

Autoreferat

1. Imię i nazwisko

Kamil Najberek

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

Magister (Mgr; Załącznik 1 do Autoreferatu). Data obrony: 02.07.2007. Stopień nadany przez Wydział Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego; kierunek: Ochrona Środowiska. Tytułu rozprawy magisterskiej: „Inwazje biologiczne w parkach narodowych i krajobrazowych w Polsce”.

Doktor (Dr; Załącznik 2 do Autoreferatu). Data obrony: 03.12.2014. Stopień nadany przez Instytut Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk. Tytułu rozprawy doktorskiej: „Hipoteza uwolnienia od naturalnych wrogów, a inwazyjność obcych gatunków roślin”.

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych

Instytut Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk
(https://www.iop.krakow.pl/pracownicy,7,kamil_najberek.html#):

Stanowisko: Dokumentalista (2009 – 2014),

Stanowisko: Adiunkt (2015 - obecnie).

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.).

4.1 Wykaz publikacji składających się na osiągnięcie naukowe

Niniejsza rozprawa habilitacyjna obejmuje cykl siedmiu powiązanych tematycznie artykułów naukowych (zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b ustawy):

- C1 **Najberek K.** ☒, Nentwig W., Olejniczak P., Król W., Baś G., Solarz W. ☒. 2017. Factors limiting and promoting invasion of alien *Impatiens balfourii* in Alpine foothills. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 234, 224–232. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2017.08.002>.

- C2 **Najberek K.** ✉, Pusz W., Solarz W., Olejniczak P. 2018. The seeds of success: release from fungal attack on seeds may influence the invasiveness of alien *Impatiens*. *Plant Ecology* 219, 1197–1207. <https://doi.org/10.1007/s11258-018-0872-9>.
- C3 **Najberek K.** ✉, Olejniczak P., Berent K., Gąsienica-Staszeczek M., Solarz W. 2020a. The ability of seeds to float with water currents contributes to the invasion success of *Impatiens balfourii* and *I. glandulifera*. *Journal of Plant Research* 133, 649–664. <https://doi.org/10.1007/s10265-020-01212-0>.
- C4 **Najberek K.** ✉, Solarz W., Pusz W., Patejuk K., Olejniczak P. 2020b. Two sides of the same coin: Does alien *Impatiens balfourii* fall into an ecological trap after releasing from enemies? *Environmental and Experimental Botany* 176, 104103. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104103>.
- C5 **Najberek K.** ✉, Kosior A., Solarz W. 2021. Alien balsams, strawberries and their pollinators in a warmer world. *BMC Plant Biology* 21, 500. <https://doi.org/10.1186/s12870-021-03282-1>.
- C6 **Najberek K.** ✉, Solarz W., Gąsienica-Staszeczek M., Olejniczak P. 2022a. Role of enemy release and hybridization in the invasiveness of *Impatiens balfourii* and *I. glandulifera*. *Journal of Plant Research* 135, 637–646. <https://doi.org/10.1007/s10265-022-01398-5>.
- C7 **Najberek K.** ✉, Olszańska A., Tokarska-Guzik B., Mazurska K., Dajdok Z., Solarz W. 2022b. Invasive alien species as reservoirs for pathogens. *Ecological Indicators* 139, 108879. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108879>.

Analizę bibliometryczną oraz opis wkładu w powstanie każdej pracy zawarto w wykazie osiągnięć naukowych habilitanta.

4.2 Tytuł osiągnięcia naukowego:

„Czynniki determinujące inwazyjność obcych roślin z rodzaju *Impatiens* oraz przykłady ich negatywnego oddziaływania na rośliny rodzime, uprawne i gospodarkę człowieka.”

4.3 Omówienie celu naukowego w/w prac i osiągniętych wyników

4.3.1 Wprowadzenie

Inwazje biologiczne gatunków obcych są jednym z głównych globalnych zagrożeń dla różnorodności biologicznej, jak również istotną przyczyną strat gospodarczych. Według najnowszych danych, aż 5–20% gatunków obcych, po ich introdukcji na nowe obszary, ma negatywny wpływ na środowisko lub/i gospodarkę; takie gatunki nazywa się inwazyjnymi gatunkami obcymi. Wskazywanie czynników determinujących sukces takich gatunków jest ważne zarówno z punktu widzenia nauki, jak i rozwoju praktycznych metod ochrony przyrody i dóbr człowieka. Jednak jedną z głównych wad istniejących metodyk oceny inwazyjności gatunków obcych jest brak uwzględniania tego, że w okresie po ich introdukcji na nowe obszary, cechy tych gatunków mogą podlegać zmianom. Dotyczy to zwłaszcza potencjalnie inwazyjnych gatunków obcych, które introdukowane niedawno. Zdolność do przewidywania ich zachowania po introdukcji byłaby skuteczniejsza, gdybyśmy byli w stanie wskazać czynniki, które ułatwiają im adaptację do nowych warunków środowiskowych we wtórnym zasięgu występowania. Dlatego w mojej pracy naukowej skoncentrowałem się na badaniu tego rodzaju czynników – zarówno tych sprzyjających inwazjom biologicznym, jak i tych, które je limitują.

Najintensywniej badaną grupą gatunków obcych są rośliny naczyniowe, wśród których gatunki z rodzaju *Impatiens* zajmują szczególne miejsce. Walory ozdobne, duże zróżnicowanie (ponad 1000 gatunków) oraz kilka spektakularnych inwazji w różnych częściach świata, czynią ten rodzaj niezwykle szkodliwym. Pomimo dużej liczby badań nad obcymi niecierpkami, nadal istnieją luki w wiedzy o przyczynach dużych różnic w ich inwazyjności, występujących nawet między blisko spokrewnionymi przedstawicielami tego rodzaju, które introdukowane na ten sam obszar. Przykładami takich gatunków są blisko spokrewnione: niecierpek Balfoura *Impatiens balfourii* Hook. f. i niecierpek gruczołowaty *Impatiens glandulifera* Royle. Pierwszy z gatunków w skali całej Europy nie jest inwazyjny: jego gwałtowną ekspansję i jej negatywne skutki odnotowano jedynie we Francji, Włoszech i Chorwacji. Natomiast drugi z nich jest bardzo inwazyjnym gatunkiem obcym, szeroko rozpowszechnionym na całym europejskim kontynencie. Oba niecierpki sprowadzono do Europy z Himalajów Zachodnich, jako rośliny ozdobne. Pierwsze europejskie stanowiska występowania *I. balfourii* w naturze odkryto w 1906 roku, natomiast rok introdukcji *I. glandulifera* do Europy przypada na rok 1839. W dotychczasowych badaniach porównawczych *I. balfourii* i *I. glandulifera* wykazano, że są one blisko spokrewnione taksonomicznie i podobne pod względem następujących cech: aktywności fotosyntetycznej, tempa wzrostu, atrakcyjności dla zapylaczy, zdolności do samozapyłania, niepożądanych efektów wynikających z depresji inbredowej i wysokiej zdolności rozrodczej. Oba wykazują również wysoki potencjał allelopatyczny oraz mają właściwości antyseptyczne. Zatem choć inwazyjność obu niecierpków powinna być podobna, w rzeczywistości tak nie jest.

Dlatego pierwszym podjętym przeze mnie problemem badawczym było wskazanie cech limitujących inwazję *I. balfourii* i cech, które sprzyjają inwazji *I. glandulifera*. Badania te prowadziłem na osobnikach obu gatunków pochodzących z sześciu populacji, które różniły się pod względem długości okresu, jaki upłynął między introdukcją gatunku do Europy, a jego pojawieniem się w danym miejscu. Założyłem, że różne poziomy inwazyjności obu gatunków wynikają z faktu, że nawet jeśli są one blisko spokrewnione, to zmiany ewolucyjne, którym ulegają po introdukcji, mogą przebiegać w różnym tempie, a nawet w różnych kierunkach. Co więcej, inwazyjność gatunków obcych może wynikać z ich zdolności do wykształcenia odmiennych cech fenotypowych (morfologicznych i fizjologicznych), które umożliwiają im dostosowanie się do nowego otoczenia. Czynnikiem powodującym zmiany fenotypu są szczególne warunki środowiskowe, a proces takich zmian nazywany jest plastycznością fenotypową. Co ciekawe, po kilku pokoleniach takie zmiany mogą zostać zakodowane w genomie (asymilacja genetyczna). Zmiany ewolucyjne i fenotypu mogą sprzyjać inwazji, na przykład poprzez zwiększenie potencjału reprodukcyjnego i/lub dyspersyjnego gatunków obcych. W moich eksperymentach procesy te nie były bezpośrednio testowane. Skupiłem się natomiast na wskazaniu zmian cech/zdolności badanych gatunków, które zaszły od czasu ich pierwszej introdukcji do Europy.

Kolejnym podjętym przeze mnie problemem badawczym było sprawdzenie, czy inwazyjne gatunki obcych roślin wpływają na zapylenie gatunków uprawnych. Z dotychczasowych badań wynika, że część inwazyjnych obcych roślin odciąga owady zapyłające od dzikorosnących roślin rodzimych. Obecność zapyłaczy jest ważna zwłaszcza dla gatunków jednorocznych, rozmnażających się wyłącznie przez nasiona, takich jak niecierpki. Wzrost intensywności zapylenia ich kwiatów prowadzi do wzrostu ich liczebności, przy równoczesnym spadku intensywności zapylenia (i liczebności) roślin rodzimych. U atrakcyjnych dla zapyłaczy gatunków obcych, jest to jedna z najważniejszych cech determinujących ich sukces we wtórnym zasięgu występowania. Możliwy, choć rzadko stwierdzany, jest odwrotny scenariusz, w którym inwazyjne obce rośliny rosnące w dużym zagęszczeniu, działają jak gatunki „magnetyczne”, zwiększające intensywność zapylenia sąsiadujących z nimi roślin rodzimych. Choć oba przypadki badano na roślinach dzikorosnących (obcych i rodzimych), nie były one nigdy wcześniej testowane na gatunkach uprawnych.

Sprawdzenie, czy inwazyjne gatunki obce wpływają na zapylenie sąsiadujących z nimi upraw ma duże znaczenie dla gospodarki człowieka. Taki wpływ miałby bezpośrednie przełożenie na uzyskiwane z upraw plony. Badania te przeprowadziłem na inwazyjnych obcych niecierpkach, gruczołowatym *I. glandulifera* Royle i drobnokwiatowym *I. parviflora* DC., a także na truskawce *Fragaria × ananasa* Duchesne. W Polsce oba niecierpki bardzo często występują w sąsiedztwie różnych upraw, w tym plantacji truskawki. Poza wpływem obcych gatunków roślin na intensywność zapylenia upraw przez różne grupy zapyłaczy, testowałem również efektywność

zapyłania roślin przez trzmielę w zmiennych warunkach temperatury powietrza. W dobie zmieniającego się klimatu jest to niezwykle ważny aspekt, tymczasem badań na ten temat jest niewiele. W swoim eksperymencie założyłem, że wzrost temperatury powietrza ma negatywne znaczenie na żerowanie trzmieli, a w konsekwencji także na zapyłanie odwiedzanych przez nie roślin.

Ostatni problem badawczy uwzględniony w moim cyklu habilitacyjnym związany jest z patogenami i pasożytami (zwanymi dalej „patogenami”) rozprzestrzeganymi przez inwazyjne gatunki obce. Wiadomo, że gatunki obce są nosicielami groźnych patogenów, które przenoszą się na inne organizmy we wtórnym obszarze ich występowania. Rozprzestrzeganie takich nowych patogenów wśród lokalnych gatunków nosi nazwę *pathogen spillover*. Patogeny te są często groźniejsze dla gatunków rodzimych, niż dla przenoszących je gatunków obcych. Dzięki temu gatunki obce mogą jeszcze skuteczniej konkurować z gatunkami lokalnymi na nowych obszarach występowania. Istnieje również odwrotny mechanizm, zwany *pathogen spillback*, w którym nowy obcy gospodarz stanowi dogodne środowisko do namnażania i rozprzestrzeganiania patogenów rodzimych. Takie namnożenie rodzimych patogenów również powoduje zaburzenia w funkcjonowaniu lokalnych ekosystemów. Transmisja patogenów przez gatunki obce ma olbrzymie znaczenie również dla człowieka. Roznoszone patogeny mogą być groźne dla naszego zdrowia lub mieć negatywny wpływ na gospodarkę, np. atakując uprawy, co skutkuje niższymi plonami. Mimo tych zagrożeń dane na temat patogenów roznoszonych przez gatunki obce są niekompletne, często rozproszone w różnych źródłach literaturowych i internetowych, a dostęp do nich jest niejednokrotnie ograniczony. Dlatego w ostatnim z artykułów uwzględnionych w moim cyklu habilitacyjnym zebrałem, zestawiałem i przeanalizowałem dane na temat patogenów przenoszonych przez 60 gatunków roślin i 58 gatunków zwierząt, które w Europie uznawane są za najgroźniejsze inwazyjne gatunki obce.

W kolejnych siedmiu podrozdziałach omówiłem każdą z publikacji ujętych w moim osiągnięciu habilitacyjnym. Zakończenie stanowi podrozdział podsumowujący moje osiągnięcia.

4.3.2 Czynniki limitujące i promujące inwazję *Impatiens balfourii* na podgórzu Alp

Badania nad *I. balfourii* rozpocząłem w 2015 roku, bezpośrednio po obronie mojej pracy doktorskiej. Ten azjatycki gatunek posiada szereg cech zbliżonych do inwazyjnego obcego *I. glandulifera* (np. szybkie tempo wzrostu czy dużą atrakcyjność dla zapyłaczy), jednak jest znacznie mniej ekspansywny. Warto również podkreślić, że przed 2015 rokiem w liczących się czasopismach naukowych opublikowano zaledwie 6 artykułów na jego temat, natomiast publikacji o *I. glandulifera* było aż 133 (dane pozyskano z bazy ISI Web Of Science wpisując nazwy łacińskie obu gatunków). Słaby stopień zbadania *I. balfourii* wynikał najprawdopodobniej z jego

stosunkowo małej inwazyjności na terenach, gdzie został on introdukowany. Nie wykazywano negatywnych oddziaływań *I. balfourii* w badaniach o charakterze eksperymentalnym, natomiast jego potencjalną inwazyjność dostrzegano jedynie w trzech europejskich krajach – we Francji, Włoszech i w Chorwacji.

W 2015 roku nawiązałem kontakt ze światowej klasy ekspertem zajmującym się inwazjami biologicznymi, profesorem Wolfgangiem Nentwigiem z Uniwersytetu w Bernie. Dzięki moim staraniom uzyskałem dofinansowanie w ramach akcji COST TD1209 „Alien Challenge”, a prof. Nentwig przyjął mnie na pobyt na Uniwersytecie w Bern w Instytucie Ekologii i Ewolucji. Wspólnie zrealizowaliśmy zadanie badawcze „Assessment of performance of *Impatiens balfourii* in Switzerland”. Pomoc w realizacji tych badań otrzymałem również od współpracowników z Instytutu Ochrony Przyrody PAN, a zwłaszcza od dr. hab. Wojciecha Solarza – polskiego specjalisty od inwazji biologicznych. Prof. Nentwig wszedł w skład zespołu autorów, wraz z którymi opublikowałem pierwszą pracę naukową z niniejszego cyklu habilitacyjnego – „**Factors limiting and promoting invasion of alien *Impatiens balfourii* in Alpine foothills**” (C1). Ukazała się ona w czasopiśmie Flora. Była ona dla mnie niezwykle ważna, ponieważ zapoczątkowała moje wieloletnie badania nad czynnikami determinującymi inwazje biologiczne roślin z rodzaju *Impatiens* na kontynencie europejskim.

Niniejsze badania prowadziłem w Insubrii, na pograniczu południowej części Szwajcarii i północy Włoch. Jest to kraina jezior położona na podgórzu Alp. Wybrałem ten obszar na podstawie danych literaturowych i w oparciu o informacje otrzymane od botanika, Thomasa Wohlgemutha z portalu Info Flora (www.infoflora.ch), z którym konsultowałem się w kwestii rozmieszczenia *I. balfourii* w Szwajcarii. Wskazał on deltę rzeki Maggia i Jezioro Maggiore, jako najlepiej rokujący obszar badawczy. Informacje te okazały się niezwykle przydatne w poszukiwaniu stanowisk *I. balfourii*.

Celem badań było wskazanie czynników wpływających na rozprzestrzenianie się *I. balfourii* w Insubrii, gdzie gatunek ten jest dobrze zdomowiony. Przeprowadziłem szczegółowe badania rozmieszczenia tego gatunku, jak również porównałem osobniki rosnące w różnych typach siedlisk pod względem ich kondycji i zdolności do uwolnienia się od naturalnych wrogów (roślinozerców i patogenów). Uważa się bowiem, że zdolność do uwalniania się od wrogów, to jeden z kluczowych czynników sprzyjających inwazji gatunków obcych we wtórnym zasięgu ich występowania. Koncept ten został sformalizowany jako hipoteza uwolnienia od wroga (ang. *Enemy Release Hypothesis*). Badałem również cechy abiotyczne siedlisk, w których występował *I. balfourii*, co również mogło mieć znaczenie dla jego ekspansji w Szwajcarii i we Włoszech.

Rozmieszczenie gatunku w każdym z tych krajów istotnie się różniło. Włoskich stanowisk *I. balfourii* było czterokrotnie więcej i były one wyraźnie skoncentrowane wzdłuż poboczy dróg, korelując pozytywnie z obecnością zabudowy i zacienienia. Natomiast nieliczne stanowiska szwajcarskie były rozproszone w różnych typach siedlisk, jednak nie przy drogach. Wynikało to z

intensywnego wykaszania poboczy dróg po stronie szwajcarskiej i częściowego zaniechania tych zabiegów po stronie włoskiej. W pierwszym z krajów wykaszanie poboczy prowadzone było zarówno w terenie zabudowanym, jak i poza nim. We Włoszech prowadzono je wyłącznie w obrębie miejscowości, natomiast poza nimi *I. balfourii* mógł się rozprzestrzeniać bez ograniczeń. Należy również dodać, że pracownicy odpowiedzialni za utrzymanie dróg w Szwajcarii przechodzą specjalne szkolenia w rozpoznawaniu gatunków obcych roślin, w celu zwiększenia skuteczności ich eliminacji.

Na podstawie wyników moich badań można zatem wnioskować, że drogi nie zawsze stanowią sprzyjający korytarz inwazji dla gatunków obcych. Preferowanie tego siedliska w krajach wysoko rozwiniętych może bowiem być wysoce niekorzystne. Regularne koszenia poboczy dróg w Szwajcarii spowodowało zanik stanowisk jednorocznego *I. balfourii* w tym siedlisku. Mechanizm taki nosi nazwę pułapki ekologicznej. Ma ona miejsce, gdy atrakcyjność siedliska wzrasta nieproporcjonalnie w stosunku do jego wartości dla przetrwania i reprodukcji gatunku. Rezultatem jest preferencja fałszywie atrakcyjnego siedliska i unikanie siedlisk wysokiej jakości, ale mniej atrakcyjnych. Warto dodać, że jest to jeden z nielicznych przykładów takiej pułapki wykazany na przykładzie rośliny.

W niniejszych badaniach wykazałem również, że *I. balfourii* najskuteczniej uwalniał się od naturalnych wrogów na stanowiskach zlokalizowanych właśnie przy drogach, co mogło tłumaczyć jego preferencje w stosunku do tego siedliska. Co ciekawe, osobniki rosnące przy drogach nie inwestowały zaoszczędzonych zasobów z uwalniania się od wrogów w większe rozmiary i intensywniejsze rozmnażanie. Byłoby to zgodne z założeniami hipotezy ewolucji zwiększonej zdolności konkurencyjnej (EICA) (ang. *Evolution of Increased Competitive Ability Hypothesis*). Hipoteza ta wyewoluowała z hipotezy ERH. Jej zaletą jest połączenie tradycyjnych testów uwalniania się roślin od wrogów z równoczesną oceną, czy czerpią one z tego wymierne korzyści. Brak inwestowania zaoszczędzonych zasobów w lepszą kondycję, to dodatkowy czynnik limitującym inwazję *I. balfourii*.

4.3.3 Czy presja ze strony patogenów grzybowych na nasiona obcych niecierpków może wpływać na inwazyjność tych roślin?

Druga z moich publikacji uwzględnionych w osiągnięciu habilitacyjnym ukazała się w czasopiśmie *Plant Ecology* i nosi tytuł „**The seeds of success: release from fungal attack on seeds may influence the invasiveness of alien *Impatiens*” (C2)**. Jej koncepcja narodziła się w 2016 roku, kiedy podjąłem współpracę z profesorem Wojciechem Puszem, mykologiem z Katedry Ochrony Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Postawiłem hipotezę badawczą, że wysoki stopień zainfekowania nasion patogenicznymi grzybami obniża inwazyjność obcych

gatunków roślin. Powołując się na założenia hipotezy uwolnienia od wroga (*Enemy Release Hypothesis*, ERH), postanowiłem zbadać czy nasiona nieinwazyjnego *I. balfourii* są w większym stopniu porażone przez grzyby chorobotwórcze, od nasion inwazyjnego *I. glandulifera*. Tego rodzaju podejście stanowiło nowość w testowaniu hipotezy ERH. W układzie porównawczym nie występował bowiem gatunek rodzimy, co więcej, badane gatunki nie były testowane w obszarze naturalnego występowania i w obszarze objętym inwazją po introdukcji. Warto również dodać, że wśród licznych testów hipotezy ERH zaledwie kilka zostało wykonanych na nasionach. Tymczasem wiadomo, że obligatoryjne patogeny (np. te z rodzaju *Fusarium*) w sposób znaczący obniżają jakość nasion, co wpływa na rozwój i kondycję siewek, a następnie dojrzałej rośliny.

W 2016 roku wyjechałem do Insubrii aby zebrać nasiona *I. balfourii* i *I. glandulifera*. Realizację tego zadania badawczego znacząco ułatwiły mi dane o rozmieszczeniu obu niecierpków zebrane rok wcześniej w ramach akcji COST. Mykobiota zebranych w Insubrii nasion zidentyfikowana została przez prof. dr hab. Pusza. Ja następnie analizowałem te dane pod kątem składu gatunkowego grzybów, a także liczby kolonii wykazanych dla poszczególnych patogenów grzybowych. Wykazałem, że we Włoszech nasiona nieinwazyjnego *I. balfourii* były istotnie bardziej porażone przez obligatoryjne patogeny niż nasiona inwazyjnego *I. glandulifera*. Było to zgodne z hipotezą ERH i pokazywało, że wysoki stopień zainfekowania nasion *I. balfourii* może być limitujący dla inwazji tego gatunku w Europie. Co ciekawe, w Szwajcarii poziom porażenia nasion obu gatunków przez obligatoryjne patogeny był porównywalny. Przyczyną wysokiej presji patogenów na nasiona *I. balfourii* we Włoszech był prawdopodobnie brak obecności na nich patogenów wtórnych, głównie *Cladosporium cladosporioides* i *Alternaria alternata*. Patogeny wtórne znane są bowiem z antagonistycznego działania w stosunku do patogenów obligatoryjnych, przez co w niektórych warunkach ich występowanie jest dla rośliny bardzo korzystne. Należy również dodać, że patogeny obligatoryjne wykryto jedynie na zewnętrznych powłokach nasion obu gatunków. Potwierdza to antyoksydacyjne właściwości obu niecierpków, które również sprzyjają inwazjom tych roślin we wtórnym obszarze ich występowania.

4.3.4 Zdolność nasion do unoszenia się z prądem wody, jako cecha wpływająca na sukces inwazji obcych niecierpków *Impatiens balfourii* i *I. glandulifera*

Sieci wodne wspomagają rozprzestrzenianie się wielu gatunków roślin, w tym gatunków obcych. Skuteczność tego rodzaju przemieszczania się zależy zarówno od rodzaju wód, jak i od cech samych roślin. W przypadku jednorocznych niecierpków występujących w Europie, rozmnażających się tylko generatywnie, duże znaczenie dla dyspersji ma budowa balistycznie wystrzeliwanych przez nie nasion. Dlatego w mojej trzeciej pracy, **The ability of seeds to float**

with water currents contributes to the invasion success of *Impatiens balfourii* and *I. glandulifera* (C3), badałem zarówno zdolność nasion obu gatunków (*I. balfourii*, *I. glandulifera*) do unoszenia się w wodzie, jak i cechy nasion mogące tą zdolność determinować. Postawiona hipoteza badawcza zakładała, że nasiona szeroko rozprzestrzenionego wzdłuż rzek *I. glandulifera* mają cechy umożliwiające przemieszczanie się tego gatunku z wodą na duże odległości. Z kolei nasiona słabo rozprzestrzenionego *I. balfourii* będą słabiej przystosowane do unoszenia się w wodzie. Do badań włączyłem po dwie europejskie populacje obu gatunków, które różniły się pod względem czasu, jaki upłynął od introdukcji obu niecierpków do Europy, do ich pojawienia się w miejscach badań. Interesowało mnie bowiem, czy cechy nasion obu gatunków odpowiadające za unoszenie się w wodzie zmieniły się znacząco na przestrzeni lat. Zmiany takie mogły zajść na drodze ewolucji lub w wyniku zmienności fenotypowej. Był to pierwszy tego rodzaju eksperyment z tak kompleksowym podejściem.

Badania te prowadziłem w 2016 i 2017 roku. Nasiona obu gatunków zbierałem we włosko-szwajcarskiej Insubrii, na chorwackiej Istrii i w okolicach Krakowa. Ponieważ oba gatunki występują zarówno wzdłuż linii brzegowej jezior, jak i wzdłuż potoków (np. w Insubrii), zbadałem zdolność nasion obu gatunków do unoszenia się zarówno w wodzie stojącej, jak i turbulentnej. Badałem cechy, które wspomagają utrzymywanie się nasion w wodzie, w tym pofałdowanie ich powierzchni, kształt oraz wypełnione powietrzem struktury płaszcza nasiennego. Co więcej, sprawdziłem żywotność nasion obu gatunków w wodzie. Testy pływalności prowadziłem w stacji terenowej Instytutu Ochrony Przyrody PAN – Centrum Badań i Ochrony Roślin Górskich w Zakopanem, we współpracy z dr hab. Pawłem Olejniczakiem, który jest specjalistą w dziedzinie ekologii i fizjologii roślin. Warto również dodać, że badania cech nasion prowadziłem z użyciem skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM) w laboratorium Akademickiego Centrum Materiałów i Nanotechnologii AGH; były to pierwsze badania łączące w sobie testy pływalności nasion z badaniem ich struktury przy pomocy SEM. Wykonanie analiz było możliwe dzięki mojej wieloletniej współpracy z dr Katarzyną Berent, adiunktem i kierownikiem tego laboratorium.

Badania potwierdziły, że nasiona nieinwazyjnego *I. balfourii* unoszą się w wodzie gorzej niż nasiona inwazyjnego *I. glandulifera*. Wykazałem również, że nasiona *I. balfourii* z młodszej populacji mają wyższą zdolność pływania, w porównaniu z nasionami tego samego niecierpka ze starszej populacji. Z kolei wynik analogicznej analizy dla *I. glandulifera* był odwrotny. Co ważne, różnice w pływalności nasion z poszczególnych populacji korelowały z cechami ich budowy. Z uzyskanych wyników można było zatem wywnioskować, że niska pływalność nasion *I. balfourii* w wodzie może z czasem wzrosnąć, przez co gatunek ten w przyszłości może stać się bardziej ekspansywny. Natomiast w przypadku szeroko rozprzestrzenionego *I. glandulifera* zdolność ta może zanikać. Gatunek ten prawdopodobnie inwestuje w inne cechy (np. w większą rozrodczość

czy rozmiary), które są bardziej adaptatywne na zaawansowanym etapie inwazji, aby skuteczniej zajmować stanowiska położone z daleka od sieci wodnych.

4.3.5 Występowanie wzdłuż dróg, jako czynnik osłabiający inwazję *Impatiens balfourii* w Europie

W pierwszej publikacji wchodzącej w skład niniejszego osiągnięcia habilitacyjnego (C1) wykazałem, że *I. balfourii* może wpadać w pułapkę ekologiczną z powodu nieadaptatywnego doboru siedliska. W swoim następnym eksperymencie postanowiłem kontynuować badania tego interesującego procesu, z uwzględnieniem większej liczby europejskich populacji różniących się wiekiem. Moim celem była ocena presji wywieranej przez lokalnych wrogów (np. szkodników lub patogenów) na *I. balfourii* w różnych populacjach i w różnych typach siedlisk. Co więcej, interesowało mnie czy osobniki będące pod niższą presją, zużywające mniej zasobów na obronę przeciwko wrogom, są dzięki temu w lepszej kondycji – mają większe rozmiary lub/i płodność. Byłoby to zgodne z założeniami hipotezy EICA. Warto również dodać, że wyniki moich badań wskazujące na rosnącą zdolność utrzymywania się nasion *I. balfourii* w wodzie, przedstawione w trzeciej publikacji wchodzącej w skład niniejszego osiągnięcia habilitacyjnego (C3), również miały wpływ na podjęcie niniejszych badań. Interesowało mnie bowiem, czy są w Europie miejsca, w których *I. balfourii* rozprzestrzenia się głównie wzdłuż rzek.

Dzięki zdobytemu w 2018 roku finansowaniu z Narodowego Centrum Nauki (w ramach konkursu Miniatura), odbyłem wyjazd badawczy po Europie. Badania przeprowadziłem w 6 różniących się wiekiem populacjach, w których gatunek ten występował w 5 typach siedlisk. Wyniki testów EICA dla w pełni rozwiniętych roślin pokazały, że w młodszych populacjach *I. balfourii* uwalnia się lepiej od presji wywieranej przez lokalnych wrogów, niż w populacjach starszych. Nie wykazałem jednak, że rezerwy inwestowane wcześniej na obronę przed wrogami zostały alokowane w inne cechy ocenianych roślin, takich jak większe rozmiary czy płodność. Zostało to potwierdzone jedynie w najmłodszej populacji z Andory. Analogiczne testy przeprowadziłem dla nasion zebranych w każdej z badanych populacji. Jednak ich wyniki w żadnej mierze nie poparły założeń hipotezy EICA. Niniejszy eksperyment pokazał zatem, że założenia hipotezy EICA nie zawsze się sprawdzają.

Ocena preferencji siedliskowych pokazała, że w pięciu z sześciu populacji gatunek preferował pobocza dróg. Co ciekawe, rośliny na poboczach były zawsze rzadziej atakowane przez lokalnych wrogów; podobny mechanizm wykazałem w moich wcześniejszych badaniach (C1). Wynik ten poparł moją tezę, że *I. balfourii* może preferować niekorzystne pobocza dróg, ze względu na niższą presję ze strony szkodników czy patogenów w tym siedlisku. Warto równocześnie dodać, że drugim najczęściej preferowanym przez tego niecierpka siedliskiem były brzegi rzek.

Negatywny wpływ człowieka na nadrzeczne zbiorowiska roślinne był znacznie mniejszy, niż wzdłuż dróg. Było to szczególnie widoczne w Andorze, gdzie gatunek ten występuje od niedawna. W populacji tej *I. balfourii* nie rósł na poboczach dróg, natomiast wzdłuż potoków występował bardzo licznie. Warto przypomnieć, że w mojej wcześniejszej publikacji (C3) udowodniłem, że w młodszych populacjach nasiona *I. balfourii* lepiej unoszą się w wodzie. Wynika z tego, że w niektórych regionach Europy inwazja *I. balfourii* może w przyszłości nabrać na sile. Nie można zatem lekceważyć inwazyjnego potencjału tego niecierpka, zwłaszcza jeśli jego występowanie koncentruje się wzdłuż sieci wodnych. Wyniki tych badań opublikowałem w artykule – **Two sides of the same coin: Does alien *Impatiens balfourii* fall into an ecological trap after releasing from enemies?** (C4). Ukazał się on w uznanym czasopiśmie *Environmental and Experimental Botany*.

4.3.6 Niecierpki, truskawki i ich zapylacze w dobie ocieplającego się klimatu

Naukowcy badający inwazje biologiczne skupiają się często na porównaniach między spokrewnionymi ze sobą gatunkami obcymi i rodzimymi, bądź też analizują cechy tych samych gatunków w pierwotnym i wtórnym zasięgu ich występowania. Rzadziej pojawiają się artykuły dotyczące wpływu inwazji biologicznych na całe zbiorowiska roślinne lub ekosystemy. Natomiast aspekt wpływu gatunków obcych roślin na uprawy w zasadzie pozostaje niezbadany. Do 2021 roku nie było ani jednego artykułu, który testowałby eksperymentalnie wpływ inwazyjnych obcych roślin na uprawy. Tymczasem gatunki takie jak *I. glandulifera*, *Solidago gigantea* czy *Reynoutria japonica* bardzo często sąsiadują z uprawami. Co więcej, istnieje bardzo wiele przesłanek wskazujących na to, że mogą im szkodzić – na przykład przez odciąganie owadów zapylających. Dlatego w moim kolejnym eksperymencie, finansowanym z wewnętrznych grantów badawczych mojego Instytutu, testowałem czy inwazyjne obce gatunki roślin mogą odciągać zapylacze od upraw. Jest to bardzo ważny aspekt, ponieważ brak zapylaczy jest częstą przyczyną pogorszeniem ilości i jakości uzyskiwanych plonów. Ma to zatem duże znaczenie dla produkcji rolnej, a zatem – dla każdego człowieka. Wyniki tych pionierskich badań opublikowałem w czasopiśmie *BMC Plant Biology* w artykule pt. „**Alien balsams, strawberries and their pollinators in a warmer world**” (C5).

Przeprowadzenie badań na zapylaczach było dla mnie dużym wyzwaniem, ponieważ musiałem nauczyć się ich identyfikacji. Koncentrowałem się na zapylaczach *I. glandulifera*, dlatego opanowałem przede wszystkim identyfikację trzmieli *Bombus spp.* Dzięki długoletniej współpracy z uznanym entomologiem, dr Andrzejem Kosiosem (emerytowany pracownik mojego Instytutu), specjalistą od owadów pszczołowych, nauczyłem się nie tylko identyfikować gatunki należące do tej grupy, ale dowiedziałem się również wiele o ich ekologii. Dzięki temu w latach

2019 i 2020 mogłem przeprowadzić dwa eksperymenty, dowodzące że obecność inwazyjnych niecierpków *I. glandulifera* i *I. parviflora* powoduje obniżenie częstości zapylania uprawnej truskawki *Fragaria × ananasa*. Liczba owadów zaliczanych do *Apidae*, *Bombini* i *Syrphidae* spadała na kwiatach truskawek, jeżeli sąsiadowały one z obcymi niecierpkami. Warto również podkreślić, że truskawki zapylane przez zapylacze dają większe plony oraz mają większe i mniej zdeformowane owoce. Ma to bardzo duże znaczenie w handlu, zarówno dla pośredników w sprzedaży, jak i dla konsumentów kupujących truskawki. Opublikowane przeze mnie wyniki dowiodły również, że *I. glandulifera* i *I. parviflora* mogą czerpać bezpośrednie korzyści z sąsiedztwa upraw. Na obszarach rozwiniętych pod względem rolnictwa zapylanie kwiatów tych niecierpków może być efektywniejsze, co z kolei może przekładać się na większy sukces inwazyjny tego gatunku.

W tym dwuletnim eksperymencie badałem również aspekt związany z efektywnością zerowania trzmieli, przekładającą się równocześnie na skuteczność zapylania odwiedzanych przez nie roślin. Testy dotyczyły zjawiska pomyłek trzmieli, czyli odwiedzania przez nie kwiatów, które zostały już odwiedzone wcześniej, a zatem były pozbawione nektaru. W moich badaniach wykazałem, że liczba takich powtórnych wizyt w czasie pojedynczego lotu trzmiela rośnie wraz ze wzrostem temperatury powietrza, co było widoczne zwłaszcza w przypadku robotnic. Robotnice odpowiadają między innymi za odżywanie całej kolonii trzmieli, dlatego w dobie ocieplenia klimatu spadek efektywności ich pracy może mieć duże konsekwencje zarówno dla trzmieli, jak i dla zapylanych przez nie roślin. Co ciekawe, wykazałem również, że podczas wyjątkowo silnych upałów samce trzmieli myliły się rzadziej niż robotnice. Należy pamiętać, że samce biorą udział w inkubacji jaj, a ich cechy (np. jakość spermy) mają znaczenie dla pomyślnego przeżycia okresu hibernacji przez królowe oraz dla ich kondycji po przezimowaniu. Zatem uzyskane przeze mnie wyniki mogą oznaczać, że w kontekście zmian klimatycznych znaczenie samców dla kolonii trzmieli może w przyszłości wzrosnąć. Należy również dodać, że *I. glandulifera*, który był wykorzystany w badaniach pomyłek trzmieli, jest najbardziej nektarodajną rośliną w Europie. Nie można wykluczyć, że zdolność do produkcji nektaru jest u tego gatunku tak duża, że jest on w stanie uzupełnić jego poziom w czasie krótszym niż pojedynczy lot trzmiela, który w moich badaniach trwał zaledwie około 45 sekund. Przy takim założeniu powtórne wizyty w tych samych kwiatach nie musiałyby stanowić pomyłek trzmieli. Również i taki scenariusz został uwzględniony w moim artykule.

4.3.7 Weryfikacja hipotezy uwolnienia od wroga oraz próby stworzenia żywotnych hybryd *I. glandulifera* × *I. balfourii* w warunkach kontrolowanych

Badanie zdolności do uwalniania się od naturalnych wrogów (ERH) u nieinwazyjnego *I. balfourii* i wysoce inwazyjnego *I. glandulifera* prowadziłem również w warunkach kontrolowanych.

Obejmowały one eksperymenty w komorze klimatycznej oraz w układzie „common garden”. Oceeniłem ponadto możliwość tworzenia się żywotnych hybryd między tymi dwoma niecierpkami. Wiadomo bowiem, że hybrydy mogą przewyższać inwazyjnością rośliny rodzicielskie. Co więcej, przepływ genów między hybrydami, a rośliną rodzicielską (np. między *I. glandulifera* × *I. balfourii* i *I. balfourii*), może zwiększyć potencjał tych drugich. Wyniki tych badań zostały opublikowane w czasopiśmie *Journal of Plant Research* w artykule pt. **Role of enemy release and hybridization in the invasiveness of *Impatiens balfourii* and *I. glandulifera*** (C6).

Nasiona, z których wykiełkowałem rośliny przeznaczone do obu eksperymentów, zebrałem w 2015 roku na granicy szwajcarsko-włoskiej podczas badań prowadzonych w ramach akcji COST (C1). Niecierpki kiełkowały i wzrastały w ogrodzie zakopiańskiej stacji terenowej Instytutu Ochrony Przyrody PAN, gdzie umieszczone zostały w specjalnie zaprojektowanej i wykonanej przeze mnie skrzyni. Skrzynia ta pokryta była metalową siatką z drobnymi oczkami, tak by rośliny rosły w warunkach bardzo zbliżonych do naturalnych, mając dostęp do światła i wody deszczowej. Równocześnie skrzynia chroniła rośliny przed drobnymi ssakami i ptakami, które mogłyby przenieść nasiona niecierpków poza obszar stacji terenowej. Fakt umieszczenia roślin w skrzyni zasługuje na uwagę, ponieważ prowadząc badania na gatunkach obcych należy bezwzględnie zadbać, żeby nie przedostały się one do środowiska zewnętrznego. Warto podkreślić, że *I. balfourii* w ogóle nie występuje jeszcze w Polsce, a równocześnie należy zapobiegać każdej nowej introdukcji szeroko rozprzestrzenionego *I. glandulifera*.

Oba niecierpki z powodzeniem kiełkowały i wzrastały w klimacie podtatrzańskim. Przeczy to opinii, że *I. balfourii* słabiej znosi europejski klimat od swojego inwazyjnego krewniaka. Nawiasem mówiąc, podczas moich badań w Pirenejach w ramach Miniatury NCN (C4) notowałem stanowiska liczne w osobniki tego gatunku powyżej 1100 metrów n.p.m., podczas gdy *I. glandulifera* nie występował wyżej niż 575 metrów n.p.m.

W testach ERH prowadzonych w układzie „common garden” oceniałem presję ze strony lokalnych szkodników i patogenów na oba gatunki niecierpków. Z kolei do testów ERH w komorze klimatycznej wykorzystałem generalistów pokarmowych – ślimaki z rodzaju *Cepaea*. Oceniałem spadek masy liści obu gatunków niecierpków, które umieszczałem w specjalnych kontenerach razem ze ślimakami. Przed i po eksperymencie były one ważone, co umożliwiło wskazanie gatunku będącego pod większą presją. Wyniki testów ERH wskazały, że *I. balfourii* jest bardziej atakowany przez naturalnych wrogów od *I. glandulifera*. Niemniej jednak nie znalazło to odzwierciedlenia w podwyższonej kondycji roślin objętych eksperymentem. Wprawdzie osobniki *I. glandulifera* osiągnęły istotnie większe rozmiary od osobników *I. balfourii*, jednak ustępowały im pod względem płodności. Zatem, błędnym byłoby stwierdzenie, że uwalnianie się od wrogów jest jedynym czynnikiem determinującym inwazyjny sukces *I. glandulifera* i równoczesny brak sukcesu drugiego z niecierpków.

Eksperyment dotyczący krzyżowania obu gatunków odbywał się w komorze klimatycznej. Rośliny zapylane były ręcznie – międzygatunkowo i wewnątrzgatunkowo, a część kwiatów została odizolowana dla oceny zdolności obu gatunków do samozapylania. Wyniki testów nie potwierdziły możliwości tworzenia się hybryd między dwoma niecierpkami. Tym samym hipoteza, że inwazyjność *I. balfourii* mogłaby wzrosnąć na skutek krzyżowania się z *I. glandulifera*, nie została potwierdzona.

4.3.8 Gatunki obce jako centra dystrybucji patogenów

Gospodarzami patogenów są zarówno gatunki rodzime, jak i obce. Niemniej jednak patogeny przenoszone przez gatunki obce mogą być groźniejsze od tych przenoszonych przez gatunki rodzime. Przyczyną jest egzotyczne pochodzenie niektórych patogenów zawlekanych w czasie wprowadzania gatunków obcych. Stanowią one nowość dla rodzimych organizmów, które nie mają wykształconych przeciwko nim skutecznych systemów obronnych, natomiast gatunkom obcym, które je zawlekają, są one dobrze znane, a przez to mniej dla nich szkodliwe. Niestety, informacje na temat patogenów występujących na gatunkach obcych są niepełne i często rozproszone po wielu źródłach literaturowych i internetowych, do których dostęp bywa utrudniony. Było to widoczne w czasie moich wcześniejszych badań nad naturalnymi wrogami (C1, C2, C4, C6), wśród których patogeny odgrywały bardzo ważną rolę. Aby wypełnić tę lukę opublikowałem obszerną charakterystykę patogenów przenoszonych przez 118 inwazyjnych gatunków obcych w Europie, w tym 60 roślin i 58 zwierząt. Wśród nich znalazły się również badane przeze mnie wcześniej niecierpki: gruczołowaty *I. glandulifera* i drobnokwiatowy *I. parviflora* (C1-C6). Artykuł ma charakter przeglądowy i jest ostatnią pozycją mojego cyklu habilitacyjnego. Ukazał się on pod tytułem **Invasive alien species as reservoirs for pathogens** (C7) w renomowanym czasopiśmie Ecological Indicators. Warto dodać, że dane wykorzystane do napisania tego artykułu zebrałem w ramach realizowanego dla Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska (GDOŚ) projektu „Analiza stopnia inwazyjności gatunków obcych w Polsce wraz ze wskazaniem gatunków istotnie zagrażających rodzimej florze i faunie oraz propozycją działań strategicznych w zakresie możliwości ich zwalczania oraz analiza dróg niezamierzonego wprowadzania lub rozprzestrzeniania się inwazyjnych gatunków obcych wraz z opracowaniem planów działań dla dróg priorytetowych”. Wybrano mnie do tej roli przez wzgląd na moje doświadczenie w badaniach z zakresu ERH i EICA, w których właściwa ocena wpływu patogenu na swojego gospodarza ma zasadnicze znaczenie. Zarówno w projekcie, jak i podczas pisania artykułu współpracowałem z dwójką wybitnych botaników, prof. dr hab. Barbarą Tokarską-Guzik (Uniwersytet Śląski w Katowicach) i dr Zygmuntem Dajdokiem (Uniwersytet Wrocławski), których cenne rady pozwoliły mi dopracować niniejszą pracę o patogenach.

Przeprowadzona przeze mnie analiza danych pozwoliła wskazać zarówno dominujące patogeny, jak i obce gatunki gospodarzy, którzy są najgroźniejszymi wektorami ich przenoszenia. Najbardziej rozpowszechnionym patogenem obcych roślin była bakteria *Xylella fastidiosa*, która powoduje szereg groźnych chorób (np., śmiertelną chorobę Pierce'a). Z kolei gospodarzem dominującym pod względem liczby przenoszonych patogenów wśród roślin była *Ambrosia artemisiifolia*, z której dotychczas wykazano 28 różnych gatunków patogenów. Dla porównania, z badanych przeze mnie wcześniej niecierpków wykazano ich znacznie mniej: 14 z *I. parviflora* i 10 z *I. glandulifera*; niemniej są wśród nich groźne patogeny, które mogą być rozprzestrzeniane na uprawy (np. wirus mozaiki ogórka, wirus nekrotycznej kędzierzawki tytoniu, grzyb z rodziny mączniakowatych *Sphaerotheca balsaminae*). Taka transmisja może odbywać się za pośrednictwem zapylaczy. Przykładowo, późne uprawy pomidora *Solanum lycopersicum* L. kwitną w tym samym czasie co *I. glandulifera*, a kwiaty obu roślin są zapylane przez trzmiele; temat ten jest przedmiotem moich aktualnych badań. Warto również podkreślić, że mała liczba patogenów wykazanych dla dwóch gatunków niecierpków nie musi oznaczać, że rośliny te są rzeczywiście mniej groźne od innych gospodarzy. Może wynikać to z małej liczby badań nad ich patogenami. W niniejszej publikacji dowiodłem, że dobrze zbadane pod tym względem są jedynie gatunki o wysokim znaczeniu gospodarczym, np. ostryga *Crassostrea gigas*, których badanie pod kątem patogenów jest opłacalne.

Wyniki moich analiz mogą być wykorzystywane do ocen ryzyka nowoprzybyłych do Europy, potencjalnie inwazyjnych gatunków obcych. Wyniki te wskazują na przykład, że obce rośliny przenoszą znacznie mniej patogenów niż obce zwierzęta. Co więcej, celowo wprowadzane do środowiska przyrodniczego obce rośliny i zwierzęta przenoszą mniej patogenów, niż gatunki, które są introdukowane przypadkowo. Jest to pozytywna informacja, ponieważ prawie czterokrotnie więcej inwazyjnych gatunków obcych, które analizowałem, zostało wprowadzonych celowo. Przy ocenie ryzyka zawleczenia patogenów przez obcego gospodarza ważne jest również środowisko w którym żyje dany gospodarz. Na przykład inwazyjne obce rośliny występujące na lądzie są bardziej zainfekowane od tych żyjących w środowisku wodnym. W ocenach ryzyka bezwzględnie należy również uwzględnić liczbę publikacji na temat patogenów nowoprzybyłych obcych gospodarzy. Niektóre gatunki nie były bowiem w ogóle badane pod tym kątem.

4.3.9 Podsumowanie

W publikacjach naukowych składających się na moje osiągnięcie habilitacyjne odpowiedziałem na szereg pytań badawczych związanych z inwazjami biologicznymi. Badania prowadziłem na roślinach z rodzaju *Impatiens*, znanych w Europie ze swej wysokiej szkodliwości dla przyrody i gospodarki człowieka, jednak uzyskane wyniki mają charakter uniwersalny o szerokim

zastosowaniu. Co więcej, w artykule przeglądowym, zamykającym moje osiągnięcie habilitacyjne uwzględniłem najgroźniejsze gatunki obcych roślin i zwierząt w Europie. Artykuł ten będzie zatem przydatny dla wielu naukowców zajmujących się problematyką inwazji biologicznych i transmisji patogenów. Warto również dodać, że w moich pracach naukowych, poza rozwiązaniami stawianych przeze mnie hipotez badawczych, przedstawiłem również ważne nowe problemy, które powinny być przedmiotem przyszłych badań naukowych.

W pierwszej pracy z osiągnięcia habilitacyjnego (C1) zademonstrowałem ograniczoną ekspansywność *I. balfourii*, będącą wynikiem nieadaptatywnych preferencji siedliskowych tego gatunku. Jest to jeden z niewielu przypadków pułapki ekologicznej zademonstrowanej na przykładzie rośliny. Co więcej, mój artykuł pokazuje jakimi metodami należy zwalczać z obce gatunki roślin rozprzestrzeniające się wzdłuż dróg. Warto podążać śladami krajów takich jak Szwajcaria i inwestować w szkolenia dla pracowników służb odpowiedzialnych za utrzymanie dróg, tak aby każdy taki pracownik posiadał rozeznanie w najgroźniejszych gatunkach obcych i eliminował je w czasie wypełniania swoich obowiązków. Taka sama rekomendacja odnosi się do pracowników zieleni miejskiej, którzy mogliby zwalczać gatunki obce rozprzestrzeniające się na terenie miejskich terenów zielonych.

W drugiej ze swych publikacji (C2) użyłem nowatorskiego podejścia badawczego, służącego do badania cech determinujących inwazyjność gatunków obcych. Polega ono na porównywaniu gatunków obcych spokrewnionych ze sobą, które pochodzą z tych samych rejonów geograficznych i różnią się inwazyjnością. Do porównania użyłem założeń hipotezy ERH, jednak w takim układzie nie były one nigdy wcześniej stosowane. Wyniki eksperymentu opisanego w tym artykule pokazały, że *I. balfourii* jest słabiej rozprzestrzeniony od *I. glandulifera*, ponieważ jego nasiona są w większym stopniu atakowane przez chorobotwórcze patogeny. Może to wpływać negatywnie na siewki tego gatunku, co ma z kolei przełożenie na niższą kondycję roślin dojrzałych. Mój eksperyment pokazał również, że obce rośliny z rodzaju *Impatiens* (zarówno inwazyjne, jak i nieinwazyjne) mają duże właściwości antyoksydacyjne. Może to być cecha sprzyjająca ekspansji, charakterystyczna dla całego rodzaju *Impatiens*.

Kolejna publikacja (C3) zawiera wyniki testów pływalności nasion w wodach stojących i płynących. Eksperyment ten łączył w sobie ocenę pływalności nasion ze szczegółową analizą cech odpowiedzialnych za ich unoszenie się w wodzie, m.in. z użyciem elektronowego mikroskopu skaningowego. Badania te wykonałem na nasionach z populacji różniących się wiekiem od czasu pierwszej introdukcji *I. balfourii* i *I. glandulifera* do Europy. Dotychczas nie było tego rodzaju badań. Dowiodłem w nich, że zdolność do unoszenia się w wodzie nasion *I. balfourii* rośnie na przestrzeni lat po jego introdukcji na kontynencie europejskim, natomiast u drugiego z gatunków maleje. Może to oznaczać, że *I. balfourii* stanie się w przyszłości bardziej ekspansywny, a przez to również mogą wzrosnąć negatywne skutki jego obecności dla rodzimej przyrody i gospodarki człowieka. Z kolei szeroko rozprzestrzeniony *I. glandulifera* inwestuje w cechy, które są bardziej

przydatne na zaawansowanym etapie inwazji. Należy podkreślić, że *I. glandulifera* został introdukowany do Europy 60 lat później od *I. balfourii*. Po introdukcji do Europy *I. glandulifera* przez długie lata pozostawał w fazie uśpienia, a jego nagła ekspansja rozpoczęła się dopiero 50-60 lat później od czasu jego pierwszego stwierdzenia na naturalnym stanowisku. Nie można zatem wykluczyć, że inwazja *I. balfourii* będzie przebiegać według podobnego scenariusza.

W czasie mojej ekspedycji naukowej po Europie (C4) zebrałem dane potwierdzające, że nieadaptatywny dobór siedliska może być czynnikiem limitującym inwazję *I. balfourii*. Takie wnioski można było wyciągnąć w przypadku pięciu spośród sześciu badanych populacji. Niemniej jednak w szóstej, najmłodszej populacji – w Andorze – *I. balfourii* rozprzestrzenił się z powodzeniem wzdłuż potoków, natomiast nie występował tam wzdłuż dróg. Taki wzorec rozmieszczenia jest interesujący, biorąc pod uwagę wyniki moich testów z pływalności nasion tego gatunku (C3). Zgodnie z nimi, *I. balfourii* z Andory może rozprzestrzeniać się skuteczniej i dynamiczniej, niż w pozostałych populacjach uwzględnionych w tych badaniach. Dlatego warto monitorować rozprzestrzenianie się *I. balfourii* na tym obszarze.

Moje badania obejmujące inwazyjne gatunki obce, roślinę uprawną i ich wspólnych zapylaczy (C5), są badaniami pionierskimi, dowodzącymi że gatunki obcych roślin mogą negatywnie wpływać na uprawy. W badaniach tych testowałem odciąganie zapylaczy truskawki, przez dwa inwazyjne obce niecierpki – *I. glandulifera* i *I. parviflora*. Co ciekawe, drugi z tych gatunków nie jest objęty regulacjami prawnymi ani na poziomie Unii Europejskiej, ani na poziomie krajowym. Obostrzenia takie ułatwiłyby jego kontrolę. Tymczasem w świetle wyników moich badań jest to gatunek wysokiego ryzyka, który powinien być zwalczany. Byłoby to korzystne zarówno dla środowiska przyrodniczego, jak i dla roślin uprawnych zapylanych przez te same owady. Warto podkreślić, że choć *I. parviflora* charakteryzuje się wysokim potencjałem do samozapylania, to jednocześnie silnie wabiąco oddziałuje na niezwykle ważną grupę zapylaczy – bzygi (Syrphidae).

Wciąż nie wiemy jaki wpływ na uprawy mają inne obce gatunki roślin, takie jak trojeść amerykańska *Asclepias syriaca* L., nawłóć późna *Solidago gigantea* Aiton, nawłóć kanadyjska *S. canadensis* L., rdestowiec japoński *Reynoutria japonica* Houtt., czy tawuła kutnerowata *Spiraea tomentosa* L. Tymczasem gatunki te występują bardzo często w sąsiedztwie upraw i jest duże prawdopodobieństwo, że również one odciągają zapylacze. Dlatego zapoczątkowane przeze mnie badania powinny być kontynuowane. Przyczyni się to do poszerzenia wiedzy o inwazjach biologicznych, a jednocześnie zapewni korzyści ekonomiczne.

W tej samej publikacji (C5) wykazałem również, że ze wzrostem temperatury trzmiele ponownie odwiedzają te same kwiaty w krótkich odstępach czasu. Może to oznaczać, że podczas upałów myślą się one częściej, wybierając kwiaty, w których brak nektaru. Dotyczy to zwłaszcza robotnic. Jest to bardzo niepokojące wobec ocieplającego się klimatu. W przyszłości badania te powinny być kontynuowane, ponieważ od efektywności zapylania zależy zarówno kondycja kolonii trzmieli, jak i sukces zapylanych przez nie roślin.

W następnej publikacji cyklu habilitacyjnego (C6) weryfikowałem założenia hipotez ERH i EICA w warunkach kontrolowanych. Wykazałem, że *I. balfourii* ustępuje swojemu bardziej inwazyjnemu krewniakowi *I. glandulifera* pod względem zdolności do uwalniania się od szkodników i patogenów powodujących uszkodzenia liści. Niemniej jednak, podobnie jak w testach prowadzonych przeze mnie na stanowiskach naturalnych (C1 i C4), niższy poziom presji ze strony wrogów nie znajdował jednoznacznego odzwierciedlenia w wyższej kondycji testowanych roślin. Zatem w żadnym z moich eksperymentów nie potwierdziłem założeń hipotezy EICA, przy równoczesnej zgodności uzyskanych wyników z założeniami hipotezy ERH. Dlatego szukanie „grup” czynników odpowiedzialnych za sukces danego gatunku obcego wydaje się bardziej właściwym podejściem od skupiania się tylko na jednym z nich. W swoich badaniach testowałem wiele takich czynników, a wśród nich możliwość tworzenia się żywotnych hybryd między dwoma niecierpkami. Jako że hybryd *I. glandulifera* x *I. balfourii* nie udało się uzyskać, *I. balfourii* nie ma możliwości wzbogacenia swojej puli genów o dodatkową informację genetyczną pochodzącą od swojego bardziej inwazyjnego krewniaka. W publikacji zaprezentowałem również aspekt odporności obu niecierpków na surowy podtatrzański klimat. *I. balfourii* uznawany był dotychczas za gatunek bardziej wrażliwy pod tym względem. Niemniej z moich badań wynika, że niekoniecznie tak jest, bowiem gatunek ten z powodzeniem kiełkował i wzrastał w klimacie podtatrzańskim, co więcej, w Pirenejach (C4) występował na znacznie wyższych wysokościach od swojego inwazyjnego krewniaka *I. glandulifera*.

Należy również dodać, że dzięki moim publikacjom o *I. balfourii* (C1-C4, C6), wiedza o tym gatunku znacznie wzrosła. Zanim podjąłem swoje badania nad *I. balfourii*, opublikowano o nim zaledwie 6 artykułów naukowych w czasopismach znajdujących się na liście *journal citation reports* (JCR). Tymczasem niecierpek ten jest rośliną wysoce atrakcyjną ze względu na walory ozdobne, co czyni go idealnym kandydatem do zastąpienia w handlu *I. glandulifera*, wobec którego wprowadzono w krajach UE szereg ograniczeń, w tym zakaz obrotu. Taki scenariusz mógłby mieć kluczowe znaczenie dla zwiększenia tempa inwazji *I. balfourii* w Europie.

W badaniach nad naturalnymi wrogami wpływ patogenów na gospodarza ma szczególne znaczenie (C1, C2, C4, C6). Niestety dane na ten temat są często trudne do odnalezienia. Moje doświadczenia w zakresie weryfikacji hipotez ERH i EICA spowodowały, że zająłem się tematem transmisji patogenów w projekcie finansowanym przez Generalną Dyрекcyję Ochrony Środowiska. Gospodarzami ocenianymi pod kątem patogenów było 118 najbardziej inwazyjnych gatunków obcych w Europie. W oparciu o zgromadzone przeze mnie dane powstał artykuł przeglądowy (C7), będący ostatnią z moich prac uwzględnionych w osiągnięciu habilitacyjnym. W artykule zawarłem kompleksowe dane zebrane z wielu źródeł internetowych i literaturowych. Zostały one uporządkowane i przeanalizowane. Zarówno wykonane analizy, jak i baza surowych danych, którą udostępniłem w Internecie, stanowią narzędzie dla innych naukowców, którzy zajmują się transmisją patogenów, interakcjami gospodarz-patogen, czy też rolą patogenów w inwazjach

biologicznych. Ponadto wnioski zawarte w tym artykule będą pomocne przy ocenie szkodliwości gatunków obcych, które dopiero zostaną wprowadzone do Europy. Warto również podkreślić, że artykuł ten pokazał istotne braki w wiedzy na temat patogenów przenoszonych przez poszczególne gatunki obce – dotyczy to głównie gatunków wektorów o małym znaczeniu gospodarczym, które stanowią większość spośród analizowanych gatunków gospodarzy. Braki te mogą prowadzić do poważnych konsekwencji dla przyrody, a nawet dla samego człowieka. Za przykład może posłużyć koronawirus COVID-19 pochodzenia odzwierzęcego, który błyskawicznie rozprzestrzenił się po całym świecie, powodując wysoką śmiertelność wśród ludzi i gigantyczne straty ekonomiczne. Dlatego w teorii wszystkie nowe gatunki obce powinny być badane pod kątem zagrożenia ze strony przenoszonych przez nie patogenów. W praktyce jest to jednak mało realne. Niemniej dzięki analizom zawartym w moim artykule (C7) jest możliwe wskazanie grupy gatunków o podwyższonym ryzyku transmisji, których badanie pod kątem patogenów jest wykonalne.

Podsumowując, w moich eksperymentach koncentrowałem się na interakcjach roślin obcego pochodzenia z otaczającym je środowiskiem. Testowałem cechy mogące determinować inwazyjność gatunków obcych, co ma znaczenie zarówno dla przyrody, jak i gospodarki człowieka. Co więcej, w artykule przeglądowym o patogenach przenoszonych przez gatunki obce uwzględniłem nie tylko gospodarzy ze świata roślin, ale również zwierzęta. Dane, wnioski oraz sugestie dalszych kierunków badań zawarte w moich artykułach, mają zatem charakter interdyscyplinarny. Będą one przydatne między innymi w *naukach biologicznych, rolnictwie i ogrodnictwie*, a także w *naukach medycznych*. Jestem przekonany, że moje badania będą inspiracją dla innych naukowców, a uzyskane przeze mnie wyniki posłużą do planowania i realizacji nowych, odkrywczych eksperymentów.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

WSPÓŁPRACA ZAGRANICZNA:

2015-2017. Współpraca z prof. Wolfgangiem Nentwigiem (Institute of Ecology and Evolution, **University of Bern**, Switzerland). Zakres współpracy: (1) realizacja zadania badawczego „Assessment of performance of *Impatiens balfourii* in Switzerland” w ramach akcji COST TD1209 „Alien Challenge” (nr. wniosku: TD1209-140915-062069), (2) przygotowanie wspólnego artykułu naukowego (Najberek K., Nentwig W., Olejniczak P., Król W., Baś G., Solarz W. 2017. Factors limiting and promoting invasion of alien *Impatiens balfourii* in Alpine foothills.

Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants 234, 224–232. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2017.08.002>, C1). Poświadczenie współpracy: Załącznik 3 do Autoreferatu.

2018-2019. Współpraca z dr Ágnes Csiszár (Department of Botany and Nature Conservation, **University of West Hungary**, Hungary). Zakres współpracy: badanie zdolności allelopatycznych *Impatiens glandulifera* oraz *I. balfourii*. W wyniku tej współpracy w grudniu 2019 r. przygotowano i złożono do Narodowego Centrum Nauki wnioski Sonata NCN (nr 2019/35/D/NZ8/01968) o tytule: „Ewolucja inwazyjnych i nieinwazyjnych obcych gatunków z rodzaju *Impatiens* po ich introdukcji do Europy”. Poświadczenie współpracy: Załącznik 4 do Autoreferatu.

2019. Współpraca z dr Tamásem Hofmannem (Institute of chemistry, **University of Sopron**, Hungary). Zakres współpracy: analizy zdolności antyoksydacyjnych dwóch obcych gatunków niecierpków: *Impatiens glandulifera* oraz *I. balfourii*. W wyniku tej współpracy w grudniu 2019 r. przygotowano i złożono do Narodowego Centrum Nauki wnioski Sonata NCN (nr 2019/35/D/NZ8/01968) o tytule: „Ewolucja inwazyjnych i nieinwazyjnych obcych gatunków z rodzaju *Impatiens* po ich introdukcji do Europy”. Poświadczenie współpracy: Załącznik 5 do Autoreferatu.

WSPÓŁPRACA KRAJOWA:

2016 – obecnie. Współpraca dr Katarzyną Berent (Akademickie Centrum Materiałów i Nanotechnologii, **Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, AGH**). Zakres współpracy: badania struktury i kształtu nasion *Impatiens glandulifera* oraz *I. balfourii* z użyciem skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM). Wyniki naszych wspólnych badań opublikowane zostały w następującym artykule naukowym: Najberek K., Olejniczak P., Berent K., Gąsienica-Staszeczek M., Solarz W. 2020. The ability of seeds to float with water currents contributes to the invasion success of *Impatiens balfourii* and *I. glandulifera*. *Journal of Plant Research* 133, 649–664. <https://doi.org/10.1007/s10265-020-01212-0> (C3).

2016 – obecnie. Współpraca z prof. dr hab. Wojciechem Puszem (Zakład Fitopatologii i Mykologii, Katedra Ochrony Roślin, **Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu**). Zakres współpracy: (1) badania patogenów grzybowych nasion *Impatiens glandulifera* oraz *I. balfourii* z populacji położonych na granicy Szwajcarsko-Włoskiej, (2) badania patogenów grzybowych nasion i dorosłych osobników *Impatiens glandulifera* oraz *I. balfourii* z sześciu europejskich

populacji obu gatunków. Wyniki obu eksperymentów ukazały się w dwóch artykułach naukowych, których jesteśmy współautorami (Najberek K., Pusz W., Solarz W., Olejniczak P. 2018. The seeds of success: release from fungal attack on seeds may influence the invasiveness of alien *Impatiens*. *Plant Ecology* 219, 1197–1207. <https://doi.org/10.1007/s11258-018-0872-9>, C2; Najberek K., Solarz W., Pusz W., Patejuk K., Olejniczak P. 2020. Two sides of the same coin: Does alien *Impatiens balfourii* fall into an ecological trap after releasing from enemies? *Environmental and Experimental Botany* 176, 104103. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104103>, C4).

2017 – obecnie. Współpraca z prof. dr hab. Barbarą Tokarską-Guzik (Instytut Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska, Wydział Nauk Przyrodniczych, **Uniwersytet Śląski w Katowicach**). Zakres współpracy: pełniłem funkcję wykonawcy w projekcie prof. dr hab. Tokarskiej-Guzik, finansowanym przez Generalną Dyрекcję Ochrony Środowiska („Analiza stopnia inwazyjności gatunków obcych w Polsce wraz ze wskazaniem gatunków istotnie zagrażających rodzimej florz i faunie oraz propozycją działań strategicznych w zakresie możliwości ich zwalczania oraz analiza dróg niezamierzonego wprowadzania lub rozprzestrzeniania się inwazyjnych gatunków obcych wraz z opracowaniem planów działań dla dróg priorytetowych”, nr umowy: 81/GDOŚ/2017). Jednym z moich zadań w projekcie było przygotowanie bazy danych z patogenami opracowywanych gatunków obcych. Po realizacji projektu, ukazał się nasz wspólny artykuł naukowy, do którego napisania wykorzystaliśmy dane o patogenach (Najberek K., Olszańska A., Tokarska-Guzik B., Mazurska K., Dajdok Z., Solarz W. 2022. Invasive alien species as reservoirs for pathogens. *Ecological Indicators* 139, 108879. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108879>, C7).

2018 – obecnie. Współpraca z dr Katarzyną Patejuk (Zakład Fitopatologii i Mykologii, Katedra Ochrony Roślin, **Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu**). Zakres współpracy: (1) badania patogenów grzybowych nasion i dorosłych osobników *Impatiens glandulifera* oraz *I. balfourii* z sześciu europejskich populacji obu gatunków, (2) badania nad patogenami klona jesionolistnego *Acer negundo*, w trakcie których odnotowaliśmy pierwsze stwierdzenie patogena *Fusarium lateritium* na tej roślinie. Wyniki obu eksperymentów ukazały się w dwóch artykułach naukowych, których jesteśmy współautorami (Najberek K., Solarz W., Pusz W., Patejuk K., Olejniczak P. 2020. Two sides of the same coin: Does alien *Impatiens balfourii* fall into an ecological trap after releasing from enemies? *Environmental and Experimental Botany* 176, 104103, <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104103>, C4; Patejuk K., Baturo-Cieśniewska A., Najberek K., Pusz W. 2022. First report of *Fusarium lateritium* causing shoots dieback of *Acer negundo* in Europe. *Plant Disease*, 106(5): 1519, <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-21-1294-PDN>, P22 w Wykazie osiągnięć naukowych załączonym do niniejszego Autoreferatu).

2020 – obecnie. Współpraca z prof. dr hab. Marleną Lembicz (Zakład Botaniki Systematycznej i Środowiskowej, Instytutu Biologii Środowiska, Wydział Biologii, **Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu**). Zakres współpracy: badania genetyczne grzybów występujących w kwiatach niecierpka gruczołowatego *I. glandulifera*. Kwiaty wykorzystane do badań pochodzą z różnych polskich populacji tego gatunku, a w każdej populacji badana jest również aktywność zapylaczy. Celem badań jest sprawdzenie, czy obecność patogenów grzybowych w kwiatach jest czynnikiem wpływającym na zachowanie zapylających je owadów. Wyniki tych badań są obecnie opracowywane. Poświadczenie współpracy: Załącznik 6 do Autoreferatu.

2021 – obecnie. Współpraca z dr Zygmuntem Dajdokiem (Zakład Botaniki, Wydział Nauk Biologicznych, **Uniwersytet Wrocławski**). Zakres współpracy: wspólna realizacja zadań w ramach projektu finansowanego przez Generalną Dyрекcję Ochrony Środowiska i kierowanego przez prof. dr hab. Barbarę Tokarską-Guzik („Analiza stopnia inwazyjności gatunków obcych w Polsce wraz ze wskazaniem gatunków istotnie zagrażających rodzimej florze i faunie oraz propozycją działań strategicznych w zakresie możliwości ich zwalczania oraz analiza dróg niezamierzonego wprowadzania lub rozprzestrzeniania się inwazyjnych gatunków obcych wraz z opracowaniem planów działań dla dróg priorytetowych”, nr umowy: 81/GDOŚ/2017). Wspólnie tworzyliśmy plany realizacji poszczególnych zadań projektowych. Dotyczyło to również zbioru danych o patogenach 118 ocenianych gatunków obcych, które po realizacji projektu wykorzystaliśmy do napisania wspólnego artykułu naukowego (Najberek K., Olszańska A., Tokarska-Guzik B., Mazurska K., Dajdok Z., Solarz W. 2022. Invasive alien species as reservoirs for pathogens. *Ecological Indicators* 139, 108879. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108879>, C7).

2021 – obecnie. Współpraca z dr hab. Anną Jakubską-Busse (Zakład Botaniki, Wydział Nauk Biologicznych, **Uniwersytet Wrocławski**) oraz dr hab. Izabelą Czełuśniak (Zakład Chemii Nieorganicznej, Wydział Chemii, **Uniwersytet Wrocławski**). Zakres współpracy: (1) badanie atraktantów kwiatowych niecierpka *Impatiens glandulifera* oraz pomidora *Solanum lycopersicum*, przyciągających zapylacze do tych gatunków, (2) badanie atraktantów kwiatowych pięciu gatunków niecierpków: *I. glandulifera*, *I. parviflora*, *I. balfourii*, *I. capensis*, *I. noli-tangere*, (3) badanie atraktantów kwiatowych *I. glandulifera* i *I. balfourii*, wykiełkowanych z nasion zebranych z sześciu populacji różniących się wiekiem od czasu pierwszej introdukcji tych gatunków do Europy. Badanie substancji wydzielanych przez kwiatowy niecierpka gruczołowatego i pomidora pokazało w jaki sposób obie rośliny przyciągają do siebie zapylacze; badanie atraktantów było częścią większego eksperymentu, w którym udowodniłem że niecierpek gruczołowaty odciąga zapylacze od pomidora. Warto również dodać, że nie prowadzono dotychczas badań atraktantów kwiatowych wydzielanych przez europejskie niecierpki. Dzięki

drugiemu eksperymentowi dostarczone zostaną informacje na ten temat dla pięciu z takich gatunków. W ostatnim eksperymencie, gdzie badane były kwiaty *I. glandulifera* i *I. balfourii* z uwzględnieniem czasu od pierwszej introdukcji obu gatunków do Europy, sprawdziliśmy czy na przestrzeni lat zaszły jakieś zmiany w wydzielaniu substancji zapachowych wabiących zapylacze. Wyniki tych trzech eksperymentów są obecnie w opracowywaniu. Poświadczenie współpracy: Załączniki 7 i 8 do Autoreferatu.

2021 – obecnie. Współpraca z dr Moniką Myśliwy (Instytut Nauk o Morzu i Środowisku, **Uniwersytet Szczeciński**). Zakres współpracy: badanie atraktantów kwiatowych pięciu gatunków niecierpków: *Impatiens glandulifera*, *I. parviflora*, *I. balfourii*, *I. capensis*, *I. noli-tangere*. Badania tego typu nie były dotychczas prowadzone na europejskich gatunkach niecierpków. Dzięki naszemu eksperymentowi dostarczymy informacji na temat atraktantów pięciu z takich gatunków. Moja współpraca z dr Myśliwy pozwoliła włączyć do badań niecierpka pomarańczowego *I. capensis*. Wyniki są obecnie przygotowane w postaci manuskryptu. Pracujemy nad nimi wspólnie z dr hab. Jakubską-Busse i dr hab. Czeluśniak. Poświadczenie współpracy: Załącznik 9 do Autoreferatu.

2022. Współpraca z dr Katarzyną Bzdęgą (Instytut Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska, Wydział Nauk Przyrodniczych, **Uniwersytet Śląski w Katowicach**). Zakres współpracy: pełnię funkcję wykonawcy w projekcie dr hab. Bzdęgi pt. „Zintegrowane podejście do ochrony ekosystemów przed inwazyjnymi roślinami obcymi w południowej Polsce – IAS/EcoSystemCARE”. Badania odbywają się w ramach Programu Operacyjnego „Środowisko, Energia i Zmiany Klimatu” finansowanego ze środków Mechanizmu Finansowego EOG 2014-2021 na działanie mające na celu „Zwiększenie ochrony ekosystemów przed inwazyjnymi gatunkami obcymi”. Uczestniczę w projekcie z ramienia Instytutu Ochrony Przyrody PAN, który jest partnerem Uniwersytetu Śląskiego w tym projekcie. Moją rolą jest wykonanie badań jakościowych i ilościowych fauny owadów zapylających gatunki obce inwazyjne i sąsiadujące z nimi gatunki rodzime. Terenem badań jest Ojcowski Park Narodowy. Ocena zapylaczy planowana jest przed i po eliminacji gatunków obcych inwazyjnych, co umożliwi ocenę wpływu gatunków inwazyjnych na zapylenie rodzimych roślin Ojcowskiego Parku Narodowego. Poświadczenie współpracy: Załącznik 10 do Autoreferatu.

2022. Współpraca z dr Agnieszką Rewicz (Katedra Geobotaniki i Ekologii Roślin, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, **Uniwersytet Łódzki**). Zakres współpracy: badania genetyczne nad mszycami występującymi na różnych gatunkach z rodzaju *Impatiens*. Celem badań jest wskazanie związku między mszycami, niecierpkami i środowiskiem ich występowania. Obecnie trwa zbiór mszyc w terenie, który prowadzimy równolegle w różnych częściach Polski. Dane te

zostaną w przyszłości opublikowane w naszym wspólnym artykule naukowym. Poświadczenie współpracy: Załącznik 11 do Autoreferatu.

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

2008 – obecnie. Biorę czynny udział w popularyzowaniu wiedzy o gatunkach obcych w Polsce. Od 2008 roku jestem członkiem zespołu odpowiedzialnego za bazę danych „Gatunki Obce w Polsce” <https://www.iop.krakow.pl/ias/projekt/wspolpracownicy>, która dostępna jest dla wszystkich osób zainteresowanych inwazjami biologicznymi. Ponadto piszę artykuły popularnonaukowe na temat wpływu gatunków obcych na naszą przyrodę (Najberek K., Solarz W. 2016. Gatunki obce. Przyczyny inwazyjnych zachowań i sposoby zwalczania. Kosmos, 65, 1, 81-91; Grzędzicka E., Najberek K. 2011. Gatunki obce roślin w leśnych siedliskach ptaków. Ptaki - kwartalnik OTOP, 1: 20 – 23; **P33** i **P35** w Wykazie osiągnięć naukowych załączonym do niniejszego Autoreferatu). Warto dodać, że wspomniana publikacja w czasopiśmie Kosmos została zalecona przez Kuratorium Oświaty w Krakowie, jako literatura wymagana dla uczniów gimnazjów startujących w olimpiadzie biologicznej w roku szkolnym 2017/2018 (Poświadczenie: Załącznik 12 do Autoreferatu).

2013-2017. Zorganizowałem pięć Festiwali Nauki w Instytucie Ochrony Przyrody PAN w Krakowie. Warto również dodać, że tradycja prowadzenia Festiwali w IOP PAN rozpoczęła się z mojej inicjatywy. Organizowane przeze mnie Festiwale odwiedziło setki przedszkolaków, uczniów, studentów, a także osób dorosłych. Wydarzenia te budziły tak duże zainteresowanie, że ich przebieg relacjonowano w prasie drukowanej (na łamach Wszechświata, Aury, np. https://www.iop.krakow.pl/files/44/festiwal_nauki_w_iop_pan.pdf), w radio (RMF FM) i w sieci (Wyborcza.pl, JestemRodzicem.pl). Szczegółowe informacje na temat każdego z Festiwali opisałem w Wykazie osiągnięć naukowych załączonym do niniejszego Autoreferatu. Poświadczenie: Załącznik 13 do Autoreferatu.

2018-2021. Pełniłem funkcję promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim mgr Katarzyny Patejuk na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu. Moja rola polegała na nauczaniu mgr Patejuk modelowania statystycznego GLMM (*generalized linear mixed model*), tak aby mogła go użyć w analizie swoich danych do doktoratu. Pomagałem również w planowaniu badań mgr Patejuk oraz w interpretacji uzyskanych przez nią wyników. Nanosiłem uwagi do wstępnej i końcowej wersji pracy doktorskiej. Promotorem głównym mgr Patejuk był prof. dr hab. Wojciech Pusz. Temat pracy: „Zbiorowiska grzybów zasiedlające wybrane gatunki roślin inwazyjnych na

terenach zurbanizowanych”. Obrona doktoratu mgr Patejuk miała miejsce 7 czerwca 2021. Doktorantka obroniła się z wyróżnieniem. Poświadczenie: Załącznik 14 do Autoreferatu.

7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej

7.1 Współpraca z sektorem gospodarczym i stypendium Doctus

W trakcie badań do pracy doktorskiej przeprowadziłem swoje pierwsze testy wpływu naturalnych wrogów na gatunki obce (inwazyjne: *Reynoutria japonica* Houtt., *Solidago gigantea* Aiton, *Impatiens glandulifera* Royle, *I. parviflora* DC.; nieinwazyjne: *I. walleriana* Hook. f. in Oliv., *I. balsamina* L.) oraz na spokrewnione z nimi gatunki rodzime (*Polygonum bistorta* L., *I. nolitangere* L., *S. virgaurea* L.). Publikacje z wynikami tych badań zawarłem w Wykazie osiągnięć naukowych (P4, P7, P14) załączonym do Autoreferatu. Wynikami moich badań zainteresowało się przedsiębiorstwo „Rafał Zatwarnicki Otryt”, z którym podjąłem współpracę w 2011 roku, i kontynuowałem ją przez 3 kolejne lata (Poświadczenie: Załącznik 15 do Autoreferatu). Przedsiębiorstwo to planowało eliminować inwazyjne gatunki obcych roślin występujących w lasach, na terenach nadrzecznych i parkowych. W ramach współpracy, brałem udział w dostosowaniu istniejących metod zwalczania do lokalnych warunków. Obejmowało to wskazanie odpowiednich okresów w czasie sezonu wegetacyjnego, kiedy poszczególne gatunki obce należy usuwać. Ponadto określiłem dla których gatunków wystarczającym zabiegiem kontrolnym jest koszenie (najtańsza metoda), a które wymagają usuwania strefy korzeniowej i gleby z nią sąsiadującej, tak aby wykonane zabiegi były skuteczne. Współpraca ta była dla mnie bardzo cenna, ponieważ dzięki niej poznałem stosunek przedsiębiorców do inwazji biologicznych; podobnie jak naukowcy dostrzegają oni problem w szybko rozprzestrzeniających się inwazyjnych gatunkach roślin obcego pochodzenia. Utwierdziło mnie to w przekonaniu, że współpraca między naukowcami i sektorem gospodarczym jest niezwykle ważna i może dawać korzyści dla obu stron. Warto również dodać, że dzięki tej współpracy w roku 2012 Dyrektor Małopolskiego Centrum Przedsiębiorczości przyznał mi trzyletnie stypendium „Doctus – Małopolski fundusz stypendialny dla doktorantów” (<https://pl.wikipedia.org/wiki/Doctus>); poświadczenie: Załącznik 16 do Autoreferatu. Było to prestiżowe stypendium w kwocie 90 000 PLN, które przyznawano za osiągnięcia naukowe sprzyjające rozwojowi Województwa Małopolskiego. Za te osiągnięcia dostałem również certyfikat, który wręczył mi Marszałek Małopolski, Pan Marek Sowa (Poświadczenie: Załącznik 17 do Autoreferatu).

Dzięki temu, w roku 2019, pięć lat po obronie pracy doktorskiej, rozpocząłem realizację swojego nowego pomysłu badawczego, który w pionierski sposób łączył kwestie nauki i

gospodarki. Polegał on na sprawdzeniu, czy inwazyjne gatunki obce wpływają na zapylenie sąsiadujących z nimi upraw. Było to bardzo ważne z punktu widzenia gospodarki człowieka, ponieważ taki wpływ miałby bezpośrednie przełożenie na uzyskiwane z upraw plony. Cel udało mi się osiągnąć poprzez potwierdzenie negatywnego wpływu gatunków obcych na uprawę truskawki, a wyniki tych badań stanowią ważną część mojego osiągnięcia habilitacyjnego (C5). Chciałbym jednak zwrócić uwagę, że badania te były prowadzone w stałym kontakcie z Panem Witoldem Gorajczykiem, właścicielem przedsiębiorstwa 'Truskawka Sułoszowa' <https://www.truskawka-suloszowa.pl/>. Pan Gorajczyk dostarczył sadzonki truskawek do tego eksperymentu, a bez jego cennych rad w kwestiach ich uprawy eksperyment na pewno nie zostałby przeprowadzony tak skutecznie. Podobnie jak w przypadku moich wcześniejszych doświadczeń z sektorem rolniczym, również w tym przypadku zainteresowanie tematem wpływu inwazji biologicznych na uprawy było niezwykle duże. Pan Gorajczyk był zainteresowany wynikami moich badań, z których wnioski miał wykorzystać do podniesienia zysków z plonów zbieranych w swoim gospodarstwie. Podziękowania dla niego zawarłem w publikacji (C5).

Warto również dodać, że od 2019 roku współpracuję z firmą Mentor Consulting Środowiskowa (<https://mentorconsulting.pl/kontakt/>). W ramach współpracy wykonywałem projekty graficzne przejść dla zwierząt budowanych przy drogach i autostradach w Polsce. Firma ta prowadzi między innymi nadzory i monitoringi przyrodnicze różnych inwestycji. W 2022 zaproponowano mi, żebym uczestniczył w przygotowaniu „zasad dobrych praktyk” przy budowaniu przejść dla zwierząt. Zgodnie z danymi zgromadzonymi przez Mentor Consulting Środowiskowa stosowane obecnie metody budowy przejść dla zwierząt wymagają znaczącej aktualizacji. Wiele z istniejących przejść nie jest uczęszczanych przez zwierzęta, ponieważ są one źle zlokalizowane lub mają nieodpowiednią konstrukcję. Zasady dobrych praktyk ukarzą się zarówno w postaci publikacji naukowej w języku angielskim, jak i ogólnodostępnego dzieła w języku polskim. Moją rolą będzie wykonanie analizy statystycznej danych zgromadzonych przez firmę na przestrzeni lat oraz pomoc w napisaniu publikacji naukowej z jej wynikami. Wezmę również udział w pisaniu polskojęzycznego podręcznika dobrych praktyk. Warto również dodać, że po zakończeniu tych prac firma Mentor Consulting Środowiskowa liczymy na dalszą współpracę ze mną w sektorze naukowo-gospodarczym (Poświadczenie: Załącznik 18 do Autoreferatu).

7.2 Plany na przyszłość

Badania naukowe prowadzone przeze mnie w latach 2015-2022 mają dla mnie szczególne znaczenie. Ich wyniki zaprezentowałem w siedmiu publikacjach składających się na moje osiągnięcie habilitacyjne (C1-C7). W badaniach tych koncentrowałem się na interakcjach obcych

gatunków roślin zarówno z ich naturalnymi wrogami, jak i z organizmami przynoszącymi korzyści, w tym z zapylaczami. Warto jednak podkreślić, że uzyskane przeze mnie wyniki są cenne zarówno z punktu widzenia nauki, jak i sektora gospodarczego. Dlatego chciałbym w przyszłości kontynuować ten kierunek badawczy. Obecnie prowadzę badania nad wpływem niecierpka *Impatiens glandulifera* na uprawę pomidora *Solanum lycopersicum* L. Badam również groźne gospodarczo patogeny *I. glandulifera*, które z kwiatów tego niecierpka mogą być rozprzestrzeniane przez zapylacze do kwiatów roślin uprawnych, które z nim sąsiadują. Eksperymenty te planuję zintensyfikować. Według mnie ocena wpływu inwazji biologicznych na sektor gospodarczy powinna obejmować szereg najgroźniejszych gatunków obcych roślin i wiele różnych sąsiadujących z nimi upraw. Planuję ponadto rozbudować swój zespół badawczy, w którym oprócz doświadczonych specjalistów znajdą się młodzi naukowcy. Wiąże się to z koniecznością pozyskania znacznych środków finansowych w postaci prestiżowych grantów krajowych i międzynarodowych. Jestem przekonany, że doświadczenie moje i wybitnych naukowców, z którymi mam okazję współpracować, pozwoli mi osiągnąć ten cel. Podkreślę również, że wyniki moich przyszłych badań chciałbym publikować nie tylko w najlepszych czasopismach naukowych, ale również w prasie dostępnej dla przedsiębiorców, rolników, czy nauczycieli. Jestem bowiem przekonany, że tematyka moich badań jest równie ważna dla naukowców, jak i dla wszystkich innych obywateli.

Kamil Najbevek

(podpis wnioskodawcy)