

AUTOREFERAT

Opis dorobku i osiągnięć naukowych

Dr inż. Karol Giejdasz

**Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Wydział Medycyny Weterynaryjnej i Nauk o Zwierzętach
Zakład Hodowli Owadów Użytkowych
Instytut Zoologii**

Poznań 2017

Spis treści

1. Dane personalne.
2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.
4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.):
 - a) Tytuł osiągnięcia naukowego,
 - b) Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia
 - c) Omówienie celu naukowego prac i osiągniętych wyników
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych.
6. Działalność dydaktyczna i organizacyjna
7. Bibliografia

1. Imię i nazwisko: Karol Giejdasz

Miejsce pracy: Instytut Zoologii, Zakład Hodowli Owadów Użytkowych
Wydział Medycyny Weterynaryjnej i Nauk o Zwierzętach
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 71C, 60-625 Poznań

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

- a) inżynier, kierunek zootechnika, Akademia Rolnicza w Poznaniu, 1995,
- b) magister, kierunek zootechnika Akademia Rolnicza w Poznaniu, 1996,
- c) doktor nauk rolniczych w zakresie zootechniki, Akademia Rolnicza w Poznaniu, 2002,
tytuł rozprawy: „Bionomia i reprodukcja pszczoły samotnicznej murarki ogrodowej (*Osmia rufa* L. *Megachilidae*)”, promotor prof. dr hab. Zdzisław Wilkaniec

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- a) 01.10.1996 - 31.12.2002 – asystent, Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu, Katedra Hodowli Owadów Użytkowych Wydział Zootechniczny.
- b) 01.01.2003 do chwili obecnej – adiunkt, Uniwersytet Przyrodniczy, Wydział Medycyny Weterynaryjnej i Nauk o Zwierzętach, Instytut Zoologii, Zakład Hodowli Owadów Użytkowych

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.):

a) Tytuł osiągnięcia naukowego,

Reprodukcja i ontogeneza, możliwości jej kontroli u pszczoły murarki ogrodowej
Osmia rufa L. jako owada zapylającego rośliny

b) Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia

1. Giejdasz K., Fliszkiewicz M., Bednárová A., Krishnan N. (2016) Reproductive potential and nesting effects of *Osmia rufa* (syn. *bicornis*) female (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of Apicultural Science*, 60(1), 75-85. . (IF 0,571; MNiSW 20 pkt.)

2. Giejdasz K., Fliszkiewicz M. (2016) Effect of temperature treatment during development of *Osmia rufa* L. on mortality, emergence and longevity of adults. *Journal of Apicultural Science* 60(2), 221–232. . (IF 0,571; MNiSW 20 pkt.)
3. Giejdasz K., Wasielewski O. (2017) Effect of artificial prolonged wintering on emergence and survival of *Osmia rufa* adults. *Journal of Apicultural Science*, 61 (1): 95-105, (IF 0,571; MNiSW 20 pkt)
4. Giejdasz K., Wasielewski O. (2017) Methoprene and temperature stimulation of emergence and longevity in adults of *Osmia rufa* L. (Megachilidae; Apoidea) during wintering period. *Journal of Apicultural Science*, 61 (1), 107-115. (IF 0,571; MNiSW 20 pkt.)

c) Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników

Pszczoły są głównymi owadami zapylającymi rośliny okrytozalążkowe, dziko rosnące, jak i uprawne. Owady zapylające są niezbędne do utrzymania różnorodności biologicznej, a także plonowania roślin uprawnych; z tego powodu mają istotne znaczenie ekologiczne i ekonomiczne (Klein i in. 2007).

Niestety utrata naturalnych siedlisk, wraz z roślinami pokarmowymi, a także wzrost użycia pestycydów stały się głównymi przyczynami spadku liczebności i bioróżnorodności pszczół (Goulson i in. 2015). W ubiegłym stuleciu ekstynkcja owadów pszczołowatych nasilała się w okresach gwałtownych przemian społecznych i przemysłowych, a największą rolę odegrały zmiany w systemach agrarnych, nakierowane na intensyfikację rolnictwa (Ollerton i in. 2014). Ponadto do spadku liczebności owadów zapylających przyczyniają się patogeny i pasożyty, gatunki inwazyjne, gospodarka rabunkowa oraz zmiany klimatu (Brown i Paxton 2009).

Pszczoły dziko żyjące oraz pszczoła miodna, obecna na wszystkich kontynentach, świadczą usługę zapylania w agrocenozach i środowiskach naturalnych (Adamson i in. 2012; Holzschuh i in. 2012; Brittain i in. 2013; Garibaldi i in. 2013). Pszczoła miodna jest dominującym gatunkiem w krajobrazie rolniczym i odgrywa ważną rolę w zapylaniu upraw, jednak podlega ona oddziaływaniu coraz większej liczby czynników zagrażających jej bytowaniu. Efektem takiego zagrożenia było zjawisko masowego ginięcia rodzin pszczelich, które po raz pierwszy zaobserwowano w USA (Oldroyd 2007). Do najważniejszych przyczyn ginięcia pszczoły miodnej należą: kosmopolityczny roztocz *Varroa destructor*, wirusy, bakterie i grzyby

patogenne, środki ochrony roślin takie jak neonicotynoidy w nektarze i pyłku, okresowy brak pokarmu lub monodieta (Dietemann i in. 2012; Genersch 2010; Henry i in. 2012; Naug 2009). Pszczoła miodna, pomimo że jest uniwersalnym owadem zapylającym, to jej spektrum roślin zapylanych jest ograniczone. Nie zapyla kwiatów pomidorów i papryki, które wymagają zapylania wibracyjnego. Jest także mało efektywnym zapylaczem lucerny i koniczyny czerwonej. Nieodpowiednia jest także do zapylania upraw pod osłonami.

Ograniczenie naturalnych zasobów owadów zapylających, a także spadek liczebności pszczoły miodnej i jej brak przystosowania do zapylania niektórych roślin były powodem skierowania uwagi na gatunki dziko żyjące pszczół, które możemy rozmnażać w kontrolowany sposób. Na świecie komercyjny sukces jako zapylacze roślin uprawnych odniosły pszczoła samotnie żyjąca miesierka lucernowa *Megachile rotundata*, także trzmiele *Bombus* spp. (Velthuis, Doorn 2006; Pitts-Singer, Cane 2011). Do tej grupy owadów zapylających z pewnością można zaliczyć także kilka gatunków pszczół murarek *Osmia* spp. (Sedivy, Dorn 2014). W wielu krajach prowadzi się kontrolowany wychów gatunków z rodzaju *Osmia* (Raw 1972; Parker i in. 1987; Torchio 1991; Bosch 1994; Kemp 2000; Pitts-Singer i in. 2008; White i in. 2009). Owady te wykorzystuje się z powodzeniem do zapylania upraw sadowniczych, nasienniczych i pod osłonami (Holm 1973; Schittenhelm i in. 1997; Bosch, Kemp 2002; Krunić, Stanisavljević 2006).

W Polsce natomiast rodzimym gatunkiem pszczoły dziko żyjącej, który znalazł zastosowanie w zapylaniu roślin uprawnych, jest *Osmia rufa*. Murarka ogrodowa, tak nazwana przez Wójtowskiego (1979) jest monowoltynnym gatunkiem pszczoły, powszechnie występującej w Europie Środkowej (Westerich 1989). Ten polilektyczny gatunek preferuje między innymi drzewa owocowe i jest efektywnym owadem zapylającym w sadach. Murarka ogrodowa polecana jest do zapylania jabłoni, wiśni, brzoskwini, czarnej porzeczki, borówki wysokiej i truskawki (Wilkaniec, Radajewska 1996; Wilkaniec, Maciejewska 1998; Biliński, Teper 2004; Fliszkiewicz i in. 2011). Murarka ogrodowa może być stosowana z powodzeniem do zapylania wielu różnych upraw pod osłonami (Benedek 2003). Natomiast w uprawie polowej rzepaku może zastępować lub uzupełniać pszczoły miodne (Teper, Biliński 2009). Murarka ogrodowa jest skutecznym zapylaczem upraw nasiennych prowadzonych w izolatorach (Schittenhelm i in. 1997). Z tego względu pszczoła ta jest coraz częściej wykorzystywana przez hodowców roślin i firmy nasiennicze do zapylania szczególnie cebuli, marchwi, kapusty, rzepy,

rzodkiewki, sałaty. *Osmia rufa* znajduje też zastosowanie w twórczych hodowlach roślin, w których trzeba prowadzić krzyżowanie roślin w izolatorach (Kaminski 2010).

Opracowanie metod wykorzystania do zapylania dziko żyjących gatunków pszczół poprzedza wiele badań z zakresu biologii i ekologii gatunku owada, a także potrzeb zapylania rośliny uprawnej (Bosch, Kemp 2002). Celem kontrolowanej reprodukcji pszczół w populacji hodowlanej jest pozyskanie jak największej liczby osobników, z której część zostanie wykorzystana do zapylania upraw. Reprodukacja i rozwój odbywa się w warunkach naturalnych, gdzie pszczoły korzystają z zasobów roślin pokarmowych (Wilkaniec i in. 1997). Natomiast na plantacjach uprawnych możliwości rozmnażania są przeważnie ograniczone. Gatunki monowoltynne pszczół takie jak murarka ogrodowa cechuje krótki okres pojawu w warunkach naturalnych, co ogranicza liczbę gatunków zapylanych roślin. Jednak w przypadku pszczół pochodzących z populacji hodowlanych możemy kontrolować warunki termiczne podczas ich zimowania i w pewnym zakresie skracać lub wydłużać ten okres. To pozwala na dopasowanie lotów owadów do pory zakwitania roślin (Bosch, Kemp 2000, 2004).

Opracowanie metody chowu murarki ogrodowej przyczyniło się także do lepszego poznania jej biologii i ekologii. Dobrze poznano biologię gniazdowania i strukturę gniazda murarki ogrodowej, które ma konstrukcję typową dla pszczół z rodziny *Megachilidae* (Cane i in. 2007). Jako pszczoły lokatorki samice wykorzystują do budowy gniazd istniejące już schronienia (Tasei 1973b). Gniazda chętnie zakładają w pobliżu osad ludzkich, jak również w sztucznie przygotowanych dla nich pomieszczeniach (Wilkaniec, Giejdasz 2003). Ponadto przejawiają skłonność do gniazdowania w dużych skupiskach. Murarka ogrodowa jest wczesnowiosennym gatunkiem pszczoły samotnicy, który pojawia się na początku kwietnia i kończy lot w drugiej połowie czerwca. Daje tylko jedną generację pszczół potomnych, a formą zimującą jest owad dorosły, który opuszcza oprzęd i gniazdo dopiero na wiosnę. *Osmia rufa* jest gatunkiem polielektycznym, który akceptuje szerokie spektrum roślin jako źródło pokarmu (Raw 1974; Wilkaniec, Warakomska 1992). Samice, które są efektywnymi zbieraczkami pyłku kwiatowego, w okresie gniazdowania mają jednak tendencje do zbierania pyłku z kilku gatunków roślin i nierzadko magazynują w komorze tylko jeden gatunek (Tasei 1973a; Free, Williams 1970). Wszystkie te cechy predysponują tę pszczołę do rozmnażania w sposób kontrolowany w obrębie populacji hodowlanych celem wykorzystania ich w zapylaniu roślin uprawnych. Wprowadzanie do agrocenoz murarki ogrodowej, która jest

gatunkiem rodzimym, ma charakter reintrodukcji i nie powoduje ujemnych skutków w ekosystemie (Wójtowski i in. 1995). Murarka ogrodowa jest powszechnie występującym gatunkiem na terenie całego kraju i stanowi ważny elementem apidofauny, a opracowanie metod kontrolowanej reprodukcji tego gatunku spowodowało, że jego gospodarcze znaczenie wzrosło (Wójtowski, Wilkaniec 1978; Giejdasz, Wilkaniec 2008).

Stosowanie owadów zapylających wymaga opracowania skutecznej metody ich rozmnażania, a także metody pozyskiwania i wprowadzania na plantacje w czasie odpowiednim do pory kwitnienia rośliny. Te dwa praktyczne aspekty wytyczyły opracowaną przeze mnie koncepcję badawczą i wyznaczyły zakres prac powiązanych tematycznie, które przedkładam jako moje dzieło. Badanie czynników decydujących o sukcesie reprodukcyjnym samic *Osmia rufa* pozwoli skuteczniej kontrolować rozmnażanie, rozwój i utrzymanie agregacji pszczół tego gatunku. Z kolei określenie możliwości sterowania rozwojem lub kontrolowania przebiegu diapauzy pozwoli na szersze wykorzystanie do zapylania murarki ogrodowej poza okresem jej lotów w naturze.

Osiągnięcie naukowe stanowi cykl czterech artykułów, które swoim zakresem tematycznym obejmują biologię gniazdowania pszczoły murarki ogrodowej *Osmia rufa*, jej reprodukcję, rozwój osobniczy i przebieg diapauzy zimowej. Prace te prezentują głównie wyniki eksperymentów, w których badano wpływ różnych czynników na ontogenezę w aspekcie wykorzystania tego gatunku pszczoły do zapylania roślin. Do najważniejszych osiągnięć, które są efektem badań w tym zakresie mogę zaliczyć:

1. Określenie indywidualnych możliwości reprodukcyjnych samicy *Osmia rufa* i czynników wpływających na efekty zasiedlenia gniazd.
2. Określenie zależności między temperaturą rozwojową, w której przebywały formy rozwojowe, a przebiegiem zimowania i aktywacją form dorosłych oraz ich żywotnością.
3. Określenie wpływu sztucznego przedłużania okresu zimowania na przeżywalność zimujących form, dynamikę pojawiania się imago w trakcie aktywacji oraz ich żywotność.
4. Ocena efektywności oddziaływania temperatury w połączeniu z czynnikiem hormonalnym w procesie skracania diapauzy zimowej oraz wpływu na długość życia owadów dorosłych aktywowanych tą metodą.

(1) **Giejdasz K.**, Fliszkiewicz M., Bednárová A., Krishnan N. (2016) Reproductive potential and nesting effects of *Osmia rufa* (syn. *bicornis*) female (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of Apicultural Science*, 60 (1), 75-86.

Murarka ogrodowa jest gatunkiem pszczoły samotnie żyjącej z rodziny Megachilidae, który ma tendencje do gniazdowania w skupiskach (agregacjach). Każda z samic samodzielnie zakłada gniazdo w istniejących już kanałach, takich jak otwory w drewnie, murze lub w łodygach roślin pustych wewnątrz (Westerich 1989, Tasei 1973b). Jednocześnie samica aktywnie broni swojego gniazda, nie pozwalając na zajęcie go przez inne (Batra 1978). Gniazdo murarki ogrodowej ma konstrukcję typową dla gniazd pszczół z rodziny Megachilidae, w którym komory lęgowe ułożone są liniowo (jedna za drugą) i oddzielone poprzecznymi przegrodami (Cane i in. 2007). Materiałem budulcowym, służącym do wykonania przegród oddzielających komory, jest mieszanina błota i śliny owada (Raw 1972; Szentgyörgyi, Woyciechowski 2013). Samica zaopatruje komory w pyłek kwiatowy, na który składa jajo zapłodnione (potomstwo żeńskie) lub niezapłodnione (potomstwo męskie). Jaja zapłodnione zwykle składane są w pierwszych budowanych komorach w gnieździe, a niezapłodnione bliżej wyjścia (Wilkaniec i in. 2000).

W omawianej pracy oraz w trzech kolejnych, w doświadczeniach wykorzystywano różne postacie *Osmia rufa*, które pozyskiwano z chowu prowadzonego z wykorzystaniem sztucznych gniazd z trzciny pospolitej, według metody Wójtowski i Wilkaniec (1978). Populacje hodowlane utrzymywane były na terenie sadu wielogatunkowego należącego do Rolniczo-Sadowniczego Gospodarstwa Doświadczalnego w Przybrodzie oraz w Ogrodzie Dendrologicznym Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Indywidualne możliwości samicy *Osmia rufa*, wyrażone liczbą zakładanych gniazd i budowanych komór nie zostały wcześniej określone. Doniesienia dotyczące innych gatunków z rodzaju *Osmia* podają informację o liczbie gniazd lub komór budowanych przez jedną samicę – są to jednak wartości szacowane na podstawie efektów gniazdowania i liczebności samic w agregacji (Vicens i in. 1993; Bosch, Vicens 2005). Natomiast w opisywanym doświadczeniu samice obserwowano indywidualnie, ustalając dla każdej z osobna liczbę zbudowanych gniazd i komór lęgowych oraz liczbę potomstwa i płeć potomstwa. Dane te analizowano w relacji do kolejności zakładania gniazd. Z tego względu wyniki badań można traktować jako punkt wyjścia do analizy wpływu takich czynników jak

wiek samicy i okres gniazdowania na jej płodność oraz proporcje płci w pokoleniu potomnym. Głównym celem tej pracy było określenie potencjału reprodukcyjnego gniazdujących samic *Osmia rufa*. Poszerza to wiedzę o biologii tego gatunku, co może być przydatne w doskonaleniu metod sterowania rozwojem populacji hodowlanych.

W pierwszej części doświadczenia przeprowadzono obserwacje zachowań gniazdowych znakowanych samic – pozwoliło to na określenie liczby budowanych gniazd i kolejności ich zasiedlania przez pojedynczą samicę. W drugiej części przeprowadzono analizę gniazd celem określenia efektów zasiedleń, strat rozwojowych, strat podczas zimowania oraz stopnia zainfekowania pasożytami gniazdowymi. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że w agregacji pszczół gatunku *Osmia rufa* samice budują od 1 do 5 gniazd w trakcie sezonu. Określony został także udział samic w agregacji w zależności od liczby zasiedlanych gniazd. Jak wykazano jedna samica we wszystkich zajmowanych rurkach gniazdowych buduje łącznie od 5 do 34 komór lęgowych. Wykazano liniową zależność między liczbą zasiedlanych rurek gniazdowych, a liczbą zbudowanych komór oraz liczbą potomstwa. Najwięcej komór zostało zbudowanych, kiedy samica zajmowała 5 rurek gniazdowych (średnia - 31). Szczegółowa analiza potwierdza, że zasiedlanie mniejszej liczby gniazd może być kompensowane przez budowę większej liczby komór w jednym gnieździe. Podobne wnioski wyciągnięto, analizując zależność między liczbą zasiedlanych gniazd a liczbą potomstwa, która jest pochodną liczby zbudowanych komór.

W dalszej części pracy wykazano także, że w kolejnych budowanych gniazdach ogólna liczba komór maleje, w tym również komór z samicami; skutkuje to wzrostem udziału samców. Jednak bezwzględna liczba samców w kolejnych budowanych gniazdach pozostaje na podobnym poziomie. Zatem proporcje płci w gnieździe ściśle zależne są od kolejności jego budowy przez pojedynczą samicę. Najwyższy udział potomstwa płci żeńskiej powstaje w dwóch pierwszych zasiedlonych gniazdach. W kolejnych udział samic gwałtownie spada, co oznacza przewagę samców. Dotychczas obserwowane zmiany w liczbie budowanych komór i proporcji płci w gnieździe badano w relacji do czasu okresu gniazdowania, dzieląc umownie okres ten na dwie części: początek i koniec sezonu (Bosh, Vicens 2005; Tepedino, Torchio 1982; Torchio, Tepedino 1980). Rezultaty pracy wyjaśniają przyczynę tych zależności i wskazują, że związane są one z indywidualnymi możliwościami reprodukcyjnymi samic.

Praktycznego znaczenia tej pracy dopełnia analiza czynników, które redukują liczebność potomstwa. Owady dorosłe nie rozwijały się w ponad 30% wszystkich analizowanych komór

z różnych przyczyn lub komory nie były zaopatrzone w pyłek lub jaja. Najwyższą śmiertelność odnotowano w okresie rozwoju osobniczego, zanim owady przeobraziły się w imago. Drugim ważnym czynnikiem ograniczającym liczebność potomstwa są pasożyty.

Poznanie indywidualnego potencjału reprodukcyjnego samicy *Osmia rufa* przyczynia się do doskonalenia metod kontroli i rozwoju populacji hodowlanych pszczoł samotnych. Możliwe jest wykorzystanie tej wiedzy w rozwoju metod kontroli proporcji płci w generacji potomnej, a także metod szacowania liczby sztucznych gniazd odpowiednio do liczby gniazdujących samic w agregacji.

(2) **Giejdasz K., Fliszkiewicz M.**(2016) Effect of temperature treatment during development of *Osmia rufa* L. on mortality, emergence and longevity of adults. *Journal of Apicultural Science* 60 (2), 221–232.

Rozwój osobniczy murarki ogrodowej przebiega podobnie jak u innych gatunków wiosennych i monowoltynnych z rodzaju *Osmia*, które cechuje diapauza imaginalna. Rozwój embrionalny i larwalny, który dzieli się na pięć okresów wzrostowych, odbywa się wiosną, a stadium przedpoczwarki i poczwarki przypada na lato (Rust i in. 1989; Tasei 1973b). W stadium przedpoczwarki następuje spowolnienie procesów metabolicznych, co pozwala przetrwać owadowi niekorzystne warunki atmosferyczne, między innymi wysoką temperaturę i niską wilgotność (Bosh, Kemp 2000). Postać imaginalna pojawia się w oprzędzie pod koniec sierpnia lub na początku września i jest ona formą, w której murarka ogrodowa zimuje.

Rozwój pszczoł z rodzaju *Osmia* w kontrolowanych warunkach temperaturowych daje możliwość przesunięcia terminu pojawienia się owadów dorosłych, w następstwie tego również zmianę terminu rozpoczęcia i zakończenia diapauzy. Taki zabieg hodowlany może być wykorzystywany do dopasowania lotu owadów do pory zakwitania roślin. Także badania te są istotne w aspekcie ekologicznym, w sytuacji kiedy obecnie mamy do czynienia z gwałtownym wzrostem temperatur szczególnie w okresie wiosennym, na który przypada rozwój larwalny pszczoł wczesnowiosennych.

Celem pracy było określenie zależności między temperaturą wychowu a przeżywalnością pszczoł w trakcie zimowania, przebiegiem aktywacji na wiosnę i żywotnością pszczoł dorosłych.

W eksperymencie kontrolowano warunki temperaturowe podczas całego rozwoju osobniczego łącznie z okresem larwalnym, który ma decydujące znaczenie dla zgromadzenia substancji zapasowych przez owada. Wiosną nowo zasiedlone gniazda murarki ogrodowej przeniesiono do laboratorium i umieszczono w cieplarkach. Rozwój osobniczy prowadzony był w stałych temperaturach (20°C, 25°C i 30°C), a część gniazd otwarto, aby kontrolować poszczególne stadia. Grupę kontrolną stanowiły pszczoły rozwijające się w warunkach naturalnych. Od października do kwietnia gniazda z pszczołami przetrzymywano w temperaturze 4°C. Następnie wyjmowano oprzędy z pszczołami, które inkubowano w temperaturze 25°C i określano tempo pojawiania się dorosłych. Natomiast, w celu kontroli przeżywalności pszczół dorosłych, wygryzione z oprzędów osobniki przenoszono do klatek, karmiono syropem cukrowym i przetrzymywano do momentu ich śmierci. Owady w klatkach, które były wykonane z pleksi, kontrolowano co drugi dzień, wymieniając pokarm i usuwając martwe osobniki, jednocześnie licząc je.

Rezultaty pierwszej części pracy potwierdzają, że wzrost temperatury skraca czas trwania stadiów rozwojowych. Praktyczne znaczenie ma szczegółowe określenie czasu trwania poszczególnych stadiów rozwojowych w różnych temperaturach eksperymentalnych oraz doświadczalnie udowodnienie, że sterowanie warunkami temperaturowymi może być sposobem kontroli rozwoju murarki ogrodowej, jego przyspieszenia, co w konsekwencji ułatwi dopasowanie lotów pszczół do pory zakwitania roślin.

W drugiej części pracy przeanalizowano konsekwencje, jakie powoduje rozwój w stałej temperaturze, w warunkach, które nie zachodzą w naturze. Najwyższą śmiertelność rozwojową stwierdzono w grupie owadów rozwijających się w temperaturze 25°C i w naturze w stadium jaja. Śmiertelność w późniejszych stadiach rozwojowych nie była zależna od temperatury, a owady miały większą tendencję do zamierania w stadium larwy żerującej. Podczas ontogenezy najbardziej wzrasta śmiertelność zimujących imag, kiedy rozwój osobniczy przebiegał w temperaturze co najmniej 25°C. Natomiast w tych samych grupach owadów zanotowano znacznie niższy udział zainfekowanych przez pasożyty komór niż w grupie pszczół rozwijających się w warunkach naturalnych lub w temperaturze 20°C. Ponadto stwierdzono, że konsekwencją rozwoju w stałej temperaturze, wynoszącej co najmniej 20°C w przypadku samic murarki ogrodowej oraz co najmniej 25°C dla samców, jest krótszy okres inkubacji na wiosnę, niż osobników rozwijających się w naturze. Negatywną konsekwencją wykazaną już przy temperaturze rozwojowej 20°C jest spadek przeżywalności

dorosłych samic po opuszczeniu oprzędów. Może to mieć wpływ na wyniki reprodukcji, lecz nie obniża ich przydatności jako owadów zapalających. Jak wykazano przeżywalność w pierwszych dwóch tygodniach po opuszczeniu oprzędu jest bardzo wysoka, a gwałtowny wzrost śmiertelności następuje dopiero około 18 dnia życia samic. Przeżywalność samców maleje znacznie dopiero, gdy temperatura rozwoju wynosi 30°C.

Rozwój *Osmia rufa* w kontrolowanych warunkach temperaturowych zwiększa możliwość przesunięcia terminu pojawienia się owadów dorosłych. W następstwie może także służyć do wychowu populacji pszczół ze skróconym okresem diapauzy zimowej, które mogłyby zostać wykorzystane do zapylania przyspieszanych upraw pod osłonami. Z kolei krótszy okres inkubacji skraca czas oczekiwania na aktywnie latające owady, co może znacznie ułatwiać synchronizację lotów pszczół i pory kwitnienia roślin.

(3) **Giejdasz K.**, Wasielewski O. (2016) Effect of artificial prolonged wintering on emergence and survival of *Osmia rufa* adults. *Journal of Apicultural Science*, 61 (1): 95-105.

Murarka ogrodowa, podobnie jak inne gatunki pszczół samotniczych, charakteryzuje się krótkim okresem gniazdowania, co jest czynnikiem ograniczającym wykorzystanie do zapylania upraw kwitnących poza jej naturalnym terminem lotów. W praktyce hodowlanej metodą dopasowania lotów pszczół do terminu zakwitania roślin jest przechowywanie pszczół w oprzędach w kontrolowanych warunkach (w 4°C) od chwili ich pozyskania z gniazd w miesiącach zimowych do momentu kwitnienia roślin. Kilka dni przed oczekiwanym zakwitaniem roślin pszczoły wystawiane są na działanie wysokiej temperatury, co powoduje aktywowanie ich i opuszczanie oprzędów przez pszczoły. Kontrolowane warunki zimowania pozwalają na przesunięcie terminu pojawiania się pszczół, ale konsekwencją jest zmiana długości okresu zimowania w porównaniu z warunkami naturalnymi (Bosch, Kemp 2000, 2004; Sedivy, Dorn 2014). U gatunków z rodzaju *Osmia* z diapauzą imaginalną wydłużanie okresu zimowania powoduje wzrost dynamiki pojawiania się owadów dorosłych (Bosch, Blas 1994; Sgolastra i in. 2010). Jest to jedynie ogólna zależność, której nie można bezpośrednio wykorzystać w praktyce. Dopiero znajomość tempa wygryzania się imaga z wydłużoną diapauzą pozwala planować aktywację pszczół z odpowiednim wyprzedzeniem.

Celem pracy było określenie tempa wygryzania się pszczoł oraz długości życia samców i samic murarki ogrodowej, które testowano w trakcie sztucznie przedłużanego okresu zimowania w warunkach kontrolowanych. Te informacje pozwolą na doskonalenie metod dopasowania terminu lotów pszczoł do pory zakwitania roślin uprawnych w okresie od marca do czerwca. Znajomość długości życia pszczoł, którym wydłużano zimowanie, pozwoli na lepszą kontrolę liczebności zapylaczy na kwitnących uprawach.

Materiał doświadczalny stanowiły formy zimujące murarki ogrodowej, które przetrzymywano w chłodni w temperaturze 4°C do momentu rozpoczęcia eksperymentu. Aktywacje pszczoł przeprowadzano co 15 dni, rozpoczynając w końcu marca, a kończąc na początku czerwca (25.03; 9.04; 24.04; 9.05; 24.05; 8.06). W tym celu 120 pszczoł obu płci w kokonach umieszczano na płytkach Petriego i inkubowano w temperaturze 28°C. Liczba opuszczających kokony pszczoł była sprawdzana codziennie, również określano płeć osobników. Z cieplarki pszczoły były przenoszone do klatek wykonanych z pleksi. Dalsza część doświadczenia, w którym testowano długość życia owadów, prowadzona była zgodnie z metodą przyjętą w pracy drugiej (Giejdasz, Fliszkiewicz 2016).

Forma zimująca murarki ogrodowej (czyli owad dorosły w oprzędzie) jest postacią w jakiej pszczoły te są dostarczane na plantacje uprawne. Parametr, który zastosowano w pracy – udział wygryzionych owadów dorosłych w ogólnej liczbie oprzędów, daje podstawę do szacowania liczby zapylaczy wprowadzanych na powierzchnię plantacji. Rezultaty wskazują, że termin aktywacji owadów w badanym zakresie nie ograniczał efektywności ich wygryzania się z oprzędu. Zatem, nie jest konieczne wprowadzanie na plantację większej liczby pszczoł w oprzędach, gdy rośliny zakwitają znacznie później, niż przypada okres lotów *Osmia rufa* w naturze. Potwierdzono natomiast, że przedłużanie okresu zimowania znacząco powoduje wzrost tempa aktywacji oraz spadek przeżywalności dorosłych owadów. Określono, że rozpoczynając aktywację pszczoł pod koniec marca lub na początku kwietnia, należy prowadzić inkubację w temperaturze 28°C przez okres 17 dni, aby pojawiły się wszystkie osobniki. Taki sam efekt zostaje osiągnięty w ostatniej dekadzie kwietnia po 9 dniach inkubacji, a inkubując pszczoły w maju i czerwcu – po 7 dniach. Wyznaczono także średni czas wygryzania się owadów w zależności od terminu aktywacji. Ustalono, że najszybciej pojawiały się samce, które aktywowano pod koniec kwietnia lub później, z kolei samice maksymalnie zredukowały czas wygryzania w maju. Reakcja aktywowanych owadów może dowodzić wciąż ich dobrej kondycji. Jeżeli ich rezerwy energetyczne byłyby

wyczerpane, w ostatnich terminach obserwowano by spowolnienie pojawiania się dorosłych pszczół, także ich zwiększoną śmiertelność.

W drugiej części pracy oszacowano prawdopodobieństwo przeżycia samców i samic murarki ogrodowej w zależności od terminu aktywacji zimujących pszczół. Porównania wykonano w obrębie płci, ponieważ uwarunkowania biologiczne sprawiają, że samce żyją krócej niż samice. Samce aktywowane w marcu oraz kwietniu przeżywały znacznie dłużej niż aktywowane w maju i czerwcu. Największą przeżywalnością cechowały się samice aktywowane w marcu, natomiast w kolejnych miesiącach prawdopodobieństwo ich przeżycia sukcesywnie malało.

W cytowanych pracach (Kemp, Bosch 2000; Bosch, Kemp 2005) najczęściej oznaczana była długość życia bez żywienia dorosłych pszczół. Parametr ten określa przeżywalność pszczół, które tylko wykorzystywały własne rezerwy energetyczne zgromadzone w okresie larwalnym. W prezentowanych badaniach zastosowano test klatkowy, a pszczoły dokarmiano, aby uzyskane wyniki mogły znaleźć odzwierciedlenie w rzeczywistości i być stosowane w praktyce. W pracy rozpatrywano osobno samice i samce, które traktowano także jako użyteczne zapylacze. W przestrzeniach zamkniętych rola samców może być podobna jak samic, które w tych warunkach nie budują gniazd i nie gromadzą dużej ilości pyłku, zatem nie muszą intensywnie odwiedzać kwiatów.

W pracy wykazano, że pszczoły aktywowane po przedłużonym okresie zimowania nadal można wykorzystać do zapylania roślin. Sztuczne wydłużanie zimowania powoduje spadek przeżywalności samców i samic po opuszczeniu oprzędów, jednak owady żyją wystarczająco długo, aby efektywnie zapylić rośliny. Z kolei znajomość czasu i tempa aktywacji owadów w zależności od długości okresu zimowego umożliwi precyzyjne zaplanowanie terminu rozpoczęcia inkubacji form zimujących, aby dopasować loty pszczół do pory zakwitania roślin i pozyskać wymaganą liczbę zapylaczy w tym czasie.

(4) **Giejdasz K.,** Wasielewski O. (2017) Methoprene and temperature stimulation of emergence and longevity in adults of *Osmia rufa* L. (Megachilidae; Apoidea) during wintering period. 61 (1), 107-115.

Początek diapauzy imaginalnej, którą cechuje zahamowanie rozwoju jajników, stymuluje brak hormonu juvenilnego w hemolimfie. Natomiast wzrost aktywności owada na

wiosnę i towarzyszący temu wzrost poziomu tego hormonu powodują zakończenie dojrzewania jajników. Obligatoryjna diapauza zimowa u monowoltynnych gatunków pszczoł hamuje opuszczenie oprzędów przez dorosłe owady, a krótki okres oddziaływania niskiej temperatury jest konieczny do jej zakończenia (Bosch, Kemp 2003). Ogranicza to możliwości wykorzystania murarki ogrodowej do zapylania w okresie poprzedzającym terminację diapauzy. Działanie na owady podwyższoną temperaturą na początku diapauzy skutkuje wyczerpaniem rezerw energetycznych i ich śmiercią (Sgolastra i in. 2010). Natomiast wyższa temperatura w końcowym okresie diapauzy powoduje aktywację zimujących imago i opuszczenie przez nie kokonu lecz proces ten jest bardzo powolny, rozłożony w czasie, co utrudnia synchronizację lotów owadów z terminem kwitnienia roślin.

Dojrzewanie płciowe owada po okresie zimowania, a także kończenie diapauzy to procesy zachodzące prawie równolegle i oba zależą od poziomu hormonu juvenilnego (JH) oraz od temperatury (Wasielewski i in. 2011).

W eksperymencie w celu stymulacji zakończenia diapauzy zastosowano oprócz czynnika fizycznego (temperatura) także czynnik o charakterze hormonalnym, to jest metopren, który jest syntetycznym analogiem hormonu juvenilnego.

Pierwszym celem pracy było badanie wpływu podawania analogu JH i działania temperatury na zakończenie diapauzy zimowej *Osmia rufa* i opuszczanie oprzędów przez dorosłe pszczoły. Drugim celem było określenie wpływu metoprenu na długość życia *Osmia rufa* w teście klatkowym przeprowadzonym zgodnie z metodą opisaną wcześniej.

Metopren podawano w ilościach 200 µg rozpuszczonych w 5 µl acetonu bezpośrednio na oprzęd po wyjęciu owadów z gniazd, które do tego momentu przetrzymywano na zewnątrz. Pozyskiwanie pszczoł z gniazd powtarzano raz w miesiącu – w okresie od grudnia do marca. Grupy kontrolne stanowiły pszczoły, które traktowano acetonem (nośnik metoprenu) oraz pszczoły, którym nie aplikowano żadnej substancji. Po pięciu dniach aplikowania metoprenu pszczoły w oprzędach umieszczona w temperaturze 26°C. Liczba opuszczających kokony pszczoł była sprawdzana codziennie, również określano płeć osobników. Z cieplarki pszczoły były przenoszone do klatek. Określanie długości życia wadów odbywało się według metody przyjętej wcześniej i opisaną w pracy 2. (Giejdasz, Fliszkiewicz 2016).

W naszym eksperymencie pszczoły traktowane metoprenem pojawiały się wcześniej niż w grupach kontrolnych; dowodzi to, że stosowanie analogu hormonu juvenilnego

dodatkowo stymuluje zimujące imago murarki ogrodowej do opuszczania oprzędu. Jak wykazano aplikowanie metoprenu w grudniu, lutym i marcu istotnie skraca czas pojawiania się dorosłych pszczół, a do wyrażenia średniego poziomu tej zmiennej zastosowano medianę. Mediana czasu pojawiania się samic traktowanych metoprenem była 3-4,5 dnia krótsza niż samic z grup kontrolnych, a w przypadku samców różnica ta wynosiła 1-2 dni.

Drugim określonym parametrem, który dobrze obrazuje dodatni wpływ metoprenu na dynamikę pojawiania się pszczół, jest skumulowany procent pszczół dorosłych wygryzionych z oprzędów. Różnica między udziałem pszczół opuszczających oprzędy po wcześniejszym traktowaniu ich metoprenem a udziałem pszczół z grup kontrolnych, zależnie od terminu i fazy inkubacji, wynosiła od kilku do prawie 40%.

Metopren ma także działanie hamujące rozwój owadów, ograniczające reprodukcję i jest stosowany jako substancja aktywna preparatów owadobójczych. Ponadto może powodować zwiększoną mobilizację rezerw energetycznych i nadmierną ich redukcję, a w konsekwencji zwiększoną śmiertelność. (Klowden i Chambers 1989).

W żadnym przypadku nie potwierdzono, aby aplikacja metoprenu jako egzogenego źródła JH skracała długości życia pszczół po opuszczeniu oprzędu. Zaobserwowano natomiast odwrotną zależność: samice traktowane metoprenem i inkubowane w grudniu i lutym żyły znacznie dłużej niż w grupie kontrolnej. Oznacza to, że skrócenie czasu wygryzania się owada ograniczyło jednocześnie zużycie rezerw energetycznych zmagazynowanych w ciele tłuszczowym, które są istotne dla długości życia dorosłych pszczół.

W pracy tej udowodniono, że podanie analogu hormonu juvenilnego umożliwia skrócenie diapauzy zimowej imago murarki ogrodowej i jednocześnie powoduje wzrost dynamiki pojawiania się aktywnych pszczół. Wyniki te mogą stanowić punkt wyjścia do opracowania praktycznej metody pozyskania aktywnych pszczół do zapylania roślin uprawianych pod osłonami w miesiącach zimowych lub wczesną wiosną.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Mój dorobek publikacyjny obejmuje prace z zakresu hodowli owadów użytkowych – ze szczególnym uwzględnieniem gatunków pszczół dziko żyjących wykorzystywanych do zapylania roślin.

Prace należące do dorobku koncentrują się przede wszystkim na badaniu ontogenezy *Osmia rufa* L. celem opracowania metod regulacji tempa rozwoju pszczoł gatunków monowoltynnych głównie przez ingerencję w okres spoczynkowy (diapauzę zimową) oraz rozwój osobniczy. Rezultatem tych prac jest m.in. określenie zmian fizjologicznych zachodzących podczas rozwoju i zimowania, także z uwzględnieniem efektów oddziaływania czynników zewnętrznych (temperatury, promieniowania UV, analogu JH, modyfikacji czasu trwania okresu zimowego).

Głównym celem mojej pracy badawczej jest określenie możliwości pozyskiwania gatunków pszczoł dziko żyjących i wykorzystania ich do zapylania roślin uprawnych, natomiast w mojej działalności naukowej wyróżnić można trzy zasadnicze nurty badawcze. Pierwszy związany jest z oceną efektywności zapylania roślin uprawnych przez pszczołę murarkę ogrodową *Osmia rufa*. Drugi nurt badawczy obejmuje badania przebiegu rozwoju osobniczego i czynników modyfikujących go. Ostatnia, najliczniejsza grupa prac poświęcona jest badaniom zmian zachodzących w organizmie diapauzujących pszczoł gatunków monowoltynnych w aspekcie fizjologicznym i biochemicznym.

W ramach pierwszego nurtu badawczego została określona między innymi przydatność *Osmia rufa* do zapylania kwiatów cebuli nasiennej *Allium cepa* L., borówki amerykańskiej *Vaccinium corymbosum* L. i porzeczki czarnej *Ribes nigrum* L. Wszystkie doświadczenia miały charakter polowy, a owady były testowane w warunkach ograniczonej przestrzeni. Stwierdzono wysoką skuteczność murarki ogrodowej jako owada zapylającego wszystkie wymienione gatunki roślin. Miarą tej efektywności jest wielkość uzyskanego plonu nasion oraz owoców, która była znacznie wyższa niż w przypadku samozapylecia i porównywalna z zapylaniem wolnym. Tym samym oszacowano wpływ zapylecia krzyżowego z udziałem owadów na plonowanie testowanych gatunków roślin. Kwiaty cebuli zapylane przez *Osmia rufa* i w wolnym zapylaniu w około 70% zawiązywały nasiona, a w drodze samozapylecia – w niespełna 10%. Liczba uzyskanych nasion była dziesięciokrotnie mniejsza [5]. Z kolei udział owoców w pełni wykształconych w stosunku do liczby kwiatów na krzewie borówki wysokiej, zapylanym przez murarkę ogrodową, wynosił 45%, na drodze samozapylecia - 28%, a plon owoców był ponad dwukrotnie większy [3]. Na krzewach porzeczki czarnej zapylanej przez murarkę ogrodową, udział owoców wyniósł 65% wytworzonych kwiatów, bez owadów - 45%, także liczba owoców w gronie była wyższa [8]. Udowodniono również, że zapylecie z udziałem pszczoł pozytywnie wpływa na jakość

materiału siewnego. Nasiona cebuli powstałe w drodze zapylania przez owady cechowały się większą zdolnością i energią kiełkowania oraz wyższą masą 1000 nasion. Ponadto sprawdzano skuteczność zapylania przez samice *Osmia rufa* w zależności od ich masy ciała, która jest cechą charakteryzującą się dużą zmiennością w populacjach tego gatunku. Wyniki doświadczenia wskazują na tendencje do uzyskiwania gorszych efektów zapylania, jeśli samice są niewielkich rozmiarów [6]. Wskazano tym samym, że w praktyce należy w zapylaniu unikać stosowania samic murarki ogrodowej najmniejszych, ważących mniej niż 85 mg. W chowie wydaje się uzasadnione stosowanie zabiegów, których celem jest pozyskanie owadów o większej masie. W pracach nad zapylaniem porzeczki czarnej zastosowano samce *Osmia rufa*, także samce *Bombus terrestris*. Uzyskane wyniki zapylania porównywalne są z efektami wolnego zapylania i znacznie przewyższają rezultatu samozapylania. Dowodzi to, że w przestrzeniach zamkniętych rola samców w zapylaniu kwiatów jest podobna do tej, jaką odgrywają samice, które w takich warunkach nie budują gniazd [8]. Określenie efektów pracy zapylającej owada jest częścią opracowywania skutecznej metody stosowania owadów zapylających. Poszerza to możliwości ich wykorzystania w zapylaniu i pozwala na doskonalenie metod zarządzania owadami zapylającymi w uprawach roślin.

Załącznik 4, pkt II A, prace nr: 3, 5, 6, 8

Badanie rozwoju osobniczego *Osmia rufa* było już częścią mojego projektu promotorskiego finansowanego przez KBN. W ramach pracy doktorskiej został określony czas trwania poszczególnych stadiów rozwojowych w warunkach naturalnych i laboratoryjnych. Ustalono, że imago *Osmia rufa* w naturze pojawia się już w sierpniu, to jest średnio po 96 dniach - samce i 101 dniach - samice. Z kolei stała temperatura rozwojowa przyspiesza przeobrażenie murarki ogrodowej i jest możliwe zakończenie rozwoju samców w ciągu 67 dni w temperaturze 28°C, a samic w 70 dni. Określono także czas trwania poszczególnych stadiów rozwojowych. Porównując rozwój w naturze i warunkach laboratoryjnych, stwierdzono, że najistotniej uległo skróceniu stadium larwy żerującej. Z kolei w stadium przedpoczwarki owad nie reaguje na wyższą temperaturę skróceniem czasu rozwoju. Wiedza ta jest przydatna w opracowywaniu metod regulacji ontogenezy murarki ogrodowej i jednocześnie pogłębia znajomość biologii tego gatunku [1]. W kolejnym doświadczeniu udowodniono, że ilość pyłku kwiatowego zjedzonego przez larwę murarki

ogrodowej wpływa na masę i rozmiary ciała formy imaginalnej oraz masę oprzędu, w którym zimuje [4]. W tym celu w warunkach laboratoryjnych porównywano osobno samce i samice, które w okresie larwalnym konsumowały zgromadzone zapasy pyłku, i którym eksperymentalnie zwiększono prawie dwukrotnie porcję pyłku. Masa samców w oprzędach, które zjadały większą porcję pyłku w okresie larwalnym, była o około 50% większa niż masa samców zjadających normalną porcję pyłku, a samic prawie o 30%. Wykazano także różnice w szerokości trzeciego tergitu oraz szerokości skrzydła pierwszej pary na korzyść osobników zjadających zwiększoną porcję pyłku, co potwierdziło wzrost ich wymiarów ciała. Ilość zjadanego pokarmu w okresie larwalnym miała podobny wpływ na masę oprzędu. Również wykazano dodatnią zależność liniową między masą samców oraz samic a masą ich oprzędów. Jednak zależność ta była słabsza w przypadku owadów zjadających większe ilości pokarmu. Oznacza to, że udział masy samego oprzędu w masie owada w oprzędzie był mniejszy, gdy owady zjadały zwiększoną porcję pyłku kwiatowego.

Kontynuacja badań rozwoju osobniczego, prowadzona we współpracy z Zakładem Zoologii i Katedrą Biochemii i Fizjologii rodzimego Wydziału, dotyczyła wpływu promieniowania UV-B na rozwój i przeżywalność murarki ogrodowej [16]. Eksperymenty, w których zastosowano trzy różne dawki promieniowania UV-B w stadium poczwarki, potwierdziły, że wzrost natężenia promieniowania powoduje spadek masy imago samic *Osmia rufa* do około 30% w relacji do pszczoł nieeksponowanych na działanie UV-B i jednocześnie redukcję stopnia rozwoju ciała tłuszczowego. Wzrost promieniowania UV-B powodował także wzrost śmiertelności z kilku procent do ponad 20% w stadium poczwarki lub imago zimującego oraz wzrost deformacji morfologicznych wyrażających się w zniekształceniu aparatu gębowego, skrzydeł lub braku pigmentacji oka. Z wykorzystaniem metody biologii molekularnej pozwalającej na detekcję komórek apoptotycznych TUNEL wykazano, że promieniowanie negatywnie wpływa na oogenezę w jej wczesnej fazie, powodując w różnym stopniu fragmentację DNA w komórkach germarium.

Wpływ czynników środowiskowych na rozwój murarki ogrodowej może być niwelowany przez sprawny system antyoksydacyjny. We współpracy z Katedrą Biochemii Wydziału Biologii Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie przeprowadzono badania zmienności w układzie antyoksydacyjnym podczas rozwoju murarki ogrodowej [17]. W tym celu określono aktywność czterech wybranych enzymów antyoksydacyjnych: dysmutazy nadtlenkowej, katalazy, peroksydazy i glutation-S-transferazy oraz zawartość glutationu

i całkowity status antyoksydacyjny podczas ontogenezy. Generalnie, najwyższą aktywność enzymów stwierdzono w stadiach larwalnych i u aktywnych owadów dorosłych obojga płci, co może wiązać się z pobieraniem pokarmu przez owada, a u dojrzałych owadów dodatkowo z reprodukcją. Natomiast poziom glutationu był najniższy na początku rozwoju, wzrastał w okresie zimowania, aby osiągnąć maksimum wiosną w okresie pojawienia się dorosłych owadów. Najwyższy poziom całkowitego statusu antyoksydacyjnego zanotowano w stadium larwy, niższy, ale stabilny - w okresie zimowania, a najniższy - wiosną, gdy owady są aktywne. Wyniki wskazują, że system antyoksydacyjny u murarki ogrodowej może osiągnąć wysoką sprawność w krótkim czasie, aby minimalizować negatywne skutki stresu oksydacyjnego.

Załącznik 4, pkt II A, prace nr: 1, 4, 16, 17

Prace składające się na kolejny nurt badawczy, ukierunkowany na badanie przebiegu diapauzy zimowej *O.rufa*, są między innymi efektem projektu realizowanego we współpracy z Katedrą Zoologii oraz Katedrą Biochemii i Fizjologii rodzimego Wydziału (zał. 4. pkt II, I-4). W pierwszym etapie projektu, wykonując szczegółową analizę morfometryczną jajników murarki ogrodowej oraz analizę koncentracji białka w jajnikach i ciele tłuszczowym, udowodniliśmy, że w okresie diapauzy imaginalnej gonady te nie przerywają swojego rozwoju, a jedynie go wyhamowują [7]. Wzrostowi długości oocytów terminalnych oraz liczby oocytów w jajnikach, który prześledzono od chwili pojawienia się imago w kokonie do momentu wygryzienia, towarzyszy wzrost koncentracji białka w jajnikach i jednocześnie jego spadek w ciele tłuszczowym. Zmiany te, jak wykazały użyte wskaźniki fizjologiczne, nie zachodzą równomiernie w całym okresie zimowania. Stopniowy rozwój jajników oraz wzmożony transport białka z ciała tłuszczowego do jajników następują na początku i końcu okresu zimowania. Natomiast wyraźny spadek dynamiki przemian fizjologicznych następuje w okresie od grudnia do stycznia. Opierając się na uzyskanych danych, możliwe było określenie trzech kolejnych faz okresu zimowego pszczoły murarki ogrodowej. Rezultatem kolejnych badań było określenie zmian koncentracji lipidów, cukrów oraz białek, a także aktywności enzymów proteolitycznych i amylolitycznych u samic *Osmia rufa* w okresie od września do marca [14]. W tym okresie wykazano stopniowo spadek zawartości lipidów w hemolimfie i ciele tłuszczowym; tym samym potwierdzono, że lipidy są głównym źródłem rezerw energetycznych w trakcie zimowania owada. Białka w hemolimfie lub w jelicie środkowym pozostają na względnie niskim poziomie na początku zimowania, jak i w trakcie,

a zanotowany wzrost na koniec tego okresu dowodzi, że aktywowanie białek ma związek z przebudową tkanek w ciele owada głównie wymuszoną przez dojrzewanie oocytów. Określając koncentrację cukrów w wolu i jelicie środkowym, udowodniono, że w ciągu okresu zimowania wzrost metabolizmu węglowodanów murarki ogrodowej następował dwukrotnie, na początku i na końcu tego okresu. Wykazano także, że podobnie zmieniał się poziom glikogenu zmagazynowanego w ciele tłuszczowym, który najniższą wartość osiągał w miesiącach zimowych. Ponadto analizy aktywności enzymów proteolitycznych i amylolitycznych dowiodły, że przedstawione powyżej zmiany w koncentracji węglowodanów oraz białek były skorelowane z różnym profilem aktywności enzymów zaangażowanych w metabolizowanie tych składników odżywczych. W ten sposób jednoznacznie wykazaliśmy, że mimo wyczerpywania się składników odżywczych owady te są przystosowane do mobilizacji rezerw energetycznych potrzebnych do opuszczenia oprzędu i rozpoczęcia lotów. Praca ta zarysowuje pewien schemat gospodarowania rezerwami metabolicznymi podczas zimowania, który może być punktem wyjścia do dalszych badań przebiegu diapauzy, np. w kontekście optymalizacji sztucznych warunków zimowania, tak aby pozyskiwać owady o jak najlepszej kondycji.

W trakcie badań przebiegu diapauzy po raz pierwszy wykazano obecność peptydów w komórkach ciała tłuszczowego pszczoły murarki ogrodowej strukturą zbliżonych do adiponektyny i rezystyny ssaków i udowodniono ich związek z poziomem lipidów w hemolimfie [15].

W kolejnej pracy, wykorzystując syntetyczny analog hormonu juvenilnego – metopren dowiedliśmy znaczenia JH w regulacji diapauzy imaginalnej *O. rufa*, którą cechuje zahamowanie rozwoju jajników [9]. Jak wykazaliśmy podanie metoprenu w trakcie diapauzy powodowało wzrost wymiarów oocytów i ich liczby oraz koncentracji białek w jajnikach i jednocześnie ubytek tego składnika w ciele tłuszczowym. Efektywność działania metoprenu uzależniona była od temperatury przetrzymywania pszczół, jednak owady reagowały pozytywnie już w temperaturze 4°C. Eksperyment ten dowiódł, że hormon juvenilny jest czynnikiem regulującym dojrzewanie jajników podczas diapauzy imaginalnej, ale jednocześnie ma wpływ na zakończenie diapauzy. Tym samym udowodniliśmy, że temperatura nie jest wystarczającym czynnikiem do wcześniejszego zakończenia diapauzy zimowej i osiągnięcia dojrzałości przez samice. Również wyłącznie regulacja na poziomie hormonalnym nie powoduje aktywacji owada. Zatem w zakończeniu diapauzy i związanym

z tym procesie dojrzewania owada biorą udział te dwa czynniki. Wiedza ta może przyczynić się do opracowania metody regulacji diapauzy, która pozwoli na uzyskanie dojrzałych i aktywnych osobników poza naturalnym okresem ich pojawiania się.

Wyniki i doświadczenie zgromadzone podczas badań przebiegu diapauzy murarki ogrodowej zostały wykorzystane w realizacji projektu o charakterze aplikacyjnym, finansowanym przez NCBiR w ramach Programu Badań Stosowanych (zał. 4, pkt II, I-6).

Analiza układu antyoksydacyjnego w trakcie zimowania owadów oraz u owadów aktywowanych na wiosnę była efektem współpracy z Katedrą Biochemii, Wydziału Biologii Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie [18]. W okresie od października do kwietnia mierzono całkowity status antyoksydacyjny, poziom glutationu i kwasu askorbinowego oraz aktywność dysmutazy nadtlenkowej, katalazy oraz peroksydazy. Na tej podstawie stwierdzono, że w czasie całej diapauzy przeciwutleniacze pozostają na dość stabilnym poziomie z wyjątkiem kwasu askorbinowego, co wskazuje na brak stresu oksydacyjnego w tym okresie. Z kolei zmiana zachowań pszczół, które rozpoczynają okres lotów w kwietniu, jest związana z nagłym wzrostem aktywności badanych enzymów antyoksydacyjnych i poziomu innych przeciwutleniaczy. Ponadto wykazano brak zasadniczych różnic w funkcjonowaniu układu antyoksydacyjnego u samców i samic, czyli organizmów haploidalnych i diploidalnych. Współpracując z tym samym zespołem, wykazaliśmy także, że sztuczne wydłużanie diapauzy prowadzi do istotnego obniżenia poziomu glikogenu i lipidów, stanowiących rezerwy energetyczne oraz redukcji substancji budulcowych w ciele zimującego owada [13]. Udowodniliśmy również, że wydłużanie zimowania ogranicza sprawność układu antyoksydacyjnego dorosłych form murarki ogrodowej, co może ograniczać ich zdolności do odpowiedzi na czynniki wywołujące stres oksydacyjny [11]. Rezultaty te dowodzą pośrednio, że osłabienie barier antyoksydacyjnych podczas wydłużenia zimowania oraz towarzyszące w tym czasie obniżenie zawartości substancji zapasowych w ciele imaga mogą być przyczyną spadku przeżywalności form dorosłych oraz obniżenia wartości reprodukcyjnej samic.

Załącznik 4, pkt II A, prace nr: 7, 9, 11, 13, 14, 15, 18

Efektom mojej pracy naukowej w okresie od uzyskania stopnia doktora do chwili obecnej są 22 oryginalne prace, w tym 17 opublikowane w czasopismach posiadających współczynnik impact faktor oraz 24 doniesienia publikowane w materiałach

konferencyjnych. Moje zaangażowanie i osiągnięcia naukowe zostały docenione i uhonorowane Nagrodą Zespołową Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu II stopnia w latach 2012 i 2016.

6. Działalność dydaktyczna i organizacyjna

Z chwilą rozpoczęcia przeze mnie pracy nauczyciela akademickiego (w 1996 roku) moim pierwszym i pozostającym do dziś podstawowym przedmiotem była *hodowla owadów użytkowych* realizowana na kierunku zootechnika. W celu nabyciu niezbędnych kompetencji odbyłem po pierwszym roku pracy Kurs Pedagogicznego Kształcenia Asystentów i Doktorantów. Obecnie jestem zaangażowany w kształcenie studentów także na trzech pozostałych kierunkach studiów prowadzonych przez nasz Wydział (biologia, turystyka i rekreacja, weterynaria). Oprócz wspomnianego już przedmiotu, prowadzę ćwiczenia z *entomologii*, *apidologii* (także wykłady), *botaniki pszczelarskiej*, *chorób owadów użytkowych* w Zakładzie Hodowli Owadów Użytkowych. Ponadto zakład nasz realizuje wykłady z przedmiotu *apiturystyka*, którego jestem kierownikiem. Jestem także współprowadzącym przedmioty: *bioindykacja środowiska* i *interakcje zwierzęta - rośliny* oraz kierownikiem przedmiotu *ochrona gatunkowa ryb i owadów oraz zwierzęta wskaźnikowe*, które realizuję z innymi zakładami Instytutu Zoologii. W Zakładzie Zoologii prowadziłem także ćwiczenia z *zoologii stosowanej* i *zoologii z ekologią*.

Jestem autorem lub współautorem programów i sylabusów do przedmiotów *apidologia*, *botanika pszczelarska*, *choroby owadów użytkowych*, *apiturystyka*, *owady w bioindykacji* i *ochrona gatunkowa ryb i owadów oraz zwierzęta wskaźnikowe*. Mam także swój wkład w aktualizację programów innych zajęć i dostosowanie ich do zmieniających się programów studiów. Dodam, że niemal we wszystkich latach mojej pracy liczba wykonanych godzin przekraczała pensum dydaktyczne. Byłem promotorem 11 prac magisterskich, 5 inżynierskich i 1 licencjackiej, także recenzentem czterech prac dyplomowych.

Moja działalność organizacyjna na rzecz Wydziału Medycyny Weterynaryjnej i Nauk o Zwierzętach to między innymi wielokrotny udział w pracach Komisji Rekrutacyjnej, Komisji Konkursowej na Obsadę Stanowisk Adiunktów, Komisji ds. Nagród Rektora dla Nauczycieli Akademickich, Zespołu ds. Oceny Jakości Kształcenia. Byłem także członkiem komisji wyborczej ds. przeprowadzenia wyborów do KBN 5. kadencji, sekretarzem wydziałowej

komisji powołanej do przeprowadzenia przewodu doktorskiego i członkiem komisji na egzaminach inżynierskich - specjalność agroturystyka.

Od 2012 do 2016 roku byłem członkiem Rady Wydziału w grupie niesamodzielnych pracowników naukowych, a od 2014 do 2015 roku pełniłem funkcję Kierownika Zakładu Hodowli Owadów Użytkowych.

Obecnie jestem ponownie członkiem Wydziałowego Zespołu ds. Oceny Jakości Kształcenia oraz Komisji ds. Nagród Rektora dla Nauczycieli Akademickich, a także opiekunem 1. roku studentów zootechniki.

7. Bibliografia

- Adamson, N. L., Roulston, T. H., Fell, R. D., Mullins, D. E. (2012). From April to August—Wild Bees Pollinating Crops Through the Growing Season in Virginia, USA. *Environmental Entomology*, 41(4), 813-821.
- Batra S.W. (1978). Aggression, territoriality, mating and nest aggregation of some solitary bees (Hymenoptera: Halictidae, Megachilidae, Colletidae, Anthophoridae). *Journal of Kansas Entomological Society* 51(4), 547-559.
- Benedek, P. (2003). Bee pollination of fruit trees: recent advances and research perspectives II. *Journal of Apicultural Science*, 47, 95-101.
- Biliński, M., Teper, D. (2004). Rearing and utilization of the red mason bee—*Osmia rufa* L. (Hymenoptera, Megachilidae) for orchard pollination. *J. Apic. Sci*, 48, 69-74.
- Bosch J. (1994). The nesting behavior of the mason bee *Osmia cornuta* L. with special references to its pollinating potential (Hymenoptera, Megachilidae). *Apidologie* 25, 84-93.
- Bosch J., Blas, J. (1994). Effect of over-wintering and incubation temperatures on adult emergence in *Osmia cornuta* Latr. *Apidologie*, 25, 265-277.
- Bosch J., Kemp W.P. (2000). Development and emergence of the orchard pollinator *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae). *Environmental Entomology* 29, 8-13.
- Bosch J., Kemp W. P. (2002). Developing and establishing bee species as crop pollinators: the example of *Osmia* spp. (Hymenoptera: Megachilidae) and fruit trees. *Bulletin of Entomological Research*, 92, 3-16
- Bosch, J., Kemp, W.P. (2003). Effect of wintering duration and temperature on survival and emergence time in males of the orchard pollinator *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae). *Environmental Entomology*, 32, 711-716.
- Bosch J., Kemp W.P. (2004). Effect of pre-wintering and wintering temperature regimes on weight loss, survival, and emergence time in the mason bee *Osmia cornuta* (Hymenoptera: Megachilidae). *Apidologie*, 35, 469-479.
- Bosch J., Vicens N. (2005). Sex allocation in the solitary bee *Osmia cornuta*: do females behave in agreement with Fisher's theory? *Behavioral Ecology and Sociobiology* 59, 124-132.
- Bosch, J., Kemp, W. (2005). Alfalfa leafcutting bee population dynamics, flower availability, and pollination rates in two Oregon alfalfa fields. *Journal of Economic Entomology*, 98(4), 1077-1086.
- Brittain, C., Williams, N., Kremen, C., Klein, A. M. (2013). Synergistic effects of non-*Apis* bees and honey bees for pollination services. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 280 (1754), 20122767.
- Brown, M. J., Paxton, R. J. (2009). The conservation of bees: a global perspective. *Apidologie*, 40(3), 410-416.
- Cane J. H., Griswold T., Parker F. D. (2007). Substrates and materials used for nesting by North American *Osmia* bees (Hymenoptera: Apiformes: Megachilidae). *Annals of the Entomological Society of America* 100(3), 350-358.
- Dietemann, V., Pflugfelder, J., Anderson, D., Charrière, J. D., Chejanovsky, N., Dainat, B., ... i Gallmann, P. (2012). *Varroa destructor*: research avenues towards sustainable control. *Journal of Apicultural Research*, 51(1), 125-132.
- Fliszkiewicz, M., Giejdasz, K., Wilkaniec, Z. (2011). The importance of male red mason bee (*Osmia rufa* L.) and male bufftailed bumblebee (*Bombus terrestris* L.) pollination in blackcurrant (*Ribes nigrum* L.). *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 86, 457-460.
- Free J.B., Williams I.H. (1970). Preliminary Investigations on the Occupation of Artificial Nests by *Osmia rufa* L. (Hymenoptera, Megachilidae). *Journal of Applied Ecology*, 7(3), 559-566.

- Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M. A., Bommarco, R., Cunningham, S. A., ... & Bartomeus, I. (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339(6127), 1608-1611.
- Genersch, E. (2010). Honey bee pathology: current threats to honey bees and beekeeping. *Applied microbiology and biotechnology*, 87(1), 87-97.
- Giejdasz K., Wilkaniec Z. (2008) Murarka ogrodowa (*Osmia rufa* L.: Megachilidae) jako element środowiska rolniczego – biologia i ekologia. [W:] *Krajobraz i Bioróżnorodność*, (red. S. Kaczmarek: 263-275). Wydawnictwo UKW, Bydgoszcz.
- Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., Rotheray, E. L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229), 1255957.
- Henry, M., Beguin, M., Requier, F., Rollin, O., Odoux, J. F., Aupinel, P., ... & Decourtye, A. (2012). A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees. *Science*, 336(6079), 348-350.
- Holm S. N. (1973) *Osmia rufa* L.(Hymenoptera) as a pollinator of plants in greenhouses. *Entomology Scandinavian*, 4(3), 217-223.
- Holzschuh, A., Dudenhöffer, J. H., Tschardt, T. (2012). Landscapes with wild bee habitats enhance pollination, fruit set and yield of sweet cherry. *Biological Conservation*, 153, 101-107.
- Kaminski P. (2010). Gametoclonal and Somaclonal Variation among Head Cabbage Androgenic Lines of R1 and R2 Generations Obtained from Jaguar F1 Hybrid. *Journal of Agricultural Science*, 2(2), 119-128.
- Kemp W.P. (2000). The future of crop pollination. *American Bee Journal*, 140 (11), 851-853
- Kemp, W. P., Bosch, J. (2000). Development and emergence of the alfalfa pollinator *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 93, 904-911.
- Klein, A. M., Vaissiere, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., Tschardt, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 274(1608), 303-313.
- Klowden, M. J., Chambers, G.M. (1989). Ovarian development and adult mortality in *Aedes aegypti* treated with sucrose, juvenile hormone and methoprene. *Journal of Insect Physiology*, 35, 513-517.
- Krunić M., Stanisavljević L. (2006) Augmentation of managed population of *Osmia cornuta* and *Osmia rufa* (Hymenoptera: Megachilidae) in Southeastern Europe. *European Journal of Entomology*, 103, 695-697.
- Naug, D. (2009). Nutritional stress due to habitat loss may explain recent honeybee colony collapses. *Biological Conservation*, 142(10), 2369-2372.
- Oldroyd, B. P. (2007). What's killing American honey bees?. *PLoS Biol*, 5(6), e168.
- Ollerton, J., Erenler, H., Edwards, M., Crockett, R. (2014). Extinctions of aculeate pollinators in Britain and the role of large-scale agricultural changes. *Science*, 346(6215), 1360-1362.
- Parker F.D., Batra S.W.T., Tepedino V.J. (1987) New pollinators for our crops. *Agricultural Zoologica* 2, 279-304.
- Pitts-Singer, T. L., Bosch, J., Kemp, W. P., Trostle, G. E. (2008). Field use of an incubation box for improved emergence timing of *Osmia lignaria* populations used for orchard pollination. *Apidologie*, 39(2), 235-246.
- Pitts-Singer, T. L., Cane, J. H. (2011). The alfalfa leafcutting bee, *Megachile rotundata*: the world's most intensively managed solitary bee. *Annual review of entomology*, 56, 221-237.
- Raw A. (1972). The biology of the solitary bee *Osmia rufa* (L.) (Megachilidae). – *Trans. R. Entomol. Soc. Lond.* 124(3), 213–229.
- Raw A. (1974). Pollen preferences of three *Osmia* species (Hymenoptera). *Oikos*, 54-60.

- Rust R., Torchio P., Trostle I. (1989). Late embryogenesis and immature development of *Osmia rufa cornigera* (Rossi) (Hymenoptera: Megachilidae). *Apidologie*, 20(4), 359-367.
- Schittenhelm, S., Giadis, T., Rao, V.R. (1997). Efficiency of various insects in germplasm regeneration of carrot, onion and turnip rape accessions. *Plant Breeding*, 116, 369-375.
- Sedivy C., Dorn S. (2014). Towards a sustainable management of bees of the subgenus *Osmia* (Megachilidae; *Osmia*) as fruit tree pollinators. *Apidologie*, 45, 88-105.
- Sgolastra, F., Bosch, J., Molowny-Horas, R., Maini, S., Kemp, W.P. (2010). Effect of temperature regime on diapause intensity in and adult – wintering Hymenopteran with obligate diapause. *Journal of Insect Physiology*, 56, 185-194.
- Szentgyörgyi H., Woyciechowski M. (2013). Cocoon orientation in the nests of red mason bees (*Osmia bicornis*) is affected by cocoon size and available space. *Apidologie* 44, 334-341.
- Tasei J. N. (1973a). Le comportement de nidification chez. *Osmia*: *Osmia cornuta* Latr. et *Osmia rufa* L (Hymenoptera: Megachilidae). *Apidologie*, 4, 195-315.
- Tasei J.N. (1973b). Observation sur le development d'*Osmia cornuta* Latr. et *Osmia rufa* L. (Hymenoptera: Megachilidae). *Apidologie*, 4, 295-315.
- Tepedino V. J., Torchio P.E (1982). Temporal variability in the sex ratio of non-social bee, *Osmia lignaria propinqua*: extrinsic determination or the tracking of an optimum. *Oikos* 38, 177-182.
- Teper, D., Bilinski, M. (2009). Red mason bee (*Osmia rufa* L.) as a pollinator of rape plantations. *Journal of Apicultural Science*, 53, 115-120.
- Torchio P. F. (1991). Bees as crop pollinators and the role of solitary species in changing environments. *Acta Horticulture*, 288, 49-61.
- Torchio P.F., Tepedino V.J. (1980). Sex ratio, body size and seasonality in solitary bee, *Osmia lignaria propinqua* Cresson (Hymenoptera: Megachilidae). *Evolution*, 34, 993-1003.
- Velthuis, H. H., Van Doorn, A. (2006). A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie*, 37(4), 421.
- Vicens N., Bosh J., Blas M. (1993) Analysis of the nests of some *Osmia* species nesting in pre-established cavities. *Orsis* 8, 41-52.
- Wasielewski, O., Wojciechowicz, T., Giejdasz, K., N. Krishnan N. (2011). Influence of methoprene and temperature on diapause termination in adult females of the over-wintering solitary bee, *Osmia rufa* L. *Journal of Insect Physiology*, 57, 1682-1688.
- Westrich, P. (1989). *Die Wildbienen Baden Württembergs*. Stuttgart, Eugen Ulmer Press.
- White J., Son Y., Park Y-P.(2009) Temperature-Dependent Emergence of *Osmia cornifrons* (Hymenoptera: Megachilidae) Adults. *Journal of Economic Entomology*, 102(6), 2026-2032.
- Wilkaniec Z., Warakomska Z. (1992). Host plant of *Osmia rufa* L. defined on the basis of pollen stored by female bees. [W:] Natural resources of bees in Poland (red. J. Banaszak, 133-141) Pedagogical University, Bydgoszcz
- Wilkaniec Z., Giejdasz, K., Fliszkiwicz M. (2000). Effect of differentiated nest tubes on their settlement by the solitary bee *Osmia rufa* L. (Megachilidae). (in Polish). *Pszczelnicze Zeszyty Naukowe* 44, 119-126.
- Wilkaniec, Z., Giejdasz, K. (2003). Suitability of nesting substrates for the cavity-nesting bee *Osmia rufa*. *Journal of Apicultural Research*, 42(3), 29-31.
- Wilkaniec, Z., Maciejewska, M. (1998). Wykorzystanie pszczoły murarki ogrodowej (*Osmia rufa* L., *Megachilidae*) do zapylania brzoskwini w uprawie szklarniowej. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie*, 57, 869-873.

- Wilkaniec, Z., Radajewska, B. (1996). Solitary bee *Osmia rufa* L.(Apoidea, Megachilidae) as pollinator of strawberry cultivated in an unheated plastic tunnel. [W]: *Proceedings of III International Strawberry Symposium*, p 489-494
- Wilkaniec, Z., Warakomska, Z., Giejdasz, K. (1997). Rośliny pokarmowe populacji *Osmia rufa* L.(Apoidea, Megachilidae) zlokalizowanej w wielkotowarowym gospodarstwie Swadzim. *Postępy apidologii w Polsce. Wyd. WSP w Bydgoszczy*, 273-282.
- Wójtowski F. (1979) Spostrzeżenia nad biologią i możliwościami użytkowania pszczoły murarki – *Osmia rufa* L. (Apoidea, Megachilidae). *Roczniki AR w Poznaniu* 111, 203-208.
- Wójtowski F., Wilkaniec Z. (1978). Chów i wykorzystanie pszczół samotniczych osiedlonych w pułapkach gniazdowych, Instrukcja Wdrożeniowa AR Poznań 1-10.
- Wójtowski F., Wilkaniec Z., Szymaś B. (1995) Increasing the total number of *Osmia rufa* L. (*Megachilidae*) in selected biotopes by controlled introduction method. [W]: *Changes in Fauna of Wild Bees of Europe*. (Ed. Banaszak J.) Pedagogical Univ. Bydgoszcz.

29.05.2019 Giejdasz