

Załącznik 3

AUTOREFERAT

Dr Tomasz Marquardt

Katedra Biologii Ewolucyjnej

Wydział Nauk Przyrodniczych

Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszcy

Bydgoszcz, 2019

1. Imię i Nazwisko

Tomasz Marquardt

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

2002 r. – magister biologii; Wydział Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu

2007 r. – doktor nauk biologicznych w zakresie biologii – zoologii; Wydział Biologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu; tytuł rozprawy doktorskiej: Gamasida (Acari) siedlisk borowych i torfowiska przejściowego rezerwatu „Bagno Stawek” w Zaborskim Parku Krajobrazowym; promotor: dr hab. Sławomir Kaczmarek, recenzenci: prof. dr hab. Danuta Kropczyńska-Linkiewicz, prof. dr hab. Czesław Błaszak.

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

X 2002 r. – IX 2007 r. – asystent w Zakładzie Zoologii, Instytut Biologii Środowiska, Wydział Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy.

X 2007 r. do chwili obecnej – adiunkt w Katedrze Biologii Ewolucyjnej, Wydział Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy.

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. 2017 r. poz. 1789)**a) tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego**

Behawior pre-owipozycji i owipozycji oraz strategię ochrony jaj u wybranych gatunków Mesostigmata (Arachnida: Parasitiformes)

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

Osiągnięcie naukowe będące podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego stanowi cykl pięciu publikacji, w których przedstawiłem wyniki badań behawioru pre-owipozycji i owipozycji u wybranych gatunków roztoczy z rzędu Mesostigmata oraz przeanalizowałem występujące u tych gatunków strategię ochrony jaj. Publikacje te zawierają pierwsze na świecie opisy badanego behawioru i strategii u każdego z badanych gatunków. Wszystkie artykuły cyklu opublikowano w czasopiśmie indeksowanym przez *Institute for Scientific Information* w bazie *Journal Citation Reports*. Ich

sumaryczny Impact Factor wynosi 6,258¹, a suma punktów MNiSW wynosi 120². W każdym z artykułów jestem zarówno pierwszym, jak również korespondującym autorem. Dwa artykuły opublikowano w *Experimental and Applied Acarology*, kolejne dwa w *International Journal of Acarology*. Czasopisma te są jednymi z wiodących w zakresie akarologii. Jeden z artykułów opublikowano w *Journal of Natural History*, międzynarodowym czasopiśmie publikującym wyniki badań z zakresu szeroko pojętej zoologii.

1. **Marquardt T.**, Faleńczyk-Koziróg K., Kaczmarek S. 2013a. Oviposition behaviour of the soil mite *Veigaia cerva* (Acari: Veigaiidae). *Experimental and Applied Acarology* 60:395–402. [IF=1,821; pkt. MNiSW=30].

Mój wkład w powstanie tej publikacji polegał na sformułowaniu problemu badawczego, opracowaniu koncepcji badań, zebraniu danych behawioralnych oraz literatury dotyczącej tematyki badawczej, wykonaniu analizy wyników oraz udziale w ich interpretacji i dyskusji, wykonaniu symulacji przytrzymywania jaja przez chelicerę, przygotowaniu tabel, rycin i plików video stanowiących materiały dodatkowe, napisaniu pierwszej wersji maszynopisu i edycji kolejnych jego wersji, kontaktach z recenzentami za pośrednictwem redaktora prowadzącego, przygotowaniu korekty autorskiej po zaakceptowaniu do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

2. **Marquardt T.**, Faleńczyk-Koziróg K., Kaczmarek S. 2013b. Oviposition behaviour of the soil mite *Pergamasus brevicornis* (Acari: Parasitidae). *Experimental and Applied Acarology* 60:403–409. [IF=1,821; pkt. MNiSW=30].

Mój wkład w powstanie tej publikacji polegał na sformułowaniu problemu badawczego, opracowaniu koncepcji badań, zebraniu danych behawioralnych oraz literatury dotyczącej tematyki badawczej, wykonaniu analizy wyników oraz udziale w ich interpretacji i dyskusji, wykonaniu analizy struktury powierzchniowej jaja, przygotowaniu tabel, rycin i plików video stanowiących materiały dodatkowe, napisaniu pierwszej wersji maszynopisu i edycji kolejnych jego wersji, kontaktach z recenzentami za pośrednictwem redaktora prowadzącego, przygotowaniu korekty autorskiej po zaakceptowaniu do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

3. **Marquardt T.**, Kaczmarek S., Halliday B. 2015. Ovoviviparity in *Macrocheles glaber* (Müller) (Acari: Macrochelidae), with notes on parental care and egg cannibalism. *International Journal of Acarology* 41:71–76. [IF=0,774; pkt. MNiSW=20]

¹ Wartości IF zgodnie z rokiem opublikowania na podstawie InCites Journal Citation Reports (dla pracy opublikowanej w 2018 r. zgodnie z IF₂₀₁₇).

² Punktacja MNiSW zgodnie z rokiem opublikowania (dla pracy opublikowanej w 2018 r. punktacja MNiSW w roku 2016 zgodnie z wykazem na lata 2013-2016 z dnia 25 stycznia 2017r.)

Mój wkład w powstanie tej publikacji polegał na sformułowaniu problemu badawczego, opracowaniu koncepcji badań, zebraniu danych behawioralnych oraz literatury dotyczącej tematyki badawczej, wykonaniu analizy wyników oraz udziale w ich interpretacji i dyskusji, przygotowaniu tabel, rycin i plików video stanowiących materiały dodatkowe, napisaniu pierwszej wersji maszynopisu i edycji kolejnych jego wersji, kontaktach z recenzentami za pośrednictwem redaktora prowadzącego, przygotowaniu korekty autorskiej po zaakceptowaniu do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

4. **Marquardt T.**, Kaczmarek S., Krantz G.W. 2016. Pre-ovipositional and ovipositional behaviour of *Lasioseius ometes* (Oudemans) and *Hypoaspis kargi* Costa (Acari: Dermanyssidae: Ascidae, Laelapidae) with notes on egg protection strategies in Mesostigmata. *Journal of Natural History* 50:1473–1482. [IF=0,834; pkt. MNiSW=20].

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na sformułowaniu problemu badawczego, opracowaniu koncepcji badań, zebraniu danych behawioralnych oraz literatury dotyczącej tematyki badawczej, wykonaniu analizy wyników oraz udziale w ich interpretacji i dyskusji, wykonaniu analizy struktury powierzchniowej jaj *L. ometes*, przygotowaniu tabel, rycin i plików video stanowiących materiały dodatkowe, napisaniu pierwszej wersji maszynopisu i edycji kolejnych jego wersji, kontaktach z recenzentami za pośrednictwem redaktora prowadzącego, przygotowaniu korekty autorskiej po zaakceptowaniu do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

5. **Marquardt T.**, Kaczmarek S. 2018. Pre-ovipositional and ovipositional behaviour of *Holaspulus tenuipes* (Berlese) (Parasitiformes: Mesostigmata: Parholaspididae) with notes on egg chorion, incubation, and hatching. *International Journal of Acarology* 44:111–114. [IF=1,008; pkt. MNiSW=20]

Mój wkład w powstanie tej publikacji polegał na sformułowaniu problemu badawczego, opracowaniu koncepcji badań, zebraniu danych behawioralnych oraz literatury dotyczącej tematyki badawczej, wykonaniu analizy wyników oraz udziale w ich interpretacji i dyskusji, wykonaniu analizy struktury powierzchniowej jaja, przygotowaniu tabel, rycin i plików video stanowiących materiały dodatkowe, napisaniu pierwszej wersji maszynopisu i edycji kolejnych jego wersji, kontaktach z recenzentami za pośrednictwem redaktora prowadzącego, przygotowaniu korekty autorskiej po zaakceptowaniu do druku. Mój udział procentowy szacuję na 85%.

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

Zapewnienie odpowiednich warunków dla pomyślnego rozwoju potomstwa jest kluczowe dla przetrwania gatunku. U gatunków jajorodnych, zachowania samicy umożliwiające odpowiednie zabezpieczenie jaja w trakcie jego składania, w celu uchronienia go przed niekorzystnymi czynnikami, traktować należy jako ewolucyjnie utrwaloną strategię behawioralną, zwiększającą szanse osiągnięcia sukcesu reprodukcyjnego. Poza aspektem behawioralnym, za równie istotny element tak rozumianej strategii reprodukcyjnej należy uznać właściwości samego jaja, które zależą od wykształconych u konkretnego gatunku struktur anatomicznych i zachodzących w nich procesów fizjologicznych.

Publikacje przedstawione przeze mnie jako osiągnięcie naukowe będące podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego, zawierają pierwsze na świecie opisy behawioru pre-owipozycji i owipozycji oraz morfologii jaj *Pergamasus brevicornis* Berlese, 1903 [Parasitidae], *Veigaia cerva* (Kramer, 1876) [Veigaiidae], *Lasioseius ometes* (Oudemans, 1903) [Blattisociidae], *Holaspulus tenuipes* (Berlese, 1904) [Parholaspididae], *Hypoaspis kargi* Costa, 1968 [Laelapidae] oraz *Macrocheles glaber* (Müller, 1860) [Macrochelidae] (Marquardt i in. 2013a, 2013b, 2015, 2016; Marquardt & Kaczmarek 2018). Z wyjątkiem publikacji dotyczącej *Pergamasus brevicornis* (Marquardt i in. 2013b) są to jednocześnie pierwsze opisy behawioru pre-owipozycji i owipozycji w reprezentowanych przez badane gatunki rodzinach Mesostigmata.

AKTUALNY STAN WIEDZY

U większości badanych do tej pory gatunków Mesostigmata obserwowano jajorodność, rzadziej jajożyworodność lub żyworodność, a u niektórych gatunków wykazano również, że tryb reprodukcji może być modyfikowany przez warunki środowiskowe (np. Filipponi & Francaviglia 1963, 1964; Radinovsky 1965a,b; Filipponi & Mosna 1969; Filipponi & Cicolani 1974; Kiełczewski & Wiśniewski 1977; Bal & Özkan 2005, 2007). Walter & Proctor (2013) podają ogólny, nieodnoszący się do konkretnego gatunku, opis faz w procesie składania jaja u Mesostigmata (Dermanyssina): (I) poszukiwanie odpowiednich do złożenia jaja szczelin lub zagłębień podłoża, (II) unoszenie ciała, poprzez prostowanie odnóży, zapewniające odpowiednią przestrzeń dla wypychanego z otworu płciowego jaja, (III) zaginanie gnatosomy na stronę brzuszną w celu pochwylenia wypychanego na zewnątrz jaja,

(IV) odkładanie jaja na podłożu z wykorzystaniem chelicer, pedipalp i pierwszej pary odnóży oraz (V) obserwowane u niektórych gatunków pokrywanie przez samicę jaja cząsteczkami podłoża.

Szczegółowe opisy behawioru pre-owipozycji i owipozycji Mesostigmata na poziomie gatunkowym należą w literaturze akarologicznej do rzadkości (Rapp 1959; Faasch 1967; Lee 1974; Korn 1982). Opisy zachowań towarzyszących składaniu jaja u należących do rodziny Parasitidae *Parasitus coleopratorum* (Linnaeus, 1758) oraz *Poecilochirus carabi* G&R Canestrini, 1882, poza charakterystyką behawioru zawierają również informacje na temat morfologii jaj (Rapp 1959; Korn 1982). Kleistość powierzchni jaja *P. carabi* według Korna (1982) związana jest z pokrywaniem jaja przez samicę cząsteczkami substratu. Warto zauważyć, że Korn (1982) synonimizował *P. carabi* oraz *Poecilochirus necrophori* Vitzthum, 1930 (wcześniej Hyatt (1980) niezależnie zaproponowała również taką synonimikę). Müller & Schwarz (1990) w serii eksperymentów potwierdzili izolację rozrodczą pomiędzy osobnikami *P. carabi* (*sensu lato*) preferującymi w stadium foretycznej deutonimfy różne gatunki chrząszczy z rodzaju *Nicrophorus* Fabricius (Silphidae), a Baker & Schwarz (1997) ostatecznie odrzucili synonimikę zaproponowaną przez Hyatt (1980) i Korna (1982). Schwarz & Walzl (1996) stwierdzili pokrywanie przez samice jaja cząsteczkami substratu u obu sympatrycznych taksonów ostatecznie zaklasyfikowanych jako *P. carabi* (*sensu stricto*) oraz *P. necrophori*, nie podając jednak informacji na temat właściwości powierzchni jaj tych gatunków.

Korn (1982) dla *Poecilochirus austroasiaticus* Vitzthum, 1930 (Parasitidae) nie podaje pełnych informacji na temat behawioru pre-owipozycji i owipozycji, charakteryzuje jednak występujący na powierzchni jaja tego gatunku rzeźbiony egzochorion, stwierdzając jednocześnie brak pokrywania jaja cząsteczkami substratu. Na powierzchni jaja *P. coleopratorum* występuje nieregularny, siateczkowaty egzochorion, samica tego gatunku umieszcza jajo w wydrążonym wcześniej zagłębieniu podłoża, a następnie pokrywa jajo cząsteczkami substratu za pomocą odnóży II pary (Rapp 1959). Faasch (1967) nie opisuje morfologii jaj *Uroobovella marginata* (C.L. Koch, 1839) oraz *Uropoda orbicularis* (O.F. Müller, 1776) (odpowiednio Urodinychidae oraz Uropodidae), jednak z załączonych do publikacji rycin nie wynika aby były one pokryte wyraźnie rzeźbionym egzochorionem. Samice *U. marginata* oraz *U. orbicularis* składają jajo w przygotowanym wcześniej zagłębieniu podłoża,

następnie częściowo pokrywając jajo substratem. Czas przygotowywania zagłębienia w substracie został u tych gatunków określony na około 10 minut, a czas pokrywania jaja substratem na około 15 minut (Faasch 1967). Lee (1974) dwukrotnie obserwował pokrywanie jaja cząsteczkami substratu u *Athiasella dentata* (Womersley, 1942) (Ologamasidae, dawniej Rhodacaridae). Samica tego gatunku drąży zagłębienie w podłożu (około 5-10 minut), a po wypchnięciu jaja z otworu płciowego przez około 20 minut obraca jajo palpami przed odłożeniem na substracie. Pokrywanie jaja cząsteczkami podłoża trwa u *A. dentata* około 25-30 minut, a jajo pokrywane jest zwykle jedynie częściowo.

Morfologia jaj Mesostigmata jest stosunkowo dobrze poznana w rodzinie Parasitidae, a jej opisy, poza publikacjami zacytowanymi powyżej, znajdziemy również w pracach Hartensteina (1962), Micherdzińskiego (1969), Elbadryego (1972), Berryego (1973), Witalińskiego (1977, 1987), Żukowskiego (1979) oraz Albertiego i in. (1999). W publikacjach tych znajdziemy informacje na temat różnorodności morfologii jaj Parasitidae: gładkich, pokrytych włoskami albo całkowicie bądź częściowo pokrytych wyraźnie rzeźbionym egzochorionem. Charakterystyka powierzchni jaja *Pergamasus crassipes* (Linnaeus, 1758) podawana przez Hartensteina (1962, szorstka i pokryta włóknami) oraz Elbadryego (1972, pokryta włoskami) różni się od stwierdzonej dla tego gatunku przez Albertiego i in. (1999, silnie rzeźbiona, pofałdowana, z dwoma charakterystycznymi wyrostkami na jednym z biegunów). Trudno ocenić przyczynę tych rozbieżności w interpretacji morfologii jaja *P. crassipes*, natomiast charakterystyka zaprezentowana przez Albertiego i in. (1999) jest bardziej wiarygodna, biorąc pod uwagę wykorzystanie przez autorów techniki SEM.

Występowanie dwóch wyrostków na jednym z biegunów, u jaj Parasitidae posiadających wyraźnie rzeźbiony egzochorion, stwierdzali do tej pory również Rapp (1959), Berry (1973), Witaliński (1977, 1987) oraz Korn (1982) dla *Pergamasus quisquiliarum* (Canestrini & Canestrini, 1882), *P. viator* Halaškova, 1959, *P. barbarus* (Berlese, 1905), *P. manicatellus* Athias, 1967, *P. monticola* Willmann, 1953, *Parasitus lunulatus* (Müller, 1859), *P. coleopratorum*, *Poecilochirus austroasiaticus*, *Holoparasitus* sp. oraz *Paragamasus* sp. Berry (1973) zasugerował, że u *P. quisquiliarum* służą one do przyczepiania jaj do korzeni roślin, a Rapp (1959) zaobserwował, że u *P. coleopratorum* powstają one w trakcie składania jaja na podłożu podczas cofania chelicer i odklejania ich od egzochorionu.

Lee (1974) scharakteryzował powierzchniową strukturę jaj sześciu gatunków z rodziny Ologamasidae (dawniej Rhodacaridae): *Gamasiphis fornicatus* Lee, 1970, *Euepicrius filamentosus* Womersley, 1942, *Gamasiphoides propinquus* (Womersley, 1956), *Athiasella dentata* (Womersley, 1942), *Gamasellus concinus* (Womersley, 1942) oraz *Acugamasus semipunctatus* (Womersley, 1942). U każdego z badanych gatunków Lee (1974) zaobserwował charakterystyczne (kratownicowe) rzeźbienie egzochorionu, a w przypadku *G. fornicatus* i *G. propinquus* również liczne, wyraźne wyrostki ustawione prostopadle do powierzchni jaja. Jednocześnie u *G. fornicatus* i *G. propinquus* nie obserwowano pokrywania jaj cząsteczkami substratu. Z kolei u pozostałych gatunków nie stwierdzono obecności takich wyrostków lub były one bardzo krótkie (*E. filamentosus*), a jaja tych gatunków były przez samice częściowo pokrywane substratem. Lee (1974) zasugerował, że brak pokrywania jaja cząsteczkami substratu u *G. fornicatus* i *G. propinquus* wynikać może z obecności ochronnych wyrostków na powierzchni jaja, a u pozostałych gatunków pokrywanie jaja substratem związane jest z brakiem takich struktur ochronnych na powierzchni egzochorionu.

Informacje na temat struktur anatomicznych biorących udział w procesie powstawania chorionu jaja u Mesostigmata również znaleźć można w niewielu publikacjach. Witaliński (1987) stwierdził, że u *P. barbarus* endochorion powstaje z przekształcenia błony witelinowej i zapewnia embrionowi ochronę przed uszkodzeniami mechanicznymi, a egzochorion pojawia się na powierzchni jaja bezpośrednio przed jego złożeniem i jest produktem gruczołów uchodzących do macicy lub pochwy. Alberti i in. (1999) podają, iż wydaje się nieprawdopodobne, że skomplikowany egzochorion *P. crassipes* wykształca się w układzie rozrodczym samicy i sugerują, że struktura ta powstaje z produkowanych przez gruczoły pochwove wydzielin, rozprowadzanych na powierzchni jaja w trakcie jego składania.

Obecność gruczołów w układzie rozrodczym samicy *P. brevicornis* oraz rolę ich wydzielin w powstawaniu chorionu jaja opisał Żukowski (1979). Witaliński (1977, 1987) określił dwie możliwe funkcje egzochorionu Parasitidae: (1) funkcję plastronu, związaną z zapewnieniem embrionowi dostępu do powietrza w przypadku długotrwałego zanurzenia jaja w wodzie oraz (2) ochronę jaja przed wysychaniem. Drugą z wymienionych funkcji potwierdzają badania Żukowskiego (1979), który obserwował normalny rozwój embrionalny jaj *P. brevicornis* pozbawionych egzochorionu i zanurzonych w wodzie. Z kolei Witaliński (1987) wykazał, że eksperymentalne usunięcie egzochorionu jaja *P. barbarus* znacznie obniża

odporność jaja na wysychanie. Di Palma i in. (2012) wykazali obecność parzystych gruczołów pochwowych u *Veigaia nemorensis* (C.L. Koch, 1839), *V. cerva* oraz *Veigaia* sp. (Veigaiidae). U *V. cerva* Di Palma i in. (2012) stwierdzili w macicy obecność dojrzałych jaj, otoczonych grubą osłoną jajową, jednak autorzy nie podają informacji czy osłona ta odpowiada endoczy egzochorionowi.

Z przytoczonego powyżej opisu wynika, że w strategii ochrony jaj u Mesostigmata istotną i równorzędną rolę pełnią:

1. konkretne zachowania (strategia behawioralna) obserwowane w pre-owipozycji i owipozycji;
2. zdolność do wytwarzania powierzchniowych struktur jaja, zabezpieczających lub ułatwiających jego zabezpieczenie, uwarunkowana obecnością odpowiednich struktur anatomicznych oraz procesów fizjologicznych przebiegających w żeńskim układzie rozrodczym (strategia fizjologiczna).

Stosunkowo rzadko publikowane, pełne opisy behawioru pre-owipozycji i owipozycji na poziomie gatunkowym oraz informacje dotyczące powierzchniowej struktury jaja ograniczone do wybranych gatunków z rodzin Parasitidae oraz Ologamasidae skłoniły mnie do rozpoczęcia badań w tym zakresie.

CELE BADAŃ

Zasadniczym celem prowadzonych przeze mnie badań było opisanie behawioru pre-owipozycji i owipozycji oraz strategii ochrony jaj u wybranych gatunków Mesostigmata. Szczegółowe cele prowadzonych badań były następujące:

1. opisanie i porównanie nieznanymi wcześniej sekwencji zachowań w pre-owipozycji oraz owipozycji następujących gatunków Mesostigmata: *Pergamasus brevicornis* Berlese, 1903 [Parasitidae], *Veigaia cerva* (Kramer, 1876) [Veigaiidae], *Lasioseius ometes* (Oudemans, 1903) [Blattisociidae], *Holaspulus tenuipes* (Berlese, 1904) [Parholaspididae], *Hypoaspis kargi* Costa, 1968 [Laelapidae] oraz *Macrocheles glaber* (Müller, 1860) [Macrochelidae];
2. określenie i porównanie strategii ochrony jaj u badanych gatunków, uwzględniające występowanie określonych zachowań oraz zdolność do wytwarzania powierzchniowych struktur ochronnych jaja.

MATERIAŁ I METODY

Fazy behawioru w procesie składania jaja u Mesostigmata, które zdefiniowali Walter & Proctor (2013), można przyporządkować do dwóch etapów tego procesu, które w niniejszym autoreferacie definiuję następująco:

1. pre-owipozycja – etap obejmujący fazy zachowania obserwowane od momentu wybrania przez samicę miejsca złożenia jaja, do momentu w którym samica rozpoczyna unoszenie ciała, bezpośrednio poprzedzające wypychanie jaja z otworu płciowego;

2. owipozycja – etap obejmujący fazy zachowania obserwowane od zakończenia pre-owipozycji do zakończenia procesu składania jaja.

Behawior pre-owipozycji i owipozycji badanych gatunków rejestrowany był z wykorzystaniem opracowanej z moim udziałem autorskiej metody obserwacji (Marquardt & Kaczmarek 2014) za pomocą systemu sieciowych kamer wideo wyposażonych w obiektywy makro, oraz rejestratorów sieciowych umożliwiających ciągłą rejestrację behawioru w zaprojektowanych w tym celu komorach obserwacyjnych, na arenach obserwacyjnych własnego projektu. Zastosowana metoda umożliwia rejestrację behawioru bez udziału obserwatora, pozwalając na analizę zjawisk występujących stosunkowo rzadko, których zaobserwowanie metodami bezpośrednimi, wymagającymi ciągłego zaangażowania obserwatora jest bardzo utrudnione, a w niektórych przypadkach niemożliwe. Behawior zarejestrowany stosowaną przeze mnie metodą można analizować wielokrotnie oraz wykorzystywać go jako dodatkową, nowoczesną ilustrację wyników. Potrzebę takiego właśnie ilustrowania podkreślił w odniesieniu do dwóch z moich prac Sabelis (2014) w nocie redakcyjnej *Experimental and Applied Acarology*.

W obserwacjach zastosowałem podłoże torfowe (pH 5,5 – 6,5), a w przypadku *V. cerva* podłoże gipsowo-węglowe (samice tego gatunku nie składały jaj w komorach obserwacyjnych na podłożu torfowym). W analizie morfologii jaj badanych gatunków wykorzystałem technikę mikroskopii optycznej w zakresie światła widzialnego (Leica DM3000 z DIC). Do każdej z opublikowanych prac dołączone zostały przykładowe nagrania (jako materiały dostępne online) ilustrujące wyniki badań. Samice badanych gatunków pochodziły z prowadzonych przeze mnie laboratoryjnych hodowli bądź wprowadzane były na areny obserwacyjne bezpośrednio po ekstrakcji z próbek pobranych w terenie. Poza

porównaniem zachowań obserwowanych w procesie składania jaja u badanych gatunków, przeanalizowałem również czas trwania oraz udział poszczególnych faz i etapów w łącznym czasie pre-owipozycji i owipozycji.

WYNIKI I DYSKUSJA

Łączny czas pre-owipozycji oraz owipozycji u badanych gatunków waha się od około 3,5 minuty u *P. brevicornis* do około 85 minut w przypadku *H. kargi* (Tabela 1). Średni udział pre-owipozycji przekracza 70% łącznego czasu obu etapów składania jaja u *V. cerva* i *M. glaber*, a w przypadku pozostałych gatunków waha się od 4% (*H. kargi*) do 37% (*P. brevicornis*).

Tabela 1. Średni czas trwania (T w sekundach \pm SD [minimum-maksimum]) oraz średni udział (% \pm SD [minimum-maksimum]) etapów pre-owipozycji i owipozycji u badanych gatunków Mesostigmata.

gatunek	T	pre-owipozycja	owipozycja
<i>P. brevicornis</i>	207 \pm 69 [144-280]	37 \pm 12,6 [23-45]	63 \pm 12,6 [55-77]
<i>L. ometes</i>	1768 \pm 577 [1119-2838]	10 \pm 3 [5-13]	90 \pm 3 [87-95]
<i>H. tenuipes</i>	1923 \pm 673 [1075-3646]	24 \pm 14 [4-47]	76 \pm 14 [53-96]
<i>H. kargi</i>	5112 \pm 1832 [3048-7504]	4 \pm 3,6 [1,3-10]	96 \pm 3,6 [90-98,7]
<i>V. cerva</i>	333 \pm 22 [307-346]	78 \pm 6,5 [71-83]	22 \pm 6,5 [17-29]
<i>M. glaber</i>	435 \pm 248 [230-843]	72 \pm 10 [62-91]	28 \pm 10 [9-38]

pre-owipozycja

U każdego z badanych przeze mnie gatunków, etap pre-owipozycji rozpoczyna się fazą sprawdzania podłoża w wybranym przez samicę miejscu owipozycji. Wszystkie gatunki do sprawdzania podłoża wykorzystują pierwszą parę odnóży, a *H. tenuipes* dodatkowo odnóża II pary. W przypadku samic *L. ometes* i *V. cerva* zaobserwowałem preferencję do składania jaj w zagłębieniach substratu. U wszystkich badanych gatunków w etapie pre-owipozycji zaobserwowałem również rytmiczne ruchy gnatosomy oraz intensywne poruszanie palpami, które prawdopodobnie również biorą udział w sprawdzaniu podłoża przed złożeniem jaja. U *V. cerva* ruchy gnatosomy polegają na poziomym, rytmicznym wysuwaniu ku przodowi i cofaniu gnatosomy z jednocześnie wzniesionymi odnóżami I pary, poruszającymi się rytmicznie (w płaszczyźnie strzałkowej) razem z gnatosomą. U *P. brevicornis* posuwisto-zwrotne ruchy gnatosomy w etapie pre-owipozycji nie są tak wyraźne jak u *V. cerva*. Samice *P. brevicornis* również poruszają odnóżami I pary w charakterystyczny sposób (w płaszczyźnie

poziomej), odmienny od ruchów obserwowanych u *V. cerva*. W przypadku *V. cerva* i *P. brevicornis* nie obserwowałem wyraźnego, rytmicznego zaginania gnatosomy na brzuszną stronę ciała w etapie pre-owipozycji, takie zachowanie było jednak dobrze widoczne pod koniec tego etapu u *L. ometes*, *H. kargi*, *H. tenuipes* oraz *M. glaber*. Rytmiczne ruchy gnatosomy oraz towarzyszące im ruchy pierwszej pary odnóży najprawdopodobniej związane są z ruchami mięśni przesuwających jajo w układzie rozrodczym w kierunku otworu płciowego.

Sprawdzanie podłoża w miejscu złożenia jaja jest stałą fazą etapu pre-owipozycji, którą obserwowali wcześniej Rapp (1959), Faasch (1967) oraz Korn (1982). W chwili obecnej niemożliwe jest określenie konkretnych czynników zewnętrznych lub wewnętrznych inicjujących fazę poszukiwania miejsca owipozycji przez samicę. Walter & Proctor (2013) sugerują, że poszukiwanie miejsca złożenia jaja inicjuje wewnętrzny nacisk formującego się w układzie rozrodczym jaja. Przemieszczanie się określonych struktur w układzie rozrodczym Parasitidae oraz Veigaiidae zaobserwowali Alberti i in. (1999) oraz Di Palma i in. (2012). W przypadku *Pergamasus crassipes*, u samic bliskich złożeniu jaja Alberti i in. (1999) obserwowali przemieszczanie ku przodowi struktur endogynium. Di Palma i in. (2012) opisali występujący u *V. nemorensis* zamek (zatrask) składający się z tłokowego wyrostka znajdującego się w pochwie oraz pasującego do niego wycięcia w epigynium. Przemieszczanie się wspomnianych wyżej struktur być może inicjuje poszukiwanie przez samicę miejsca owipozycji chociaż nie można wykluczyć, że takim bodźcem wewnętrznym jest rozszerzanie stosunkowo wąskiego kanału pochwowego w trakcie przesuwania jaja w kierunku otworu płciowego. Inicjacja poszukiwania miejsca owipozycji może również zależeć od innego czynnika, albo ma podłoże wieloczynnikowe, a określenie jej przyczyn wymaga dalszych badań. Trudno również obecnie określić, jakimi właściwościami substratu kieruje się samica każdego z gatunków, wybierając konkretne miejsce złożenia jaja – jednym z takich czynników dla *L. ometes* i *V. cerva* jest z pewnością ukształtowanie podłoża, biorąc pod uwagę zaobserwowaną u tych gatunków preferencję do składania jaj w zagłębieniach i szczelinach substratu. Taką preferencję obserwowano wcześniej u *P. carabi* (Korn 1982), a w przypadku *P. coleopratorum*, *U. marginata*, *U. orbicularis* oraz *A. dentata* zagłębienia substratu, w których składane było jajo, samice drążyły za pomocą II pary odnóży (Rapp 1959; Faasch 1967; Lee 1974).

owipozycja

W etapie owipozycji, samica każdego z badanych przeze mnie gatunków początkowo unosi ciało poprzez prostowanie odnóży, głównie II i III pary, w celu zapewnienia odpowiedniej przestrzeni dla jaja wypychanego z otworu płciowego. Zachowanie takie związane jest z pewnością z rozmiarem jaja, stosunkowo dużego w porównaniu z rozmiarami ciała samicy (u badanych przeze mnie gatunków długość jaja stanowi od 30% do 40% długości ciała samicy). U *P. brevicornis*, *L. ometes*, *H. kargi*, *H. tenuipes* oraz *M. glaber*, w chwili rozpoczęcia unoszenia ciała, samica zagina gnatosomę na stronę brzuszną aby pochwycić wypychane z otworu płciowego jajo. Jedynie w przypadku *V. cervina* nie obserwowałem takiego ruchu gnatosomy.

Po wypchnięciu jaja z otworu płciowego, u większości badanych przeze mnie gatunków jest ono początkowo przytrzymywane przez samicę pod gnatosomą, a średni udział tej fazy w łącznym czasie obu etapów składania jaja różni się pomiędzy gatunkami. W przypadku *P. brevicornis* przytrzymywanie jaja pod gnatosomą trwa średnio 45% łącznego czasu obu etapów, a dla *H. tenuipes*, *L. ometes*, *M. glaber* i *H. kargi* odpowiednio 23%, 19%, 8,5% oraz 0,3% łącznego czasu pre-owipozycji i owipozycji. W przypadku *V. cervina* nie występuje faza przytrzymywania jaja pod gnatosomą, a jajo u tego gatunku jest od razu przemieszczane ku przodowi (przed ciało) i chwywane chelicerami. W fazie przytrzymywania pod gnatosomą, powierzchnia jaja *P. brevicornis* zmienia właściwości optyczne – początkowo jajo jest gładkie i odbija światło, a następnie staje się matowe i przestaje odbijać promieniowanie świetlne. Zmiana optyczna powierzchni jaja tego gatunku, związana jest z wykształcaniem się w tej fazie na powierzchni jaja tzw. egzochorionu. Obecność egzochorionu jaja *P. brevicornis* stwierdził wcześniej Żukowski (1979), który jednak uprościł opis tej struktury („chropowata, z wyraźnie widocznym urzeźbieniem w postaci wzniesień i wgłębień”). Przeprowadzone przez mnie badania pozwoliły stwierdzić, że egzochorion jaja *P. brevicornis* posiada urzeźbienie w postaci siateczki ustawionych prostopadle do powierzchni jaja blaszek, a na jednym z biegunów jaja występują najczęściej dwa wyraźnie widoczne wyrostki, które powstają w trakcie odklejania chelicer od egzochorionu w końcowej fazie odkładania jaja na podłożu.

Stosunkowo długie przytrzymywanie jaja pod gnatosomą obserwowałem również u *L. ometes* oraz *H. tenuipes* (odpowiednio 19% oraz 23% łącznego czasu obu etapów). Również

u tych gatunków stwierdziłem występowanie rzeźbionego egzochorionu. W przypadku jaja *L. ometes* rzeźbienie to jest trudniej dostrzegalne niż w przypadku *P. brevicornis*. Jajo *L. ometes* posiada na powierzchni liczne, drobne stożkowate struktury, a na jednym z biegunów dwa wyraźne wyrostki, które są moim zdaniem odpowiednikiem wyrostków na biegunie jaja *P. brevicornis* i powstają w podobny sposób. Struktura egzochorionu jaja *H. tenuipes* przypomina obserwowaną na powierzchni jaja *P. brevicornis* sieć blaszek. Jajo *H. tenuipes* posiada również dwa wyrostki, jednak ich rozmieszczenie jest inne niż w przypadku *P. brevicornis* i *L. ometes*. Obecność dwóch wyrostków jaja *H. tenuipes*, po jednym na każdym z biegunów jaja, trudno wytłumaczyć odklejaniem chelicer od egzochorionu w trakcie odkładania jaja na podłożu. Procesu formowania się egzochorionu jaja *H. tenuipes* nie udało się zaobserwować, można jednak założyć, że egzochorion z tak rozmieszczonymi wyrostkami biegunowymi mógłby powstać przy pokrywaniu jaja w trakcie składania strukturą w postaci mufki, która tworzy blaszkowatą rzeźbę egzochorionu, a wolne jej końce formują obserwowane wyrostki. Według Ishikawy (1980), powierzchnia jaja *Parholaspulus ochraceus* (Ishikawa, 1966) jest gładka i perłowo-biała, co może świadczyć o występowaniu w rodzinie Parholaspididae podobnej różnorodności morfologii jaj jak w przypadku Parasitidae.

Po zakończeniu fazy przytrzymywania jaja pod gnatosomą, a w przypadku *V. cerva* bezpośrednio po fazie unoszenia ciała i wypychania jaja z otworu płciowego, samice badanych przeze mnie gatunków odkładają jajo na podłożu. U większości gatunków, przed odłożeniem jaja na podłoże, gnatosoma unosi się i jajo przemieszczane jest przed ciało samicy. Jedynie w przypadku *V. cerva* oraz *H. tenuipes* ruch gnatosomy w tej fazie jest odmienny. Gnatosoma *V. cerva* nie zagina się na stronę brzuszną w chwili rozpoczęcia unoszenia ciała. Jajo tego gatunku wypychane jest ku przodowi, podczas gdy chelicery wycofują się aby następnie pochwycić jajo przemieszczone przed ciało. Mechanizm przemieszczania jaja przed ciało u *V. cerva* jest trudny do określenia, nie bierze w nim jednak udziału, jak wykazały moje badania, gnatosoma. Jajo *V. cerva* chwyta jest przez samicę chelicerami, które następnie wysuwają się daleko ku przodowi i odkładają jajo na podłożu. U tego gatunku zaobserwowałem również, że samica może dokonywać korekty ustawienia jaja przed jego pochwyceniem chelicerami. Jajo zwykle wypychane jest z otworu płciowego w taki sposób, że długa oś jaja jest równoległa do długiej osi ciała samicy. Niekiedy zdarza się jednak, że jajo po wypchnięciu z otworu płciowego ustawia się mniej lub bardziej

poprzecznie – w takim przypadku samica *V. cerva* za pomocą palp i pierwszej pary odnóży przywraca równoległe ustawienie długiej osi jaja do długiej osi ciała. Taka korekta umożliwia pochwylenie jaja chelicercami równoległe do długiej osi jaja. Na podstawie wykonanej komputerowej symulacji chwytu jaja ustawionego podłużnie i poprzecznie do chelicerc stwierdziłem, iż budowę chelicery *V. cerva* można rozpatrywać nie tylko z punktu widzenia jej udziału w pobieraniu pokarmu, zgodnie z koncepcją zaproponowaną przez Buryńską & Brandla (1992), ale również biorąc pod uwagę stabilność chwytu jaja przez chelicercę w trakcie owipozycji (Marquardt i in. 2013a, Fig. 3, Fig. 4). Podłużny chwyt jaja chelicercami ułatwia, w mojej ocenie, samicy *V. cerva* umieszczanie jaja w szczelinach substratu. Również u *H. tenuipes* odkładanie jaja na podłożu jest odmienne niż u większości obserwowanych przez mnie gatunków. Samica *H. tenuipes* nie unosi gnatosomy i nie przemieszcza jaja przed ciało aby odłożyć je na substracie, a odkłada je pionowo w dół.

Odłożenie jaja na podłożu kończy etap owipozycji i jednocześnie cały proces składania jaja u *V. cerva* oraz *P. brevicornis*. W przypadku *P. brevicornis*, w końcowej fazie odkładania jaja na podłożu zaobserwowałem odklejenie się chelicerc od wykształconego na powierzchni jaja egzochorionu. Chelicercy przyklejają się do egzochorionu podczas jego wykształcania w fazie przytrzymywania jaja pod gnatosomą, a efektem ich odklejenia się od jaja są charakterystyczne wyrostki na jednym z jego biegunów. Warto zaznaczyć, że wyrostki takie nie były wcześniej obserwowane u *P. brevicornis* przez Żukowskiego (1979). Z odklejeniem się chelicerc od powierzchni jaja wiąże również występujące u *P. brevicornis* intensywne ruchy palp i chelicerc, obserwowane bezpośrednio po odłożeniu jaja na podłożu. W mojej ocenie behavior ten związany jest z oczyszczaniem gnatosomy z przyklejonych do niej pozostałości egzochorionu. Trudno określić, czy faza oczyszczania występuje również u innych obserwowanych przeze mnie gatunków wytwarzających egzochorion (*L. ometes* oraz *H. tenuipes*). Odkładanie jaja na substracie nie kończy u tych gatunków etapu owipozycji, a funkcję ruchów palp i chelicerc, obserwowanych w kolejnych fazach etapu owipozycji, trudno jednoznacznie zinterpretować.

Samica *L. ometes* w fazie odkładania jaja na podłożu umieszcza jajo w wybranym w etapie pre-owipozycji zagłębieniu substratu, a następnie rozpoczyna pokrywanie jaja cząsteczkami substratu za pomocą odnóży II pary. Odnóża tej pary wykorzystuje do pokrywania jaja substratem również samica *H. tenuipes*, jednak pokrywanie jaja przebiega u

tego gatunku inaczej niż u *L. ometes*. Ponieważ samice *H. tenuipes* nie wypychają jaja przed ciało przed odłożeniem na podłożu, pokrywaniu jaja substratem u tego gatunku towarzyszy powolne cofanie się samicy. Średni udział fazy pokrywania jaja cząsteczkami substratu stanowi u *L. ometes* i *H. tenuipes* odpowiednio 68% oraz 52% łącznego czasu pre-owipozycji i owipozycji, a samice tych gatunków w trakcie pokrywania jaja substratem pozostają cały czas w pobliżu jaja. Pokrywanie jaja cząsteczkami substratu obserwowałem również u *H. kargi*. Samica tego gatunku, inaczej niż w przypadku *L. ometes* i *H. tenuipes*, nie pozostaje w pobliżu jaja w trakcie jego pokrywania. Samica *H. kargi*, po odłożeniu jaja na podłożu, rozpoczyna poszukiwanie cząsteczek substratu, którymi następnie pokrywa jajo. W tym celu samica *H. kargi* oddala się od jaja, a następnie przynosi znalezione cząsteczki substratu za pomocą odnóży II pary. Po odłożeniu cząsteczki substratu na powierzchni jaja samica rozpoczyna poszukiwanie kolejnych drobin, a proces pokrywania jaja substratem stanowi u tego gatunku średnio 94% łącznego czasu pre-owipozycji i owipozycji. Powierzchnia jaja *H. kargi* (Laelapidae) pokryta jest śluzowatą substancją, która ułatwia pokrywanie jaja substratem. Podobny charakter powierzchni jaja obserwował u *P. carabi* (Parasitidae) Korn (1982), wiążąc ten fakt z obserwowanym u tego gatunku pokrywaniem jaja substratem. Samica *P. carabi*, odmiennie niż u *H. kargi*, składa jajo w wybranym zagłębieniu podłoża, a następnie pokrywa je substratem nie oddalając się od niego. Zachowania *P. carabi* najbardziej przypominają behavior obserwowany przez mnie u *L. ometes*, jednak te dwa gatunki różnią się morfologią jaja, która w przypadku *P. carabi* przypomina tą obserwowaną u *H. kargi*.

Również w przypadku *M. glaber* odłożenie jaja na substracie nie kończy etapu owipozycji. U tego gatunku, behavior w etapie owipozycji zależy od warunków środowiskowych, podobnie jak u innych badanych do tej pory Macrochelidae. Kinn & Witcosky (1977) oraz Krantz & Royce (1994) u *Macrocheles boudreauxi* Krantz, 1956 i *Macrocheles mycotrupetes* Krantz & Mellot, 1968 obserwowali jedynie jajorodność, jednak u wielu innych gatunków Macrochelidae np. *Macrocheles matrius* Hull, 1925, *Macrocheles robustulus* Berlese, 1904 oraz *Macrocheles peniculatus* Berlese, 1918 wykazano wpływ m.in. rodzaju i dostępności pokarmu oraz zagęszczenia populacji na tryb reprodukcji (Filipponi & Francaviglia 1963; Filipponi & Mosna 1969; Filipponi & Cicolani 1974). Za najsilniej działający czynnik modyfikujący tryb reprodukcji Macrochelidae uznano rodzaj pokarmu. Podczas

karmienia jajami Diptera, u wielu gatunków z tej rodziny obserwowano jajorodność, a podczas karmienia nicieniami u tych samych gatunków obserwowano żyworodność. Wpływ warunków środowiskowych na tryb reprodukcji *M. glaber* oraz behavior pre-owipozycji i owipozycji tego gatunku nie był wcześniej badany. W obserwacjach przeprowadzonych wcześniej przez Hallidaya (informacja ustna) stwierdzono, że podczas karmienia jajami Diptera samice *M. glaber* są jajorodne, a jaja umieszczane są w szczelinach lub zagłębieniach podłoża i nie są dodatkowo pokrywane drobinami substratu. Jak wynika z moich badań, samica *M. glaber* karmiona nicieniami nie oddala się od odłożonego na substracie jaja, z którego bezpośrednio po odłożeniu wykluwa się larwa. Samica tego gatunku ustawia jajo na podłożu w taki sposób, aby długa oś jaja była równoległa do podłoża i jednocześnie prostopadła do długiej osi ciała samicy. Następnie samica manipuluje chelicerami i palpami na powierzchni jaja, przylegającej do brzusznej strony ciała wykształconej wewnątrz larwy. Pomoc samicy w wykluwaniu larwy była wcześniej obserwowana u *Macrocheles cristati* Costa, 1967 oraz *Macrocheles schaeferi* Walter, 1988 (Costa 1967; Walter 1988), jednak stwierdzenia te opierały się na przypadkowych, pojedynczych obserwacjach u tych gatunków. We wszystkich zarejestrowanych przeze mnie przypadkach jajożyworodności *M. glaber*, samica pomaga larwie w wykluciu co świadczy o powszechności takiego zachowania u tego gatunku i może świadczyć o podobnym jego charakterze u *M. cristati* oraz *M. schaeferi*.

Samica *M. glaber* karmiona jajami Diptera składa jaja we wczesnej fazie rozwoju embrionalnego, a larwa rozwija się w nich poza ciałem samicy – jaja takie określiłem jako „jaja wczesne” w przeciwieństwie do „jaj późnych”, składanych przez samicę karmioną nicieniami, zawierających wykształconą larwę zdolną do wyklucia bezpośrednio po złożeniu jaja. Poza pojawiającą się w jajożyworodności *M. glaber* strategią ochrony potomstwa, polegającą na pomocy larwie w wykluciu, zmianę trybu reprodukcji należy również rozpatrywać jako strategię realizowaną poprzez przesunięcie embriogenezy w czasie. Modyfikujący wpływ czynników środowiskowych na tryb reprodukcji, związany z przesunięciem rozwoju embrionalnego z okresu po złożeniu jaja (w trybie jajorodności) na okres przed złożeniem jaja (w trybie jajożyworodności) lub odwrotnie, również należy traktować jako element strategii ochrony potomstwa u *M. glaber*.

W trakcie prowadzonych przeze mnie obserwacji owipozycji *M. glaber*, poza typowym składaniem „jaj późnych”, w kilku przypadkach zarejestrowałem również składanie „jaj wczesnych”. Po złożeniu „jaja wczesnego”, każda z obserwowanych samic *M. glaber* oczekuje przez stosunkowo krótki czas (od 1 do 4 minut) na wyklucie larwy, a następnie rozpoczyna pokrywanie jaja substratem z wykorzystaniem odnóży II pary. W jednym przypadku samica pokryła „jajo wczesne” substratem ale ostatecznie powróciła w miejsce owipozycji i pożarła jajo. Inne samice, przy pojawieniu się trudności z pokryciem „jaja wczesnego” substratem, pożerały jajo po około 4 minutach poświęconych na próbę jego pokrycia. U jednej z samic *M. glaber* zaobserwowałem również składanie jaja zdeformowanego. Ruchy samicy w trakcie tej owipozycji były chaotyczne i wyraźnie różniły się od typowych zachowań tego gatunku, a samica pożarła jajo z pominięciem próby pokrycia go substratem. Zaobserwowana przeze mnie zmiana behawioru w przypadku złożenia „jaja wczesnego” wskazuje na zdolność samic *M. glaber* do oceny żywotności i zaawansowania rozwoju embrionalnego jaja oraz modyfikowania behawioru w zależności od wyników tej oceny. Wskazuje to na występowanie u *M. glaber* większej liczby alternatywnych strategii, niż obserwowana do tej pory zmiana trybu reprodukcji. Obserwowany kanibalizm jaj *M. glaber* traktować należy w mojej ocenie, jako strategię kompromisową, polegającą na rezygnacji z aktualnej reprodukcji i odzyskaniu materii i energii zainwestowanej w produkcję jaja w celu jej reinwestycji w przyszły sukces reprodukcyjny.

PODSUMOWANIE WYNIKÓW I DALSZE PLANY NAUKOWE

Strategia ochrony jaja realizowana jest u zbadanych przeze mnie gatunków Mesostigmata w obu etapach procesu składania jaja. W etapie pre-owipozycji, zachowania związane z wyborem miejsca złożenia jaja są stałym elementem strategii zwiększającej szanse sukcesu reprodukcyjnego, realizowanym w podobny sposób u zbadanych do tej pory gatunków. Na obecnym etapie badań, poza obserwowaną u *V. cerva* oraz *L. ometes* preferencją do zagłębień i szczelin substratu, trudno określić właściwości podłoża które samica ocenia wybierając miejsce owipozycji. Również określenie bodźców zewnętrznych lub wewnętrznych, inicjujących fazę poszukiwania miejsca owipozycji, wymaga dalszych badań. Udział procentowy etapów pre-owipozycji i owipozycji w łącznym czasie procesu składania

jaja, zależy od wykorzystywanej przez konkretny gatunek strategii ochrony jaja. Relatywnie dłuższy czas poświęcany przez samicę *M. glaber* w etapie pre-owipozycji wynika ze stosunkowo krótkiego etapu owipozycji, w którym samica pomaga larwie w wykluciu. Taka forma opieki nad potomstwem pojawia się u tego gatunku w niekorzystnych warunkach środowiskowych, w których szybkie wyklucie się larwy umożliwia jej natychmiastowe rozpoczęcie wykorzystywania dostępnych zasobów oraz aktywne przemieszczanie się i unikanie drapieżników. Również w przypadku *V. cervina* etap owipozycji jest stosunkowo krótki i polega na sprawnym pochyceniu jaja, które następnie umieszczane jest w miejscu wybranym w etapie pre-owipozycji. U pozostałych zbadanych przez mnie gatunków t.j. *P. brevicornis*, *L. ometes*, *H. tenuipes* oraz *H. kargi*, średni udział etapu owipozycji wahał się od 63% do 96% łącznego czasu trwania procesu składania jaja. Taka proporcja wynika ze zdecydowanie dłuższego czasu jaki samice tych gatunków poświęcają na zabezpieczanie jaja w etapie owipozycji, w porównaniu z pre-owipozycją. Zabezpieczanie jaja w etapie owipozycji realizowane jest u *P. brevicornis*, *L. ometes*, *H. tenuipes* oraz *H. kargi* poprzez dwie uzupełniające się strategie: fizjologiczną oraz behawioralną. Strategia fizjologiczna związana jest ze zdolnością do wytwarzania na powierzchni jaja struktur zabezpieczających lub ułatwiających zabezpieczanie jaja. Egzochorion jaja *P. brevicornis* najprawdopodobniej powstaje z wydzielin gruczołów pochwowych, którymi jajo powlekane jest w trakcie lub bezpośrednio przed wypchnięciem z otworu płciowego. Na obecnym etapie badań można założyć podobne pochodzenie egzochorionu jaj *P. brevicornis*, *L. ometes* i *H. tenuipes* oraz śluzowatej substancji pokrywającej jajo *H. kargi*. Budowa żeńskiego układu rozrodczego oraz oogeneza u tych gatunków nie były jednak do tej pory badane. U gatunków, których jaja posiadają rzeźbiony egzochorion, do behawioralnej strategii ochrony jaja należy zaliczyć przytrzymywanie jaja pod gnatosomą w początkowej fazie etapu owipozycji. W przypadku *P. brevicornis*, to właśnie w tej fazie powstaje egzochorion, a samica oczekuje na jego wykształcenie przed odłożeniem jaja na substracie. Faza przytrzymywania jaja pod gnatosomą obserwowana u *L. ometes* i *H. tenuipes* ma moim zdaniem podobną funkcję. U *H. kargi* przytrzymywanie jaja pod gnatosomą trwa bardzo krótko (średnio 0,3% łącznego czasu pre-owipozycji i owipozycji), co wiąże się w mojej ocenie z pokrywaniem jaja tego gatunku śluzowatą substancją ułatwiającą pokrywanie jaja cząsteczkami substratu. Zakładając, że śluz pokrywający jajo *H. kargi* najprawdopodobniej traci z czasem swoje klejące właściwości, szybkie odłożenie jaja na substracie i przystąpienie do jego pokrywania jest optymalne z

punktu widzenia realizacji strategii jego ochrony. U *L. ometes* oraz *H. tenuipes* dodatkową strategią behawioralną w etapie owipozycji, poza stosunkowo długim przytrzymywaniem jaja pod gnatosomą w trakcie wytwarzania egzochorionu, jest pokrywanie jaja przez samicę cząsteczkami substratu. Pokrywanie jaja substratem u *L. ometes*, *H. tenuipes* oraz *H. kargi*, stanowi najdłuższą fazę etapu owipozycji, a behavior w tej fazie różni się wyraźnie pomiędzy tymi gatunkami.

Stosunkowo krótkie przytrzymywanie jaja pod gnatosomą przez samicę *M. glaber* można tłumaczyć brakiem konieczności wytwarzania egzochorionu w przypadku jajożyworodności. Być może brak takiej fazy u *V. cervae* wynika z niewystępowania egzochorionu na powierzchni jaj tego gatunku. Brak wyraźnie rzeźbionego, widocznego w mikroskopii świetlnej egzochorionu jaja *V. cervae* nie musi oczywiście oznaczać jego braku u tego gatunku, a kwestia ta wymaga dalszych szczegółowych badań z wykorzystaniem technik SEM i TEM, podobnie jak określenie występowania tej struktury u niebadanych do tej pory pod tym względem Macrochelidae. W przypadku Macrochelidae można również założyć, że egzochorion powstaje jedynie w trybie jajorodności, a w przypadku jajożyworodności nie jest wytwarzany, ponieważ wymagałoby to zbędnych w tym przypadku nakładów energii i materii oraz utrudniałoby wykluwanie się larwy.

Do tej pory opisano około 11,5 tysiąca gatunków Mesostigmata (Zhang 2011). Dostępne w literaturze opisy zachowań obserwowanych w procesie składania jaja, uwzględniając zaprezentowane w niniejszym autoreferacie wyniki moich badań, odnoszą się do zaledwie ułamka procenta znanych gatunków z tego rzędu. Przeprowadzone przeze mnie badania pozwoliły na scharakteryzowanie behavioru składania jaja oraz określenie różnic i podobieństw behavioru pre-owipozycji i owipozycji pomiędzy gatunkami Mesostigmata należącymi do różnych rodzin. Publikacje wymienione jako podstawa do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego, zawierają pierwsze na świecie, pełne opisy badanego przeze mnie behavioru w rodzinach Veigaiidae, Blattisociidae, Lalaepidae, Parholaspididae oraz Macrochelidae, a w przypadku rodziny Parasitidae uzupełniają nieliczne w tym zakresie informacje dostępne w literaturze. Udokumentowanie przeze mnie różnorodności zachowań w pre-owipozycji i owipozycji oraz ujęcie ich w kontekst różnorodności strategii zwiększających szanse sukcesu reprodukcyjnego, stanowi wstęp do dalszych badań nad behaviorem reprodukcji Parasitiformes. W przyszłości będę kontynuował badania

behavioru pre-owipozycji i owipozycji u przedstawicieli kolejnych rodzin, oraz kolejnych gatunków w rodzinach, które do tej pory obserwowałem. Poza przedstawicielami kohorty Gamasina, zgromadziłem dane dla wybranych gatunków z kohorty Uropodina – aktualnie oczekuję na decyzję w sprawie zgłoszonej do Journal of Natural History pracy p.t. „Pre-ovipositional and ovipositional behaviour of *Trichouropoda ovalis* (C.L. Koch) and *Uroobovella marginata* (C.L. Koch) (Parasitiformes: Uropodina: Trematuridae, Urodinychidae) with notes on egg incubation and hatching behaviour”. Mam nadzieję, że w przyszłości dane zgromadzone dla gatunków z innych podrzędów, kohort i rodzin Mesostigmata oraz innych rzędów Parasitiformes, pozwolą szerzej spojrzeć na behavior reprodukcji Parasitiformes w kontekście ewolucyjnym. Opisany przeze mnie behavior i strategie każdego z badanych gatunków, są efektem działania niezbadanych do tej pory tzw. bliższych i dalszych czynników sprawczych zachowania (Tinbergen 1963). Nie wiadomo obecnie czy, a jeżeli tak to w jaki sposób, behavior pre-owipozycji i owipozycji Mesostigmata zmienia się w ontogenezie. Zachowania związane z procesem składania jaja obserwujemy, z oczywistych względów, jedynie u samic, można jednak w tym kontekście zadać szereg pytań np. Na jakim etapie ontogenezy pojawiają się określone struktury i procesy fizjologiczne biorące udział w procesie składania jaja? Czy behavior pre-owipozycji i owipozycji zmienia się w trakcie życia samicy? Odpowiadając na drugie pytanie oczywiście należy rozróżnić zmianę behavioru wynikającą z możliwości stosowania alternatywnych strategii ochrony potomstwa (np. *M. glaber*) od zmian o charakterze ontogenetycznym (np. różnice w behaviorze pomiędzy młodszymi i starszymi samicami). Odpowiedź na pytania dotyczące dalszych czynników sprawczych obserwowanego behavioru pre-owipozycji i owipozycji (w odniesieniu do ewolucyjnej historii oraz znaczenia przystosowawczego behavioru) wymaga nie tylko zebrania większej ilości danych behavioralnych dla gatunków bliżej i dalej spokrewnionych z tymi już zbadanymi. Pełne wyjaśnienie behavioru obserwowanego w procesie składania jaj u Mesostigmata nie będzie możliwe bez kontynuacji m.in. badań wpływu czynników środowiskowych na stosowane strategie ochrony potomstwa (również w rodzinach innych niż zbadane do tej pory częściowo Macrochelidae) oraz znaczenia przystosowawczego tych strategii, badań filogenezy (np. Klompen i in. 2007, Dabert i in. 2010) oraz porównawczych badań struktur morfologicznych i anatomicznych związanych z reprodukcją Parasitiformes (np. Witaliński 1977, 1987; Alberti i in. 1991; Di Palma & Alberti 2006, Di Palma i in. 2012). Poza kontynuowaniem badań dotychczasowymi metodami, dzięki

nawiązaniu współpracy z prof. Antonellą Di Palma, posiadającą doświadczenie w badaniach anatomii i morfologii roztoczy z wykorzystaniem skaningowej i transmisyjnej mikroskopii elektronowej, rozpocząłem badania ultrastruktury wybranych gatunków, pochodzących z prowadzonych przeze mnie laboratoryjnych hodowli. W ramach realizowanego przeze mnie zadania p.t. Morfologia, ontogeneza i ultrastruktura roztoczy (Oribatida, Mesostigmata) (projekt MNiSW nr 008/RID/2018/19 na lata 2019-2022, funkcja: wykonawca) zaplanowano zakup skaningowego mikroskopu elektronowego. Niezbędną wiedzę i umiejętności w zakresie stosowania techniki SEM zdobędę w trakcie zaplanowanego w projekcie stażu w Department of the Sciences of Agriculture, Food and Environment, University of Foggia (opiekun stażu: prof. Antonella Di Palma, zaproszenie w Załączniku 7). Badania z wykorzystaniem obrazowania SEM i TEM umożliwią mi uzupełnienie danych behawioralnych informacjami na temat szczegółowej budowy struktur biorących udział w reprodukcji Mesostigmata.

Do najważniejszych efektów moich badań behawioru pre-owipozycji i owipozycji oraz strategii ochrony jaj u wybranych gatunków Mesostigmata należą:

1. Opublikowanie pierwszych na świecie pełnych opisów sekwencji zachowań w pre-owipozycji oraz owipozycji *Veigaia cerva* (Kramer, 1876), *Pergamasus brevicornis* Berlese, 1903, *Macrocheles glaber* (Müller, 1860), *Lasioseius ometes* (Oudemans, 1903), *Hypoaspis kargi* Costa, 1968 oraz *Holaspulus tenuipes* (Berlese, 1904), stanowiących jednocześnie pierwsze opisy tych zachowań w reprezentowanych przez badane gatunki rodzinach (z wyjątkiem *P. brevicornis*);
2. Pierwsze na świecie określenie występujących u badanych gatunków Mesostigmata strategii ochrony jaja, z uwzględnieniem behawioru oraz zdolności do wytwarzania powierzchniowych struktur ochronnych jaja, w tym:
 - Zaobserwowanie u badanych gatunków zróżnicowanych strategii ochrony jaja w etapie owipozycji:
 - umieszczanie jaja w szczelinach i zagłębieniach substratu (*V. cerva*),
 - pokrywanie jaja drobinami substratu (*M. glaber* w przypadku składania „jaj wczesnych”),
 - wytwarzanie egzochorionu (*P. brevicornis*),
 - wytwarzanie egzochorionu i pokrywanie jaja drobinami substratu (*H. tenuipes*),

- wytwarzanie egzochorionu, umieszczanie jaja w zagłębieniach substratu i pokrywanie jaja drobinami substratu (*L. ometes*),
 - pokrywanie jaja śluzową substancją umożliwiającą zabezpieczenie jaja poprzez pokrywanie go drobinami substratu (*H. kargi*),
 - pomaganie larwie w wykluciu (*M. glaber* w przypadku składania „jaj późnych”);
 - Opisanie struktury i określenie momentu powstawania egzochorionu jaj *P. brevicornis*, *L. ometes* i *H. tenuipes* oraz opisanie właściwości powierzchni jaja *H. kargi*;
3. Opisanie po raz pierwszy, występujących u *M. glaber* alternatywnych strategii reprodukcyjnych wykraczających poza stwierdzony do tej pory u Macrochelidae mechanizm jajorodność ↔ jajożyworodność / żyworodność.

Literatura

Alberti G., Gegner A., Witaliński W. 1999. Fine structure of the genital system in the females of *Pergamasus* mites (Acari: Gamasida: Pergamasidae). *J Morphol* 240:195–223.

Baker A.S., Schwarz H.H. 1997. Morphological differences between sympatric populations of the *Poecilochirus carabi* complex (Acari: Mesostigmata: Parasitidae) associated with burying beetles (Silphidae: *Nicrophorus*). *Syst Parasitol* 37:179–185.

Bal D.A., Özkan M. 2005. A new viviparous uropodid mite (Acari: Gamasida: Uropodina) for the Turkish fauna, *Macrodinychus* (*Monomacrodinychus*) *bregetovae* Hirschmann, 1975. *Turk J Zool* 29:125–132.

Bal D.A., Özkan M. 2007. Some biological and ecological remarks on *Trichouropoda orbicularis*, a pest of harvested maize grains and a larviparous uropodid mite (Acari: Mesostigmata: Uropodina). *Mun Ent Zool* 2:119–128.

Berry R.E. 1973. Biology of the predaceous mite, *Pergamasus quisquiliarum*, on the garden symphylan, *Scutigera immaculata*, in the laboratory. *Ann Entomol Soc Am* 66:1354–1356.

Burns R., Brandl R. 1992. Are the morphometrics of chelicerae correlated with diet in mesostigmatid mites (Acari)? *Exp Appl Acarol* 14:67–82.

Costa M. 1967. Notes on macrochelids associated with manure and coprid beetles in Israel. II. Three new species of the *Macrocheles pisentii* complex, with notes on their biology. *Acarologia* 9:304–329.

Dabert M., Witaliński W., Kaźmierski A., Olszanowski Z., Dabert J. 2010. Molecular phylogeny of acariform mites (Acari, Arachnida): Strong conflict between phylogenetic signal and long-branch attraction artifacts. *Mol Phylogenet Evol* 56:222–241.

- Di Palma A., Alberti G. 2006. Functional morphology of accessory structures involved in reproduction among gamasid mites (Acari, Anactinotrichida): a review. *Atti Acad Naz It Ent R. A.* LIII-2005:361–378.
- Di Palma A., Alberti G., Błaszak C., Krantz G.W. 2012. Morphological and functional adaptations of the female reproductive system in Veigaiidae (Acari: Gamasida) and implications regarding the systematic position of the family. *Zool Anz* 251:49–70.
- Elbadry E.A. 1972. Observations on the biology of *Pergamasus crassipes* (L.), a predaceous gamasid mite inhabiting forest soils in Bavaria (Acarina: Mesostigmata: Parasitidae). *Z Angew Entomol* 71:296–303.
- Faasch H. 1967. Beitrag zur Biologie der einheimischen Uropodiden *Uroobovella marginata* (C.L. Koch 1839) und *Uropoda orbicularis* (O.F. Müller 1776) und experimentelle Analyse ihres Phoresieverhaltens. *Zool Jb Syst Bd* 94:521–608.
- Filipponi A., Cicolani B. 1974. Influenza della temperatura sulla fecondità, longevità e capacità moltiplicativa nello intervallo ottimale di *Macrocheles matrius* (Acarina, Mesostigmata). *Riv Parassitol* 35:291–306.
- Filipponi A., Francaviglia G. 1963. Oviparità e larviparità in *Macrocheles peniculatus* Berl. (Acari: Mesostigmata) regolate da fattori ecologici. *Riv Parassitol* 24:81–104.
- Filipponi A., Francaviglia G. 1964. Larviparità facoltativa in alcuni Macrochelidi (Acari: Mesostigmata) associati a muscidi di interesse sanitario. *Parassitologia* 6:99–113.
- Filipponi A., Mosna B. 1969. Larviparità facoltativa in *Macrocheles robustulus* (Berlese 1904) (Acarina, Mesostigmata). *Parassitologia* 11:85–88.
- Hartenstein R. 1962. Life history studies of *Pergamasus crassipes* and *Amblygamasus septentrionalis* (Acarina: Parasitidae). *Ann Entomol Soc Am* 55:196–202.
- Hyatt K.H. 1980. Mites of the subfamily Parasitinae (Mesostigmata: Parasitidae) in the British Isles. *Bull Br Mus Nat Hist (Zool)* 38:237–378.
- Ishikawa K. 1980. Taxonomic and ecological studies in the family Parholaspidae (Acari, Mesostigmata) from Japan. Part 4. Reports of Research Matsuyama Shinonome Junior College. 11:183–190.
- Kiełczewski B., Wiśniewski J. 1977. Notes on larval development of the mites of the genus *Trichouropoda* (Trichouropodini, Uropodinae). *Acarologia* 18:407–409.
- Kinn D.N., Witcosky J.J. 1977. The life cycle and behaviour of *Macrocheles boudreauxi* Krantz. *Z Angew Entomol* 84:136–144.

- Klompen H., Lekveishvili M., Black IV W.C. 2007. Phylogeny of parasitiform mites (Acari) based on rRNA. *Mol Phylogenet Evol* 43:936–951.
- Korn W. 1982. Zur Fortpflanzung von *Poecilochirus carabi* G. u. R. Canestrini 1882 (syn. *P. necrophori* Vitzt.) und *P. austroasiaticus* Vitzthum 1930 (Gamasina, Eugamasidae). *Spixiana* 5:261–288.
- Krantz G.W., Royce L.A. 1994. Observations on the biology and behavior of *Macrocheles mycotrupetes* Krantz and Mellott (Acari: Macrochelidae). *Int J Acarol* 20:115–121.
- Lee D.C. 1974. Rhodacaridae (Acari: Mesostigmata) from near Adelaide, Australia. III. Behaviour and development. *Acarologia* 16:21–44.
- Marquardt T., Kaczmarek S. 2014. Continuous recording of soil mite behaviour using an Internet Protocol video system. *Int J Acarol* 40:1–6.
- Micherdziński W. 1969. Die familie Parasitidae Oudemans 1901 (Acarina, Mesostigmata). PWN, Warszawa.
- Müller J.K., Schwarz H.H. 1990. Differences in carrier-preference and evidence of reproductive isolation between mites of *Poecilochirus carabi* (Acari, Parasitidae) living phoretically in two sympatric *Necrophorus* species (Coleoptera, Silphidae), *Zoo Jahrb Syst Öko Geogr* 117:23–30.
- Radinovsky S. 1965a. The biology and ecology of granary mites of the Pacific Northwest. III. Life history and development of *Leiodinychus krameri* (Acarina: Uropodidae). *Ann Entomol Soc Am* 58:259–267.
- Radinovsky S. 1965b. The Biology and Ecology of Granary Mites of the Pacific Northwest. IV. Various Aspects of the reproductive behavior of *Leiodinychus krameri* (Acarina: Uropodidae). *Ann Entomol Soc Am* 58:267–272.
- Rapp A. 1959. Zur Biologie und Ethologie der Käfermilbe *Parasitus coleoptratorum* L. 1758. Ein Beitrag zum Phoresie-Problem. *Zoo Jahrb Syst Öko Geogr* 86:303–366.
- Sabelis M.W. 2014. Editorial 2014. *Exp Appl Acarol* 62:423–424.
- Schwarz H.H., Walzl M.G. 1996. Pairing, oviposition and development in two sibling species of phoretic mites (Acari: Mesostigmata: Parasitidae: *Poecilochirus* spp.) associated with burying beetles (Coleoptera: Silphidae: *Nicrophorus* spp.). *J Nat Hist* 30:1337–1348.
- Tinbergen N. 1963. On aims and methods of ethology. *Z Tierpsychol* 20:410–433.
- Walter D.E. 1988. *Macrocheles schaeferi* (Acari: Mesostigmata: Macrochelidae), a new species in the *subbadius* group from grassland soils in the central United States. *Ann Entomol Soc Am* 81:386–394.

Walter D.E., Proctor H.C. 2013. Mites: ecology, evolution & behaviour. Life at a microscale. 2nd ed. Dordrecht (The Netherlands): Springer Netherlands, Springer Science+Business Media.

Witaliński W. 1977. Scanning microscopy investigations of egg surface of some mesostigmatic Acari. *Pedobiologia* 17:97–101.

Witaliński W. 1987. Egg shells in mites: cytological aspects of vitelline envelope and chorion formation in *Pergamasus barbarus* Berlese (Gamasida, Pergamasidae). *Int J Acarol* 13:189–196.

Zhang Z-Q. 2011. Phylum Arthropoda von Siebold, 1848. In: Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness, Z.-Q. Zhang, (Ed.), *Zootaxa* 4138:99–103.

Żukowski K. 1979. Reproduction and development of *Pergamasus brevicornis* Berlese, 1903 (Acarina, Mesostigmata, Parasitidae). PZH Warszawa.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Jestem autorem/współautorem 45 publikacji (z uwzględnieniem artykułów wymienionych w punkcie 4b autoreferatu), z których 15 opublikowano w czasopismach znajdujących się na liście *Journal Citation Reports*. Łączna liczba punktów MNiSW wynosi 514³, a sumaryczny Impact Factor 20,462⁴. Moje prace były do tej pory cytowane 47⁵/78⁶ razy, w tym 31⁵/60⁶ razy bez autocytowań. Mój indeks Hirscha wynosi 5^{5,6}. Za osiągnięcia naukowe zostałem nagrodzony przez Rektora Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy w latach 2007, 2008, 2015 i 2018. Wyniki moich badań prezentowałem na międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych (VI, VII oraz VIII Congress of European Association of Acarologists, XIV International Congress of Acarology, VIII Central European Workshop on Soil Zoology, XXVIII, XXIX, XXX, XXXI, XXXII, XXXIV oraz XXXV Sympozjum Akarologiczne, V Konferencja Fauna Miast). Recenzowałem również publikacje zgłaszane do druku w: *International Journal of Acarology*, *Acarologia*, *Biological Letters* oraz *Periodicum Biologorum*. Do tej pory brałem udział w dwóch stażach naukowych (Katedra

³ Punktacja MNiSW zgodnie z rokiem opublikowania (dla prac opublikowanych w latach 2017-2019 punktacja MNiSW w roku 2016 zgodnie z wykazem na lata 2013-2016 z dnia 25 stycznia 2017r.)

⁴ Wartości IF zgodnie z rokiem opublikowania na podstawie InCites Journal Citation Reports (dla prac opublikowanych w latach 2018-2019 zgodnie z IF₂₀₁₇).

⁵ Według Web of Science Core Collection

⁶ Według Web of Science All Databases

Entomologii Stosowanej SGGW Warszawa oraz Insect Ecology lab, Agricultural Science and Technology Research Center of Andong National University, Korea). W roku 2020 odbędę staż w Department of the Sciences of Agriculture, Food and Environment, University of Foggia w ramach realizacji zadania p.t. Morfologia, ontogeneza i ultrastruktura roztoczy (Oribatida, Mesostigmata) (projekt MNiSW nr 008/RID/2018/19 na lata 2019-2022, funkcja: wykonawca). Badania prowadzę we współpracy z naukowcami z Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, a także z prof. A. Di Palma (University of Foggia), prof. G.W. Krantzem (Oregon State University), prof. C. Jungiem (Insect Ecology lab, Agricultural Science and Technology Research Center of Andong National University) oraz dr B. Hallidayem (CSIRO Ecosystem Sciences, Canberra).

Szczegółowy wykaz moich wszystkich prac naukowych, informacje o referatach i posterach prezentowanych na konferencjach oraz udziale w realizacji projektów badawczych przedstawiłem w Załączniku 4. Poniżej opisałem moje pozostałe osiągnięcia naukowe oraz przedstawiłem zestawienie wskaźników bibliometrycznych oraz tabelę podsumowującą mój dorobek naukowy przed i po uzyskaniu stopnia doktora.

Poza dorobkiem naukowym obejmującym publikacje dotyczące behawioru pre-owipozycji i owipozycji oraz strategii ochrony jaj u wybranych gatunków Mesostigmata, omówionym w części dotyczącej głównego osiągnięcia naukowego, jestem również współautorem artykułów, które można zaliczyć do dwóch nurtów badawczych dotyczących:

1. różnorodności zgrupowań Mesostigmata
2. ontogenezy Mesostigmata i Oribatida.

Różnorodność zgrupowań Mesostigmata

Przed obroną rozprawy doktorskiej prowadziłem głównie badania różnorodności zgrupowań Mesostigmata w wybranych siedliskach rezerwatu Bagno Stawek w Zaborskim Parku Krajobrazowym. Przeprowadzenie 3-letnich badań w pięciu typach siedlisk w gradiencie wilgotności (*Leucobryo-Pinetum*, *Molinio-Pinetum*, *Vaccinio uliginosi-Pinetum*, *Ledo-Sphagnetum magellanici* oraz *Caricetum lasiocarpae*) umożliwiło scharakteryzowanie i porównanie różnorodności zgrupowań Mesostigmata badanych siedlisk, określenie

preferencji siedliskowych na poziomie rodziny i gatunku oraz scharakteryzowanie reakcji zgrupowań w strefach ekotonowych pomiędzy badanymi siedliskami. Wyniki zebrane na obszarze rezerwatu Bagno Stawek publikowałem zarówno przed jak i po obronie rozprawy doktorskiej (Załącznik 4: Kaczmarek & Marquardt 2004a, 2006a, 2007a,b, 2008b; Kaczmarek i in. 2006b,c,d, 2008c; Marquardt & Kaczmarek 2009). Badania różnorodności zgrupowań Mesostigmata w siedliskach podmokłych prowadziłem również na innych, nieobjętych dotąd badaniami akarologicznymi obszarach jak rezerwat Niebieskie Źródła (Załącznik 4: Kaczmarek & Marquardt 2006c; Kaczmarek i in. 2008a), Wielkie Torfowisko Batorowskie (Załącznik 4: Kaczmarek i in. 2006d), rezerwat Wielka Kępa Ostromecka (Załącznik 4: Kaczmarek i in. 2010b, 2012), rezerwat torfowiskowy Linie (Załącznik 4: Kaczmarek i in. 2011a) oraz leśnictwo Osowa Góra (Załącznik 4: Marquardt i in. 2011).

W moim dorobku naukowym posiadam również prace dotyczące różnorodności zgrupowań Mesostigmata w innych niż podmokłe typach siedlisk na obszarze Polski, a także Chorwacji, Ukrainy i Republiki Korei (Załącznik 4: Kaczmarek & Marquardt 2004b,c, 2006b,d, 2008a, 2010; Kaczmarek i in. 2006a, 2008b, 2009, 2011b; Faleńczyk-Koziróg i in. 2014). Jestem również współautorem publikacji dotyczących sukcesji zgrupowań Mesostigmata w siedliskach borowych i grądowych na obszarze Polski oraz pożarzyskach na obszarze Republiki Korei (Załącznik 4: Jung i in. 2010; Kaczmarek i in. 2010a; Faleńczyk-Koziróg i in. 2012).

Moje doświadczenie w badaniach różnorodności zgrupowań oraz biologii Mesostigmata, umożliwiło w ostatnim czasie opublikowanie w *European Journal of Soil Biology* pracy p.t. „Microhabitat preferences of Oribatida and Mesostigmata (Acari) inhabiting lowland beech forest in Poland and the trophic interactions between these mites”. W tej publikacji, poza określeniem różnorodności zgrupowań Mesostigmata i Oribatida w różnych typach mikrośrodków, określiłem także powiązania troficzne pomiędzy badanymi grupami roztoczy na podstawie analizy korelacji zagęszczenia Mesostigmata i Oribatida (Seniczak i in. 2018a).

Do najważniejszych efektów współprowadzonych przeze mnie badań różnorodności zgrupowań Mesostigmata należą:

1. Określenie różnorodności zgrupowań Mesostigmata i Oribatida oraz powiązań troficznych pomiędzy tymi rzędami w mikrośrodkach buczyny niżowej (*Melico-Fagetum*);
2. Określenie wpływu intensywności oddziaływania pożaru na różnorodność oraz sukcesyjne odtwarzanie zgrupowań Mesostigmata na obszarze Republiki Korei;
3. Kompleksowe opracowanie różnorodności zgrupowań Mesostigmata w siedliskach oraz strefach ekotonowych na obszarze rezerwatu Bagno Stawek:
 - wykazanie bioindykacyjnego charakteru *Platyseius italicus* (Berlese, 1905), *P. subglaber* (Oudemans, 1902), *Cheiroseius borealis* (Berlese, 1904), *Ch. curtipes* (Halbert, 1923), *Ch. mutilus* (Berlese, 1916) oraz *Veigaia transisalae* (Oudemans, 1902), związanego z ich preferencją do siedlisk o wysokiej wilgotności;
 - wykazanie ekotonowego charakteru *Uropoda misella* (Berlese, 1916) i *Uroobovella minima* (C.L. Koch, 1841).
4. Stwierdzenie nowych dla fauny Polski *Stylochirus giganteus* (Willmann, 1938) oraz *S. rovennensis* G. & R. Canestrini, 1882 w badanych torfowiskach.

Ontogeneza Mesostigmata i Oribatida.

W tym nurcie badawczym, jako współautor opublikowałem do tej pory wyniki badań rozwoju postembrionalnego wybranych gatunków Mesostigmata t.j. *Sejus togatus* C.L. Koch, 1836 [Sejidae] oraz *Trichouropoda ovalis* (C.L. Koch, 1839) [Trematuridae] (Marquardt & Kaczmarek 2017, 2019), a także wyniki badań zmian morfologii w ontogenezie wybranych gatunków Oribatida t.j. *Anachipteria magnilamellata* (Ewing, 1909) [Achipteriidae], *Diapterobates altaicus* Bayartogtokh, 2010 [Ceratozetidae], *Heptacarus hirsutus* Wallwork, 1964 [Lohmanniidae], *Minunthozetes pseudofusiger* (Schweizer, 1922) [Punctoribatidae] oraz *Protoribates dentatus* (Berlese, 1883) [Haplozetidae] (Seniczak i in. 2017, 2018b,c,d,e). Aktualnie oczekuję na decyzję w sprawie zgłoszonej do International Journal of Acarology pracy p.t. „Postembryonic development of *Holaspulus tenuipes* (Berlese, 1904) (Parasitiformes: Mesostigmata: Parholaspididae)”.

Do najważniejszych efektów współprowadzonych przeze mnie badań dotyczących ontogenezy Mesostigmata i Oribatida należą:

1. Pierwsze na świecie określenie czasu trwania stadiów młodocianych oraz opisanie zmian morfologii w ontogenezie *Sejus togatus* C.L. Koch, 1836 oraz *Trichouropoda ovalis* (C.L. Koch, 1839) z uwzględnieniem ontogenezy samców i samic:
 - określenie zmian długości i szerokości ciała stadiów młodocianych i dorosłych;
 - określenie czasu pojawiania się wybranych cech w ontogenezie *T. ovalis*;
 - określenie możliwości odróżnienia młodszych i starszych deutonimf *T. ovalis* na podstawie wybranych cech morfologicznych;
2. Opublikowanie po raz pierwszy pełnych opisów morfologii stadiów młodocianych oraz określenie ontogenetycznych zmian morfologii i wartości diagnostycznej wybranych cech *A. magnilamellata*, *D. altaicus*, *H. hirsutus*, *M. pseudofusiger* oraz *P. dentatus*.

Behawior zaplemnienia

Poza wykorzystywaniem opracowanej metody obserwacji do rejestrowania behawioru pre-owipozycji i owipozycji, system kamer sieciowych wykorzystałem również do zebrania danych dotyczących behawioru zaplemnienia wybranych gatunków Mesostigmata.

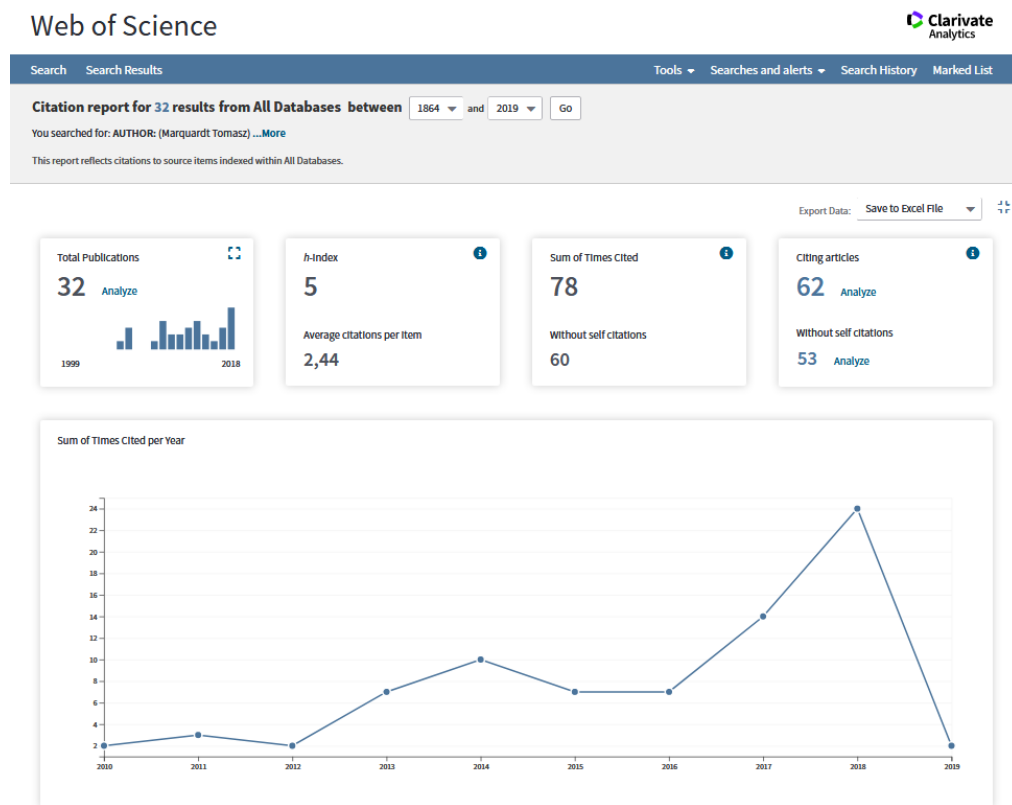
W pracy Marquardt & Kaczmarek (2013) scharakteryzowałem nieopisany wcześniej behawior architokospermii *Trichouropoda ovalis*, który przedstawiłem na tle ogólnym (typy transferu nasienia w kontekście filogenetycznym) oraz szczegółowym (dane dotyczące behawioru zaplemnienia na poziomie gatunkowym) behawioru zaplemnienia Parasitiformes. Podobnie jak w przypadku większości obserwowanych do tej pory Parasitiformes, u *T. ovalis* stwierdziłem, że proces ten inicjowany jest przez samca zbliżającego się do nieruchomej samicy. Również ustawianie brzusznych powierzchni ciała samca i samicy pod kątem, zapewniające przestrzeń dla wytwarzanego spermatoforu, było wcześniej obserwowane wśród Uropodina, choć samo formowanie spermatoforu u *T. ovalis* trwało wyraźnie krócej niż u wcześniej badanych gatunków z tej kohorty. Udział chelicer w transferze spermatoforu potwierdziłem metodą obserwacji bezpośredniej. Najdłuższą fazą obserwowanego zjawiska był transfer nasienia (endospermatoforu), który trwał około 52% łącznego czasu matingu *T. ovalis* i był wyraźnie krótszy niż u wcześniej badanych Uropodina. Końcową fazę procesu zaplemnienia, ze względu na zarejestrowany behawior samca, przedyskutowałem w kontekście obserwowanych już wcześniej wśród niektórych Parasitiformes zachowań o

charakterze postcopulatory-guarding. Do tej pory zgromadziłem również dane dotyczące behawioru zaplemnienia u *H. tenuipes*, które opublikuję w przyszłości.

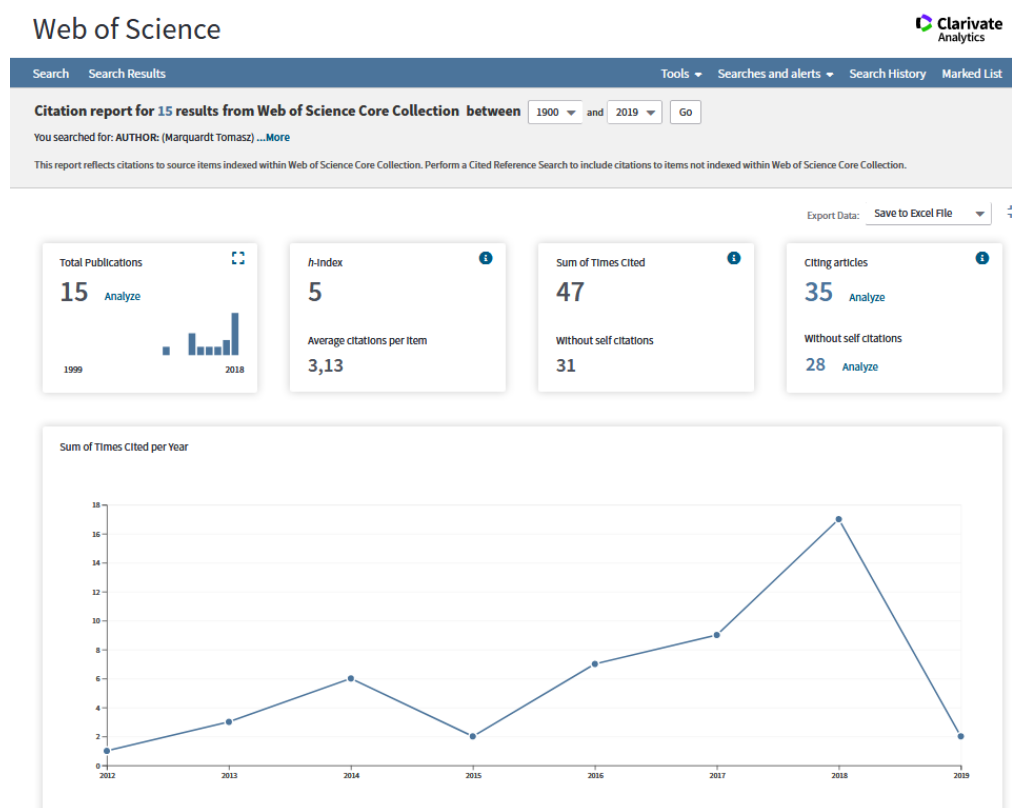
Zestawienie osiągnięć naukowych

typ publikacji	przed doktoratem	po doktoracie	łącznie		
Prace oryginalne			Liczba publikacji	Suma punktów MNiSW	Impact Factor
w czasopismach z listy JCR	0	15	15	380	20,462
w czasopismach spoza listy JCR	2	11	13	68	-
rozdziały w monografiach	5	1	6	57	-
artykuły pokonferencyjne	5	3	8	0	-
Prace przeglądowe					
w czasopismach spoza listy JCR	1	0	1	3	-
rozdziały w monografiach	0	2	2	6	-
RAZEM	13	32	45	514	20,462

Dane bibliometryczne wg Web of Science (All Databases)



Dane bibliometryczne wg Web of Science (Core Collection)



6. Omówienie osiągnięć dydaktycznych, popularyzatorskich i organizacyjnych

W okresie przed jak i po uzyskaniu stopnia doktora aktywnie angażowałem się w działalność dydaktyczną, popularyzatorską i organizacyjną Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy. W ramach działalności dydaktycznej do tej pory prowadziłem zajęcia dla studentów kierunków biologia, ochrona środowiska, biotechnologia i zarządzanie przyrodą, prowadzonych na Wydziale Nauk Przyrodniczych UKW. Realizowałem również zajęcia dla studentów kierunków prowadzonych na innych wydziałach Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego t.j. pedagogice, pedagogice wczesnoszkolnej, edukacji techniczno-informatycznej oraz dla słuchaczy studiów podyplomowych wczesnej edukacji oraz studiów podyplomowych przyrody, biologii i ochrony środowiska. Prowadzone przeze mnie zajęcia obejmują głównie zagadnienia związane z biologią i ekologią gleby, paleobiologią oraz biogeografią. Zajęcia prowadzę również dla uczestników programu ERASMUS+. Jestem współautorem skryptu do zajęć z zoologii bezkręgowców (Kaczmarek & Marquardt 2004d, Załącznik 4 strona 21). Do tej pory pełniłem funkcję promotora 17 prac magisterskich i 10 prac licencjackich. Aktualnie pełnię funkcję promotora pomocniczego jednej pracy doktorskiej.

W ramach popularyzacji wiedzy prowadziłem wykłady i warsztaty w trakcie cyklicznych wydarzeń na Uniwersytecie Kazimierza Wielkiego takich jak Bydgoski Festiwal Nauki, Noc Biologów, Drzwi Otwarte oraz w ramach cyklu wykładów dla maturzystów p.t. „Bliskie spotkania z biologią”. Prowadziłem również zajęcia p.t. „Tajemnice skrywane pod powierzchnią gleby”, które przygotowałem w ramach oferty dydaktycznej Katedry Biologii Ewolucyjnej dla szkół podstawowych i ponadpodstawowych.

W ramach działalności organizacyjnej pełniłem funkcję prodziekana ds. dydaktycznych Wydziału Nauk Przyrodniczych UKW oraz członka Senatu UKW w latach 2012-2016. Od roku 2012 pełniłem również funkcje przewodniczącego oraz członka komisji i zespołów działających na poziomie Wydziału i Uniwersytetu m.in. Senackiej Komisji Dydaktyki i Jakości Kształcenia (2012-2016), Wydziałowej Komisji Dydaktycznej (od 2012), Uczelnianej Komisji Dyscyplinarnej dla Doktorantów (od 2016), Uczelnianego Zespołu ds. Jakości Kształcenia (od 2016), Wydziałowej Komisji ds. Rozwoju i Oceny Kadry (od 2016) oraz Wydziałowej Komisji ds. Nagród i Wyróżnień dla Studentów i Absolwentów (od 2012). Koordynowałem również cykl spotkań z przedstawicielami potencjalnych pracodawców dla absolwentów kierunków

studiów prowadzonych na Wydziale Nauk Przyrodniczych w projekcie „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego uczelni” finansowanym w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego w Programie Operacyjnym Kapitał Ludzki (2012-2014). Za działalność organizacyjną zostałem czterokrotnie (2012, 2013, 2015, 2017) nagrodzony przez Rektora Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy. W roku 2015 otrzymałem Medal Komisji Edukacji Narodowej oraz brałem udział w organizacji XXII Konferencji Dziekanów Wydziałów Przyrodniczych Uniwersytetów Polskich. W bieżącym roku, jako członek komitetu organizacyjnego, biorę udział w organizacji XXXVI Sympozjum Akarologicznego. Szczegółowy wykaz moich osiągnięć dydaktycznych, popularyzatorskich i organizacyjnych przedstawiłem w Załączniku 4.

Tomasz Marquardt