Dr Katarzyna Michalska

Katedra Entomologii Stosowanej

Wydział Ogrodnictwa, Biotechnologii i Architektury Krajobrazu

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

AUTOREFERAT

1. Imię i nazwisko: Katarzyna Michalska

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe:

- Magister inżynier ogrodnictwa, specjalizacja – ochrona roślin; Wydział Ogrodnictwa, Biotechnologii i Architektury Krajobrazu, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego; 1985
- Doktor nauk rolniczych w zakresie ogrodnictwa, Wydział Ogrodnictwa, Biotechnologii i Architektury Krajobrazu, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego; 1997
- Tytuł rozprawy doktorskiej: „Zachowania rozrodcze wybranych gatunków szpecieli (Acari, Eriophyoidea)"; praca wyróżniona

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

2006-obecnie	adiunkt, Katedra Entomologii Stosowanej, Wydział Ogrodnictwa, Biotechnologii i Architektury Krajobrazu Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
1997-2006	starszy specjalista naukowo-techniczny, Katedra Entomologii Stosowanej, Wydział Ogrodnictwa, Biotechnologii i Architektury Krajobrazu, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
1990-1997	asystent, Katedra Entomologii Stosowanej, Wydział Ogrodnictwa, Biotechnologii i Architektury Krajobrazu, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
1987-1990	pracownik naukowo techniczny, Katedra Entomologii Stosowanej, Wydział Ogrodnictwa, Biotechnologii i Architektury Krajobrazu, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

4. Wskazanie osiągnięcia* wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

a) tytuł osiągnięcia naukowego:

"Zachowania rozrodcze samców pordzewiacza śliwowego *Aculus fockeui* (Nalepa i Trouessart) oraz *Aculops allotrichus* (Nalepa) (Acari: Eriophyoidea) i ich reakcje na obecność innych osobników w ich najbliższym otoczeniu"

b) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa)

1. Michalska K. (2011) Daily production of spermatophores, sperm number and spermatophore size in two eriophyoid mite species. Experimental and Applied Acarology 55: 349–359
2. Michalska K. (2012) The effect of isolation from conspecifics on spermatophore output of two species of eriophyoid mites. International Journal of Acarology 38: 362-365
3. Michalska K. (2000) The influence of conspecific males on spermatophore deposition in the eriophyoid mite *Aculus fockeui*. Experimental and Applied Acarology 24: 905-911
4. Michalska K. (2005) Spermatophore deposition throughout the day by the plum rust mite, *Aculus fockeui*. Experimental and Applied Acarology 35: 111-116
5. Michalska K., Studnicki M. (2013) The effect of the presence of quiescent female nymphs, males and their spermatophores on spermatophore placement in two species of eriophyoid mites. Experimental and Applied Acarology 60: 433–444

Łącznie dla osiągnięcia naukowego:

- **Impact Factor: 7.82**
- **punkty MNiSW: 140**

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

Wprowadzenie

Szpeciele (Acari: Eriophyoidea) to grupa drobnych (0.1 - 0.3 mm dł.), czteronożnych, wysoce wyspecjalizowanych roztoczy roślinożernych, wśród których szereg gatunków to ważne szkodniki roślin uprawnych. Żerując, szpeciele nie tylko powodują ordzawienia, chlorozy czy nekrozy tkanek roślin (gatunki wolnożyjące) ale także stymulują tworzenie wyrośli na

roślinach, co z kolei może prowadzić do deformacji pąków, liści, kwiatów i owoców (Lindquist i Oldfield 1996). Co więcej, niektóre gatunki to także wektory groźnych wirusów roślin oraz grzybów patogenicznych (Oldfield i Proeseler 1996; Gamliel-Atinsky i in. 2010). Zarówno szkodliwość bezpośrednia jak i pośrednia szpecieli może prowadzić do osłabionego wzrostu roślin, spadku liczby zawiązywanych owoców I efekcie dużych strat w plonie (Royalty i Perring 1996).

Ze względu na duże znaczenie ekonomiczne szpeciele doczekały się już kilku opracowań książkowych, w tym: World Crop Pests: Eriophyoid mites, their biology, natural enemies and control pod redakcją E.E. Linquista, M.W. Sabelisa i J. Bruina (wydawnictwo Elsevier) oraz Eriophyoid mites: Progress and Prospects, pod redakcją E.A. Ueckermana (wydawnictwo Springer) (w obu książkach autorka osiągnięcia jest współautorem jednego z rozdziałów).

Nadal jednak, szereg zagadnień dotyczących biologii szpecieli jest słabo poznanych, głównie za sprawą trudności w prowadzeniu doświadczeń z tymi roztoczami. Niewielkie rozmiary ciała szpecieli wymagają użycia znacznych powiększeń (50-100 razy) podczas ich obserwacji. Niezbędna jest też duża precyzja przy przenoszeniu szpecieli, zwłaszcza jaj czy spermatoforów; ukryty tryb życia i ścisłe powiązanie z rośliną żywicielską może również utrudniać hodowlę niektórych gatunków w warunkach laboratoryjnych (Oldfield i Perring 1996; de Lillo i Skoracka 2010).

Spermatofory szpecieli zostały wykryte i opisane w 1970 roku przez G.N. Oldfielda i współpracowników. Są to drobne, "grzybkowate" struktury, zbudowane z płaskiej główki o średnicy 9-19 µm, nóżki dł. 8-25 µm oraz stopki, przy pomocy której samiec przytwierdza spermatofor do podłoża. W główce spermatoforu znajduje się zbiorniczek z plemnikami. Szpeciele rozmnażają się z dysocjacją płci, czyli bez kojarzenia się samic I samców w pary. Ten typ rozrodu jest rozpowszechniony wśród stawonogów, min. u pajęczaków (roztoczy i zaleszczotków), sześcionogich (skoczogonków i widłogonków), skąponogów, drobnonogów I dwuparców (strzępnicowate) (Proctor 1998). Samce składają spermatofory na podłoże, samice zaś wyszukują spermatofory I samodzielnie pobierają z nich spermę. Podczas wizytacji spermatoforu samice szpecieli najpierw przybliżają główkę spermatoforu do siebie przy pomocy pierwszej pary odnóży. Następnie wchodzą na spermatofor, tak aby główka spermatoforu znalazła się w obrębie otworu genitalnego i na kilka minut nieruchomieją wsparte na spermatoforze. Wreszcie schodzą, pozostawiając spermatofor przyczepiony do

podłoża stopką i zwykle wkrótce po tym przystępują do żerowania (Oldfield i Michalska 1996; Michalska 2014). U szpecieli, otwór genitalny samicy jest umieszczony na spodzie ciała, tuż za drugą parą odnóży i jest przykryty klapką genitalną (epigynium). Średnica główki spermatoforu jest skorelowana z szerokością klapki genitalnej i w zależności od gatunku stanowi 50-60% szerokości klapki (Oldfield i in. 1970; Chandrapatya i Baker 1986).

Zwierzęta mogą się istotnie różnić wielkością gonad i wydatkami na ejakulat. Badania porównawcze pokazały, że średnie nakłady na ejakulat dla danego gatunku zależą od średniej wielkości ciała samca, średniego poziomu konkurencji plemników i produkcji jaj (np. Stockley i in. 1996; 1997; McLeod 2010). Również w obrębie gatunku, inwestycje w ejakulat u poszczególnych samców mogą zmieniać się w zależności od aktualnego poziomu ryzyka i intensywności konkurencji plemników, jak również wydatków energetycznych ponoszonych na takie aktywności reprodukcyjne jak poszukiwanie samic, zaloty czy walkę z konkurentami (Parker 1998; Taborsky 1998). Liczne badania pokazują, że produkcja ejakulatu może zależeć także od pory dnia w cyklu okołodobowym, wieku samca, temperatury otoczenia czy dostępności pokarmu (np. Proctor 1992; Bebas i in. 2001; Radwan i in. 2005; Sturup i in. 2013).

U szpecieli średnie tempo składania spermatoforów waha się, w zależności od gatunku, od kilku do blisko 30 spermatoforów na dzień (Michalska i in. 2010). Teoretycznie, im samiec złoży więcej spermatoforów, tym większe prawdopodobieństwo, że samice je odnajdą i pobiorą z nich spermę. Jednak, produkcja spermatoforów może być kosztowna. Dlatego samce gatunków rozmnażających się z dysocjacją płci stosują różne taktyki zwiększające szanse, że samica natknie się na ich spermatofory I pobierze z nich spermę. Na przykład, niszczą spermatofory konkurentów, broniąc jednocześnie zgrupowań własnych spermatoforów przed intruzami, wyszukują samice przed ich wylęgiem i otaczają je spermatoforami, zwiększają lub zmniejszają produkcję spermatoforów w zależności od obecności samic, samców i złożonych przez nie spermatoforów (Witte 1991; Proctor 1998; Michalska 1999; Stam i in. 2002). Nadal nie wiadomo jednak, jakie czynniki mogą decydować o ewolucji elastycznego gospodarowania spermatoforami tych zwierząt.

U wielu gatunków szpecieli spermatofory są umieszczane w grupach (Michalska i in. 2010). Podobne, skupiskowe rozmieszczanie spermatoforów stwierdzono także u innych stawonogów rozmnażających się z dysocjacją płci (Proctor 1998). Mechanizm tego zjawiska nie jest jednak znany. Niewykluczone, że samce dostawiają spermatofory do wcześniej

złożonych spermatoforów, aby 'ukraść' ich feromonowy zapach i tym samym zwiększyć szanse odnalezienia spermatoforów przez samice. Jeśli jednocześnie samce pozostawią w grupie spermatoforów więcej własnych spermatoforów niż konkurenci, zwiększy się również szansa, że samice pobiorą plemniki z ich spermatoforów a nie ze spermatoforów konkurentów (Proctor 1998).

U niektórych gatunków owadów i roztoczy, samce wyszukują samice w miejscach ich wylęgu, żeby kopulować „jako pierwsze", zanim zrobią to rywale (Thornhill i Alcock 1983; Walter i Proctor 1999). Analogiczne zjawisko zaobserwowano u szpecieli pordzewiacza śliwowego *Aculus fockeui* (Nalepa i Trouessart) (wcześniej *Vasates fockeui*), *Aculops allotrichus* (Nalepa) (wcześniej *V. robiniae* i *V. allotrichus), Acalitus essigi* (Hassan), *Abacarus hystrix* (Nalepa) i *Cecidophyopsis hendersoni* (Keifer) (Michalska i in. 2010). Samce tych gatunków składają spermatofory w miejscach wylęgu samic, przy tak zwanych znieruchomiałych nimfach żeńskich. To zwiększa szanse samców, że samice, tuż po wylince, pobiorą spermę z ich spermatoforów. Zjawisko umieszczania spermatoforów przy znieruchomiałych nimfach żeńskich przypuszczalnie wiąże się z pobieraniem przez samice plemników z jednego, lub co najwyżej kilku spermatoforów w życiu. Istotnie, u wspomnianego wyżej *A. fockeui* samice dokonują wyłącznie jednokrotnej inseminacji, podczas gdy u *A. allotrichus* w większości wizytują tylko jeden, rzadziej dwa spermatofory w życiu (Michalska i Mańkowski 2006; Michalska 2014).

Celem badań było sprawdzenie wydatkowania spermatoforów przez samce szpecieli, ze szczególnym uwzględnieniem roli innych osobników w populacji w kształtowaniu się tych wydatków. Zmiany w dostępności receptywnych samic, w liczbie konkurentów czy ich spermatoforów mogą wpływać na sukces rozrodczy samców, a tym samym na dynamikę populacji szpecieli i ich szkodliwość na roślinie. Obiektami badań były dwa gatunki szpecieli wolnożyjących istotnie różniących się taktykami rozrodczymi i intensywnością konkurencji między samcami. Był to wspomniany wcześniej pordzewiacz śliwowy, *A. fockeui* z brzoskwini, groźny szkodnik śliwy, brzoskwini i innych roślin z rodzaju *Prunus* sp. (Castagnoli i Oldfield 1996) oraz *A. allotrichus* z robinii akacjowej *Robinia pseudoacacia* L., u którego wykryto unikalne wśród stawonogów rozmnażających się z dysocjacją płci zjawisko stróżowania samic przed wylęgiem (Michalska 1999).

Samce *A. fockeui* odwiedzają znieruchomiałe nimfy żeńskie tylko na krótki czas, 1-2 minut i sporadycznie pozostawiają przy nich pojedyncze spermatofory. Samce *A. allotrichus*

przeciwnie, otaczają znieruchomiałe nimfy żeńskie spermatoforami i pilnują ich w pojedynkę lub w grupach, przez wiele godzin aż do wylęgu samicy. Samce obu gatunków składają także spermatofory w całkowitej izolacji od nimf i innych osobników w populacji (Oldfield i Michalska 1996; Michalska i in. 2010). Pordzewiacz śliwowy i szpeciel z robinii tworzą podobnie zagęszczone populacje, jednak różnią się istotnie w proporcjach płci. U *A. fockeui* udział samców wśród osobników dorosłych mieści się w granicach 20-30%, podczas gdy u *A. allotrichus* osiąga średnio wartość 60% (Michalska i Mańkowski 2006). Tak więc, podaż samców w populacji i w konsekwencji intensywność konkurencji między samcami jest zdecydowanie wyższa u szpeciela z robinii niż u pordzewiacza śliwowego.

Postawiono hipotezę, iż różne, charakterystyczne dla danego gatunku, taktyki rozrodcze i intensywność konkurencji między samcami mogą odmiennie kształtować średnie wydatki na spermatofory oraz ich zmienność u obu gatunków szpecieli, jak również reakcje samców na inne osobniki w populacji oraz ich elastyczność w produkcji spermatoforów i rozmieszczaniu spermatoforów na roślinie.

W ramach prowadzonych badań u obu gatunków porównano:

- wielkość samców, liczbę spermatoforów produkowanych w ciągu doby, wielkość spermatoforów oraz liczbę plemników w spermatoforach
- tempo składania spermatoforów w ciągu dwudniowej izolacji od innych osobników populacji
- tempo składania spermatoforów w obecności znieruchomiałych nimf żeńskich, innych samców i ich spermatoforów
- sposób rozmieszczania spermatoforów w obecności wcześniej złożonych spermatoforów

Dodatkowo, u obu gatunków sprawdzono stosunek wielkości spermatoforów do szerokości epigynium i wysokości samicy. U *A. fockeui* porównano także efekt obecności innych samców na tempo składania spermatoforów przez samce młode, 2-3 dniowe oraz samce losowo pobrane z populacji.

1. **Michalska K. (2011) Daily production of spermatophores, sperm number and spermatophore size in two eriophyoid mite species. Experimental and Applied Acarology 55: 349–359**

Są to pierwsze badania nad produkcją spermatoforów u szpecieli, wykonane na dużej próbie osobników, i z wykorzystaniem nowoczesnych technik komputerowej analizy pomiaru obrazu. Samce *A. fockeui* i *A. allotrichus* pochodziły bezpośrednio z terenu, a następnie przez dobę były testowane w izolacji od innych osobników. Jak wykazały badania, oba gatunki różnią się istotnie w nakładach na spermatofory. Samce *A. fockeui* produkują średnio 19.1 spermatoforów, podczas gdy *A. allotrichus* zaledwie 3.6 spermatoforów w ciągu doby. Spermatofory *A. fockeui* są ponadto większe i zawierają więcej plemników niż spermatofory *A. allotrichus*. Niewątpliwie, różnice w produkcji dobowej spermatoforów można tłumaczyć różnym, charakterystycznym dla danego gatunku, poziomem intensywności konkurencji między samcami i związanym z tym różnym stopniem asocjacji samców z samicami. U *A. fockeui*, u którego samce rzadko odwiedzają znieruchomiałe nimfy żeńskie (asocjują z samicami) i składają przy nich pojedyncze spermatofory (Oldfield i Michalska 1996; Michalska i in. 2010) ryzyko, że samica pobierze spermę z ich spermatoforu a nie konkurenta jest zdecydowanie większe niż u stróżującego nimfy *A. allotrichus*. Ryzyko to samce *A. fockeui* mogą kompensować poprzez zwiększenie produkcji spermatoforów.

Podobne wyniki uzyskano z dwoma gatunkami skoczogonków rozmnażających się z dysocjacją płci, *Allacama fusca* (L.) i *Orchesella villosa* (Geoffroy) (Dallai i in. 2009). Samce *A. fusca*, które fakultatywnie łączyły się w pary z samicami miały mniejsze tempo produkcji spermatoforów niż samce *O. villosa*, które nie asocjowały z samicami.

Badania własne ujawniły jednak istotne różnice w wielkości ciała samców obu gatunków szpecieli. Samce *A. fockeui* są większe od samców *A. allotrichus*. Mogą zatem inwestować więcej energii i tkanki ciała we wzrost i utrzymanie jąder, i w konsekwencji produkować większe spermatofory i wyższym tempie niż *A. allotrichus*. Inne badania pokazały, że samice *A. fockeui* są bardziej płodne niż samice *A. allotrichus* (Oldfield i Michalska 1996; Michalska 2014). Dlatego pordzewiacz śliwowy może mieć również wyższe zapotrzebowanie na plemniki w spermatoforze niż szpeciele z robinii.

Względne inwestycje w gonady i plemniki w spermatoforze (np. względem masy ciała) mogą być jednak większe u *A. allotrichus* niż u *A. fockeui* z powodu ryzyka konkurencji plemników. O ile bowiem samce *A. fockeui* pobierają plemniki wyłącznie z jednego spermatoforu (w ich spermatekach nie dochodzi zatem do konkurencji plemników), część samic w populacji *A. allotrichus* wizytuje nie jeden a dwa spermatofory w życiu (Michalska i Mańkowski 2006; Michalska 2014). Spermatofory te mogą pochodzić od różnych samców.

Samce powinny zatem maksymalizować liczbę plemników w spermatoforach, tak aby uzyskać przewagę względem konkurentów w liczbie zapłodnionych jaj.

Podobnie jak u innych zwierząt (np. Simmons i Kotiaho 2002), tempo składania spematoforów i liczba plemników w spermatoforze, a więc cechy odpowiedzialne za sukces rozrodczy samców *A. fockeui* i *A. allotrichus*, miały bardzo wysokie współczynniki zmienności (CV%). Na uwagę zasługuje zwłaszcza współczynnik zmienności dobowej produkcji spermatoforów *A. allotrichus*, który był znacznie większy od CV *A. fockeui* i wyniósł 112,4%. Oczywiście, nie da się wykluczyć, że tak duża zmienność w produkcji spermatoforów wiąże się z dużą zmiennością w wielkości gonad szpeciela z robinii. Należy jednak pamiętać, że w przeciwieństwie do *A. fockeui*, samce *A. allotrichus* wchodzą ze sobą w interakcje (Michalska 1999; Michalska i in. 2010), co może istotnie wpływać na ich inwestycje w spermatofory. Samce *A. allotrichus* pochodziły bezpośrednio z terenu i przypuszczalnie w różnym stopniu wydatkowały energię podczas stróżowania nimf. To również mogło mieć swoje odbicie w dużej zmienności w tempie składania spermatoforów w dniu testu.

Istnieje pogląd, że spermatofory nie tylko stanowią opakowanie dla plemników ale są także rodzajem genitaliów samca, które powinny być dobrze dopasowane do genitaliów samicy i umożliwiać samicy pobranie plemników (Eberhard 1985; Proctor i in. 1995; Peretti 2003). Wcześniejsze badania wskazywały na ścisły związek między rozmiarami genitaliów samicy i wielkością główki spermatoforu szpecieli (Oldfield i in. 1970; Chandrapatya i Baker 1986). W zależności od gatunku, średnica główki spermatoforu stanowiła 50-60% szerokości klapki genitalnej. Tę zależność potwierdzają także obecne badania. Zarówno u *A. fockeui* jak i u *A. allotrichus* stosunek średnicy główki spermatoforu do szerokości klapki genitalnej wyniósł 0.6. Co więcej, obecne badania wskazują również na dopasowanie pomiędzy wysokością samicy i wysokością spermatoforów u obu gatunków szpecieli. Proporcja pomiędzy długością nogi samicy i długością nóżki spermatoforu była podobna u *A. fockeui* i *A. allotrichus* i wyniosła 0.5.

2. Michalska K. (2012) The effect of isolation from conspecifics on spermatophore output of two species of eriophyoid mites. International Journal of Acarology 38: 362-365

Różne czynniki środowiska, np. ulewne deszcze, drapieżniki, ekstremalnie wysokie czy niskie temperatury, mogą istotnie redukować liczebność szpecieli na roślinach (np. Abou-Awad in.

2000; Negloh i in. 2010). To, z kolei, może wpływać na sukces rozrodczy szpecieli i powodować zmiany w ich taktykach rozrodczych.

Celem badań było sprawdzenie, czy wielogodzinna (dwudobowa) izolacja samców *A. allotrichus* i *A. fockeui* od innych osobników może wpływać na liczbę składanych przez nie spermatoforów. Samce obu gatunków były testowane wkrótce po przyniesieniu ich z terenu do laboratorium. Jak pokazały badania, *A. allotrichus* istotnie zwiększa tempo składania spermatoforów w drugiej dobie izolacji. U *A. fockeui* poziom produkcji spermatoforów w obu dobach był jednak podobny. Co więcej, również współczynnik zmienności w tempie składania spermatoforów u samców *A. fockeui* pozostawał na tym samym poziomie, podczas gdy u *A. allotrichus* wyraźnie zmniejszył się w drugiej dobie i nie różnił się już istotnie od współczynnika zmienności pordzewiacza śliwowego.

Badania te dowodzą zatem, że wielogodzinny brak kontaktów z innymi osobnikami (np. w warunkach bardzo niskich zagęszczeń populacji) może istotnie wpływać na produkcję spermatoforów u samców szpecieli. Zależy to jednak od gatunku szpeciela. U *A. allotrichus*, niższe tempo i duża zmienność w składaniu spermatoforów w pierwszym dniu izolacji najprawdopodobniej była spowodowana interakcjami z innymi samcami w okresie poprzedzającym testy. Przypuszczalnie dopiero w drugiej dobie samce te wykorzystywały energię przeznaczaną na stróżowanie i potyczki z innymi samcami dla zwiększonej produkcji spermatoforów. Takie zachowanie może być korzystne dla *A. allotrichus* w warunkach niskiego zagęszczenia, kiedy na liściach jest mało znieruchomiałych nimf żeńskich i konkurentów. Zamiast wyszukiwania nimf i ich stróżowania samce *A. allotrichus* mogłyby wówczas składać jak najwięcej spermatoforów dla pojedynczych, poszukujących spermatoforów samic.

Analiza korelacji pomiędzy liczbą spermatoforów złożonych w pierwszej i drugiej dobie izolacji również ujawniła istotne różnice międzygatunkowe. U *A. fockeui*, korelacja ta była dodatnia. Jeśli w pierwszej dobie samce wyprodukowały dużo spermatoforów, to również w drugiej dobie produkcja spermatoforów była wysoka, lub na odwrót. U *A. allotrichus* z kolei, korelacja była ujemna. Samce, które jednego dnia produkowały dużo spermatoforów, następnego dnia składały ich zdecydowanie mniej lub vice versa. To sugeruje istnienie rytmu okołodobowego (dłuższego niż 24 godziny) w produkcji spermatoforów u szpeciela z robinii. W poprzednich badaniach **(4)** samce *A. fockeui* składały istotnie więcej spermatoforów rano niż po południu, co również wskazywało na rytm w składaniu spermatoforów. Należy

podkreślić, że rytmy okołodobowe w rozrodzie szpecieli nie były do tej pory badane. Gatunki *A. allotrichus* i *A. fockeui* wydają się więc być dobrymi obiektami takich badań w przyszłości.

3. Michalska K. (2000) The influence of conspecific males on spermatophore deposition in the eriophyoid mite, *Aculus fockeui*. Experimental and Applied Acarology 24: 905-911

Jest to pierwsze doniesienie wskazujące na istotny, hamujący wpływ obecności konkurentów na tempo składania spermatoforów u szpecieli. Badania prowadzono na Uniwersytecie Kalifornijskim, w Riverside. Opracowano i po raz pierwszy zastosowano metodę testowania samców szpecieli w klateczkach z pleksi, na arenach o średnicy 0.55 cm. Metoda ta była następnie wykorzystywana w wielu innych doświadczeniach autorki **(np. 1, 2, 4, 5)**. Do badań użyto młode, 2-3 dniowe samce *A. fockeui* (pochodzące z hodowli masowych), które przetrzymywano od stadium znieruchomiałej nimfy w izolacji od innych osobników. Samce testowano na liściach „czystych" (nie zasiedlonych wcześniej przez szpeciele), na świetle, w temperaturze 26° C, przez 5 godzin.

W grupie 7 samców, samce *A. fockeui* składały istotnie mniej spermatoforów niż w izolacji. Nie wykluczone, że ma to związek z małą „opłacalnością" składania spermatoforów w warunkach, gdy w otoczeniu samców przebywa duża liczba konkurentów, brak jest natomiast śladów kolonii szpecieli. Wówczas szanse pojawienia się receptywnych samic, a tym bardziej szanse pobrania przez nie plemników od konkretnego samca są niewielkie. Hamując produkcję spermatoforów, samce pordzewiacza mogłyby przeznaczyć zaoszczędzoną energię i czas na migrację z takich liści i dalsze poszukiwania partnerek.

Również u mechowca *Pergalumna* sp., rozmnażającego się z dysocjacją płci, obserwowano spadek produkcji spermatoforów w wysokich zagęszczeniach samców (Oppedisano i in. 1995). Co ciekawe, w poprzednich doświadczeniach z *A. fockeui* (Oldfield i Newell 1973), obecność innych samców nie wpływała na tempo składania spermatoforów. Badania te jednak prowadzono w odmiennych warunkach. Samce były zróżnicowane wiekowo, testowano je przez dużo dłuższy czas (ośmiu dni), na dużo większych arenach, przez co samce przebywały w grupach w znacznie niższym zagęszczeniu niż w badaniach obecnych.

4. Michalska K. (2005) Spermatophore deposition throughout the day by the plum rust mite, *Aculus fockeui*. Experimental and Applied Acarology 35: 111-116

Celem badań było sprawdzenie, czy zróżnicowane wiekowo samce *A. fockeui* zmieniają tempo produkcji spermatoforów w ciągu dnia i czy, podobnie jak samce młode **(3)**, będą zmieniać tempo składania spermatoforów w zależności od obecności konkurentów. Do testów użyto samców pordzewiacza losowo wybranych z hodowli masowych. Warunki testów były podobne do tych w poprzednich badaniach **(3)**.

Jak pokazały doświadczenia, zarówno samce przetrzymywane w pojedynkę jak I w grupach siedmiu samców miały istotnie większe tempo składania spermatoforów przed południem niż po południu. To sugeruje istnienie u tego gatunku rytmu okołodobowego w produkcji spermatoforów. Zjawisko to nie było wcześniej opisywane u roztoczy ani stawonogów rozmnażających się z dysocjacją płci.

Badania pokazały również, że w przeciwieństwie do młodych samców *A. fockeui* **(3)**, które obniżały produkcję spermatoforów w obecności innych samców, samce zróżnicowane wiekowo nie zmieniały tempa składania spermatoforów w obecności konkurentów. Podobny wynik uzyskali Oldfield i Newell (1973), którzy również użyli samców w różnym wieku, choć testowali je na dużo większych arenach i w znacznie dłuższym czasie (ośmiu dni). W obecnych badaniach, jednak, warunki testowania samców zróżnicowanych wiekowo były podobne do tych zastosowanych w doświadczeniach z samcami młodymi **(3)**. Nie wykluczone zatem, że o hamującym wpływie innych samców na produkcję spermatoforów decyduje po prostu młody wiek samców *A. fockeui*. Kontakty w grupie samców młodych i pełnych wigoru mogą być dużo częstsze niż w grupie starszych samców. Stąd, hamowanie tempa składania spermatoforów przez młode samce może trwać dłuższy czas, jest natomiast 'maskowane' w grupie samców zróżnicowanych wiekowo.

5. Michalska K., Studnicki M. (2013) The effect of the presence of quiescent female nymphs, males and their spermatophores on spermatophore placement in two species of eriophyoid mites. Experimental and Applied Acarology 60: 433–444

Celem badań było sprawdzenie, czy zróżnicowane wiekowo samce *A. fockeui* i *A. allotrichus* zmieniają tempo składania spermatoforów w obecności znieruchomiałej nimfy żeńskiej, konkurentów, ich spermatoforów, lub jednoczesnej obecności znieruchomiałej nimfy żeńskiej i różnej liczby konkurentów. Sprawdzono także sposób rozmieszczania spermatoforów przez samce w obecności wcześniej złożonych spermatoforów.

Szpeciel *A. allotrichus* był zbierany w terenie, natomiast *A. fockeui*, tak jak w poprzednich badaniach **(5)**, pochodził z hodowli masowych. W celu ujednolicenia warunków przed testem, samce przetrzymywano przez dobę w izolacji. U *A. allotrichus* izolacja zmniejszała również zmienność w tempie produkcji spermatoforów **(2)**. Ponieważ pora dnia może wpływać na tempo składania spermatoforów przez szpeciele **(4)**, samce obu gatunków testowano o stałej porze, zawsze w godzinach przedpołudniowych. Szpeciele składały spermatofory na świetle, w temperaturze 26° C, przez 5 lub 8 godzin.

Zarówno samce *A. allotrichus* i *A. fockeui* rozmieszczały spermatofory w grupach. Składały je tuż obok spermatoforów rywali lub z dala od nich, tworząc grupy własnych spermatoforów. Nie wykluczone, że samiec dostawia spermatofor do wcześniej złożonych spermatoforów, aby zwiększyć szanse na jego odnalezienie przez samice (Proctor, 1998). Co więcej, nowo złożony spermatofor jest przypuszczalnie jednym z niewielu świeżych spermatoforów w grupie, a więc bardzo atrakcyjny dla samic. Chociaż samce *A. allotrichus* rozmieszczają swoje spermatofory głównie wokół znieruchomiałych nimf żeńskich (Michalska 1999), formowanie grup spermatoforów podczas nieobecności nimf może być opłacalne dla tego gatunku. Agregacje spermatoforów mogą być bowiem odwiedzane przez te samice, które po wylęgu i pierwszej inseminacji, za jakiś czas ponownie szukają spematoforów i dokonują kolejnej inseminacji (Michalska i Mańkowski 2006; Michalska 2014).

Badania pokazały również, że oba gatunki szpecieli różnią się istotnie w elastyczności produkcji spermatoforów. Pojedyncze samce *A. allotrichus,* miały podobne tempo składania spermatoforów jak samce w grupie siedmiu samców. Samce nie zmieniły również tempa produkcji spermatoforów w obecności spermatoforów konkurentów, znieruchomiałej nimfy żeńskiej lub znieruchomiałej nimfy i różnej liczby konkurentów. Samce *A. fockeui* przeciwnie, zwiększały produkcję spermatoforów w obecności spermatoforów rywali, lub gdy na arenach ze znieruchomiałą nimfą żeńską liczba samców wzrastała do ośmiu. Nie reagowały one natomiast na obecność znieruchomiałej nimfy żeńskiej i jednego konkurenta, ani na samą znieruchomiałą nimfę żeńską.

U stawonogów rozmnażających się z dysocjacją płci samce mogą zwiększać lub zmniejszać tempo składania spermatoforów w obecności innych samców, a także przyspieszać tempo składania spermatoforów w obecności receptywnych samic lub spermatoforów rywali (Proctor 1998). Brak reakcji samców *A. allotrichus* na obecność

spermatoforów, samców, czy samców i nimf sugeruje, że u tego gatunku stróżowanie znieruchomiałych nimf i niedopuszczanie konkurentów do złożenia przy nich spermatoforów jest bardziej opłacalną taktyką aniżeli konkurowanie na 'jak największą liczbę wyprodukowanych spermatoforów'. Poza tym, w przeciwieństwie do *A. fockeui*, samce *A. allotrichus* są dużo mniej płodne **(1)**, co może uniemożliwiać im przyspieszenie złożenia spermatoforu w momencie pojawienia się konkurentów i/lub ich spermatoforów. Wreszcie, dopasowywanie tempa składania spermatoforów do różnej liczby konkurentów może być, ze względu stałą obecność dużej liczby samców w populacjach tego gatunku, nieopłacalne (Michalska i Mańkowski 1996; Michalska K. dane nieopublikowane).

Zarówno wcześniejsze **(3)** jak i obecne badania pokazują, że samce *A. fockeui* są elastyczne w produkcji spermatoforów i składają ich więcej w miejscach, gdzie są konkurenci i/lub ich spermatofory, i gdzie jednocześnie jest szansa, że samice pobiorą z nich spermę. Sama obecność samców wydaje się być u tego gatunku jednak mało wiarygodną wskazówką ryzyka konkurencji spermatoforów. Dopiero, gdy na areny ze znieruchomiałą nimfą żeńską wpuszczono kilku konkurentów, i wzrosło tym samym prawdopodobieństwo, że przynajmniej jeden z nich złoży spermatofor, samce zróżnicowane wiekowo zwiększały produkcję spermatoforów. Jeśli jednak brakowało nimf, a więc szanse na pobranie plemników ze spermatoforów były niewielkie, samce te nie zwiększały tempa składania spermatoforów, nawet jeśli na arenach byli konkurenci **(4)**. Co więcej, młode samce mogą obniżać tempo składania spermatoforów w obecności konkurentów **(3)**. Zjawisko to przypuszczalnie wiąże się z dużą częstością kontaktów między samcami pełnymi wigoru, a w konsekwencji z małą opłacalnością składania spermatoforów w warunkach wysokiego ryzyka konkurencji spermatoforów i braku nimf. Należy jednak podkreślić, że zwiększona aktywność samców przetrzymywanych w grupach może powodować zmniejszenie zapasów energetycznych potrzebnych do produkcji spermatoforów, co także może prowadzić do spadku tempa składania spermatoforów.

Jak pokazują doświadczenia z *C. hendersoni* samce szpecieli mogą przyspieszać tempo składania spermatoforów w obecności receptywnych samic (Michalska i Shi 2004). U tego gatunku samice są poliandryczne i odwiedzają średnio kilkanaście spermatoforów w ciągu życia (Michalska i Mańkowski 2006; Michalska 2014). Elastyczność w składaniu spermatoforów pozwala samcom zareagować natychmiast po spotkaniu receptywnych samic. U *A. allotrichus* i *A. fockeui* jednak, okres znieruchomienia nimf żeńskich może trwać,

w zależności od temperatury, kilkanaście godzin lub więcej (Michalska i Boczek 1991; Michalska K. dane nieopublikowane). Dlatego samce tych gatunków nie muszą przyspieszać składania spermatoforów tuż po spotkaniu znieruchomiałych nimf. Nadal bowiem, z dużym prawdopodobieństwem, będą one obecne kilka godzin później, a spermatofor złożony w tym czasie odwiedzą wkrótce świeżo wylęgłe samice.

Podsumowanie

(1) Badania pokazały, że u szpecieli, tak jak u innych stawonogów rozmnażających się z dysocjacją płci, samce mogą być „elastyczne" w produkcji spermatoforów i zmieniać ją w zależności od obecności innych osobników.

(2) Tempo składania spermatoforów przez samce szpecieli może również zależeć od pory dnia. Zjawisko to, nieopisane do tej pory u roztoczy ani u stawonogów rozmnażających się z dysocjacją płci, wykryto u *A. fockeui*. Samce składały istotnie więcej spermatoforów przed południem niż po południu, co wyraźnie wskazuje na rytm okołodobowy w produkcji spermatoforów u tego gatunku.

(3) Elastyczność w składaniu spermatoforów zależała od gatunku szpeciela. Jedynie samce *A. fockeui* zmieniały tempo składania spermatoforów w obecności konkurentów (samce młode), spermatoforów oraz samców i znieruchomiałych nimf żeńskich (samce zróżnicowane wiekowo).

(4) Oba gatunki szpecieli różniły się również wydatkami na spermatofory. Samce *A. fockeui* składały średnio kilkanaście, zaś samce *A. allotrichus* zaledwie kilka spermatoforów w ciągu doby. Samce z robinii miały dużo wyższy współczynnik zmienności w tempie składania spermatoforów, ich spermatofory były mniejsze i zawierały mniej plemników niż u A. *fockeui*. U obu gatunków wielkość spermatoforów była dopasowana do wielkości samic, nóżka spermatoforu do długości nóg samic, zaś główka spermatoforu do szerokości klapki genitalnej samicy.

(5) Niewątpliwie, jednym z kluczowych czynników, odpowiedzialnych za różnice w średnim tempie i elastyczności składania spermatoforów między oboma gatunkami była strategia rozrodcza samców i związana z tym intensywność konkurencji między samcami. U szpeciela z robinii, intensywność konkurencji jest dużo wyższa niż u *A. fockeui*. Samce asocjują ze znieruchomiałymi nimfami żeńskimi i stróżują je do czasu wylęgu samic. Niskie tempo składania spermatoforów przypuszczalnie jest konsekwencją asocjacji samców ze

znieruchomiałymi nimfami. Choć również sama wielkość samców (u *A. allotrichus* samce są mniejsze niż u *A. fockeui*) może decydować o wielkości gonad, a tym samym o płodności tego gatunku.

(6) Niewykluczone, że stróżowanie znieruchomiałych nimf żeńskich jest dla *A. allotrichus* bardziej opłacalną strategią niż konkurowanie z innymi samcami 'na ilość złożonych spermatoforów' czy dopasowywanie tempa produkcji spermatoforów do aktualnej liczby konkurentów. Brak elastyczności w tempie składania spermatoforów może także wynikać ze stałej obecności wielu konkurentów w populacji *A. allotrichus*, czy zbyt długiego czasu potrzebnego na wyprodukowanie pojedynczego spermatoforu. Podczas stróżowania samce *A. allotrichus* angażują się w potyczki, co może wpływać na ich budżet energetyczny i generować dużą zmienność w produkcji spermatoforów. Jak pokazały badania, samce *A. allotrichus* poddane jednodniowej izolacji od innych osobników nie tylko zwiększały tempo składania spermatoforów, ale miały także mniejszą zmienność w produkcji spermatoforów. Co ciekawe, w izolacji samce *A. allotrichus*, podobnie jak *A. fockeui,* rozmieszczały spermatofory w grupach, dostawiając je do spermatoforów konkurentów, i/lub tworzyły zgrupowania własnych spermatoforów.

(7) W przyszłości konieczne są dalsze badania porównawcze nad intensywnością konkurencji między samcami szpecieli i jej wpływem na wydatkowanie spermatoforów oraz ewolucję elastyczności w produkcji spermatoforów. Badania te powinny uwzględniać gatunki o różnych strategiach rozrodczych, poznanej filogenezie oraz kontrolować wielkość samców. Więcej uwagi należy także zwrócić na aktywność lokomotoryczną samców oraz częstość kontaktów między samcami w różnych zagęszczeniach, zjawiska te bowiem mogą potencjalnie wpływać na tempo składania spermatoforów. `

Cytowana literatura

Abou-Awad BA, El-Sawaf A, Reda S, Abdel-Khalek AA (2000) Environmental management and biological aspects of two eriophyoid fig mites *Aceria ficus* (Cotte) and *Rhyncaphytoptus ficifoliae* in Egypt. Anz. Schädlingskunde / J Pest Sci 73: 5–12

Bebas P, Cymborowski B, Giebultowicz JM (2001) Circadian rhythm of sperm release in males of the cotton leafworm *Spodoptera littoralis*: in vivo and in vitro studies. J Insect Physiol 47: 859-866

Castagnoli M, Oldfield GN (1996) Damage and control of eriophyoid mites in crops: other fruit trees and nut trees. W: Lindquist EE, Sabelis MW, Bruin J (eds) Eriophyoid mites—their biology, natural enemies and control. Elseviers Science, Amsterdam, pp 543–559

Chandrapatya A, Baker GT (1986) External morphology of *Coptophylla caroliniani* and *Aceria mississippiensis* spermatophores (Prostigmata: Eriophyidae). J Nat Hist 20:857-862

Dallai R, Zizzari ZV, Fanciulli PP (2009) Different sperm number in the spermatophores of *Orchesella villosa* (Geoffroy) (Entomobryidae) and *Allacma fusca* (L.) (Sminthuridae). Arth Struct & Dev 38:227–234

Eberhard WG (1985) Sexual selection and animal genitalia. Harvard University Press, Cambridge, MA

Gamliel-Atinsky E, Freeman S, Maymon M, Belausov E, Ochoa R, Bauchan G, Skoracka A, Pena J, Palevsky E (2010) The role of eriophyoids in fungal pathogen epidemiology, mere association or true interaction? Exp Appl Acarol 51: 191-204

de Lillo E, Skoracka A. (2010) What's cool on eriophyoid mites? Exp Appl Acarol 51:3-30

Lindquist EE, Oldfield GN (1996) Evolution of eriophyoid mites in relation to their host plants. W: Lindquist EE, Sabelis MW, Bruin J (eds) Eriophyoid mites—their biology, natural enemies and control. Elsevier Science Publishing, Amsterdam, The Netherlands, World Crop Pests, vol 6, pp 277–300

MacLeod CD (2010) Assessing the shape and topology of allometric relationships with body mass: a case study using testes mass allometry. Methods Ecol Evol 1:359–370

Michalska K (1999) Spermatophore deposition and guarding in the free-living eriophyid mite *Vasates robiniae* (Acari). Behaviour 136:899-918

Michalska K, Boczek J (1991) Sexual behaviour of males attracted to quiescent deuthonymphs in the Eriophyoidea (Acari). W: Modern acarology (F. Dusbabek, V. Bukva (eds), Vol.2., Academia, Praque, pp 549-553

Michalska K, Shi A (2004) A first view on factors influencing spermatophore deposition by the eriophyoid mite *Cecidophyopsis hendersoni* (Keifer). Phytophaga 14:141-148

Michalska K, Mańkowski DR (2006) Population sex ratio in three species of eriophyoid mites differing in degree of sex dissociation. Biological Lett 43:197-207

Michalska K, Skoracka A, Navia D, Amrine Jr JW (2010) Behavioural studies on eriophyoid mites—an overview. Exp Appl Acarol 51:31-59

Michalska K (2014) Repeated visitations of spematophores and polyandry in females of eriophyoid mites. Exp Appl Acarol 62:463-476

Negloh K, Hanna R, Schausberger P (2010) Season and fruit age-dependent population dynamics of *Aceria guerreronis* and its associated predatory mite *Neoseiulus paspalivorus* on coconut in Benin. Biol Control 54: 349-358

Oldfield GN, Michalska K (1996) Spermatophore deposition, mating behaviour and population mating structure. W: Lindquist EE, Sabelis MW, Bruin J (eds) Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control. World Crop Pests, vol 6. Elsevier Science publishing, Amsterdam, The Netherlands, pp 185-198

Oldfield GN, Perring TM (1996) Rearing techniques. W: Lindquist EE, Sabelis MW, Bruin J (eds) Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control. World Crop Pests, vol 6. Elsevier Science publishing, Amsterdam, The Netherlands, pp. 377-382

Oldfield GN, Proeseler G (1996) Eriophyoid mites as vectors of plant pathogens. W: Lindquist EE, Sabelis MW, Bruin J (eds) Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control. World Crop Pests, vol 6. Elsevier Science publishing, Amsterdam, The Netherlands, pp 259-275

Oldfield GN, Newell IM (1973) The role of the spermatophore in the reproductive biology of protogynes of *Aculus cornutus* (Acarina: Eriophyoidae). Ann Entomol Soc Am 66:160-163

Oldfield GN, Hobza RF, Wilson NS (1970) Discovery and characterization of spermatophores in the Eriophyoidea (Acari). Ann Entomol Soc Am 63: 520-526

Oppedisano M, Eguaras M, Fernandez N (1995) Depot de spermatophores et structures de signalisation chez Pergalumna sp. (Acari: Oribatida). Acarologia 36: 347–353

Parker GA (1998) Sperm competition and the evolution of ejaculates: towards a theory base. W: Birkhead TR, Moller AP (eds). Sperm Competition and Sexual Selection. Academic Press, London, pp 3–54

Peretti AV (2003) Functional morphology of spermatophores and female genitalia in bothriurid scorpions: genital courtship, coersion and other possible mechanisms. J Zool, Lond 261: 135-153

Proctor HC (1992) Effect of food deprivation on mate searching and spermatophore production in

male water mites. Functional Ecol 6: 661-665
Proctor HC, Baker RL (1995) Mating behaviour and spermatophore morphology: comparative test of the female-choice hypothesis. Can J Zool 73: 2010-2020
Proctor HC (1998) Indirect sperm transfer in arthropods: behavioural and evolutionary trends. Annu Rev Entomol 43:153-74
Radwan J, Michalczyk Ł, Prokop Z (2005) Age dependence of male mating ability and sperm competition success in the bulb mite. Anim Behav 69:1101-1105
Royalty RN, Perring TM (1996) Nature of damage and its assesment. W: Lindquist EE, Sabelis MW, Bruin J (eds) Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control. World Crop Pests, vol 6. Elsevier Science publishing, Amsterdam, The Netherlands, pp 493-512
Simmons LW, Kotiaho JS (2002) Evolution of ejaculates: patterns of phenotypic and genotypic variation and condition dependence in sperm competition traits. Evolution 56:1622–1631
Stam E, Isaaks A, Ernsting G (2002) Distant lovers: spermatophore deposition and destruction behaviour by male springtails. J Insect Behav 15:253–268
Stockley P, Gage MJG, Parker GA, Møller AP (1996) Female reproductive biology and the coevolution of ejaculate characteristics in fish. Proc R Soc Lond B 263:451-458
Stockley P, Gage MJG, Parker GA, Møller AP (1997) Sperm competition in fishes: the evolution of relative testis size and ejaculate characteristics. Am Nat 149:933–954
Sturup M, Maer-Imhoof B, Nash DR, Boomsma JJ, Baer B (2013) When every sperm counts: factor affecting male fertility in the honeybee *Aphis melifera*. Behav Ecol, Online First Article. Doi: 10.1093/beheco/art049.
Taborsky M (1998) Sperm competition in fish: "bourgeois" males and parasitic spawning. Trends Ecol Evol 13: 222–227.
Thornhill R, Alcock J (1983) The evolution of insect mating systems. Harward University Press, Cambridge, MA
Walter D, Proctor H (1999) Mites ecology, evolution and behaviour. UNSW Press, CABI Publishing
Witte H (1991) Indirect sperm transfer in prostigmatic mites from phylogenetic viewpoint. W: Schuster R, Murphy PW (eds) The Acari. Chapman and Hall, London, pp 137–176

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

Główne kierunki badań

1. Taksonomia szpecieli oraz fauna roztoczy na roślinach uprawnych, parkowych i leśnych
2. Zachowania rozrodcze szpecieli
3. Proporcje liczebności płci w populacjach szpecieli
4. Zachowania obronne u szpecieli

Ad1.

Moją pracę badawczą rozpoczęłam w 1987 roku, w Katedrze Entomologii Stosowanej SGGW, pod kierunkiem Profesora Jana Boczka. Wspólnie z Profesorem Boczkiem opisałam trzy nowe gatunki szpecieli z rodziny Eriophyidae: *Dissella mickelis* z czapetki kuminowej *Syzygium cumini* (L.) Skeels (Myrtacae) (Wenezuela), *Thamnacus solani* z psianki słodkogórz *Solanum dulcamara* L. (Solanaceae) (Francja) oraz *Phyllocoptes cechi* ze świerku pospolitego *Picea excelsa* (Lam.) Link (Pinaceae) (Austria) (**II.D.8**). *D. mickelis* jest podobny do *D. ilicis* (K). U

nowego gatunku jednak cała tarcza ma siateczkowaty wzór, epigynium jest gładkie, brak również szczecin sternalnych i dodatkowych. Z kolei, *T. solani* wyglądem przypomina *T. ipomoeifoliae* K. Jego tarcza jest jednak bardziej romboidalna, szczeciny dorsalne są dłuższe, epigynium ma tylko podłużne bruzdy. *P. cechi* jest natomiast zbliżony wyglądem do *P. dimorphus K.*. Nowy gatunek posiada jednak nie cztero-, a siedmiopromienisty pazurek pierzasty, natomiast epigynium ma bruzdy tylko w jednym rzędzie.

W latach 1987 - 1989 prowadziłam także badania nad biologią szpecieli występujących w owocach jeżyn i malin (**II.D.9**). *A. essigi* był notowany powszechnie w próbach owoców dzikich i uprawnych jeżyn z terenu całej Polski. Owoce malin, z kolei, były rzadko zasiedlane przez szpeciele, głównie przez gatunek z rodzaju *Eriophyes* sp.. Oba gatunki szpecieli zimują w pąkach i w lipcu migrują do owoców. W efekcie ich żerowania owoce są małe, twarde i zielonkawe. Inny gatunek, *Phyllocoptes gracilis* (Nal.), tylko sporadycznie występował w owocach jeżyn i malin. Żerował on przede wszystkim na liściach tych roślin, i przy zagęszczeniu 50 osobników/cm^2 dochodziło do zbrązowienia, pomarszczenia i przedwczesnego opadania liści.

Kolejne badania, we współpracy z Profesor Danutą Kropczyńską-Linkiewicz, dotyczyły akarofauny malin i wiązów. Do końca lat osiemdziesiątych skład gatunkowy roztoczy w uprawach malin był słabo poznany. Celem badań (**II.D.5**) było porównanie zróżnicowania gatunkowego roztoczy na malinach z plantacji (chronionych głównie Owadofosem), z działek pracowniczych oraz ze stanowisk leśnych. We wszystkich trzech stanowiskach stwierdzono występowanie trzech gatunków roztoczy roślinożernych, przędziorków *Tetranychus urticae* Koch, *Neotetranychus rubi* Trägård oraz szpeciela *P. gracillis*. Z kolei najbogatszy skład gatunkowy drapieżnych roztoczy z rodziny dobroczynkowatych obserwowano na malinach leśnych. Zarówno w stanowiskach chronionych jak i niechronionych liczebność roztoczy roślinożernych była wysoka. To sugeruje małą efektywność dobroczynkowatych w ograniczaniu populacji roztoczy roślinożernych na malinie.

W 1995 roku wykonano badania nad składem gatunkowym roztoczy zasiedlających liście wiązu szypułkowego *Ulmus laevis* Pall. (**II.D.3**). Badania te potwierdziły dużą przydatność wiązu jako potencjalnego źródła drapieżnych roztoczy z rodziny dobroczynkowatych dla ochrony biologicznej upraw. Liczebność dobroczynków na liściach wiązu była wysoka, co najprawdopodobniej było związane z morfologią liści (liczne kryjówki: akarodomacja, bogate użyłkowanie i owłosienie) i zasobnością w pokarm (szpeciele, rozkruszek *Czenspinskia lordi*

Nesbitt., pyłek roślinny). Gildię dobroczynków reprezentowały gatunki polifagiczne, rozpowszechnione na drzewach liściastych: *Typhlodromus pyri* Scheuten, *Neoseiulella tiliarum* (Oud.), *Euseius finlandicus* (Oud.), *Kampimodromus abberans* Oud. Na każdym z trzech obserwowanych drzew wiązu skład gatunkowy dobroczynków był inny. Nawet jeśli na danym drzewie przeważał liczebnie jeden gatunek nad drugim, dominacja ta mogła się zmieniać w ciągu sezonu. Na jednym liściu występowały nawet dwa lub trzy gatunki dobroczynków (10-30% liści), chociaż współczynnik dyspersji w większości prób był mniejszy od 1, co wskazywało na wzajemne unikanie się wśród gatunków dobroczynków.

Ad2.

Moje badania nad zachowaniami rozrodczymi datują się od 1988 roku. W Katedrze Entomologii badania te prowadziłam we współpracy z Profesorem Janem Boczkiem, Profesor Danutą Kropczyńską-Linkiewicz oraz Profesorem Markiem W. Kozłowskim. Wiedzę o zachowaniu się zwierząt poszerzałam, uczestnicząc przez wiele lat w Warsztatach Biologii Ewolucyjnej oraz licznych seminariach Polskiego Towarzystwa Etologicznego (którego byłam jednym z członków-założycieli). W 1992 roku uczestniczyłam także w miesięcznym kursie dotyczącym zachowań 'kompleksowych' w systemach biologicznych, fizycznych i matematycznych, zorganizowanym przez Instytut Santa Fe, w USA. Moje zainteresowania ekologią behawioralną i ewolucyjną ugruntowała współpraca z wybitnym biologiem ewolucyjnym, Profesorem W.D. Hamiltonem podczas mojego pobytu na Uniwersytecie Oksfordzkim, w ramach Oxford Colleges Hospitality Scheme for East European Scholars. W chwili obecnej jestem jedynym specjalistą w świecie z zakresu zachowań rozrodczych szpecieli.

W 1990 roku, na Międzynarodowym Kongresie Akarologicznym w Czeskich Budziejowicach, przedstawiłam wstępne wyniki obserwacji zachowań rozrodczych samców u trzech gatunków szpecieli: *A. allotrichus*, *A. fockeui* oraz *A. essigi* (**II.D.7**). Wcześniejsze badania sugerowały, że u szpecieli, tak jak u wielu innych stawonogów rozmnażających się z dysocjacją płci, brak jest jakichkolwiek interakcji między płciami. Samce składają spermatofory na substrat niezależnie od obecności samic, samice zaś, niezależnie od obecności samców, pobierają z nich plemniki. Moje badania pokazały jednak, że samce wyżej wymienionych gatunków szpecieli interesują się samicami, wyszukują je przed wylęgiem i składają przy nich spermatofory. Co więcej, samce *A. allotrichus* stróżują znieruchomiałe nimfy żeńskie przez wiele godzin, do czasu wylęgu samic, i otaczają je spermatoforami.

Samce szpecieli nie wykazują jednak żadnych zachowań, które mogłyby wpływać na pobranie spermy przez samicę. Badania nad tym unikalnym zjawiskiem były przeze mnie kontynuowane w latach 1991-1997, w ramach pracy doktorskiej oraz projektu Komitetu Badań Naukowych (KBN), którego byłam kierownikiem i głównym wykonawcą.

Mój odczyt na kongresie w Czeskich Budziejowicach zaowocował kilkuletnią współpracą z Profesorem Haraldem Witte z Katedry Zoologii Uniwersytetu Bremeńskiego, wybitnym specjalistą w dziedzinie etologii i morfologii funkcjonalnej roztoczy. Podczas pobytu na Uniwersytecie w Bremie opracowałam techniki immobilizacji szpecieli w mikroskopie skaningowym. Techniki te były wcześniej stosowane jedynie w odniesieniu do owadów. Wykonałam również serię unikalnych zdjęć skaningowych, prezentujących zachowania samców *A. allotrichus* podczas stróżowania znieruchomiałych nimf (zob. **II.A.4**).

Stróżowanie prezentowane przez samce *A. allotrichus* stanowi ciekawą analogię przed-kopulacyjnego pilnowania samic w miejscach wylęgu, rozpowszechnionego u owadów i roztoczy przenoszących spermę bezpośrednio. Jak pokazały moje obserwacje prowadzone w ramach pracy doktorskiej, stróżowanie *A. allotrichus* różni się istotnie od stróżowania przed-kopulacyjnego przędziorka chmielowca, *T. urticae*. Samce *A. allotrichus* nie zajmują żadnej preferowanej pozycji na znieruchomiałej nimfie żeńskiej (która samcom przędziorka umożliwia szybką kopulację z samicą po wylęgu). Szpeciele nie wykazują też ekscytacji tuż przed wylęgiem samicy, która u samców przędziorka jest związana ze zbliżającym się momentem kopulacji (**II.A.2**). Samce *A. allotrichus* składają spermatofory wokół żeńskich nimf praktycznie w ciągu całego okresu ich znieruchomienia. Pomiędzy jednym złożeniem spermatoforu a drugim, samce kilkakrotnie patrolują otoczenie i nieruchomieją przy nimfach, najczęściej w kontakcie z ciałem nimfy (**II.A.4**). Jeśli stróżują znieruchomiałe nimfy żeńskie wraz z innymi samcami, większość czasu spędzają, leżąc nieruchomo przy nimfach. Dopiero na dwie godziny przed wylęgiem samic, wyraźnie zmieniają swoje zachowanie, wydłużając czas patrolowania i wdając się w potyczki z innymi stróżami. Ich potyczki przypominają zapasy; samce wymieniają ciosy przy pomocy pierwszej bądź obu par odnóży i mocują się, splatając się opistomami (**II.A.2**).

W 1995 roku, podczas mojego pobytu na Uniwersytecie Amsterdamskim (stypendium Wspólnoty Europejskiej Tempus), Profesor M.W. Sabelis, mój opiekun naukowy i jednocześnie redaktor powstającej książki „Eriophyoid mites - their Biology, Natural Enemies and Control" zaproponował mi napisanie wspólnie z dr G.N. Oldfieldem rozdziału

dotyczącego zachowań rozrodczych szpecieli (**II.D.6**). Artykuł ten, choć nie uwzględniany przez Web of Science, był wielokrotnie cytowany w publikacjach o wysokim IF (30 cytowań według Google Scholar). Kolejną pracę przeglądową o zachowaniu się szpecieli, napisałam wspólnie z dr A Skoracką, dr D. Navią i Profesorem J.W. Amrinem w 2010 roku (**II.A.2**). Według Web of Science ma już na swoim koncie 12 cytowań.

W 1999 roku, dzięki stypendium Fundacji Kościuszkowskiej odbyłam trzymiesięczny staż na Uniwersytecie Kalifornijskim, w Katedrze Entomologii. Miałam okazję współpracować z dr G.N. Oldfieldem, jednym z najlepszych specjalistów w dziedzinie rozrodu szpecieli. Poznałam różne metody hodowli szpecieli, doskonaliłam techniki obserwacji mikroskopowych spermatoforów, plemników i spermatek szpecieli. Moje doświadczenia prowadzone na młodych samcach *A. fockeui* pokazały, że samce szpecieli mogą zmieniać tempo składania spermatoforów w zależności od obecności innych osobników w populacji. To zapoczątkowało cały cykl badań nad wielkością i elastycznością produkcji spermatoforów u *A. fockeui* i *A .allotrichus*. Prowadziłam je w latach 1999-2001 i 2006-2009, w ramach dwu projektów badawczych, finansowanych odpowiednio przez KBN oraz Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Wyniki badań zostały opublikowane w pracach **I.B.1**, **I.B.2**, **I.B.3**, **I.B.4** i **I.B.5**, wchodzących w skład prezentowanego osiągnięcia badawczego. W ramach projektu KBN prowadziłam również badania nad szpecielem z jukki, *C. hendersoni*. Samce tego gatunku nie zmieniają tempa składania spermatoforów w obecności samców czy ich spermatoforów (**II.D.4**). Jednak w obecności dziewiczych samic wyraźnie przyspieszają tempo produkcji spermatoforów. Wielkość produkcji spermatoforów zależy także od jakości liści. Na liściach starszych jest ona zdecydowanie mniejsza niż na liściach młodszych. Również uszkodzenie mechaniczne liści działa hamująco na produkcję spermatoforów. Z kolei wcześniejsze żerowanie i uszkodzenie liści przez szpeciele stymuluje samce *C. hendersoni* do zwiększenia tempa składania spermatoforów (**II.D.4**).

Moje kolejne badania (**II.A.1**) dowiodły, że samice *C. hendersoni* odwiedzają wiele spermatoforów w ciągu życia i przechowują spermę w dwu spermatekach (symetrycznie). Jak do tej pory, jest to jedyny gatunek szpeciela, u którego opisano zachowania związane z wielokrotnym pobieraniem spermy oraz potwierdzono zależność pomiędzy poliandrią i symetrycznym przechowywaniem spermy. Co ciekawe, u *A. allotrichus,* u którego przechowanie plemników jest asymetrycznie (zawsze w jednej z dwu spermatek), część badanych samic, zamiast jednego, wizytowała dwa spermatofory w życiu. Wkrótce po

unasiennieniu monoandryczne samice szpecieli mogą migrować do nowych miejsc bez straty energii i czasu na szukanie kolejnych spermatoforów. Ryzykują one jednak, że wybiorą spermatofor z małą liczbą plemników lub pobiorą plemniki słabej jakości. To może promować powtórne wizytacje spermatoforów czy poliandrię u niektórych gatunków szpecieli.

Ad3.

Jak pokazały moje badania (**II.D.2**), proporcje liczebności płci u szpecieli zależą nie tylko od gatunku szpeciela czy pory roku, ale także od pojedynczej rośliny i organu, jaki w danym momencie zasiedlają szpeciele. Populacyjne stosunki płci wpływają na proporcje liczebności seksualnie aktywnych samców do samic, czyli tzw. operacyjne stosunki płci (ang. Operational Sex Ratios). W konsekwencji, również poziom konkurencji między samcami i stopień zainteresowania samców znieruchomiałymi nimfami żeńskimi może być różny u różnych gatunków, i może się zmieniać w zależności od sezonu wegetacyjnego, pojedynczej rośliny i miejsca na roślinie.

U *A. essigi*, udział samców wśród osobników dorosłych był zdecydowanie niższy w owocach jeżyn niż na szypułkach, czy pod łuskami u podstawy pędów owoconośnych. Co ciekawe, wizytacje znieruchomiałych nimf żeńskich przez samce najczęściej obserwowano w populacjach szpecieli pod łuskami, nigdy zaś w owocach. W pąkach tegorocznych średni udział samców wśród osobników dorosłych wyniósł 0.173, natomiast na pędach owoconośnych, 0.325. U *C. hendersoni*, proporcje liczebności płci zależały od pojedynczej rośliny, o proporcji nie decydował natomiast wiek liści. Średni udział liczebności samców wśród osobników dorosłych osiągnął wartość 0.416. Z kolei u *A. allotrichus* udział ten wyniósł 0.6 i był największy wśród badanych gatunków szpecieli. Tak wysoka podaż samców w populacji przypuszczalnie sprzyja wysokiej intensywności konkurencji między samcami i stróżowaniu znieruchomiałych nimf żeńskich przez samce tego gatunku.

Ad4.

Szpeciele mogą skutecznie unikać drapieżnictwa, kryjąc się w trudno dostępnych miejscach na roślinie, np. pod łuskami pąków, cebul, igieł, czy tworząc wyrośla, wewnątrz których żyją. Jak pokazały moje badania (**II.A.3**), również gatunki szpecieli wolnożyjących mogą czasowo korzystać z refugiów na roślinach. Stadia młodociane *Rhinophytoptus concinnus* Liro, szpeciela występującego na wiązie szypułkowym, kryją się na okres znieruchomienia na szczytach włosków liści. Wejście na włoski poprzedza swoista sekwencja zachowań.

Najpierw, larwy i nimfy podnoszą opistosomy w górę, a następnie, kręcąc się wokół własnej osi, raz w lewo raz w prawo, zataczają kręgi na liściu. Kiedy wreszcie ich przyssawka analna zetknie się z włoskiem, przybliżają one przednią część ciała do podstawy włoska, a następnie podnoszą ciało powyżej powierzchni liścia i nieruchomieją. Doświadczenie z dobroczynkiem *Typhloctonus tiliarum* (Qud.), jednym z gatunków drapieżców powszechnie występujących na wiązach pokazało, że kryjąc się na włoskach znieruchomiałe stadia szpecieli mają większe szanse na przeżycie niż stadia nieruchomiejące na powierzchni liści. Wygłodniałe samice dobroczynka potrzebowały bowiem więcej czasu na odnalezienie szpecieli na szczytach włosków niż na powierzchni liści.

W chwili obecnej, w ramach działalności statutowej Katedry Entomologii Stosowanej SGGW, prowadzę także badania nad wpływem ryzyka drapieżnictwa na tempo produkcji spermatoforów u wybranych gatunków szpecieli. Badania te dotyczą nie tylko wpływu obecności drapieżców, ale także ich odchodów czy zabitych ofiar na zachowanie samców szpecieli. W tym roku zostałam również zaproszona przez organizatorów XIV Międzynarodowego Kongresu Akarologicznego w Kioto, w Japonii, do wygłoszenia odczytu na temat moich badań nad szpecielami.

6. Sumaryczne zestawienie dorobku

Mój dorobek publikacyjny stanowi 18 oryginalnych prac twórczych, w tym 3 prace przeglądowe. W większości prac (15) jestem pierwszym lub jedynym autorem. Jestem także autorką 2 prac popularno-naukowych. Łączna liczba punktów przyznawanych przez MNiSW wynosi 283 punktów. Dziewięć artykułów opublikowałam w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR). Ich sumaryczny Impact Factor wynosi 14.054. Według bazy Web of Science moje prace były cytowane 44 razy, natomiast Index Hirsha wynosi 5. Baza ta nie uwzględnia jednak pracy przeglądowej opublikowanej przeze mnie w 1996 roku, w książce World Crop Pests, Eriophyoid mites - their Biology, Natural Enemies and Control. Według Google Scholar była ona cytowana 30 razy. Moje publikacje są również cytowane w książkach naukowych, na przykład, w Principles of Acarology G.O. Evansa czy Mites: Ecology, Evolution & Behaviour autorstwa D.E. Waltera i H. Proctor. Jak podaje Google Scholar, moje prace mają 108 cytowań, a index Hirsha wynosi 6.

W trakcie mojej działalności badawczej kierowałam łącznie 3 krajowymi projektami badawczymi, finasowanymi przez Komitet Badań Naukowych oraz Ministerstwo Nauki i

Szkolnictwa Wyższego. Obecnie jestem również uczestnikiem programu Komisji Europejskiej FP7 REGPOT Warsaw Plant Health Initiative. Brałam również udział w wielu krajowych i zagranicznych konferencjach tematycznych, gdzie łącznie wygłosiłam 8 referatów i przedstawiłam 10 posterów. Odbyłam również liczne staże zagraniczne. Jestem stypendystką Fundacji Kościuszkowskiej oraz Oxford Colleges Hospitality Scheme for East European Scholars. Zostałam wyróżniona trzema nagrodami Rektora Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie za działalność naukowo-badawczą i organizacyjną w zespole redakcyjnym czasopisma Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, sekcja Horticulture and Landscape Architecture.

2.04.2014 Katarzyna Michalska