

AUTOREFERAT

**Magdalena Herdegen-Radwan, dr
adiunkt, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza**

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza
Wydział Biologii
Instytut Biologii Środowiska
Zakład Ekologii Bahawioralnej
Uniwersytetu Poznańskiego 6
61-614 Poznań

Poznań, 5/10/2022

1. Imię i nazwisko.

Magdalena Herdegen-Radwan

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

2005 – tytuł **magistra Filologii Włoskiej**, Wydział Filologiczny, Uniwersytet Jagielloński

tytuł rozprawy: "*Satura di Eugenio Montale in Polonia*"

2010 – tytuł **magistra Biologii**, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, Uniwersytet Jagielloński;

tytuł rozprawy: „*Wpływ pokrewieństwa partnerów na inwestycję rodzicielską u zeberek*”

2014 – tytuł **doktora nauk biologicznych** w dyscyplinie ekologia, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, Uniwersytet Jagielloński


tytuł rozprawy: „*Phenotypic traits, genetic variation and gene flow between guppy populations in Venezuela*”

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.

10.2014 – obecnie - **adiunkt** w Instytucie Biologii Środowiska, Wydział Biologii, **Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu** (10.2014-09.2015 w Pracowni Biologii Ewolucyjnej, od 10.2015 w Zakładzie Ekologii Behawioralnej)

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.).**

Osiągnięcie naukowe, które stanowi podstawę do ubiegania się o stopień doktor habilitowanej, zatytułowane: **Wpływ ornamentów płciowych i osobowości na sukces rozrodczy samców oraz mechanizmy ewolucyjne leżące u jego podłoża**, składa się z **cyklu czterech oryginalnych artykułów**. Trzech z nich jestem jedynym, a w jednym pierwszym autorem. Prace przedstawiają wyniki czterech niezależnych projektów eksperymentalnych, z których jeden wymagał przeprowadzenia wielopokoleniowej selekcji. Opublikowane zostały w latach 2019-2022, a ich łączny Impact Factor wynosi **16.31**.

1. **Herdegen-Radwan, M.** (2019) Bolder guppies do not have more mating partners, yet sire more offspring, BMC Evolutionary Biology 19, doi: 10.1186/s12862-019-1539-4
Impact Factor¹: 3.44, punkty ministerialne: 100
2. **Herdegen-Radwan, M.** (2019) Does inbreeding affect personality traits? Ecology & Evolution, doi: 10.1002/ece3.5487
Impact Factor: 3.17, punkty ministerialne: 100
3. **Herdegen-Radwan, M.** , Cattelan, S., Buda, J., Raubic, J., Radwan, J. (2021) What do orange spots reveal about male (and female) guppies? A test using correlated responses to selection, Evolution 75, 3037-3055, doi: 10.1111/evo.14384

Wkład habilitanta: współudział w planowaniu badań, założenie i utrzymywanie linii selekcyjnych, przeprowadzanie części eksperymentów i nadzór nad pozostałymi, analiza statystyczna wyników, współudział w interpretacji wyników, przygotowywaniu manuskryptu

Impact Factor: 4.17, punkty ministerialne: 100

¹ Impact Factor podany dla wszystkich publikacji zgodnie z rokiem składania wniosku

4. **Herdegen-Radwan, M.** (2022) Can female guppies learn to like male colours? A test of the role of associative learning in originating sexual preferences, *Proceedings of the Royal Society Series B* 289, doi: [org/10.1098/rspb.2022.0212](https://doi.org/10.1098/rspb.2022.0212)

Impact Factor: 5.53; punkty ministerialne: 140

Od czasów Darwina uważa się, że dobór płciowy prowadzi do ewolucji cech, które wydają się nie mieć wartości adaptacyjnej, jednak mogą pomóc w wygrywaniu konkurencji o partnera czy przyciąganiu jego uwagi. Darwin sugerował, że te na pozór niepraktyczne, ale rzucające się w oczy i odbierane przez nas jako piękne cechy samców, takie jak ogon pawia, mają funkcję ornamentów, które wpływają na wybór partnera przez samice (cechy epigamiczne). Rzeczywiście, badania empiryczne potwierdzają, że wiele takich wybujałych, często jaskrawych cech morfologicznych samców ewoluuje pod presją preferencji samic (np. Andersson 1994). W ostatnim czasie postuluje się, że również stałe osobniczo zachowania, nazywane osobowościami, mogą odgrywać rolę przy wyborze partnera, choć korzyści jakie mogłyby przynosić i stopień rozpowszechnienia tego mechanizmu w świecie zwierząt są na razie mało zbadane. U człowieka rzeczywiście wykryto preferencje dla pewnych cech osobowości, choć o bardzo słabym efekcie (Figueredo i in. 2006). Również nieliczne badania na innych zwierzętach sugerują preferencje samic dla cech osobowości (np., Godin i Dugatkin 1996; Teyssier i in. 2014; Scherer i in. 2018), wskazując na ich potencjał jako zachowań o charakterze epigamicznym. Kwestią sporną i mało zbadaną wciąż pozostają źródła preferencji samic dla cech epigamicznych oraz korzyści, które przyczyniałyby się do ich rozprzestrzeniania i utrzymywania w populacjach. W serii publikacji, które przedstawiam jako moje osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę do ubiegania się o stopień doktor habilitowanej, szukałam odpowiedzi na powyższe pytania. Badałam cechy osobowości samców, aby dowiedzieć się czy są one związane z korzyściami w postaci zwiększonej reprodukcji oraz sprawdzałam czy korzyści te mogą wynikać z zależności od kondycji (publikacje 1 i 2). Wraz ze współpracownikami prowadziłam kilkupokoleniową selekcję linii pod względem 'klasycznych' cech epigamicznych, aby dowiedzieć się czy w skutkiem będzie skorelowana odpowiedź preferencji samic oraz komponentów dostosowania. W ten sposób przetestowaliśmy empirycznie czy preferencje mogą

przynosić pośrednie korzyści oraz jakie są ewentualne ich źródła (publikacja 3). W ostatnim przedstawionym eksperymencie testowałam mało zbadany mechanizm, który mógłby tłumaczyć powstawanie preferencji samic, mianowicie uczenie skojarzeniowe (publikacja 4). Pytanie, w jaki sposób preferencje samic powstają, zanim zostaną uwikłane w interakcje z cechami samców czy zaczną przynosić jakiegokolwiek korzyści, jest rzadko zadawane, a badany przeze mnie mechanizm, jako że oparty na uczeniu, ma potencjał do bycia szeroko rozpowszechnionym.

Eksperymenty, które przedstawiam w ramach osiągnięcia, przeprowadziłam na gupiku (*Poecilia reticulata*), rybce będącej od dziesięcioleci modelem w badaniach nad doбором płciowym. Wpłynęło na to kilka cech gatunku, predysponujących go do tego celu (Houde 1994). Po pierwsze, samce gupika posiadają wyraźne i łatwo mierzalne cechy epigamiczne, w postaci karotenoidowych, melaninowych i strukturalnych plam na ciele i płetwach, dla których samice w licznych populacjach wykazują preferencje płciowe. Po drugie, samce wykazują cechy osobowości, w tym niektóre o wysokiej powtarzalności. W końcu, co kluczowe dla moich celów, samce gupika nie dostarczają partnerkom żadnych bezpośrednich korzyści, co czyni gatunek dobrym modelem do badania pośrednich, genetycznych korzyści z kojarzeń.

W pierwszym z prezentowanych badań (**Herdegen-Radwan 2019a**) sprawdzałam czy odwaga, cecha osobowości której wysoką powtarzalność potwierdziłam u samców gupika w badanej populacji, wiąże się z korzyściami reprodukcyjnymi. Mimo iż rośnie liczba badań potwierdzających związki poszczególnych cech osobowości z komponentami dostosowania (przegląd w Smith i Blumstein 2008), nie ma konsensusu co do charakteru tych związków, stąd potrzeba więcej badań dla uzyskania ogólnego obrazu. W kontekście doboru płciowego ciekawym zagadnieniem jest rola osobowości w konkurencji o partnera. Chcąc ją zbadać, wykorzystałam układ eksperymentalny, który pozwalał zarówno na konkurencję między samcami jak i ekspresję preferencji przez samice, a następnie użyłam markerów molekularnych dla oznaczenia ojcostwa wśród potomstwa. Wykazałam, że odważniejsze samce spłodziły więcej dzieci, czym potwierdziłam, że badana cecha osobowości może wpływać na dostosowanie i przysparzać samicom pośrednich korzyści z wyboru partnera. We wcześniejszym badaniu, Godin i Dugatkin (1996) pokazali, że w eksperymencie, który umożliwiał samicom ocenę odwagi samców w obecności drapieżnika, samice preferowały samce odważne. Co ciekawe, i sprzeczne z powyższym wynikiem, w moim badaniu wyższy sukces reprodukcyjny

odważnych samców nie wynikał z większej liczby ich partnerek, co sugeruje, że to nie pre-kopulacyjne preferencje samic za niego odpowiadały. Partnerki odważnych samców miały natomiast większe mioty, co może wynikać z kilku czynników: z większej konkurencyjności odważnych samców, umożliwiającej im dostęp do preferowanych, dużych, a tym samym bardziej płodnych samic, lub też z potencjalnych korzyści jakie odważne samce mogłyby przysparzać potomstwu, np. lepszej przeżywalności prenatalnej. W końcu, również po-kopulacyjne preferencje samic mogą odgrywać rolę. Niezależnie od mechanizmu, pozytywny związek odwagi z sukcesem rozrodczym dostarcza dowodu na wpływ osobowości na dostosowanie. Wynik ten wskazuje też na potrzebę wyjaśnienia, dlaczego i w jaki sposób zmienność w osobowościach jest utrzymywana w populacjach.

Jednego z potencjalnych wyjaśnień dla wyższego sukcesu reprodukcyjnego odważnych samców dostarcza mechanizm zależności od kondycji. Będąc cechą wysoce poligenową, kondycja stanowi duży cel dla mutacji. Uważa się, że to właśnie wciąż pojawiające się mutacje utrzymują zmienność genetyczną w kondycji (Tomkins i in. 2004). Mechanizm ten jest podstawą hipotezy przechwytywania genowego (angl. genic capture) zaproponowanej dla wyjaśnienia utrzymywania się zmienności genetycznej w cechach epigamicznych. Cechy te, z racji swojej zależności od kondycji, miałyby „przechwytywać” i odzwierciedlać obciążenie mutacyjne w kondycji (Rowe i Houle 1996). Jeśliby cechy osobowości były zależne od kondycji, powyższy mechanizm mógłby wyjaśniać utrzymywanie się zmienności genetycznej również w ich przypadku. Zależność osobowości od kondycji mogłaby wynikać z ograniczonych możliwości ekspresji zachowań, które są energetycznie wymagające, przez osobniki w słabej kondycji. Warto tu zauważyć, że cechy osobowości, podobnie jak „klasyczne” cechy epigamiczne, są wysoce poligenowe, kodowane zwykle przez wiele wariantów o bardzo małych efektach (Terracciano et al. 2010; Verweij et al. 2010). Tym samym, są dobrymi kandydatami do przechwytywania zmienności genetycznej w kondycji. Hipotezę zależności od kondycji można testować poprzez pogarszanie kondycji i obserwowanie czy taka manipulacja ma wpływ na badane cechy. W odniesieniu do osobowości badania takie są bardzo nieliczne (Kurvers et al. 2011; Klueen et al. 2014; Dosmann et al. 2015), a ich wyniki nie dają jednoznacznego obrazu. Ponadto, w badaniach tych mierzono jedynie środowiskowy komponent kondycji, a nie manipulowano komponentem genetycznym, który stanowi podstawę działania mechanizmu przechwytywania genowego. W moim eksperymencie wykorzystałam chów

wsobny (brat-siostra), który eksponuje szkodliwe recesywne i częściowo recesywne mutacje, jako sposób genetycznej manipulacji kondycją samców (**Herdegen-Radwan 2019b**). W pokoleniu F1 porównałam kilka cech osobowości, których podłoże genetyczne zostało wcześniej wykazane u gupika (White i Wilson 2019), pomiędzy samcami z chowu wsobnego a samcami z kojarzeń między niespokrewnionymi osobnikami. Wbrew oczekiwaniom, nie wykryłam wpływu genetycznej manipulacji kondycją na żadną z badanych cech osobowości. Wynik ten sugeruje, że zmienność utrzymująca się w osobowościach u gupika nie ma źródła w ich zależności od kondycji. Według mojej wiedzy, przedstawiony eksperyment jest pierwszym, który testował hipotezę przechwyty genowego w odniesieniu do osobowości, uzupełniając tym samym lukę w wiedzy na temat mechanizmów które tą zmienność utrzymują.

W ramach trzeciego badania wykorzystaliśmy sztuczny dobór w stosunku do cechy ornamentowej samców, aby przetestować możliwość pojawienia się skorelowanej odpowiedzi w preferencjach samic, pośrednich korzyści genetycznych w wyniku występowania tych preferencji, oraz aby zbadać źródła tych potencjalnych korzyści (**Herdegen-Radwan et al. 2021**). Model zaproponowany przez Fisher'a (1930) przewiduje, że cechy epigamiczne i preferencje w stosunku do nich mogą koewoluować i wzajemnie się wzmacniać w samonapędzającym się procesie (angl. runaway process). Jeśli wybiórcze samice kojarzą się z samcami o bardziej wybujałych ornamentach, ich potomstwo odziedziczy geny kodujące zarówno preferencje jak i ornamenty, a w konsekwencji ścieżki ewolucyjne obu cech się połączą. Gdy preferencje rozprzestrzenia się w populacji, wybiórcze samice mogą uzyskiwać z kojarzeń z samcami o wybujałych ornamentach korzyści w postaci atrakcyjnych synów, a tym samym podnosić własne dostosowanie. Inne korzyści pośrednie mogą wiązać się z kosztowością cech epigamicznych, która czyni je zależnymi od kondycji. W konsekwencji mogą one odzwierciedlać stan organizmu, a tym samym pełnić rolę wskaźników jakości samca (tak zwana hipoteza dobrych genów; Zahavi 1975; Tomkins i in. 2004). W takim wypadku samce o wybujałych ornamentach dostarczają partnerkom pośrednich korzyści z kojarzenia w postaci dobrej jakości potomstwa. W naszym badaniu, próbowaliśmy zrozumieć charakter korzyści wynikających z ekspresji cech epigamicznych i preferencji dla nich poprzez śledzenie w selekcyonowanych liniach skorelowanych odpowiedzi w preferencjach i w szerokim zakresie cech związanych z dostosowaniem.

Przez pięć pokoleń selekcjonowaliśmy linie w kierunku dużej i małej powierzchni pomarańczowych (karotenoidowych) plam samców, po cztery linie w każdym kierunku (górze i dół, odpowiednio). W ostatnim pokoleniu zmierzaliśmy preferencje samic dla samców z przeciwnych kierunków selekcji, jak również konkurencyjność, jakość plemników, zachowania godowe i osobowość samców, czas ciąży i płodność samic oraz przeżywalność młodych. Zaobserwowaliśmy istotną dywergencję w ornamencie samców, jak również skorelowaną odpowiedź w preferencjach, tak iż samice z linii selekcjonowanych w dół wykazywały mniejsze zainteresowanie samcami o większych plamach. Jednak, co ciekawe, samce z linii selekcjonowanych w górę spłodziły więcej dzieci w testach umożliwiających konkurencję, niezależnie od kierunku selekcji z którego wywodziły się ich partnerki. Nie wykryliśmy skorelowanych odpowiedzi na dobór w żadnej z cech związanych z dostosowaniem. Wyniki te sugerują, że pomimo potencjału dla zaistnienia samonapędzającego się procesu, przewaga samców wynikająca z preferencji samic może zostać zniwelowana przez inne elementy konkurencji między samcami o kojarzenia. Ponadto, nasze wyniki wskazują, że preferencje samic dla pomarańczowych plam mogą prowadzić do zwiększenia sukcesu reprodukcyjnego ich synów, przy braku wpływu na ogólną żywotność potomstwa. Nasz eksperyment różnił się istotnie od wcześniejszych eksperymentów selekcyjnych na cechach epigamicznych, badających skorelowaną odpowiedź na dobór. Po pierwsze, stosując markery molekularne potwierdziliśmy brak zróżnicowania stopnia wsobności pomiędzy kierunkami selekcji oraz brak istotnej roli dryfu w kształtowaniu zmienności genetycznej selekcjonowanych linii, wykluczając tym samym istotne czynniki, które mogłyby zaburzyć wyniki eksperymentu. Po drugie, przetestowaliśmy skorelowaną odpowiedź w szerokim zakresie ważnych dla organizmu cech. Uzyskane wyniki mają więc solidne podstawy metodologiczne. W szerszej skali, wyniki te mają ogólne implikacje dla teorii doboru płciowego oraz specjacji, jako że przy zaobserwowanym scenariuszu nie jest spodziewany wzrost dostosowania populacji, co ma ważne konsekwencje dla makroewolucyjnej roli doboru płciowego.

Ostatnie badanie, którego wyniki prezentuję jako część osiągnięcia, skupiało się na stosunkowo mało zbadanym zagadnieniu z zakresu doboru płciowego, mianowicie źródle preferencji samic. Pytanie o to skąd się biorą preferencje płciowe samic, jaki jest mechanizm ich powstawania, zanim jeszcze wejdą na drogę koewolucji z cechami epigamicznymi samców z powodu korzyści jakie przynoszą, to pytanie rzadko

zadawane i temat niedostatecznie zgłębiony. W moim eksperymencie testowałam jeden z potencjalnych scenariuszy, który zakłada kluczową rolę uczenia w tym procesie (**Herdegen-Radwan 2022**). Badana hipoteza przewiduje, że preferencje wyuczone w kontekście ekologicznym, np. dla pewnych cech pokarmu, ulegają generalizacji i zostają przeniesione w kontekst wyboru partnera, co skutkuje preferencją płciową dla podobnych cech u samców. Aby przetestować tę hipotezę najpierw warunkowałam dwie grupy samic, tak by kojarzyły kolor pomarańczowy bądź czarny z dostarczaniem pokarmu. Następnie prezentowałam im nagrania dwóch samców, których ornamentowe plamy były komputerowo zmienione, tak że jeden miał plamy pomarańczowe a drugi czarne, i mierzyłam preferencje samic dla nich. W końcu pozwoliłam samicom z obu grup na kojarzenie z samcami o różnych proporcjach czarnego i pomarańczowego i zmierzyłam sukces reprodukcyjny tych samców. Wykazałam, że preferencje płciowe samic po warunkowaniu istotnie się różnicowały w oczekiwanym kierunku, co potwierdza wytworzenie skojarzenia między kolorem bodźca użytego do warunkowania a kolorem ornamentu samca. Podobny efekt został wcześniej zaraportowany jedynie raz, u innego gatunku ryb (Amcoff i Kolm 2013). Wykorzystany przeze mnie gatunek oraz układ eksperymentalny pozwoliły natomiast na wyciągnięcie bardziej ogólnych wniosków z wyników eksperymentu. Pokazałam też, po raz pierwszy, że wyuczone preferencje przełożyły się na wyższe dostosowanie (sukces reprodukcyjny) samców o ornamentach z przewagą preferowanego koloru, a zatem, że badany mechanizm może mieć wpływ na ewolucję cech epigamicznych. Moje wyniki potwierdziły więc, że preferencje płciowe mogą powstawać jako produkt uboczny uczenia skojarzeniowego, a poprzez wpływ na zmienność w dostosowaniu samców mogą zacząć się wiązać z pośrednimi korzyściami genetycznymi, a w konsekwencji prowadzić do dalszej ewolucji obu cech. Warto podkreślić, że z racji ogromnej roli uczenia w świecie zwierząt, odkryty mechanizm może być szeroko rozpowszechniony. Badanie zostało zarekomendowane przez prof. Michael'a Toborsky'ego na łamach Faculty Opinions (<https://facultyopinions.com/article/7420098> 12). Moje wyniki zostały opisane przez Polską Agencję Prasową w dziale Nauka w Polsce (<https://naukawpolsce.pl/aktualnosci/news%2C92545%2Cpreferencje-seksualne-moga-sie-zmieniac-w-procesie-uczenia.html>), a także w Tygodniku Powszechnym (nr 26 (2022), Katarzyna Dziadowicz, Co kręci gupiki?).

Bibliografia

- Amcoff, M., and N. Kolm. 2013. A test of sensory exploitation in the swordtail characin (*Corynopoma riisei*) based on colour matching between female prey and a male ornament. *Environmental Biology of Fishes* **2014**:247-254.
- Andersson, M. B. 1994. *Sexual selection*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Dosmann, A. J., K. C. Brooks, and J. M. Mateo. 2015. Within-individual correlations reveal link between a behavioral syndrome, condition, and cortisol in free-ranging Belding's ground squirrels. *Ethology* **121**:125-134.
- Figueredo, A. J., J. A. Sefcek, and D. N. Jones. 2006. The ideal romantic partner personality. *Personality and Individual Differences* **41**:431-441.
- Fisher, R. A. 1930. *The genetical theory of natural selection*. Oxford University Press, Oxford.
- Godin, J. G. J., and L. A. Dugatkin. 1996. Female mating preference for bold males in the guppy, *Poecilia reticulata*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **93**:10262-10267.
- Herdegen-Radwan, M. 2019a. Bolder guppies do not have more mating partners, yet sire more offspring. *BMC Evolutionary Biology* **19**:7.
- Herdegen-Radwan, M. 2019b. Does inbreeding affect personality traits? *Ecology & Evolution* **00**:1-9.
- Herdegen-Radwan, M. 2022. Can female guppies learn to like male colours? A test of the role of associative learning in originating sexual preferences. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **289**.
- Herdegen-Radwan, M., S. Cattelan, J. Buda, J. Raubic, and J. Radwan. 2021. What do orange spots reveal about male (and female) guppies? A test using correlated responses to selection. *Evolution*.
- Houde, A. E. 1997. *Sex, color and mate choice in guppies*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Kluehn, E., H. Siitari, and J. E. Brommer. 2014. Testing for between individual correlations of personality and physiological traits in a wild bird. *Behavioral Ecology and Sociobiology* **68**:205-213.
- Kurvers, R., V. Adamczyk, S. E. van Wieren, and H. H. T. Prins. 2011. The effect of boldness on decision-making in barnacle geese is group-size-dependent. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* **278**:2018-2024.
- Rowe, L., and D. Houle. 1996. The lek paradox and the capture of genetic variance by condition dependent traits. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* **263**:1415-1421.
- Scherer, U., J. G. J. Godin, and W. Schuet. 2020. Do female rainbow kribbs choose males on the basis of their apparent aggression and boldness? A non-correlational mate choice study. *Behavioral Ecology and Sociobiology* **74**.
- Smith, B. R., and D. T. Blumstein. 2008. Fitness consequences of personality: a meta-analysis. *Behavioral Ecology* **19**:448-455.
- Terracciano, A., S. Sanna, M. Uda, B. Deiana, G. Usala, F. Busonero, A. Maschio, M. Scally, N. Patriciu, Wei-Min Chen³, M. Distel, E. Slagboom, D. Boomsma, S. Villafuerte, E. Śliwerska, M. Burmeister, N. Amin, A. Janssens, C. van Duijn, D. Schlessinger, G. Abecasis, and P. Costa Jr. 2010. Genome-wide association scan for five major dimensions of personality. *Mol Psychiatry* **15**:647-656.

- Teyssier, A., E. Bestion, M. Richard, and J. Cote. 2014. Partners' personality types and mate preferences: predation risk matters. *Behavioral Ecology* **25**:723-733.
- Tomkins, J. L., J. Radwan, J. S. Kotiaho, and T. Tregenza. 2004. Genic capture and resolving the lek paradox. *Trends in Ecology & Evolution* **19**:323-328.
- Verweij, K. J. H., B. P. Zietsch, S. E. Medland, S. D. Gordon, B. Benyamin, D. R. Nyholt, B. P. McEvoy, P. F. Sullivan, A. C. Heath, P. A. F. Madden, A. K. Henders, G. W. Montgomery, N. G. Martin, and N. R. Wray. 2010. A genome-wide association study of Cloninger's temperament scales: Implications for the evolutionary genetics of personality. *Biological Psychology* **85**:306-317.
- Zahavi, A. 1975. Mate selection - a selection for a handicap. *Journal of Theoretical Biology* **53**:205-214.

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

Aktywność naukowa przed uzyskaniem stopnia doktora

W 2005 roku rozpoczęłam studia na kierunku biologia na Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie. W początkowych latach studiów pierwszy raz zetknęłam się z pracą badawczą, kiedy jako wolontariuszka pomagałam w pracach terenowych w projekcie dr. Kamila Bartonia z Instytutu Badania Ssaków Polskiej Akademii Nauk w Białowieży, który miał na celu analizę długoterminowej dynamiki populacji małych ssaków.

Przez ostatnie dwa lata studiów byłam związana z Zakładem Ekologii Populacyjnej w Instytucie Nauk o środowisku UJ, pozostając pod opieką naukową prof. Joanny Rutkowskiej. W tym czasie opracowałam pracę przeglądową na temat związków między kondycją, immunokompetencją i śpiewem ptaków, która została opublikowana w polskim czasopiśmie ornitologicznym (*Herdegen* 2011). Następnie dołączyłam do projektu prof. Rutkowskiej mającego na celu zbadanie czynników wpływających na inwestycję rodzicielską u zeberek. Moim zadaniem, w ramach pracy magisterskiej, było zbadanie w tym kontekście znaczenia pokrewieństwa między partnerami. Na tym etapie kształcenia zdobyłam praktyczną wiedzę z zakresu planowania eksperymentów, podstawowych technik molekularnych i metod statystycznych.

W tym samym czasie zostałam też zatrudniona na stanowisku technicznym w Zakładzie Ekologii Bahawioralnej i Molekularnej w tym samym instytucie. Pomagałam w projekcie badającym podstawy genetyczne cech płciowych u much tyczkookich (*Teleopsis dalmanni*), co pozwoliło mi nabyć doświadczenia w empirycznej pracy badawczej, zaznajomić się z dobrymi praktykami i sposobami radzenia sobie z trudnościami związanymi z pracą z żywymi organizmami. Jako członek zespołu pomagałam też w innym projekcie, dotyczącym doboru płciowego u roztoczy (Prokop i in. 2011) oraz w opracowywaniu meta-analizy na temat roli pośrednich korzyści genetycznych w utrzymywaniu preferencji płciowych (Prokop i in. 2012).

W 2010 roku rozpoczęłam studia doktoranckie pod opieką prof. Wiesława Babika z Zakładu Ekologii Bahawioralnej i Molekularnej w ramach anglojęzycznego interdyscyplinarnego programu studiów doktoranckich „Ecology” w Instytucie Nauk o środowisku UJ. W ramach projektów realizowanych w czasie doktoratu używałam markerów molekularnych do badania różnych aspektów struktury genetycznej w obrębie i pomiędzy dzikimi populacjami gupika w Wenezueli. Uzyskane dane analizowałam w zestawieniu z pomiarami cech płciowych u tego gatunku, szukając odpowiedzi na pytania dotyczące ich ewolucji. W ramach pierwszego projektu weryfikowałam status populacji gupika z sąsiadujących regionów, które według wcześniejszych danych miały prezentować przykład początkowej specjacji ze względu na rozbieżne preferencje płciowe samic. Proces specjacji na drodze doboru płciowego jest postulowany teoretycznie, ale istnieje niewiele badań empirycznych na poparcie jego wiodącej roli w drodze do rozdzielenia gatunków. Analiza mitochondrialnego DNA oraz markerów mikrosatelitarnych, w połączeniu z cechami fenotypowymi nie pozwoliły na potwierdzenie, że doszło w tym przypadku do zróżnicowania gatunków (Herdegen i in. 2014a). Wyniki sugerują raczej, że przepływ genów mógł doprowadzić do cofnięcia się początkowej izolacji, zanim mogło dojść do utworzenia bariery post-zygotycznej z racji zróżnicowanych preferencji samic.

W kolejnym projekcie testowałam hipotezę postulującą, że cechy epigamiczne odzwierciedlają poziom heterozygotyczności osobniczej i mogą w związku z tym funkcjonować jako wskaźniki dobrych genów (hipoteza dobrych genów w formie heterozygotyczności; Brown 1997). Powstanie takiej zależności

powinno być ułatwione w populacjach wysoko ustrukturyzowanych, takich jak populacje gupika w wenezuelskich strumieniach. Rzeczywiście, badając jedną z takich populacji wykryłam związek między powierzchnią pomarańczowych plam, które stanowią ornament samców, a heterozygotycznością mierzoną dla wielu loci mikrosatelitarnych (Herdegen i in. 2014b). Wynik ten stanowi poparcie dla badanej hipotezy i potwierdza, że zróżnicowanie z poziomie heterozygotyczności pomiędzy osobnikami w dzikich populacjach jest wystarczające, aby postulowana zależność mogła się ujawnić.

W trzecim projekcie w ramach doktoratu, dla którego uzyskałam finansowanie z Narodowego Centrum Nauki (projekt Preludium), badałam strukturę grupy populacji gupika w genach głównego kompleksu zgodności tkankowej (MHC), które są wysoce polimorficznymi genami immunologicznymi ewoluującymi pod presją pasożytów, jak i w genach mikrosatelitarnych uważanych z ewoluujące neutralnie. Wykryłam większą strukturę w genach MHC niż w mikrosatelitach w obrębie regionów, co stanowi sygnaturę postulowanej dla tych genów zależnej od częstości koewolucji gospodarz-pasożyt (Herdegen i in. 2014c). Natomiast mniejsza struktura MHC w stosunku do markerów mikrosatelitarnych wykryta pomiędzy regionami wskazuje, że w większej skali dobór równoważący utrzymuje polimorfizm genów MHC. Łącznie, wyniki te sugerują, że siły doboru działające na geny MHC i utrzymujące ich polimorfizm dają różne efekty i wzorce w zależności od skali geograficznej w jakiej operują, składając się na złożony obraz dynamiki zmian obserwowany w tych genach.

W trakcie studiów doktoranckich odbyłam również półroczny staż na Uniwersytecie w Padwie we Włoszech, w grupie badawczej prof. Andrei Pilastro, doświadczonego badacza doboru płciowego u gupików. W czasie tego pobytu nabyłam doświadczenia w metodach badawczych stosowanych u tego modelowego gatunku, jak również zaplanowałam i przeprowadziłam własny eksperyment pilotażowy dotyczący roli zapachu w wyborze partnera przez samice gupika.

Praca doktorska, którą obroniłam w 2014 roku, została wyróżniona na wniosek obydwu recenzentów oraz otrzymała nagrodę Prezesa Rady Ministrów za wyróżniającą się rozprawę doktorską w 2014 roku.

Aktywność naukowa po uzyskaniu stopnia doktora

Po uzyskaniu stopnia doktora zostałam zatrudniona na stanowisku adiunkta na Wydziale Biologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Tutaj między innymi kontynuuję badania z zakresu doboru płciowego. Oprócz eksperymentu selekcyjnego na ornamentach samców oraz eksperymentu badającego pochodzenie preferencji samic, które opisałam jako część mojego osiągnięcia habilitacyjnego (publikacje 3 i 4), testowałam również, we współpracy z prof. Jackiem Radwanem, hipotezę przechwyty genowego w odniesieniu do cech pod dobrem płciowych. W eksperymencie tym wykorzystaliśmy mutagenezę jako metodę bezpośredniego indukowania mutacji, a wykryty negatywny wpływ procedury na zachowania godowe samców potwierdził, że są one istotnie dobrymi wskaźnikami obciążenia mutacyjnego (Herdegen i Radwana 2015). W tym, jak i w większości pozostałych badań jakie prowadziłam po doktoracie wykorzystuję jako model gupika, którego laboratoryjną populację utworzoną z potomków dzikich gupików z Trynidadu założyłam razem z prof. Radwanem na Wydziale Biologii UAM.

Współpracowałam również nad kilkoma projektami dotyczącymi genów MHC. Geny te, za względu na wspomniany wysoki polimorfizm i dynamiczną koewolucję z pasożytami, stanowią ciekawy obiekt badań dla biologów ewolucyjnych, ale też wymagają stosowania zaawansowanych metod analitycznych. W związku z tym jeden z projektów miał na celu stworzenie narzędzia do genotypowania wysoce polimorficznych genów, a moją rolą było tu testowanie funkcjonalności i walidacja programu przy użyciu posiadanych danych (Sebastian i in. 2016). Kolejny projekt miał na celu przetestowanie uznawanej od dawna, ale nigdy wcześniej nie testowanej empirycznie hipotezy, w myśl której nowe warianty genów immunologicznych powinny dawać przewagę selekcyjną w procesie koewolucji gospodarzy z pasożytami. Używając eksperymentu manipulacyjnego udało nam się pokazać, że posiadanie nowych (nie występujących w danej populacji) alleli MHC skutkowało istotnym obniżeniem intensywności infekcji, co potwierdza rolę tego ważnego mechanizmu w utrzymywaniu polimorfizmu w badanych genach. Wyniki eksperymentu zostały opublikowane z *PNAS* (Philips i in. 2018). W kolejnym projekcie badaliśmy dynamikę ewolucji genów MHC wykorzystując

system złożony z grup populacji gupika rozmieszczonych na dwóch oddzielonych wyspach. Wykryliśmy sygnatury szybkich zmian w repertuarze alleli, szybkiego sortowania linii allelicznych pomiędzy wyspami, ale też doboru równoważącego, co razem tworzy złożony obraz zgodny z procesami koewolucji między pasożytami a gospodarzami (Herdegen-Radwan i in. 2020).

Ostatni z powyższych projektów łączy badanie genów MHC z kolejnym obszarem, w którym kontynuuję aktywność wykorzystując doświadczenie zdobyte w trakcie doktoratu, jakim jest genetyka populacji. Z racji posiadanego w tej dziedzinie warsztatu jestem zapraszana do współpracy przy projektach, które wykorzystują analizę struktury populacji przy użyciu markerów molekularnych. Analizę struktury populacji wykorzystywałam ze współpracownikami, aby oszacować wpływ fragmentacji siedlisk na efektywną wielkość populacji popielic w Polsce (Herdegen i in., 2016). W innym projekcie w kompleksie gatunków *Daphnia* śledziliśmy zmiany w puli genetycznej i strukturze populacji w wyniku długotrwałego podgrzewania zamieszkiwanych przez nie jezior, w celu przewidzenia potencjału adaptacyjnego zespołów organizmów wodnych w odpowiedzi na globalne ocieplenie klimatu (Dziuba i in. 2010). Obecnie jestem zaangażowana w trzy projekty dotyczące śpiewu ptaków (z prof. Tomaszem Osiejukiem z UAM i jego współpracownikami), gdzie informacja o strukturze genetycznej populacji stanowi uzupełnienie danych akustycznych i dotyczących dostosowania i pozwala oszacować wpływ stopnia wsobności na sukces reprodukcyjny samców oraz oddzielić podłoże genetyczne obserwowanych wzorców śpiewu od ich źródła kulturowego.

Moja główna aktywność naukowa po obronie doktoratu, wchodząca w nowy obszar zainteresowań, które rozwijam już jako samodzielny naukowiec, skupia się na osobowościach zwierząt. Moje dotychczasowe badania na tym polu opisałam powyżej jako część osiągnięcia naukowego (publikacje 1 i 2). Obecnie powszechnie już uznawany jest fakt występowania osobowości nie tylko u człowieka, ale również u innych gatunków zwierząt. W moich badaniach próbuję zrozumieć, jak ewolucja kształtuje cechy osobowości i jakie jest ich miejsce w sieci czynników wpływających na funkcjonowanie i ewolucję zwierząt. W prowadzonych eksperymentach łączę studiowanie osobowości z wcześniejszymi zainteresowaniami badając związki między osobowościami a procesem wyboru partnera, m.in. korzyściami jakie mogą przynosić partnerowi.

Obecnie rozpoczynam pracę nad projektem, finansowanym przez Narodowe Centrum Nauki, w którym spróbuję rozwikłać związki przyczynowo-skutkowe między ważną dla dostosowania cechą osobowości a mikrobiomem oraz zmiennością w genach immunologicznych gospodarza.

Bibliografia

- Dziuba, M. K., M. Herdegen-Radwan, E. Pluta, Ł. Wejnerowski, W. Szczuciński, and S. Cerbin. 2020. Temperature increase altered *Daphnia* community structure in artificially heated lakes: a potential scenario for a warmer future. *Scientific Reports* **10**:13956.
- Herdegen-Radwan, M., K. P. Phillips, W. Babik, R. S. Mohammed, and J. Radwan. 2020. Balancing selection versus allele and supertype turnover in MHC class II genes in guppies. *Heredity*.
- Herdegen, M. 2011. Zależność między jakością śpiewu a kondycją i immunokompetencją u ptaków śpiewających. *Ornis polonica* **52**:53-61.
- Herdegen, M., H. J. A., W. Babik, J. Mavárez, F. Breden, and J. Radwan. 2014a. Population structure of guppies in north-eastern Venezuela, the area of putative incipient speciation. *BMC Evolutionary Biology* **14**:28.
- Herdegen, M., W. Babik, and J. Radwan. 2014b. Selective pressures on MHC class II genes in the guppy (*Poecilia reticulata*) as inferred by hierarchical analysis of population structure. *Journal of Evolutionary Biology* **27**:2347-2359.
- Herdegen, M., K. Dudka, and J. Radwan. 2014c. Heterozygosity and orange coloration are associated in the guppy (*Poecilia reticulata*). *Journal of Evolutionary Biology* **27**:220-225.
- Herdegen, M., and J. Radwan. 2015. Effect of induced mutations on sexually selected traits in the guppy, *Poecilia reticulata*. *Animal Behaviour* **110**:105-111.
- Herdegen, M., J. Radwan, U. Sobczynska, M. Dabert, D. Konjevic, J. Schlichter, and M. Jurczynsyn. 2016. Population structure of edible dormouse in Poland: the role of habitat fragmentation and implications for conservation,. *Journal of Zoology* **298**:217-224.
- Phillips, K. P., J. Cable, R. S. Mohammed, M. Herdegen-Radwan, J. Raubic, K. J. Przesmycka, C. van Oosterhout, and J. Radwan. 2018. Immunogenetic novelty confers a selective advantage in host–pathogen coevolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **115**:1552-1557.
- Prokop, Z. M., M. Jarzebowska, A. Skrzynecka, and M. Herdegen. 2011. Age, virginity and sex - do female bulb mites prefer young males as mating partners? . *Ethology* **118**:235-242.
- Prokop, Z. M., L. Michalczyk, S. M. Drobniak, M. Herdegen, and J. Radwan. 2012. Meta-analysis suggests choosy females get sexy sons more than "good genes". *Evolution* **66**:2665-2673.
- Sebastian, A., M. Herdegen, M. Migalska, and J. Radwan. 2016. AMPLISAS: a web server for multilocus genotyping using next-generation amplicon sequencing data. *Mol Ecol Resour* **16**:498-510.

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

Nagrody i wyróżnienia

2021 – nagroda Rektora za osiągnięcia naukowe, Uniwersytet im. A. Mickiewicza, Poznań

2017 – nagroda Rektora za osiągnięcia naukowe, Uniwersytet im. A. Mickiewicza, Poznań

2016 – nagroda Rektora za osiągnięcia naukowe, Uniwersytet im. A. Mickiewicza, Poznań

2014 – **wyróżnienie pracy doktorskiej**, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

2014 – **Nagroda Prezesa Rady Ministrów** za wyróżniającą się rozprawę doktorską

Dydaktyka

Od 2014 roku, od początku pracy na stanowisku adiunkta na Uniwersytecie im. A. Mickiewicza, prowadzę zajęcia dydaktyczne dla studentów studiów I, II i III stopnia: wykłady oraz ćwiczenia i konwersatoria. Miałam pod opieką studentów realizujących praktyki studenckie oraz studentów zagranicznych, realizujących projekty z ramach programu Erasmus.

Realizowane przeze mnie zajęcia dydaktyczne:

- ćwiczenia i konwersatoria: Biologia ewolucyjna, Socjobiologia, Genetyka konserwatorska, Wprowadzenie do analizy populacji na podstawie danych molekularnych (dla doktorantów)

- wykłady: Osobowości i zdolności poznawcze zwierząt

Wypromowałam trzech licencjuszy i jednego magistranta, jedną magistrantkę mam obecnie pod opieką. Recenzowałam też po jednej pracy licencjackiej i magisterskiej.

W 2018 roku brałam udział jako opiekun naukowy w Szkole Biologii Molekularnej i Teoretycznej organizowanej corocznie przez prof. Fyodora Kondrashov'a dla wybitnych uczniów szkół ponadpodstawowych z całej Europy, którzy wraz z naukowcami z danej uczelni realizują projekty badawcze. Ówczesna edycja odbywała się na Uniwersytecie A. Mickiewicza, co pozwoliło mi na zrealizowanie wraz uczestnikami i współpracownikami

projektu dotyczącego możliwości ułatwionej introgresji genów MHC między hybrydującymi gatunkami Poecilidae. Szkoła zakończyła się wewnętrzną konferencją.

Osiągnięcia organizacyjne

Od 2015 roku jestem członkiem Zespołu Doradczego do spraw Dobrostanu Zwierząt działającego na Wydziale Biologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza.

Popularyzacja nauki

Na zaproszenie Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych przy Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie wygłosiłam wykład w ramach cyklu popularyzatorskich spotkań z naukowcami, w którym przedstawiłam wyniki mojego eksperymentu badającego rolę uczenia w powstawaniu preferencji płciowych samic (Herdegen-Radwan 2022). Nagranie ze spotkania jest dostępne online ([youtube.com/watch?v=STO3Bgg23 B0](https://www.youtube.com/watch?v=STO3Bgg23B0)).

Brałam udział jako prezentujący i opiekun studentów w kilku edycjach (2019, 2019, 2021) Nocy Biologów, cyklicznego wydarzenia popularyzującego naukę wśród szerokiej publiczności, które odbywa się corocznie na polskich uczelniach, na wydziałach biologicznych.

Prowadziłam też warsztaty biologii ewolucyjnej dla studentów szkół ponadpodstawowych w ramach Dni Akademickich organizowanych na Wydziale Biologii UAM. Brałam udział w serii wywiadów z naukowcami przeprowadzonych przez uczniów z klasy integracyjnej poznańskiego liceum. Organizowałam spotkania i pogadanki na Uniwersytecie z dziećmi w wieku przedszkolnym.

.....
(podpis wnioskodawcy)