączach i liściach. Pierwszym typem były kanały wydzielnicze wyścielone komórkami epitelu, zlokalizowane w pobliżu tkanek przewodzących w kłączach. Drugi typ reprezentowały kanały znajdujące się między komórkami kory pierwotnej korzenia, wypełnione wydzieliną. Dzięki dodatkowym analizom kłączy wykonanym z użyciem tomografii komputerowej (CT), opisany został też trzeci typ struktur tj. rezerwuary wydzielnicze. Te charakteryzujące się wydłużonym, wrzecionowatym kształtem zbiorniki były zlokalizowane w kłączach *Arnica montana* w sąsiedztwie wiązek przewodzących. Wykorzystana technika wizualizacji z użyciem CT pozwoliła na stworzenie trójwymiarowego obrazu rozmieszczenia rezerwuarów oraz ich dokładną charakterystykę (Kromer i inni 2015).

Pobyty naukowe

W ramach współpracy zagranicznej odbyłam trzy staże naukowe w Zoological Institute: Functional Morphology and Biomechanics, Christian-Albrechts-University of Kiel, Kiel, Germany:

1. X-XI.2010, pobyt w ramach stypendium DAAD (Deutscher Akademischer Austauschdienst);
2. V-VI 2013, pobyt w ramach Short Term Scientific Mission (STSM), COST Action TD0906;
3. IV-VI 2014, pobyt w ramach stypendium DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft).

Podczas moich pobytów prowadziłam badania nad właściwościami fizycznymi i strukturą śluzu diaspor.

Pobyty naukowo-dydaktyczne

Odbyłam również trzymiesięczny staż naukowo-dydaktyczny (III-V.2012) w Zoological Institute: Functional Morphology and Biomechanics, Christian-Albrechts-University of Kiel, Kiel,

Germany oraz krótką wizytę studyjną (30.X-08.XI.2013) w Botanical Institute and Botanical Garden, Plant Cell Biology, Christian-Albrechts-University of Kiel. Oba wyjazdy finansowane były z programu „Rozwój potencjału i oferty edukacyjnej Uniwersytetu Wrocławskiego szansą zwiększenia konkurencyjności Uczelni” (POKL.04.01.01-00-054/10).

Konferencje, recenzje

Wyniki badań naukowych, które prowadzę prezentowane były także na różnych konferencjach, zjazdach naukowych i spotkaniach, polskich i zagranicznych, w formie wystąpień plakatowych i ustnych (16 doniesień).

W moim dorobku mogę wymienić liczne recenzje dla różnych czasopism naukowych takich jak American Journal of Botany, Acta Societatis Botanicorum Poloniae, Kosmos, Acta Botanica Croatica, Arthropod-Plant Interactions. Recenzowałam grant dla Volkswagen Foundation. Przygotowałam także opinię ekspercką doktoratu (Meike Engelbrecht, Universidad Complutense de Madrid) dotyczącego charakterystyki ekologicznej słuzowych diaspor roślin śródziemnomorskich.

Podsumowanie liczbowe aktywności naukowej

Sumaryczny Impact Factor wg listy Journal Citation Reports (JCR) dla prac stanowiących osiągnięcie habilitacyjne: **15.089**

Sumaryczna liczba punktów wg MNiSW dla prac ujętych w cyklu habilitacyjnym: **195**

Sumaryczny Impact Factor wg listy Journal Citation Reports (JCR) dla pozostałych prac: **11.017**

Sumaryczna liczba punktów wg MNiSW dla pozostałych prac: **169**

Liczba cytowań wg Web of Science (baza nie uwzględnia wszystkich prac): **105**, Liczba cytowań (bez autocytowań): **91**

Indeks Hirscha wg Web of Science (baza nie uwzględnia wszystkich prac): **5**

Liczba cytowań według Google Scholar: **205**

Indeks Hirscha według Google Scholar: **6**

b. Dorobek dydaktyczny i organizacyjny

Zajęcia dydaktyczne prowadzę od momentu zatrudnienia w 2003 r. w Zakładzie Biologii Rozwoju Roślin (obecna nazwa), zarówno dla studentów studiów stacjonarnych jak i niestacjonarnych, studiów licencjackich i magisterskich mojego macierzystego Wydziału Nauk Biologicznych, dla takich kierunków jak Biologia, Genetyka i Biologia Eksperymentalna, Mikrobiologia. Prowadzone przeze mnie przedmioty to: Podstawy morfologii roślin, Biologia komórki roślinnej, Pracownia specjalizacyjna, Podstawy cytogenetyki roślin, Techniki w biologii roślin, Ćwiczenia terenowe z morfologii roślin. Zajęcia te obejmują zarówno wykłady jak i ćwiczenia mikroskopowe oraz ćwiczenia terenowe. Prowadzę także zajęcia dla studentów innych wydziałów, takich jak Chemia czy Biotechnologia, dla których opracowałam własny program ćwiczeń i wykładów. Od kilku lat moje godziny dydaktyczne obejmują również zajęcia w języku angielskim prowadzone dla wydziału Biotechnologii. Byłam opiekunem sześciu prac licencjackich oraz czterech prac magisterskich. Obecnie mam pod opieką jednego magistranta na moim macierzystym uniwersytecie.

Przebywając obecnie na stypendium indywidualnym Marii Skłodowskiej-Curie (Uniwersytet w Kiel) prowadziłam (w języku angielskim) jednodniowy blok zajęć, w ramach kursu dla studentów studiów magisterskich, który dotyczył słuzowej otoczki, jej składu chemicznego, właściwości

fizycznych i wykorzystania. Przez 4 miesiące sprawowałam opiekę naukową nad uczniem szkoły podstawowej Gwanyoung Park, który realizował, w ramach regionalnego programu promocji nauki (Jugend Forscht - Schleswig Holstein, Heide 2017), projekt dotyczący badań współczynnika tarcia uwodnionych i suchych nasion dyni („Pumpkin seeds as an inspiration for pill taking due to extremely low friction”), zajmując drugie miejsce.

Brałam udział w zajęciach promujących Uniwersytet Wrocławski, w ramach których prowadziłam kursy w programie „Mój Pierwszy Uniwersytet”. Przygotowywałam pokazy plakatów dla Dolnośląskiego Festiwalu Nauki i pokaz multimedialny na „Noc Biologów”. Uczestniczyłam we Wrocławskich Targach Edukacyjnych, promujących Wydział Nauk Biologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego.

W ramach mojej działalności na rzecz mojej macierzystej uczelni oraz polskich towarzystw naukowych zajmujących się biologią roślin (Polskie Towarzystwo Botaniczne, Polskie Towarzystwo Biologii Eksperymentalnej Roślin) mogę także wymienić prace w:

- komisji rekrutacyjnej na studia licencjackie dla kierunku Biologia, Mikrobiologia, Biologia Nauczycielska (Wydział Nauk Biologicznych, Uniwersytet Wrocławski);
- komisji egzaminacyjnej studiów licencjackich (Wydział Nauk Biologicznych, Uniwersytet Wrocławski);
- komitecie organizacyjnym 5-tej Konferencji Polskiego Towarzystwa Biologii Eksperymentalnej Roślin, Wrocław 2011;
- komitecie organizacyjnym międzynarodowej konferencji naukowej „Magnolia Tour 2015”, przygotowanej i zrealizowanej przez Zakład Biologii Rozwoju Roślin (Uniwersytet Wrocławski);
- zarządzie Wrocławskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Botanicznego, w którym w latach 2007-2010 pełniłam funkcję sekretarza (członkiem Towarzystwa byłam przez 12 lat).

dr Agnieszka Kreitschitz