KOSMOS
PROBLEMY NAUK BIOLOGICZNYCH

Tom 71 2022
Numer 3 (336)
Strony 355-370

Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika

MARCIN KADEJ

Pracownia Biologii i Entomologii Sądowej
Zakład Biologii, Ewolucji i Ochrony Bezkręgowców
Wydział Nauk Biologicznych
Uniwersytet Wrocławski
Przybyszewskiego 65, 51-148 Wrocław
E-mail: marcin.kadej@uwr.edu.pl

ENTOMOLOGIA SĄDOWA – DEFINICJA, ZAKRES, WYBRANE KIERUNKI BADAŃ

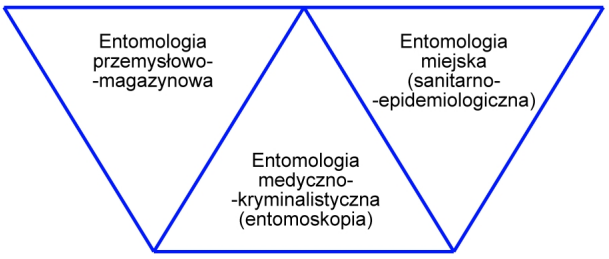
WSTĘP

Entomologia to dział zoologii poświęcony badaniom owadów (Insecta). Organizmy te stanowią dziś najliczniejszą grupę zwierząt lądowych, których liczebność szacuje się na 5,5 mln gatunków, choć dotychczas opisano dopiero około miliona (STORK 2018). Obecność owadów wpływa na funkcjonowanie całych ekosystemów (SCHOWALTER 2013). Organizmy te pełnią szereg usług ekosystemowych takich jak: zapylanie roślin kwiatowych, rozsiewanie nasion, przemiana martwej materii organicznej, spulchnianie gleby, regulowanie populacji innych organizmów (LOSEY i VAUGHAN 2006, ELIZALDE i współaut. 2020, SAUNDERS i RADER 2020). Pełnią także wiele ważnych dla ludzi funkcji, stanowiąc wsparcie dla rolnictwa (w tym ogrodnictwa), przemysłu paszowego, tekstylnego, farmaceutycznego czy kosmetycznego (HUIS i współaut. 2013). Owady, w kontekście archeoentomologicznym, są źródłem wielu informacji na temat przeszłości, przyczyniając się m.in. do rekonstrukcji sposobu życia i stanu zdrowia (kondycji biologicznej) dawnych populacji, gospodarki, ewolucji wzorców żywieniowych i wpływu działalności człowieka na przeszłe środowiska (KADEJ i współaut. 2021). Niektóre gatunki owadów bądź pozyskiwane z nich substancje znajdują zastosowanie we współczesnej medycynie (CHERNIACK 2010, MOHD ZUBIR i współaut. 2020), podczas gdy inne, stanowiąc swoiste dowody, służą do wyjaśniania okoliczności w różnorodnych postępowaniach, nie tylko kryminalistycznych. W tym ostatnim przypadku owady mogą być istotnym dowodem w entomologii sądowej.

Entomologia sądowa jest obecnie jednym z prężniej rozwijających się kierunków badań, o czym dobitnie świadczą setki prac z tej dziedziny publikowanych każdego roku. Celem tego artykułu jest przedstawienie interdyscyplinarnego charakteru entomologii sądowej, w tym kierunków badań, w oparciu o wybrane publikacje.

DEFINICJA I ZAKRES

Entomologia sądowa to wąska specjalność wykorzystująca wiedzę o owadach, ich biologii i ekologii, w różnego rodzaju postępowaniach, nie tylko sądowych (SKOWRONEK 2012, KADEJ i współaut. 2021). Przyjmuje się obecnie, że termin entomologia sądowa obejmuje trzy główne działy (Ryc. 1), takie jak: entomologia magazynowo-przemysłowa (ang. stored product entomology), entomologia miejska (ang. urban entomology, czasem nazywana sanitarno-epidemiologiczną) oraz entomologia medyczno-kryminalistyczna, zwana też entomoskopią (ang. medico-legal entomology lub medico-criminal entomology) (KADEJ i współaut. 2021). Podział ten udowadnia jak szerokie zastoso-



Ryc. 1. Entomologia sądowa – podział.

Słowa kluczowe: entomologia, kryminalistyka, owady, PMI, rozkład

wanie ma entomologia sądowa w odniesieniu do różnych obszarów aktywności człowieka (Tabela 1).

Entomologia przemysłowo-magazynowa wykorzystuje wiedzę o owadach głównie w odniesieniu do wszelkiego rodzaju przypadków stwierdzenia tych zwierząt lub ich aktywności w obiektach przemysłowych, na liniach produkcyjnych, w pomieszczeniach przyjęcia surowców, w magazynach, a na końcu w miejscach sprzedaży produktów i mieszkaniach. Rola entomologa sądowego sprowadza się w tym przypadku m.in. do umiejętności identyfikacji gatunków klasyfikowanych jako tzw. szkodniki magazynowo-przemysłowe, określenia ich zdolności do przenikania na tereny przemysłowe i do gospodarstw domowych, znajomości cykli rozwojowych, preferencji pokarmowych i metod profilaktyki i zwalczania owadów (HALL i HUNTINGTON 2009, HAGSTRUM i SUBRAMANYAM 2016).

Entomologia miejska (=entomologia sanitarno-epidemiologiczna) opiera się na wiedzy o owadach klasyfikowanych jako wektory czynników chorobotwórczych (np. wirusów, bakterii, grzybów, pierwotniaków), źródło pasożytów (np. tasiemców), alergii (skórnych, oddechowych) czy chorób (np. muszyce), a także o gatunkach klasyfikowanych jako stwarzające bezpośrednie zagrożenie dla życia z uwagi na wytwarzane substancje toksyczne (np. jady). W tym przypadku entomolog sądowy musi posiadać wiedzę na temat gatunków o znaczeniu sanitarno-epidemiologicznym, a także takich, które mogą zagrażać bezpośrednio życiu człowieka (HALL i HUNTINGTON 2009). Powinien umieć je zidentyfikować, czasem bazując jedynie na oznakach ich aktywności, takich jak ślady po ukąszeniach, użądleniach czy odczyny zapalne obecne na skórze.

Entomologia sądowa najczęściej kojarzona jest jednak z entomologią medyczno-kryminalną (=entomoskopią), której głównym celem jest określenie czasu zgonu na podstawie analizy jakościowej i ilościowej owadów znalezionych na zwłokach, zwłaszcza wtedy, gdy zastosowanie innych metod medyczno-sądowych jest utrudnione (KADEJ i współaut. 2021). W zakresie entomologii medyczno-kryminalnej entomolog musi znać gatunki nekrofagiczne i faunę stowarzyszoną, cykle rozwojowe gatunków nekrofagicznych oraz zależności dotyczące warunków siedliskowych, w tym temperatury. Ponadto, musi stosować techniki zbioru i zabezpieczania materiałów jako dowodów w sprawie (śladów entomologicznych, w tym żywych owadów), a także metody hodowli, techniki preparacji i prawidłowej identyfikacji. To właśnie entomoskopii poświęcono najwięcej miejsca i uwagi w przestrzeni naukowej, publikując szereg podręczników (SMITH 1986, BENECKE 2005, AMENDT i współaut. 2010, GENNARD 2012, KACZOROWSKA i DRABER-MOŃKO 2014, BYRD i TOMBERLIN 2020), oryginalnych artykułów naukowych o bardzo różnorodnym charakterze (CATTS i GOFF 1992, KADEJ i współaut. 2020, BONACCI i współaut. 2021, LUTZ i współaut. 2021b) czy opisu przypadków (ang. case study/case report) (INTRONA i współaut. 1998, SUKONTASON i współaut. 2007b, MARTÍN-VEGA i współaut. 2011, LINDGREN i współaut. 2015).

W języku polskim ukazało się niewiele tekstów z zakresu entomologii sądowej, a ich zdecydowana większość ma charakter popularno-naukowy (MATUSZEWSKI i współaut. 2008; SKOWRONEK i CHOWANIEC 2010; SKOWRONEK 2012; FRĄTCZAK-ŁAGIEWSKA 2016; DOMASAT 2019; LEŚNIEWSKI 2018, 2020; ALY i ALDEYARBI 2020). Dotychczas w języku polskim ukazał się też jeden podręcznik entomologii sądowej autorstwa KACZOROWSKIEJ i DRABER-MOŃKO (2014). W literaturze przedmiotu dostępne są także rozdziały poświęcone tej tematyce, opublikowane w specjalistycznych opracowaniach monograficznych (MATUSZEWSKI i SKOWRONEK 2019a, b; MATUSZEWSKI i współaut. 2020b). Nie znaczy to wcale, że polscy badacze nie publikują prac *stricte* naukowych. Wręcz przeciwnie! Zwłaszcza w ostatnich latach nastąpił wyraźny przyrost liczby publikacji o takim charakterze, lokowanych głównie w czasopismach o zasięgu międzynarodowym (MATUSZEWSKI i współaut.

Tabela 1. Podstawowe grupy owadów badane w entomologii sądowej.

Entomologia sądowa			
Grupy	przemysłowo-magazynowa	miejska (entomologia sanitarno-epidemiologiczna)	medyczno-kryminalna (entomoskopia)
Tzw. „szkodniki magazynowe”	+	+	–
Tzw. „szkodniki techniczne drewna”	+	+	–
Gatunki hematofagiczne	–	+	+
Gatunki wywołujące alergie	+	+	–
Gatunki jadowite	+	+	+
Nekrofagi I i II rzędu	+	+	+

2011, 2014, 2020a; Matuszewski i Szafałowicz 2013; Matuszewski i Mądra-Bielewicz 2016; Matuszewski i Frątczak-Łagiewska 2018; Gruszka i współaut. 2020; Kadej i współaut. 2020; Grzywacz i współaut. 2021; Szleszkowski i współaut. 2018, 2022).

INTERDYSCYPLINARNOŚĆ ENTOMOLOGII SĄDOWEJ

Entomologia sądowa ma szerokie zastosowania praktyczne. Z uwagi na to, że czerpie z dorobku innych dziedzin nauki, jest specjalnością o wybitnie interdyscyplinarnym charakterze. Ta wąska specjalizacja opiera się przede wszystkim na wynikach nauk biologicznych – w końcu entomologia to część biologii. Nietrudno jednak zauważyć, że z uwagi na kontekst stosowania, jej obszar pokrywa się często z innymi dyscyplinami, w tym m.in. z naukami chemicznymi (toksykologia), medycznymi (tanatologia i genetyka sądowa), prawniczymi czy kryminalistyką.

Sama nazwa – entomologia sądowa – bywa myląca. Entomologia (z gr. *entomon* – owad i *logos* – wiedza, nauka) odnosi się bowiem przede wszystkim do owadów. W praktyce jednak entomolog sądowy często opiniuje przypadki, w których, obok owadów, obecne były także inne zwierzęta bezkręgowe – przedstawiciele innych jednostek taksonomicznych, takich jak, np. mięczaki (Galvão i współaut. 2015), skorupiaki (Viero i współaut. 2019) czy pajęczaki (Rai i współaut. 2021).

OWADY NEKROFAGICZNE

Nekrofagi to gatunki biorące udział w niezwykle ważnym procesie, jakim jest rozkład martwej materii organicznej pochodzenia zwierzęcego. Tym samym przyśpieszają krążenie materii i przepływ energii w ekosystemach. W przypadku entomologii sądowej główną rolę odgrywają gatunki związane z ciałami martwych kręgowców. Z uwagi na kolejność zasiedlania zwłok oraz rolę jaką pełnią w procesie ich utylizacji, owady nekrofagiczne dzielimy na dwie grupy, tj. nekrofagi I i II rzędu. Nekrofagi I rzędu kolonizują zwłoki tuż po śmierci, zatem we wczesnych fazach rozkładu (= zwłoki świeże, wzdęcie, aktywny rozkład). Ich rola sprowadza się głównie do rozkładu tkanek miękkich i organów wewnętrznych, a dzięki ich żerowaniu dochodzi do drastycznego zmniejszenia masy zwłok. Między innymi od liczebności nekrofagów I rzędu zależy szybkość tego procesu. Reprezentowane są głównie przez muchówki z takich rodzin jak plujkowate (Calliphoridae), muchowate (Muscidae) czy ścierwicowate (Sarcophagidae). Wśród chrząszczy cechy nekrofagów I rzędu wykazują larwy padlińca pospolitego *Necrodes littoralis* (Coleoptera: Silphidae), które na zwłokach tworzą agregacje podobne do zgrupowań czerwi muchówek (Charabidze i współaut. 2021).

Nekrofagi II rzędu to owady, które pojawiają się na zwłokach po ustąpieniu nekrofagów I rzędu. Ich działalność polega w głównej mierze na rozkładzie skóry, włosów, paznokci i kości, zatem pozostałości po aktywności żernej nekrofagów I rzędu. Z tego względu są one typowymi reprezentantami tzw. późnych faz rozkładu, tj. rozkładu zaawansowanego, suchych szczątków, występują także na zwłokach zmumifikowanych i zeszkieletowanych. Przedstawicielami tej grupy są przede wszystkim chrząszcze z takich rodzin jak skórnikowate (Dermestidae), pustoszowate (Ptinidae) czy przekraskowate (Cleridae).

Najważniejsze gatunki owadów o znaczeniu nekrofagicznym w Polsce przedstawiają prace Matuszewskiego (2010), Kaczorowskiej i Draber-Mońko (2014), Matuszewskiego i Szpili (2010) oraz Matuszewskiego i współaut. (2010a, 2020b).

OWADY JAKO DOWÓD SĄDOWY

Praktycznie w czasie całego cyklu rozrodczego i we wszystkich postaciach owady mogą stanowić źródło informacji potencjalnie przydatnych w postępowaniach kryminalistycznych. Informacje te możemy czerpać zarówno pracując na stadiach młodocianych (jaja, larwy, poczwarki), jak też z postaciami dorosłymi. W pewnych sytuacjach przydatne mogą być także, zabezpieczone jako dowody w sprawie, pozostałości po owadach takie jak: fragmenty postaci dorosłych (np. przedplecza, pokrywy), fragmenty osłonek poczwarkowych (np. puparia) lub puste linki larwalne.

Zupełnie innym dowodem mogą być oznaki aktywności owadów w postaci uszkodzeń skóry przy okazji żerowania, obecność ich odchodów (np. tzw. „frass" larw chrząszczy z rodziny skórnikowatych), ślady wędrówki lub odciski aparatów gębowych.

W kryminalistyce dowód ma kluczowe znaczenie dla każdego postępowania. Z tego powodu znajomość technik zabezpieczenia poszczególnych śladów entomologicznych jest niezbędna do prawidłowego wnioskowania, będącego następstwem zbierania i dostarczania dowodów. O tym jak ważne jest właściwe zabezpieczenie dowodów o charakterze śladów entomologicznych pisze Lutz i współaut. (2021a, b). Sposoby zabezpieczenia takich śladów charakteryzują Kaczorowska i Draber-Mońko (2014) oraz Leśniewski (2018, 2021).

OWADY – NARZĘDZIE W RĘKACH WYMIARU SPRAWIEDLIWOŚCI

Entomologia sądowa najczęściej kojarzona jest z obszarem rozwiązywania problemów

o charakterze kryminalistycznym. Z tego powodu traktowana jest jako swoiste narzędzie w postępowaniach kryminalistycznych. O takim właśnie jej zastosowaniu dowiadujemy się z pierwszych zapisków pochodzących z Chin, datowanych na 960 r. Przyjmuje się, że wiedza z obszaru entomologii sądowej może dać odpowiedź na przynajmniej trzy (kiedy? gdzie? kto?) z siedmiu pytań w obszarze kryminalistyki, a bywa że pokrywa więcej (Tabela 2).

Znajomość owadów może być przydatna w wielu aspektach, począwszy od spraw zaniedbania osób starszych i dzieci (BENECKE i LESSIG 2001, BENECKE i współaut. 2004), maltretowania dzieci (PICKLES i współaut. 2005), kłusownictwa (SAMUEL 1988, ANDERSON 1999), ruchu pojazdów i transportu szczątków ludzkich (SMITH 1986), wykrycia postrzału (ROETERDINK i współaut. 2004), wykrywania substancji takich jak: paracetamol (O'BRIEN i TURNER 2004), kokaina (GOFF i współaut. 1989, NOLTE i współaut. 1992), barbiturany i środki przeciwbólowe (SADLER i współaut. 1995, 1997), opiaty, kokaina i niektóre antydepresanty (CAMPOBASSO i współaut. 2004, BOULKENAFET i współaut. 2020), heroina (GOFF i współaut. 1991), morfina (BOUREL i współaut. 1999, HÉDOUIN i współaut. 1999) czy konopie indyjskie (CROSBY i współaut. 1986). Jednak najczęstszym zastosowaniem entomologii sądowej jest szacowanie czasu od śmierci do momentu znalezienia zwłok, tzw. *post mortem intervallum*, PMI (AMES i TURNER 2003, MATUSZEWSKI i współaut. 2020b).

Szacowanie PMI możliwe jest na podstawie dwóch głównych metod: sukcesyjnej i rozwojowej. Pierwsza z nich dotyczy określaniu PMI dla zwłok dłużej zalegających (powyżej 30 dni). Celem tej metody jest wstępne ustalenie czasu obecności na ciele określonego zespołu taksonów. Rozpoznanie to daje możliwość oszacowania minimalnego ($PMI_{min.}$) i maksymalnego czasu ($PMI_{max.}$), jaki upłynął od momentu zgonu. Metoda sukcesyjna opiera się o analizę wieku zespołu owadów zabezpieczonych na zwłokach. Z kolei metodę rozwojową wykorzystuje się w przypadku znalezienia tzw. świeżych

Tabela 2. Użyteczność owadów w kontekście pytań stawianych w kryminalistyce.

Pytanie	Rola owada/zastosowanie	Rola entomologa sądowego	Przykładowe prace
Co się wydarzyło?	Owady nośnikiem informacji o sposobie uśmiercenia	Umiejętność prawidłowego zabezpieczenia śladu i współpraca z innymi ekspertami	ROETERDINK i współaut. 2004
Kiedy?	Owady nośnikiem informacji dotyczącej czasu jaki upłynął od śmierci do momentu znalezienia zwłok	Umiejętność identyfikacji taksonów. Znajomość rozwoju owadów w zależności od warunków siedliskowych, temperatury otoczenia, etc. Określenie PMI (metoda rozwojowa i sukcesyjna; podejście mieszane)	ARNALDOS i współaut. 2005, BAJERLEIN i współaut. 2018, MATUSZEWSKI i MĄDRA-BIELEWICZ 2019, HU i współaut. 2020a, LI i współaut. 2022
Gdzie?	Owady nośnikiem informacji o charakterze siedliska [= owady jako indykatory środowisk wodnych (słodkich i słonych), lądowych, (leśnych, nieleśnych, antropogenicznych i naturalnych), w tym gatunki synantropijne, endemiczne, etc.]	Umiejętność identyfikacji taksonów. Znajomość preferencji siedliskowych poszczególnych gatunków; wiedza o rozsiedleniu; znajomość gatunków endemicznych	MATUSZEWSKI i współaut. 2013, CHARABIDZE i współaut. 2017
W jaki sposób? Za pomocą czego? Z jakiego powodu? Dlaczego?	Owady nośnikiem informacji o substancjach czynnych biologicznie (np. narkotykach, substancjach toksycznych, lekach)	Umiejętność identyfikacji taksonów. Umiejętność zabezpieczenia i analizy substancji aktywnych w warunkach laboratoryjnych. Współpraca z toksykologiem	CROSBY i współaut. 1986; GOFF i współaut. 1989, 1991; NOLTE i współaut. 1992; SADLER i współaut. 1995, 1997; BOUREL i współaut. 1999; HÉDOUIN i współaut. 1999; O'BRIEN i TURNER 2004; CAMPOBASSO i współaut. 2004; BOULKENAFET i współaut. 2020
Kto?	Owady nośnikiem informacji dotyczącej DNA sprawcy/ofiary	Umiejętność obserwacji, zabezpieczenia i analizy śladów pozostawionych przez owady, np. krwawych odcisków. Współpraca z genetykiem	WELLS i współaut. 2001, ZEHNER i współaut. 2004, BUCHELI i współaut. 2010, SKOWRONEK i współaut. 2015

zwłok. Metoda ta wykorzystuje wiedzę na temat powtarzalności czasu rozwoju owadów nekrofilnych. Wiek stadiów młodocianych pozwala na oszacowanie jedynie minimalnego PMI. Określenie wieku stadiów młodocianych dokonywane jest poprzez ustalenie wskaźników rozwojowych zabezpieczonych okazów i przyrównanie ich do prawidłowych modeli. Znając długości cyklów rozwojowych owadów, ich stadiów młodocianych i uwzględniając dane meteorologiczne, można ustalić datę zapoczątkowania rozwoju osobnika należącego do konkretnego gatunku.

Jak skutecznym narzędziem w szacowaniu PMI jest entomologia sądowa i owady dowodzą m.in. prace Arnaldos i współaut. (2005), Hu i współaut. (2020a) oraz Li i współaut. (2022).

Pomimo aplikacyjnego charakteru entomologii sądowej, należy dodać, że czasem obecność owadów na zwłokach lub w miejscu zbrodni, zamiast pomagać w rozwikłaniu zagadki, może ją jeszcze bardziej komplikować. Wynika to z faktu, że owady, np. żerując, mogą wprowadzać pewne artefakty (Bonacci i Vercillo 2015, Zanetti i współaut. 2015, Viero i współaut. 2019, Matuszewski i współaut. 2020b), a tym samym zaburzać interpretację zaobserwowanych śladów. Świadomość tego jest jednym z ważnych elementów rzemiosła i musi być uwzględniania w codziennej praktyce kryminalistycznej oraz pracy entomologa sądowego.

WSPÓŁCZESNE KIERUNKI BADAŃ W ENTOMOLOGII SĄDOWEJ

Entomologia sądowa wciąż wnosi wiele do lepszego poznania owadów, zwłaszcza gatunków nekrofagicznych. Obecnie prowadzi się wiele badań, w których kluczową rolę odgrywają owady o tzw. znaczeniu kryminalistycznym (ang. forensic significance). Poniżej krótko charakteryzuję najważniejsze obszary obrazujące wpływ entomologii sądowej na rozwój nauk biologicznych.

MORFOLOGIA, IDENTYFIKACJA GATUNKOWA

Pierwszym zadaniem entomologa sądowego jest prawidłowa identyfikacja taksonu. Bez tego kroku jakiekolwiek dalsze wnioskowanie jest nieuzasadnione. Oznaczenie organizmu do możliwie najniższego poziomu, najlepiej gatunku, jest niezbędne do pracy w którymkolwiek z trzech działów entomologii sądowej. W tym przypadku specjalista entomolog musi znać systematykę zwierząt bezkręgowych. Ta wiedza nieodłącznie wymaga znajomości morfologii poszczególnych jednostek, w tym szczególnych cech rodzin/rodzajów/gatunków. Z tego względu jednym z kierunków badań w ramach entomologii sądowej jest morfologia opisowa, której głównym celem jest szczegółowe poznanie cech budowy gatunków, na tyle dokładnie, na ile tylko pozwalają współczesne techniki badawcze. Aby to osiągnąć, poza obserwacjami makroskopowymi, używa się innych technik mikroskopowych, w tym skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM), mikroskopii konfokalnej (Grzywacz i współaut. 2014) czy CT micro-tomografii (micro CT) (Martín-Vega i współaut. 2017). Na tej podstawie potem powstają specjalistyczne klucze do oznaczania zarówno postaci młodocianych i dorosłych, a ich użytkowa wartość w obszarach pozasądowych jest trudna do przecenienia. Opracowania tego typu są potem używane także przez badaczy na innych polach niż entomologia sądowa, tj. w badaniach taksonomicznych i ekologicznych.

Badania morfologiczne obejmują praktycznie wszystkie stadia rozwojowe. W literaturze przedmiotu są prace poświęcone morfologii jaj (Grzywacz i współaut. 2012, Sanit i współaut. 2013), larw (Szpila 2010, Szpila i współaut. 2013, Grzywacz i współaut. 2017a, Díaz-Aranda i współaut. 2018) i postaci dorosłych (Almeida i Mise 2009, Barták i współaut. 2016, Buck i współaut. 2009, Michelsen 2022). W przypadku muchówek często badana jest szczegółowa morfologia osłonek poczwarkowych (puparium) (Amorim i Ribeiro 2001, Sukontason i współaut. 2007a, Giordani i współaut. 2019). Ostatnio, wykorzystując znane techniki analiz morfometrycznych, intensywnie rozwijają się badania pozwalające na identyfikację gatunków muchówek w oparciu o morfologię skrzydła (Grzywacz i współaut. 2017a; Szpila i współaut. 2019, 2022).

Osobną kwestią są badania umożliwiające identyfikację gatunkową nie tyle na podstawie morfologii wybranych stadiów rozwojowych czy też struktur, ale raczej kompozycji węglowodorów kutikularnych. Interesujące wyniki w tym zakresie przedstawia praca Moore i współaut. (2021), opisująca wyniki analiz tych węglowodorów m.in. nekrofagicznych gatunków muchówek.

SYSTEMATYKA I TAKSONOMIA

Poznawanie morfologii i danych molekularnych poszczególnych taksonów przyczynia się do wykorzystania ich cech we wnioskowaniu o charakterze taksonomicznym i systematycznym. Na tej podstwie dokonywane są rewizje taksonomiczne całych rodzajów, a nawet rodzin, podejmowane są także decyzje taksonomiczne oraz badane związki pokrewieństw między taksonami (Piwczyński i współaut. 2014, Grzywacz i współaut. 2017b). W obrębie taksonów wyższych (np. rodzin) o znaczeniu medyczno-sądowym wciąż opisywane są nowe dla

nauki gatunki i rodzaje (NAMAKI-KHAMENEH i współaut. 2021).

FAUNISTYKA

Wiedza o rozsiedleniu jest niezbędna do określania granic zasięgów występowania poszczególnych gatunków. Znajomość ich rozmieszczenia, oparta zazwyczaj na obserwacjach terenowych, ma kluczowe znaczenie dla wydawania opinii w odniesieniu do miejsca. Nabiera to szczególnego sensu w przypadku gatunków endemicznych, których występowanie ograniczone jest do ściśle określonego miejsca w danym kraju czy na świecie. Wykazanie gatunku endemicznego, np. na zwłokach znalezionych poza znanym zasięgiem takiego organizmu, będzie wspierało tezę o przemieszczeniu zwłok. W przypadku owadów nekrofagicznych badania faunistyczne są wciąż prowadzone. W większości przypadków publikowane są stwierdzenia gatunków nowe dla poszczególnych krajów (SZPILA i współaut. 2008, FREMDT i współaut. 2012, GRZYWACZ i CASTRO 2012, MICHALSKI i współaut. 2021). Prowadzone przez naukowców eksperymenty, badania terenowe i gromadzone dane wcześniejszych przypadków mogą dostarczać nowych informacji nie tylko w kontekście rozmieszczenia poszczególnych gatunków, ale także w zakresie statusu ich zagrożenia. Dobrym tego przykładem jest padliniec pospolity *Necrodes littoralis* ujęty w *Czerwonej Liście zwierząt ginących i zagrożonych w Polsce* (PAWŁOWSKI i współaut. 2002) ze statusem NT (z ang. near threatened = bliski zagrożenia wymarciem). Liczba stwierdzeń tego chrząszcza na zwłokach ludzkich oraz jego częste wykazywanie w badaniach, np. nad sukcesją na zwłokach świni domowej, pozwala twierdzić, że jest to gatunek pospolity, co poddaje w wątpliwość nadaną mu w Polsce kategorię zagrożenia.

KOLONIZACJA ZWŁOK – MODELE SUKCESJI OWADÓW

Znajomość reguł związanych z kolonizacją zwłok przez owady w zależności od różnorodnych czynników ma istotne znaczenie dla opiniowania przez entomologa sądowego. Ta wiedza jest niezbędna zwłaszcza w odniesieniu do wnioskowania w oparciu o metodę sukcesyjną, bazującą na znajomości wieku zespołów owadów kolonizujących zwłoki.

W związku z tym, w ramach entomologii sądowej prowadzone są badania nad zespołami owadów (tzw. sukcesja zwłok), np. w zależności od strefy klimatycznej czy warunków siedliskowych [np. las (MATUSZEWSKI i współaut. 2010b); otwarty teren *vs.* zamknięta przestrzeń (REIBE i MADEA 2010, ANDERSON 2011)]. Badacze porównują schematy kolonizacji zwłok w zależności od ich ułożenia [leżące na gruncie, wiszące, dotykające ziemi (SHALABY i współaut. 2000, JARMUSZ i współaut. 2020)], sposobu ukrycia [zakopane (VANLAERHOVEN i ANDERSON 1999, PASTULA i MERRITT 2013), zatopione w wodzie (ANDERSON i HOBISCHAK 2004), zamknięte w autach (MALAINEY i ANDERSON 2020)], przekształcenia zwłok [spalone (AVILA i GOFF 1998), pofragmentowane (WANG YU i współaut. 2017)].

W tym celu prowadzone są rozliczne badania zarówno zwłok ludzkich, jak i martwych zwierząt (np. świnie, króliki, szczury, kurczaki) w różnorodnych warunkach siedliskowych, w celu opracowanie modeli sukcesji zwłok przez owady. Przykładem jest publikacja poświęcona opracowaniu i walidacji modeli wzrostu dla środkowoeuropejskiej populacji *Creophilus maxillosus* (Coleoptera: Staphylinidae) możliwych do zastosowania na potrzeby kryminalistyki (FRĄTCZAK-ŁAGIEWSKA i współaut. 2020).

ROZWÓJ OWADÓW, MODELE ROZWOJOWE W KONTEKŚCIE PMI

W celu oszacowania PMI szczególne znaczenie ma wiedza w zakresie biologii rozwoju owadów w stałych i zmiennych warunkach termicznych (KARABEY i SERT 2018, FRĄTCZAK-ŁAGIEWSKA i współaut. 2020, HU i współaut. 2020b, BARROS-CORDEIRO i współaut. 2021). Na podstawie takich badań możliwe jest wskazanie jednostki czasu niezbędnej do osiągnięcia konkretnego stadium rozwojowego (jaja, larwy, poczwarki) w znanej temperaturze oraz wiedza o długości trwania poszczególnych stadiów w ustalonych temperaturach. Wyniki takich badań zestawia się w specjalnych tabelach rozwojowych lub obrazuje na wykresach izomorfenicznych (GRASSBERGER i REITER 2001). Przedstawione na nich krzywe reprezentują kluczowe momenty rozwojowe, tj. wyklucie, pierwsze linienie, drugie linienie, przepoczwarczenie, pojawienie się postaci dorosłej. Obszary między krzywymi to odpowiadające im stadia rozwoju, np. pomiędzy krzywą drugiego linienia a krzywą przepoczwarczenia u muchówek mamy do czynienia z larwą trzeciego stadium. W tym przypadku również można oszacować, ile czasu upłynęło od początku rozwoju do osiągnięcia danego momentu w rozwoju w określonych warunkach termicznych.

Na podstawie eksperymentów określa się także dodatkowy wskaźnik rozwoju, tj. długość, którą larwa danego gatunku osiąga w zależności od temperatury w jakiej zachodzi rozwój. Wyniki takich badań zestawia się na tzw. wykresach izomegalenicznych (GRASSBERGER i REITER 2001, WANG i współaut. 2017). Przedstawione są na nich krzywe, które reprezentują wielkość larwy. Znając temperaturę w jakiej rozwijał się osobnik można z nich odczytać, ile czasu upłynęło od rozpoczęcia roz-

woju do momentu osiągnięcia określonej wielkości. Dane te są pomocne do oszacowania czasu jaki upłynął od momentu kolonizacji zwłok przez owady, do momentu zebrania konkretnego stadium rozwojowego ze zwłok.

HODOWLE

Umiejętność prowadzenia hodowli jest kluczowa wtedy, gdy do analizy przekazane są stadia młodociane (np. jaja, młodsze stadia larwalne), w oparciu o które niemożliwe jest wnioskowanie o gatunku z uwagi np. na brak kluczy do identyfikacji lub nieznajomość sekwencji barkodowych do identyfikacji metodami molekularnymi. Z tego względu sztuka prowadzenia hodowli, obejmująca zarówno warunki laboratoryjne oraz wymagania pokarmowe, znajduje się w polu zainteresowań entomologów sądowych. Poza tym hodowle są niezbędne do prowadzenia wielu eksperymentów w warunkach kontrolowanej temperatury, wilgotności czy fotoperiodu. Wyniki takich badań służą potem do zwiększania sukcesu hodowli oraz dokładniejszego oszacowania PMI (Frątczak-Łagiewska i współaut. 2020, Gruszka i Matuszewski 2021).

OKREŚLANIE WIEKU OWADÓW

Umiejętność określenia wieku postaci owada jest kluczowa dla ustalenia PMI w oparciu o metodę rozwojową. Z tego względu w ostatnich latach powstało wiele prac, których celem było szczegółowe poznanie rozwoju owadów z uwzględnieniem wieku. Swoiste kompendium tej wiedzy przedstawia Frątczak-Łagiewska (2016). Na podstawie przeprowadzonych analiz udowodniono, że możliwe jest ustalenie wieku jaj *Calliphora vicina* na podstawie zmian widocznych pod mikroskopem stereoskopowym (Martín-Vega i Hall 2016). Wiek jaj i poczwarek owadów nekrofagicznych można ocenić także metodami molekularnymi wykorzystującymi ekspresję genów (Tarone i współaut. 2007, Zehner i współaut. 2009, Hartmann i współaut. 2021). Przy użyciu genetycznych markerów możliwa jest identyfikacja wieku wybranych stadiów rozwojowych, np. poczwarek (Zajac i współaut. 2018). Interesującą metodę oceny wieku poczwarek *Necrodes littoralis*, na podstawie analizy kontrastu intensywności między oczami poczwarki a średnioszarą kartą fotograficzną jako standardowym tłem, opracowali Novák i współaut. (2020).

Wiek larw możliwy jest do ustalenia np. na podstawie długości (diagramy izomegaleniczne), stadium larwalnego rozwoju (diagramy izomorfeniczne) oraz analizy węglowodorów, jakimi pokryty jest chitynowy oskórek stanowiący szkielet zewnętrzny owada (Moore i współaut. 2013, Xu i współaut. 2014, Braga i współaut. 2016).

EKOLOGIA

Badania nad owadami nekrofagicznymi, zwłaszcza wykonywane w warunkach naturalnych, przyczyniają się do pogłębiania naszej wiedzy o ich ekologii. Ostatnio wykonano wiele badań dotyczących zgrupowania nekrofagów na zwłokach. Prowadzone są także badania nad: wpływem środowiskowych czynników na składanie jaj przez samice (Lutz i współaut. 2022) czy rozwój jaj i larw (Ney 2021); preferencjami siedliskowymi owadów nekrofagicznych w ujęciu przestrzenno-czasowym (Hodecek i Jakubec 2022); adaptacjami do agregacji u larw *Lucilia sericata* (Aubernon i współaut. 2022); stosunkiem płci owadów stwierdzonych na zwłokach (Bajerlein i współaut. 2022).

Nowej wiedzy ekologicznej dostarczają także opiniowane przypadki. Doskonałą tego ilustracją jest sprawa opisana przez Szleszkowskiego i współaut. (2018). W częściowo zeszkieletowanym ciele, przebywającym blisko 13 lat na drzewie, po raz pierwszy zaobserwowano gniazdowanie takich gatunków jak pszczoła miodna, osa zwyczajna i wiewiórka zwyczajna. Odkrycie to zapoczątkowała standardowa procedura sekcyjna, do której wezwany został entomolog sądowy.

Badania nad owadami nekrofagicznymi przyczyniają się także do poznania ich wpływu np. na warunki siedliskowe oraz inne mikro- i makroorganizmy współistniejące (Ilardi i współaut. 2021).

Interesujących informacji dostarczają prace oparte o przegląd przypadków pod kątem występujących na zwłokach gatunków owadów. Analiza czynników wpływających na rozwój owadów na zwłokach w różnorodnych warunkach pozwala na wyciąganie wielu wniosków, także w zakresie biologii i ekologii gatunków nekrofagicznych. Doskonałą tego ilustracją jest publikacja Charabidze i współaut. (2016) odnosząca się do biologii i ekologii jednego z najważniejszych w entomologii sądowej chrząszczy nekrofagicznych, jakim jest *Necrodes littoralis*. Analiza 154 przypadków z terenu Francji wykazała, że ponad 90% przypadków zwłok, na których występował padliniec pospolity, znaleziono na zewnątrz budynków/pomieszczeń, większość z nich zlokalizowana była na terenach leśnych, w zadrzewieniach i na polach. Stopień rozkładu zwłok był różny, przy czym ponad 50% znajdowało się w zaawansowanym stadium rozkładu, 36% we wczesnym stadium rozkładu, a mniej niż 10% w stadium świeżym, zmumifikowanym lub zeszkieletowanym. Interesujących danych dostarczyła także analiza taksonów współwystępujących, w których dominowały plujki (Calliphoridae) (94% przypadków) oraz zgniłówkowate (Fanniidae) i muchowate (Muscidae) (65% przypadków). Najczęstszymi gatunkami chrząszczy były *Necrobia*

spp. (Coleoptera: Cleridae) i *Creophilus maxillosus* (Coleoptera: Staphylinidae); chrząszcze te zaobserwowano w 27% przypadków.

INTERAKCJE MIĘDZYGATUNKOWE

Badania eksperymentalne nad owadami nekrofagicznymi dostarczają danych o interakcjach w jakie wchodzą ze sobą gatunki w różny sposób wykorzystujące zwłoki. Są to często interakcje między przedstawicielami różnych jednostek taksonomicznych, tj. chrząszcze i muchówki, muchówki/chrząszcze i mrówki, itd. (FLINT i współaut. 2022). Niektóre z nich opisują relacje pomiędzy blisko spokrewnionymi gatunkami należącymi do tego samego rodzaju. Przykładem takich badań jest praca FRĄTCZAK-ŁAGIEWSKIEJ i MATUSZEWSKIEGO (2018) przedstawiająca relację *Thanatophilus sinuatus* i *T. rugosus* (Coleoptera: Silphidae: Silphinae). Chrząszcze te zostały przebadane pod kątem sezonowości, czasu kolonizacji martwych zwierząt, preferencji siedliskowych i wielkości ciał na podstawie analizy liczebności larw w trzecim stadium larwalnym na eksponowanych zwłokach wieprzowych.

OWADY NEKROFAGICZNE I BAKTERIE

Ostatnio coraz częściej pojawiają się badania obejmujące analizę mikrobiomu owadów nekrofagicznych, mające na celu wyjaśnienie interakcji bakterii związanych z różnymi gatunkami owadów (BARNES i współaut. 2010, ZHENG i współaut. 2013, SINGH i współaut. 2015, TOMBERLIN i współaut. 2017, IANCU i współaut. 2018a). Do tej pory większość badań mikrobiomu owadów dotyczyła głównie problemów, takich jak oporność na środki przeciwdrobnoustrojowe i przenoszenie patogenów (BARNES i współaut. 2010, BUTLER i współaut. 2010, BAHRNDORFF i współaut. 2014, WAHEEDA i współaut. 2014, OMMI i współaut. 2015, SOLŔ-GINÉS i współaut. 2015, ROYDEN i współaut. 2016). Ostatnio publikowane są także prace skoncentrowane na charakterystyce bakterii i ocenie metagenomicznej mikrobiomu różnych gatunków owadów nekrofagicznych (TÓTH i współaut. 2006, ZHENG i współaut. 2013, SINGH i współaut. 2015, IANCU i współaut. 2018b, XU I współaut. 2022). Nowym kierunkiem badań jest specyficzna amplifikacja i ocena ilościowa transferu bakterii z owadów na tkanki. Interesujących wyników w tym zakresie dostarcza publikacja IANCU i współaut. (2020) opisująca transfer *Wohlfahrtiimonas chitiniclastica* i *Ignatzschineria indica* z młodocianych stadiów *Lucilia illustris* (Diptera: Calliphoridae) do skolonizowanych tkanek wieprzowych. Biorąc pod uwagę wykorzystanie tkanek wieprzowych jako ludzkich analogów, te ilościowe dane dotyczące dynamiki drobnoustrojów dostarczają pierwszych kandydatów na bakterie specyficzne dla owadów jako potencjalne biomarkery kolonizacji w badaniach kryminalistycznych.

BEHAWIOR

Owady nekrofagiczne, z uwagi na silną konkurencję o zasób pokarmowy jakim są zwłoki, wykształciły szereg przystosowań do radzenia sobie z tym problemem, np. poprzez unikanie konkurencji. Dobrą ilustracją takich zachowań są nekrofagiczne chrząszcze z rodzaju grabarz *Nicrophorus* spp. Badania nad tymi owadami dotyczyły danych o specyficznym behawiorze związanym nie tylko z odnajdowaniem padliny, ale też z jej zakopywaniem i obróbką, opiece nad potomstwem oraz obroną przed drapieżnikami. Kwestie te przedstawia m.in. artykuł przeglądowy URBAŃSKIEGO (2013). Poza wymienionymi aspektami, porusza on kwestie behawioru godowego, produkcji feromonów czy walki samców o samice.

Kolejnym przykładem interesujących badań nad zachowaniem owadów nekrofagicznych są badania polskich naukowców nad *Necrodes littoralis*, którego behawior związany z polewaniem padliny substancją produkowaną przez gruczoły postaci dorosłych znacząco obniżał śmiertelność potomstwa, a także wpływał na skrócenie rozwoju, zapewniając lepsze warunki termiczne (MATUSZEWSKI i MĄDRA-BIELEWICZ 2021).

GENETYKA

Dynamiczny rozwój technik genetycznych pozwolił na ich zastosowanie także w badaniach nad owadami o znaczeniu medyczno-sądowym. Przykładem są badania nad stosowaniem barkodingu w identyfikacji gatunkowej (WELLS i STEVENS 2008, FUENTES-LÓPEZ i współaut. 2020, GRZYWACZ i współaut. 2021).

Z kolei badania ekspresji genów mają zastosowanie do oceny wieku np. jaj (TARONE i współaut. 2007) czy poczwarek muchówek (HARTMANN i współaut. 2021).

Szczególne zainteresowanie budzą także badania owadów jako wektorów ludzkiego DNA w kontekście informacji o znaczeniu kryminalistycznym (SKOWRONEK i współaut. 2014, DURDLE 2020).

ENTOMOTOKSYKOLOGIA

Entomotoksykologia jest relatywnie nową, aczkolwiek dynamicznie rozwijającą się specjalizacją (GOFF i LORD 1994, INTRONA i współaut. 2001, CHOPHI i współaut. 2019). Łączy ona wiedzę biologiczną z chemiczną w zakresie oddziaływania na żywe organizmy różnorodnych substancji – najczęściej toksycznych, takich jak: leki, narkotyki, dopalacze. Celem badań entomotoksykologicznych jest weryfikacja wpływu takich substancji aktyw-

nych, np. na rozwój wybranych gatunków owadów o znaczeniu medyczno-sądowym, w tym ich śmiertelność (Al-Shuraym i współaut. 2021). Badania dotyczą szacowania PMI, z uwzględnieniem postaci rozwojowych owadów (SALIMI i współaut. 2018, Bhardwaj i współaut. 2020). Istotą tych badań jest weryfikacja, czy i jak bardzo poszczególne substancje wpływają na rozwój owadów (wydłużenie, skrócenie lub jego przerwanie) (Galil i współaut. 2021). Kolejnym problemem znajdującym się w sferze zainteresowań badaczy jest próba określenia trwałości takich związków w ciałach owadów lub strukturach, które pozostawiają (np. wylinki, osłonki poczwarkowe). Owady bowiem mogą stanowić źródło informacji o substancjach toksycznych, zwłaszcza wtedy, gdy na miejscu zbrodni nie ma już ciała ani płynów mogących zawierać taką treść. Nadal prowadzone są badania mające na celu opracowania metod pozwalających na analizowanie takich śladów w kontekście kryminalistycznym (Gagliano-Candela i Aventaggiato 2001).

OWADY NEKROFAGICZNE VS. NIEKORZYSTNE WARUNKI SIEDLISKOWE

W przypadku postępowań kryminalistycznych entomolog sądowy często otrzymuje materiał nieodpowiednio zabezpieczony lub przechowywany w niewłaściwych warunkach (np. szczelnie zamknięte pojemniki). W tym celu prowadzone są badania nad wpływem niekorzystnych warunków, takich jak. np. ograniczony dostęp powietrza, na rozwój poszczególnych stadiów. Jednym z przykładów takich badań jest praca Mądrej-Bielewicz i współaut. (2017) nad przeżywalnością poczwarek *Lucilia sericata* i *Calliphora vomitoria* (Diptera: Calliphoridae) w hermetycznych pojemnikach. Wykazano, że przeżywalność poczwarek much w takich pojemnikach zależy od objętości pojemnika, liczby zawartych w nim poczwarek i ich wieku. Stwierdzono, że przeżywalność obu wymienionych gatunków wzrasta wraz ze wzrostem objętości powietrza na 1 mg poczwarki na dobę rozwoju w hermetycznym pojemniku. Poniżej 0,05 ml powietrza żaden owad nie przeżył, a powyżej 0,2 ml powietrza na 1 mg poczwarki dziennie, przeżywalność osiągnęła maksimum.

Innym przykładem podobnych analiz są badania przeżywalności larw i poczwarek wybranych gatunków Calliphoridae w warunkach pełnego zanurzenia. Singh i Bala (2011), badając larwy *Chrysomya megacephala* i *C. rufifacies* stwierdzili, że najniższa przeżywalność wystąpiła wśród 10-godzinnych larw, które nie tolerowały zanurzenia dłuższego niż 2 godziny. Z kolei Singh i Greenberg (1994) wykazali, że poczwarki pięciu najczęściej spotykanych na zwłokach plujek są w stanie wytrzymać pod wodą od 1 do nawet 4 dni. Największe zdolności w tym zakresie wykazywały 2–3 dniowe poczwarki *Lucilia sericata, Phormia regina* i *Protophormia terranovae*.

TECHNIKI ZABEZPIECZANIA I PRZYGOTOWYWANIA MATERIAŁÓW DO ANALIZ

Od jakości próbki zabezpieczonej na linii produkcyjnej, w magazynie, w domowej spiżarni czy na zwłokach zależy wynik identyfikacji gatunkowej. Z tego też powodu rozwijane są badania mające na celu wypracowanie technik pozwalających na zebranie i zabezpieczenie materiałów w sposób trwały, w tym metod oczyszczania próbek (Adams i Hall 2003, Pradelli i współaut. 2021). Potrzeba przechowania materiałów dowodowych w postaci czerwi muchówek doprowadziła do opracowania płynów konserwujących, innych niż powszechnie stosowany etanol. Larwy zalane etanolem w krótkim czasie ulegają niekorzystnym procesom powodującym zniekształcenie ciała (co prowadzi do jego skrócenia) oraz ściemnienia (melanizacja). Badania eksperymentalne z takimi materiałami udowodniły, że najlepszą techniką zabezpieczającą larwy much do analiz morfologicznych jest poddanie ich kąpieli we wrzątku, a następnie umieszczenie w pojemnikach wypełnionych etanolem lub roztworem Kahlego (Rasli i współaut. 2014). Obecnie dostępne są publikacje opisujące dobre praktyki w zakresie zabezpieczania materiałów entomologicznych, obejmujące nie tylko stadia rozwojowe, ale także szczątki oraz ślady aktywności owadów (Brown i współaut. 2012, Richards i współaut. 2013, Matuszewski i współaut. 2020b, Leśniewski 2021, Nigoghosian i współaut. 2021). Opracowania te są szczególnie przydatne technikom kryminalistyki, którzy często wyręczają entomologów sądowych w zakresie zbioru i zabezpieczenia dowodów.

Entomologia sądowa przyczyniła się także do rozwoju wiedzy w zakresie ekstrakcji DNA z próbek zabezpieczonych larw Diptera (Martoni i współaut. 2019).

PODSUMOWANIE

Entomologia sądowa obecnie rozwija się niezwykle dynamicznie (Joseph i współaut. 2011). Świadczą o tym liczne artykuły naukowe, w tym poświęcone tej tematyce specjalne zeszyty (Charabidze i Martín-Vega 2021) i wydawane w ostatnich latach monografie oraz ich nowe wydania (Byrd i Castner 2009; Amendt i współaut. 2010; Gennard 2012; Rivers i Dahlem 2014, 2022; Byrd i Tomberlin 2020; Tomberlin i Benbow 2020). Obecnie szybki dostęp do publikacji w internecie, a także możliwość wymiany poglądów między naukowcami sprzyjają rozwojowi tej specjalności. Do

dalszego efektywnego rozwoju entomologii sądowej przyczynić się może ściślejsza współpraca między światem praktyki i nauki (HALL 2021). Doskonałą tego ilustracją jest m.in. współpraca prokuratury ze specjalistami entomologii sądowej (Uniwersytet Wrocławski) i medycyny sądowej (Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich) we Wrocławiu. Wspólne działania pogłębiają wiedzę naukowców, przyczyniając się do powstawania nowych publikacji naukowych (KACZOROWSKA i współaut. 2004, SKOWRONEK i współaut. 2013, SKOWRONEK i SZPILA 2015, SZLESZKOWSKI i współaut. 2018, KADEJ i współaut. 2020, MATUSZEWSKI i współaut. 2020b), a także ostatecznie do efektywnego wykorzystania zdobytej wiedzy w czasie przygotowywania specjalistycznych opinii na potrzeby postępowań dochodzeniowo-śledczych, przedsądowych i sądowych.

Streszczenie

Entomologia sądowa jest wąską specjalnością naukową dynamicznie rozwijającą się w ostatnich latach. Ma ona wybitnie utylitarny charakter, o czym świadczy jej stosowanie w wielu postępowaniach, w tym sprawach kryminalistycznych. Wiedza o owadach – ich biologii, ekologii, behawiorze – jest niezwykle przydatna do wnioskowania o czasie jaki upłynął od momentu zgonu (PMI), zawsze wtedy, gdy inne standardowe metody są zawodne. W tym celu wielu naukowców na całym świecie prowadzi różnorodne badania nad owadami nekrofilnymi. Zebrane w ten sposób informacje nie tylko przyczyniają się do lepszego rozumienia roli owadów w procesach przemiany materii, ale także podnoszą jakość wnioskowania o PMI. Z uwagi na liczbę i specyfikę prowadzonych badań entomologię sądową należy uznać za specjalność naukową o wybitnie interdyscyplinarnym charakterze – budującą pomosty między innymi specjalizacjami badawczymi w obrębie biologii, chemii czy medycyny sądowej. W obszarze poznawczym jest jeszcze wiele wątków wymagających dalszych pogłębionych analiz, wiele gatunków czeka na opracowanie modeli rozwojowych, ustalenie wieku ich stadiów rozwojowych, a w końcu opisanie interakcji między gatunkami konkurującymi o ten sam zasób pokarmowy. W niniejszym artykule przedstawiono kierunki badawcze zakorzenione w entomologii sądowej, świadczące o jej wielkim potencjale naukowym.

LITERATURA

ADAMS Z. J. O., HALL M. J. R., 2003. *Methods used for the killing and preservation of blowfly larvae, and their effect on post-mortem larval length*. Forensic Sci. Int. 138, 50-61.

ALMEIDA L. M., MISE K. M., 2009. *Diagnosis and key of the main families and species of South American Coleoptera of forensic importance*. Rev. Bras. Entomol. 53, 227-244.

AL-SHURAYM L. A., AL-MEKHLAFI F. A., ABD AL GALIL F. M., ALHAG S. K., AL-KERIDIS L. A., ALI EL HADI MOHAMED R., WADAAN M. A., AL-KHALIFA M. S., 2021. *Effect of zolpidem tartrate on the developmental rate of forensically important flies Chrysomya megacephala (Diptera: Calliphoridae) and Chrysomya saffranea*. J. Med. Entomol. 58, 2101-2106.

ALY S. M., ALDEYARBI H., 2020. *Zastosowanie entomologii sądowej: przegląd stanu wiedzy i najnowsze doniesienia*. Arch. Forensic Med. Criminol. 70, 44-77.

AMENDT J., GOFF M. L., CAMPOBASSO C. P., GRASSBERGER M., 2010. *Current Concepts in Forensic Entomology*. Springer Netherlands, Dordrecht.

AMES C., TURNER B., 2003. *Low temperature episodes in development of blowflies: implications for postmortem interval estimation*. Med. Vet. Entomol. 17, 178-186.

AMORIM J. A., RIBEIRO O. B., 2001. *Distinction among the puparia of three blowfly species (Diptera: Calliphoridae) frequently found on unburied corpses*. Mem. Inst. Oswaldo Cruz 96, 781-784.

ANDERSON G. S., 1999. *Wildlife forensic entomology: determining time of death in two illegally killed black bears cubs*. J. Forensic Sci. 44, 856-859.

ANDERSON G. S., 2011. *Comparison of decomposition rates and faunal colonization of carrion in indoor and outdoor environments*. J. Forensic Sci. 56, 136-142.

ANDERSON G. S., HOBISCHAK N. R., 2004. *Decomposition of carrion in the marine environment in British Columbia, Canada*. Int. J. Legal Med. 118, 206-209.

ARNALDOS M. I., GARCÍA M. D., ROMERA E., PRESA J. J., LUNA A., 2005. *Estimation of postmortem interval in real cases based on experimentally obtained entomological evidence*. Forensic Sci. Int. 149, 57-65.

AUBERNON C., FOUCHE Q., CHARABIDZE D., 2022. *Developmental niche construction in necrophagous larval societies: Feeding facilitation can offset the costs of low ambient temperature*. Ecol. Entomol. 47, 382-390.

AVILA F. W., GOFF M. L., 1998. *Arthropod succession patterns onto burnt carrion in two contrasting habitats in the Hawaiian Islands*. J. Forensic Sci. 43, 581-586.

BAHRNDORFF S., GILL C., LOWENBERGER C., SKOVGÅRD H., HALD B., 2014. *The effects of temperature and innate immunity on transmission of Campylobacter jejuni (Campylobacterales: Campylobacteraceae) between life stages of Musca domestica (Diptera: Muscidae)*. J. Med. Entomol. 51, 670-677.

BAJERLEIN D., TABERSKI D., MATUSZEWSKI S., 2018. *Estimation of postmortem interval (PMI) based on empty puparia of Phormia regina (Meigen) (Diptera: Calliphoridae) and third larval stage of Necrodes littoralis (L.) (Coleoptera: Silphidae) – Advantages of using different PMI indicators*. J. Forensic Legal Med. 55, 95-98.

BAJERLEIN D., JARMUSZ M., GREGOR A., GRZYWACZ A., 2022. *Diptera (Dryomyzidae, Fanniidae, Muscidae, Piophilidae) associated with pig carcasses in a forest habitat of Poland: sex-related patterns of visitation and effectiveness of sampling methods*. J. Med. Entomol. 59, 514-524.

BARNES K. M., GENNARD D. E., DIXON R. A., 2010. *An assessment of the antibacterial activity in larval excretion/secretion of four species of insects recorded in association with corpses, using Lucilia sericata Meigen as the marker species*. Bull. Entomol. Res. 100, 635-640.

BARROS-CORDEIRO K. B., PUJOL-LUZ J. R., BÁO S. N., 2021. *A study of the pupal development of five forensically important flies (Diptera: Brachycera)*. J. Med. Entomol. 58, 1643-1653.

BARTÁK M., PREISLER J., KUBÍK Š., ŠULÁKOVÁ H., SLOUP V., 2016. *Fanniidae (Diptera): new synonym, new records and an updated key to males*

of European species of Fannia. ZooKeys 593, 91-115.

BENECKE M., 2005. *Arthropods and Corpses*. [W:] *Forensic Pathology Reviews*. TSOKOS M. (red.). Humana Totowa, NJ, 207-240.

BENECKE M., LESSIG R., 2001. *Child neglect and forensic entomology*. Forensic Sci. Int. 120, 155-159.

BENECKE M., JOSEPHI E., ZWEIHOFF R., 2004. *Neglect of the elderly: forensic entomology cases and considerations*. Forensic Sci. Int., Mediterranean Academy of Forensic Sciences 1st Workshop 146, S195-S199.

BHARDWAJ T., SHARMA S., DALAL J., VERMA K., 2020. *The implication of morphometrics and growth rate of dipteran flies in forensic entomotoxicology research: a review*. Naturwissenschaften 107, 50.

BONACCI T., VERCILLO V., 2015. *Outdoor post-mortem bite injuries by Tapinoma nigerrimum (Hymenoptera, Formicidae) on a human corpse: Case report*. J. Forensic Leg. Med. 33, 5-8.

BONACCI T., MENDICINO F., BONELLI D., CARLOMAGNO F., CURIA G., SCAPOLI C., PEZZI M., 2021. *Investigations on Arthropods associated with decay stages of buried animals in Italy*. Insects 12, 311.

BOULKENAFET F., DOB Y., KARROUI R., AL-KHALIFA M., BOUMRAH Y., TOUMI M., MASHALY A., 2020. *Detection of benzodiazepines in decomposing rabbit tissues and certain necrophagic dipteran species of forensic importance*. Saudi J. Biol. Sci. 27, 1691-1698.

BOUREL B., HÉDOUIN V., MARTIN-BOUYER M., BÉCART A., TOURNEL G., DEVEAUX M., GOSSET D., 1999. *Effects of morphine in decomposing bodies on the development of Lucilia sericata (Diptera: Calliphoridae)*. J. Forensic Sci. 44, 351-353.

BRAGA M. V., PINTO Z. T., DE CARVALHO QUEIROZ M. M., BLOMQUIST G. J., 2016. *Effect of age on cuticular hydrocarbon profiles in adult Chrysomya putoria (Diptera: Calliphoridae)*. Forensic Sci. Int. 259, e37-e47.

BROWN K., THORNE A., HARVEY M., 2012. *Preservation of Calliphora vicina (Diptera: Calliphoridae) pupae for use in post-mortem interval estimation*. Forensic Sci. Int. 223, 176-183.

BUCHELI S. R., BYTHEWAY J. A., GANGITANO D. A., 2010. N*ecrophagous caterpillars provide human mtDNA evidence*. J. Forensic Sci. 55, 1130-1132.

BUCK M., WOODLEY N., BORKENT A., PAPE T., VOCKEROTH J., MARSHALL S., 2009. *Key to Diptera families (adults). Chapter 6*. [W:] *Manual of Central American Diptera. Volume 1*. BROWN B. V., BORKENT A., CUMMING J. M., WOOD D. M., WOODLEY N. E., ZUMBADO M. A. (red.). NRC Research Press, Ottawa, 95-144.

BUTLER J. F., GARCIA-MARUNIAK A., MEEK F., MARUNIAK J. E., 2010. *Wild Florida house flies (Musca domestica) as carriers of pathogenic bacteria*. Fla. Entomol. 93, 218-223.

BYRD J. H., CASTNER J. L., 2009. *Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigations*. Wyd. 2. Taylor & Francis, Boca Raton: New York.

BYRD J. H., TOMBERLIN J. K., 2020. *Forensic entomology?: the utility of arthropods in legal investigations*. Wyd. 3. Taylor & Francis, CRC Press.

CAMPOBASSO C. P., GHERARDI M., CALIGARA M., SIRONI L., INTRONA F., 2004. *Drug analysis in blowfly larvae and in human tissues: a comparative study*. Int. J. Legal Med. 118, 210-214.

CATTS E. P., GOFF M. L., 1992. *Forensic entomology in criminal investigations*. Annu. Rev. Entomol. 37, 253-272.

CHARABIDZE D., MARTÍN-VEGA D., 2021. *Looking back to move forward: how review articles could boost forensic entomology*. Insects 12, 648.

CHARABIDZE D., VINCENT B., PASQUERAULT T., HEDOUIN V., 2016. *The biology and ecology of Necrodes littoralis, a species of forensic interest in Europe*. Int. J. Legal Med. 130, 273-280.

CHARABIDZE D., GOSSELIN M., HEDOUIN V., 2017. *Use of necrophagous insects as evidence of cadaver relocation: myth or reality?* PeerJ 5, e3506.

CHARABIDZE D., TRUMBO S., GRZYWACZ A., COSTA J. T., BENBOW M. B., BARTON P. S., MATUSZEWSK S., 2021. *Convergence of social strategies in carrion breeding insects*. BioScience 71, 1028-1037.

CHERNIACK E. P., 2010. *Bugs as drugs, Part 1: Insects: the "new" alternative medicine for the 21st century?* Altern. Med. Rev. J. Clin. Ther. 15, 124-35.

CHOPHI R., SHARMA S., SHARMA S., SINGH R., 2019. *Forensic entomotoxicology: Current concepts, trends and challenges*. J. Forensic Legal Med. 67, 28-36.

CROSBY T. K., WATT J. C., KISTEMAKER A. C., NELSON P. E., 1986. *Entomological Identification of the origin of imported cannabis*. J. Forensic Sci. Soc. 26, 35-44.

DÍAZ-ARANDA L. M., MARTÍN-VEGA D., BAZ A., CIFRIÁN B., 2018. *Larval identification key to necrophagous Coleoptera of medico-legal importance in the western Palaearctic*. Int. J. Legal Med. 132, 1795-1804.

DOMASAT A., 2019. *Entomologia sądowa – próba weryfikacji dotychczasowych założeń*. Probl. Współczesnej Kryminal. 23, 79-102.

DURDLE A., 2020. *Insects as vectors of DNA in a forensic context*. WIREs Forensic Sci. 2, doi:10.1002/wfs2.1355.

ELIZALDE L., ARBETMAN M., ARNAN X., EGGLETON P., LEAL I. R., LESCANO M. N., SAEZ A., WERENKRAUT V., PIRK G. I., 2020. *The ecosystem services provided by social insects: traits, management tools and knowledge gaps*. Biol. Rev. 95, 1418-1441.

FLINT C. A., SAWYER S. J., RHINESMITH-CARRANZA J., TOMBERLIN J. K., 2022. *Rodent scavenging of pig remains potentially increases oviposition sites for primary colonizers*. J. Forensic Sci., doi:10.1111/1556-4029.15025.

FRĄTCZAK-ŁAGIEWSKA K., 2016. *Metody oceny wieku śladów entomologicznych*. Probl. Kryminal. 293, 22-27.

FRĄTCZAK-ŁAGIEWSKA K., MATUSZEWSKI S., 2018. *Resource partitioning between closely related carrion beetles: Thanatophilus sinuatus (F.) and Thanatophilus rugosus (L.) (Coleoptera: Silphidae)*. Entomol. Gen. 37, 143-156.

FRĄTCZAK-ŁAGIEWSKA K., GRZYWACZ A., MATUSZEWSKI S., 2020. *Development and validation of forensically useful growth models for Central European population of Creophilus maxillosus L. (Coleoptera: Staphylinidae)*. Int. J. Legal Med. 134, 1531-1545.

FREMDT H., SZPILA K., HUIJBREGTS J., LINDSTRÖM A., ZEHNER R., AMENDT J., 2012. *Lucilia silvarum Meigen, 1826 (Diptera: Calliphoridae) – a new species of interest for forensic entomology in Europe*. Forensic Sci. Int. 222, 335-339.

FUENTES-LÓPEZ A., RUIZ C., GALIÁN J., ROMERA E., 2020. *Molecular identification of forensically important fly species in Spain using COI barcodes*. Sci. Justice 60, 293-302.

GAGLIANO-CANDELA R., AVENTAGGIATO L., 2001. *The detection of toxic substances in entomological specimens.* Int. J. Legal Med. 114, 197-203.

GALIL F. M. A. A., ZAMBARE S. P., AL-MEKHLAFI F. A., AL-KERIDIS L. A., 2021. *Effect of dimethoate on the developmental rate of forensic importance Calliphoridae flies.* Saudi J. Biol. Sci. 28, 1267-1271.

GALVÃO M. F., PUJOL-LUZ J. R., PUJOL-LUZ C. V. DE A., DE ROSA C. T. A., SIMONE L. R.L., BÁO S. N., BARROS-CORDEIRO K. B., PESSOA L., BISSACOT G., 2015. S*hells and bones: a forensic medicine study of the association of terrestrial snail Allopeas micra with buried human remains in Brazil.* J. Forensic Sci. 60, 1369-1372.

GENNARD D. E., 2012. *Forensic entomology: an introduction.* Wyd. 2. Wiley-Blackwell, Chichester, West Sussex.

GIORDANI G., GRZYWACZ A., VANIN S., 2019. *Characterization and identification of puparia of Hydrotaea Robineau-Desvoidy, 1830 (Diptera: Muscidae) from forensic and archaeological contexts.* J. Med. Entomol. 56, 45-54.

GOFF M. L., LORD W. D., 1994. *Entomotoxicology. A new area for forensic investigation.* Am. J. Forensic Med. Pathol. 15, 51-57.

GOFF M. L., OMORI A. I., GOODBROD J. R., 1989. *Effect of Cocaine in Tissues on the Development Rate of Boettcherisca peregrina (Diptera: Sarcophagidae).* J. Med. Entomol. 26, 91-93.

GOFF M. L., BROWN W. A., HEWADIKARAM K. A., OMORI A., 1991. *Effect of heroin in decomposing tissues on the development rate of Boettcherisca peregrina (Diptera, Sarcophagidae) and implications of this effect on estimation of postmortem intervals using arthropod development patterns.* J. Forensic Sci. 36, 537-42.

GRASSBERGER M., REITER C., 2001. *Effect of temperature on Lucilia sericata (Diptera: Calliphoridae) development with special reference to the isomegalen- and isomorphen-diagram.* Forensic Sci. Int. 120, 32-36.

GRUSZKA J., MATUSZEWSKI S., 2021. *Insect rearing protocols in forensic entomology: Benefits from collective rearing of larvae in a carrion beetle Necrodes littoralis L. (Silphidae).* PLoS One 16, e0260680.

GRUSZKA J., KRYSTKOWIAK-KOWALSKA M., FRĄTCZAK-ŁAGIEWSKA K., MĄDRA-BIELEWICZ A., CHARABIDZE D., MATUSZEWSKI S., 2020. *Patterns and mechanisms for larval aggregation in carrion beetle Necrodes littoralis (Coleoptera: Silphidae).* Anim. Beh. 162, 1-10.

GRZYWACZ A., E CASTRO C. P., 2012. *New records of Fannia Robineau-Desvoidy (Diptera: Fanniidae) collected on pig carrion in Portugal with additional data on the distribution of F. conspecta Rudzinski, 2003.* Entomol. Fenn. 23, 169-176.

GRZYWACZ A., SZPILA K., PAPE T., 2012. *Egg morphology of nine species of Pollenia Robineau-Desvoidy, 1830 (Diptera: Calliphoridae).* Microsc. Res. Tech. 75, 955-967.

GRZYWACZ A., GÓRAL T., SZPILA K., HALL M. J. R., 2014. *Confocal laser scanning microscopy as a valuable tool in Diptera larval morphology studies.* Parasitol. Res. 113, 4297-4302.

GRZYWACZ A., OGIELA J., TOFILSKI A., 2017a. *Identification of Muscidae (Diptera) of medico-legal importance by means of wing measurements.* Parasitol. Res. 116, 1495-1504.

GRZYWACZ A., WALLMAN J. F., PIWCZYŃSKI M., 2017b. *To be or not to be a valid genus: the systematic position of Ophyra R.-D. revised (Diptera: Muscidae).* Syst. Entomol. 42, 714-723.

GRZYWACZ A., JARMUSZ M., WALCZAK K., SKOWRONEK R., JOHNSTON N. P., SZPILA K., 2021. *DNA barcoding identifies unknown females and larvae of Fannia R.-D. (Diptera: Fanniidae) from carrion succession experiment and case report.* Insects 12, 381.

HAGSTRUM D., SUBRAMANYAM B., 2016. *Fundamentals of stored-product entomology.* AACC International.

HALL M. J. R., 2021. *The relationship between research and casework in forensic entomology.* Insects 12, 174.

HALL R., HUNTINGTON T. E., 2009. *Introduction: perceptions and status of forensic entomology.* [W:] *Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigations.* Wyd. 2. BYRD J. H., CASTNER J. L. (red.). Taylor & Francis, Boca Raton: New York, 1-6.

HARTMANN K., HERRMANN E., AMENDT J., VERHOFF M. A., ZEHNER R., 2021. *Age-dependent gene expression of Calliphora vicina pupae (Diptera: Calliphoridae) at constant and fluctuating temperatures.* Int. J. Legal Med. 135, 2625-2635.

HÉDOUIN V., BOUREL B., MARTIN-BOUYER M., BÉCART A., TOURNEL G., DEVEAUX M., GOSSET D., 1999. *Morphine perfused rabbits: a tool for experiments in forensic entomotoxicology.* J. Forensic Sci. 44, 347-50.

HODECEK J., JAKUBEC P., 2022. *Spatio-temporal distribution and habitat preference of necrophagous Calliphoridae based on 160 real cases from Switzerland.* Int. J. Legal Med. 136, 923-934.

HU G., WANG M., WANG Y., LIAO M., HU J., ZHANG Y., YU Y., WANG J., 2020a. *Estimation of post-mortem interval based on insect species present on a corpse found in a suitcase.* Forensic Sci. Int. 306, 110046.

HU G., WANG M., WANG YU, TANG H., CHEN R., ZHANG Y., ZHAO Y., JIN J., WANG Y., WU M., WANG J., 2020b. *Development of Necrobia rufipes (De Geer, 1775) (Coleoptera: Cleridae) under constant temperatures and its implication in forensic entomology.* Forensic Sci. Int. 311, 110275.

HUIS VAN A., VAN ITTERBEECK J., KLUNDER H., MERTENS E., HALLORAN A., MUIR G., VANTOMME P., 2013. *Edible insects: future prospects for food and feed security.* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 185.

IANCU L., JUNKINS E. N., NECULA-PETRAREANU G., PURCAREA C., 2018a. *Characterizing forensically important insect and microbial community colonization patterns in buried remains.* Sci. Rep. 8, 15513.

IANCU L., JUNKINS E. N., PURCAREA C., 2018b. *Characterization and microbial analysis of first recorded observation of Conicera similis Haliday (Diptera: Phoridae) in forensic decomposition study in Romania.* J. Forensic Leg. Med. 58, 50-55.

IANCU L., NECULA-PETRAREANU G., PURCAREA C., 2020. *Potential bacterial biomarkers for insect colonization in forensic cases: preliminary quantitative data on Wohlfahrtiimonas chitiniclastica and Ignatzschineria indica dynamics.* Sci. Rep. 10, 8497.

ILARDI M.O., COTTER S.C., HAMMER E.C., RIDDELL G., CARUSO T., 2021. *Scavenging beetles control the temporal response of soil communities to carrion decomposition.* Funct. Ecol. 35, 2033-2044.

INTRONA F., CAMPOBASSO C. P., DI FAZIO A., 1998. *Three case studies in forensic entomology from southern Italy.* J. Forensic Sci. 43, 210–214.

INTRONA F., CAMPOBASSO C. P., GOFF M. L., 2001. *Entomotoxicology.* Forensic Sci. Int. 120, 42-47.

JARMUSZ M., GRZYWACZ A., BAJERLEIN D., 2020. *A comparative study of the entomofauna (Coleoptera, Diptera) associated with hanging and ground pig carcasses in a forest habitat of Poland.* Forensic Sci. Int. 309, 110212.

JOSEPH I., MATHEW D. G., SATHYAN P., VARGHEESE G., 2011. *The use of insects in forensic investigations: An overview on the scope of forensic entomology.* J. Forensic Dent. Sci. 3, 89-91.

KACZOROWSKA E., DRABER-MOŃKO A., 2014. *Wprowadzenie do entomologii sądowej.* Wyd. 3. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego.

KACZOROWSKA E., PIEŚNIAK D., SZCZERKOWSKA Z., 2004. *Wykorzystanie metod entomologicznych w próbach określania daty zgonu. opis przypadków.* Arch. Med. Sąd. Krym. 54, 169-176.

KADEJ M., SZLESZKOWSKI Ł., THANNHÄUSER A., JUREK T., 2020. A *mummified human corpse and associated insects of forensic importance in indoor conditions.* Int. J. Legal Med. 134, 1963-1971.

KADEJ M., KONWERSKI S., HAŁUSZKO A., 2021. *Archeoentomologia.* [W:] *Mikroprzeszłość. Badania Specjalistyczne w Archeologii.* KURZAWSKA A., SOBKOWIAK-TABAKA I. (red.), Wydział Archeologii Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Poznań, 131-152.

KARABEY T., SERT O., 2018. *The analysis of pupal development period in Lucilia sericata (Diptera: Calliphoridae) forensically important insect.* Int. J. Legal Med. 132, 1185-1196.

LEŚNIEWSKI P., 2018. *Wykorzystanie śladów entomologicznych w kryminalistyce.* Stud. Prawnoustr. 41, 100-117.

LEŚNIEWSKI P., 2020. *Badania biegłego z zakresu entomoskopii. Zarys problematyki.* Eduk. Humanist. 1, 185-197.

LEŚNIEWSKI P., 2021. *Entomologia sądowa. Identyfikacja i zabezpieczanie śladów entomologicznych. Poradnik technika kryminalistyki.* PUUS w Pile, Piła.

LI L., WANG Y., LIAO M., ZHANG Y., KANG C., HU G., GUO Y., WANG J., 2022. T*he postmortem interval of two decedents and two dog carcasses at the same scene based on forensic entomology.* Insects 13, 215.

LINDGREN N. K., SISSON M. S., ARCHAMBEAULT A. D., RAHLWES B. C., WILLETT J. R., BUCHELI S. R., 2015. *Four forensic entomology case studies: records and behavioral observations on seldom reported cadaver fauna with notes on relevant previous occurrences and ecology.* J. Med. Entomol. 52, 143-150.

LOSEY J.E., VAUGHAN M., 2006. *The economic value of ecological services provided by insects.* BioScience 56, 311-323.

LUTZ L., VERHOFF M. A., AMENDT J., 2021a. *To be there or not to be there, that is the question – on the problem of delayed sampling of entomological evidence.* Insects 12, 148.

LUTZ L., ZEHNER R., VERHOFF M. A., BRATZKE H., AMENDT J., 2021b. *It is all about the insects: a retrospective on 20 years of forensic entomology highlights the importance of insects in legal investigations.* Int. J. Legal Med. 135, 2637-2651.

LUTZ L., VERHOFF M. A., ROSENBAUM T., AMENDT J., 2022. *On the influence of environmental factors on the oviposition activity of necrophagous flies.* Ecol. Entomol. 47, 357-370.

MALAINEY S. L., ANDERSON G. S., 2020. *Impact of confinement in vehicle trunks on decomposition and entomological colonization of carcasses.* PLoS One 15, e0231207.

MARTÍN-VEGA D., HALL M. J. R., 2016. *Estimating the age of Calliphora vicina eggs (Diptera: Calliphoridae): determination of embryonic morphological landmarks and preservation of egg samples.* Int. J. Legal Med. 130, 845-854.

MARTÍN-VEGA D., GÓMEZ-GÓMEZ A., BAZ A., 2011. *The "coffin fly" Conicera tibialis (Diptera: Phoridae) breeding on buried human remains after a postmortem interval of 18 years.* J. Forensic Sci. 56, 1654-1656.

MARTÍN-VEGA D., SIMONSEN T. J., HALL M. J. R., 2017. L*ooking into the puparium: Micro-CT visualization of the internal morphological changes during metamorphosis of the blow fly, Calliphora vicina, with the first quantitative analysis of organ development in cyclorrhaphous dipterans.* J. Morphol. 278, 629-651.

MARTONI F., VALENZUELA I., BLACKET M. J., 2019. *Non-destructive DNA extractions from fly larvae (Diptera: Muscidae) enable molecular identification of species and enhance morphological features.* Austral Entomol. 58, 848-856.

MATUSZEWSKI S., 2010. *Katalog owadów przydatnych do ustalania czasu śmierci w lasach Polski. Część 1: Wprowadzenie.* Probl. Kryminal. 267, 5-17.

MATUSZEWSKI S., SZPILA K., 2010. *Katalog owadów przydatnych do ustalania czasu śmierci w lasach Polski. Część 2: Muchówki (Insecta: Diptera).* Probl. Kryminal. 268, 26-38.

MATUSZEWSKI S., SZAFAŁOWICZ M., 2013. *Temperature-dependent appearance of forensically useful beetles on carcasses.* Forensic Sci. Int. 229, 92-99.

MATUSZEWSKI S., MĄDRA-BIELEWICZ A., 2016. *Validation of temperature methods for the estimation of pre-appearance interval in carrion insects.* Forensic Sci. Med. Pathol. 12, 50-57.

MATUSZEWSKI S., FRĄTCZAK-ŁAGIEWSKA K., 2018. *Size at emergence improves accuracy of age estimates in forensically-useful beetle Creophilus maxillosus L. (Staphylinidae).* Sci. Rep. 8, 2390.

MATUSZEWSKI S., MĄDRA-BIELEWICZ A., 2019. *Post-mortem interval estimation based on insect evidence in a quasi-indoor habitat.* Sci. Justice 59, 109-115.

MATUSZEWSKI S., SKOWRONEK R., 2019a. *Entomologiczne metody szacowania czasu śmierci.* [W:] *Medycyna sądowa. Tom 1. Tanatologia.* TERESIŃSKI G. (red.). Wydawnictwo Lekarskie PZWL, 175-180.

MATUSZEWSKI S., SKOWRONEK R., 2019b. *Owady jako źródło materiału toksykologicznego oraz genetycznego.* [W:] *Medycyna sądowa. Tom 1. Tanatologia.* TERESIŃSKI G. (red.). Wydawnictwo Lekarskie PZWL, 267-268.

MATUSZEWSKI S., MĄDRA-BIELEWICZ A., 2021. *Heat production in a feeding matrix formed on carrion by communally breeding beetles.* Front. Zool. 18, 5.

MATUSZEWSKI S., BAJERLEIN D., KONWERSKI S., SZPILA K., 2008. *Entomologia sądowa w Polsce.* Wiad. Entomol. 27, 49-52.

MATUSZEWSKI S., BAJERLEIN D., KONWERSKI S., 2010a. *Katalog owadów przydatnych do ustalania czasu śmierci w lasach Polski. Część 3: Chrząszcze*

(Insecta: Coleoptera). Probl. Kryminal. 269, 5-21.

MATUSZEWSKI S., BAJERLEIN D., KONWERSKI S., SZPILA K., 2010b. *Insect succession and carrion decomposition in selected forests of Central Europe. Part 2: Composition and residency patterns of carrion fauna.* Forensic Sci. Int. 195, 42-51.

MATUSZEWSKI S., BAJERLEIN D., KONWERSKI S., SZPILA K., 2011. *Insect succession and carrion decomposition in selected forests of Central Europe. Part 2: Composition and residency patterns of carrion fauna. Part 3: Succession of carrion fauna.* Forensic Sci. Int. 207, 150-163.

MATUSZEWSKI S., SZAFAŁOWICZ M., JARMUSZ M., 2013. *Insects colonising carcasses in open and forest habitats of Central Europe: Search for indicators of corpse relocation.* Forensic Sci. Int. 231, 234-239.

MATUSZEWSKI S., KONWERSKI S., FRĄTCZAK K., SZAFAŁOWICZ M., 2014. *Effect of body mass and clothing on decomposition of pig carcasses*, Int. J. Legal Med. 128, 1039-1048.

MATUSZEWSKI S., HALL M. J. R., MOREAU G., SCHOENLY K. G., TARONE A. M., VILLET M. H., 2020a. *Pigs vs people: the use of pigs as analogues for humans in forensic entomology and taphonomy research.* Int. J. Legal Med. 134, 793-810.

MATUSZEWSKI S., MĄDRA-BIELEWICZ A., SKOWRONEK R., 2020b. *Entomologia sądowa.* [W:] *Medycyna Sądowa.* TERESIŃSKI G. (red.). PZWL Wydawnictwo Lekarskie, 815-823.

MĄDRA-BIELEWICZ A., FRĄTCZAK-ŁAGIEWSKA K., MATUSZEWSKI S., 2017. *Blowfly puparia in a hermetic container: survival under decreasing oxygen conditions.* Forensic Sci. Med. Pathol. 13, 328-335.

MICHALSKI M., GADAWSKI P., KLEMM J., SZPILA K., 2021. *New species of soldier fly – Sargus bipunctatus (Scopoli, 1763)(Diptera: Stratiomyidae), recorded from a human corpse in Europe – A case report.* Insects 12, 302.

MICHELSEN V., 2022. *Costal vein chaetotaxy, a neglected character source in Fanniidae and Muscidae (Diptera: Calyptratae).* Eur. J. Taxon. 826, 94-134.

MOHD ZUBIR M. Z., HOLLOWAY S., MOHD NOOR N., 2020. *Maggot therapy in wound healing: a systematic review.* Int. J. Environ. Res. Public. Health 17, 6103.

MOORE H. E., ADAM C. D., DRIJFHOUT F. P., 2013. *Potential use of hydrocarbons for aging Lucilia sericata blowfly larvae to establish the postmortem interval.* J. Forensic Sci. 58, 404-412.

MOORE H. E., HALL M. J. R., DRIJFHOUT F. P., CODY R. B., WHITMORE D., 2021. *Cuticular hydrocarbons for identifying Sarcophagidae (Diptera).* Sci. Rep. 11, 7732.

NAMAKI-KHAMENEH R., KHAGHANINIA S., L. DISNEY R. H., MALEKI-RAVASAN N., 2021. *The scuttle flies (Diptera: Phoridae) of Iran with the description of Mahabadphora aesthesphora as a new genus and species.* PLoS One 16, e0257899.

NEY L. M. S., 2021. *Impact of temperature stress on reproduction, offspring development, and social immunity in the burying beetle Nicrophorus orbicollis.* University of Nebraska at Omaha.

NIGOGHOSIAN G., WEIDNER L. M., STAMPER T. I., 2021. *Technical note: A technique to mount Sarcophagidae and Calliphoridae (Diptera) larvae for forensic identification using geometric morphometrics.* Forensic Sci. Int. Synergy 3, 100135.

NOLTE K. B., PINDER R. D., LORD W. D., 1992. *Insect larvae used to detect cocaine poisoning in a decomposed body.* J. Forensic Sci. 37, 1179-1185.

NOVÁK M., FRĄTCZAK-ŁAGIEWSKA K., MĄDRA-BIELEWICZ A., MATUSZEWSKI S., 2020. *Eye-background contrast as a quantitative marker for pupal age in a forensically important carrion beetle Necrodes littoralis L. (Silphidae).* Sci. Rep. 10, 14494.

O'BRIEN C., TURNER B., 2004. *Impact of paracetamol on Calliphora vicina larval development.* Int. J. Legal Med. 118, 188-189.

OMMI D., MOHAMMADREZA HASHEMIAN S., TAJBAKHSH E., KHAMESIPOUR F. 2015. *Molecular detection and antimicrobial resistance of Aeromonas from houseflies (Musca domestica) in Iran.* Rev. MVZ Córdoba 20, 4929-4936.

PASTULA E. C., MERRITT R. W., 2013. *Insect arrival pattern and succession on buried carrion in Michigan.* J. Med. Entomol. 50, 432-439.

PAWIŁOWSKI J., KUBISZ D., MAZUR M., 2002. *Coleoptera. Chrząszcze.* [W:] *Czerwona lista zwierząt ginących i zagrożonych w Polsce.* GIOWACIŃSKI Z. (red.). IOP PAN Kraków, 88-110.

PICKLES S., LEBLANC H, HALL M. J. R, 2005. *Living in squalor: when men and myiasis meet.* Presented at the 3rd Annual Meeting of the European Association of Forensic Entomology (EAFE), Lausanne, Switzerland.

PIWCZYŃSKI M., SZPILA K., GRZYWACZ A., PAPE T., 2014. *A large-scale molecular phylogeny of flesh flies (Diptera: Sarcophagidae).* Syst. Entomol. 39, 783-799.

PRADELLI J., TUCCIA F., GIORDANI G., VANIN S., 2021. *Puparia cleaning techniques for forensic and archaeo-funerary studies.* Insects 12, 104.

RAI J. K., PICKLES B. J., PEROTTI M. A., 2021. *Assemblages of Acarin shallow burials: mites as markers of the burial environment, of the stage of decay and of body-cadaver regions.* Exp. Appl. Acarol. 85, 247-276.

RASLI R., OMAR B., ABDULLAH S., HANLIM L., WASI AHMAD N., 2014. *Effects of preservatives and killing methods on morphological features of a forensic fly, Chrysomya megacephala (Fabricius, 1794) larva.* Trop. Biomed. 3, 785-791.

REIBE S., MADEA B., 2010. *How promptly do blowflies colonise fresh carcasses? A study comparing indoor with outdoor locations.* Forensic Sci. Int. 195, 52-57.

RICHARDS C. S., ROWLINSON C. C., HALL M. J. R., 2013. *Effects of storage temperature on the change in size of Calliphora vicina larvae during preservation in 80% ethanol.* Int. J. Legal Med. 127, 231-241.

RIVERS D. B., DAHLEM G. A., 2014. T*he Science of Forensic Entomology.* Wyd. 1. Willey Blackwell.

RIVERS D. B., DAHLEM G. A., 2022. *The Science of Forensic Entomology.* Wyd. 2. Willey.

ROETERDINK E. M., DADOUR I. R., WATLING R. J., 2004. *Extraction of gunshot residues from the larvae of the forensically important blowfly Calliphora dubia (Macquart) (Diptera: Calliphoridae).* Int. J. Legal Med. 118, 63-70.

ROYDEN A., WEDLEY A., MERGA J. Y., RUSHTON S., HALD B., HUMPHREY T., WILLIAMS N. J., 2016. *A role for flies (Diptera) in the transmission of Campylobacter to broilers?* Epidemiol. Infect. 144, 3326-3334.

SADLER D. W., FUKE C., COURT F., POUNDER D. J., 1995. *Drug accumulation and elimination in Calliphora vicina larvae.* Forensic Sci. Int. 71, 191-197.

SADLER D. W., ROBERTSON L., BROWN G., FUKE C., POUNDER D. J., 1997. *Barbiturates and Analgesics in Calliphora vicina Larvae*. J. Forensic Sci. 42, 14151J.

SAMUEL W. M., 1988. *The use of age classes of winter ticks on moose to determine time of death*. Can. Soc. Forensic Sci. J. 21, 54-59.

SANIT S., SRIBANDITMONGKOL P., SUKONTASON K.L., MOOPHAYAK K., KLONG-KLAEW T., YASANGA T., SUKONTASON K., 2013. *Morphology and identification of fly eggs: application in forensic entomology*. Trop. Biomed. 30, 325-337.

SAUNDERS M. E., RADER R., 2020. *Ecosystem Services Of Insects*. [W:] *Encyclopedia of Social Insects*. STARR C. K. (red.). Springer International Publishing, Cham, 1-7.

SCHOWALTER T.D., 2013. *Insects and Sustainability of Ecosystem Services*. Wyd. 1. Boca Raton, CRC Press.

SHALABY O. A., DECARVALHO L. M., GOFF M. L., 2000. *Comparison of patterns of decomposition in a hanging carcass and a carcass in contact with soil in a xerophytic habitat on the Island of Oahu, Hawaii*. J. Forensic Sci. 45, 1267-1273.

SINGH B., CRIPPEN T. L., LONGU ZHENG L., FIELDS A. T., YU Z., MA Q., WOOD T. K., DOWD S. E, FLORES M., TOMBERLIN J. K., TARONE A. M., 2015. *A metagenomic assessment of the bacteria associated with Lucilia sericata and Lucilia cuprina (Diptera: Calliphoridae)*. Appl. Microbiol. Biotechnol. 99, 869-883.

SINGH D., BALA M., 2011. *Larval survival of two species of forensically important blowflies (Diptera: Calliphoridae) after submergence in water*. Entomol. Res. 41, 39-45.

SINGH D., GREENBERG B., 1994. S*urvival after submergence in the pupae of five species of blow flies (Diptera: Calliphoridae)*. J. Med. Entomol. 31, 757-759.

SKOWRONEK R., 2012. *Wykorzystanie entomologii w kryminalistyce i medycynie sądowej*. [W:] *Problemy środowiska i jego ochrony. Tom 20*. MIGULA P., NAKONIECZNY M. (red.). Centrum Studiów nad Człowiekiem i Środowiskiem Uniwersytetu Śląskiego, 115-137.

SKOWRONEK R., CHOWANIEC C., 2010. *Polska entomologia sądowa – rys historyczny, stan obecny i perspektywy na przyszłość*. Arch. Med. Sądowej Kryminol. 60, 55-58.

SKOWRONEK R., SZPILA K., 2015. *Pierwsze w Polsce wykorzystanie larw muchówki Chrysomya albiceps do szacowania daty zgonu – od nauki do praktyki w krajowej entomologii sądowej*. Arch. Med. Sąd. Kryminol. 65 (Suppl. 1), 12.

SKOWRONEK R. SZPILA K., CHOWANIEC C., CHOWANIEC M., RYGOL K., 2013. *Usefulness of entomological methods in forensic investigation – a forensic entomology case from the practice of Department of Forensic Medicine in Katowice, Poland*. Arch. Med. Sąd. Kryminol. 63, 56-57.

SKOWRONEK R., TOMSIA M., DROŻDZIOK K., KABIESZ J., 2014. *Insects feeding on cadavers as an alternative source of human genetic material*. Arch. Med. Sadowej Kryminol. 64, 254-267.

SKOWRONEK R., TOMSIA M., DROŻDZIOK K., KABIESZ J., 2015. *Owady żerujące na zwłokach jako alternatywne źródło ludzkiego materiału genetycznego*. Arch. Med. Sądowej Kryminol. 64, 254-267.

SMITH K. G. V., 1986. *A Manual of Forensic Entomology*. Ithaca, NY: Comstock Publishing Associates, Cornell University Press.

SOLŔ-GINÉS M., GONZÁLEZ-LÓPEZ J.J, CAMERON-VEAS K., PIEDRA-CARRASCO N., CERDŔ-CUÉLLAR M., MIGURA-GARCIA L., 2015. *Houseflies (Musca domestica) as vectors for extended-spectrum β-lactamase-producing Escherichia coli on Spanish broiler farms*. Appl. Environ. Microbiol. 81, 3604-3611.

STORK N. E., 2018. *How many species of insects and other terrestrial Arthropods are there on earth*? Annu. Rev. Entomol. 63, 31-45.

SUKONTASON K. L., NGERN-KLUN R., SRIPAKDEE D., SUKONTASON K., 2007a. *Identifying fly puparia by clearing technique: application to forensic entomology*. Parasitol. Res. 101, 1407-1416.

SUKONTASON K., NARONGCHAI P., KANCHAI C., VICHAIRAT K., SRIBANDITMONGKOL P., BHOOPAT T., KURAHASHI H., CHOCKJAMSAI M., PIANGJAI S., BUNCHU N., VONGVIVACH S. i współaut., 2007b. *Forensic entomology cases in Thailand: a review of cases from 2000 to 2006*. Parasitol. Res. 101, 1417-1423.

SZLESZKOWSKI Ł., KADEJ M., THANNHÄUSER A., TARNAWSKI D., JUREK T., 2018. *Ecological aspects of unusual findings of animals nesting inside a mummified human corpse in natural conditions*. Forensic Sci. Int. 289, 390-396.

SZLESZKOWSKI Ł., KADEJ M., OGÓREK R., THANNHÄUSER A., DOBROWOLSKI M. A., JUREK T., 2022. *"Salt mummification" – atypical method of embalming a corpse*. Int. J. Legal Med. doi:10.1007/s00414-022-02855-5.

SZPILA K., 2010. *Key for the identification of third instars of european blowflies (Diptera: Calliphoridae) of forensic importance*. [W:] *Current Concepts in Forensic Entomology*. AMENDT J., GOFF M.L., CAMPOBASSO C. P., GRASSBERGER M. (red.), Springer Netherlands, Dordrecht, 43-56.

SZPILA K., MATUSZEWSKI S., BAJERLEIN D., KONWERSKI S., 2008. *Chrysomya albiceps (Wiedemenn, 1819), a forensically important blowfy (Diptera: Calliphoridae) new for the Polish fauna*. Pol. J. Entomol. 77, 351-355.

SZPILA K., HALL M. J. R., PAPE T., GRZYWACZ A., 2013. *Morphology and identification of first instars of the European and Mediterranean blowflies of forensic importance. Part II. Luciliinae*. Med. Vet. Entomol. 27, 349-366.

SZPILA K., ŻMUDA A., AKBARZADEH K., TOFILSKI A., 2019. *Wing measurement can be used to identify European blow flies (Diptera: Calliphoridae) of forensic importance*. Forensic Sci. Int. 296, 1-8.

SZPILA K., JOHNSTON N. P., AKBARZADEH K., RICHET R., TOFILSKI A., 2022. *Wing measurements are a possible tool for the identification of European forensically important Sarcophagidae*. Forensic Sci. Int. 340, 111451.

TARONE A. M., JENNINGS K. C., FORAN D. R., 2007. *Aging blow fly eggs using gene expression: a feasibility study*. J. Forensic Sci. 52, 1350-1354.

TOMBERLIN J. K., BENBOW M. E., 2020. *Forensic Entomology. International Dimensions and Frontiers*. CRC Press.

TOMBERLIN J. K., CRIPPEN T. L., TARONE A. M., CHAUDHURY M. F. B, SINGH B., CAMMACK J. A., MEISEL R. P., 2017. *A Review of Bacterial Interactions With Blow Flies (Diptera: Calliphoridae) of Medical, Veterinary, and Forensic Importance*. Ann. Entomol. Soc. Am. 110, 19-36.

TÓTH E. M., HELL E., KOVÁCS G., BORSODI A. K., MÁRIALIGETI K. 2006. *Bacteria isolated from the different developmental stages and larval organs of the obligate parasitic fly, Wohlfahrtia magni-*

fica (Diptera: Sarcophagidae). Microb. Ecol. 51, 13-21

URBAŃSKI A., 2013. *Behawior nekrofagicznych chrząszczy z rodzaju grabarz, Nicrophorus spp. (Coleoptera: Silphidae)*. Kosmos 62, 525-534.

VANLAERHOVEN S. L., ANDERSON G. S., 1999. *Insect succession on buried carrion in two biogeoclimatic zones of British Columbia*. J. Forensic Sci. 44, 32-43.

VIERO A., MONTISCI M., PELLETTI G., VANIN S., 2019. *Crime scene and body alterations caused by arthropods: implications in death investigation*. Int. J. Legal Med. 133, 307-316.

WAHEEDA I., MUHAMMAD F.M., MUHAMMAD K.S., IQRA A., IRAM N., AQSAD R., 2014. *Role of housefly (Musca domestica, Diptera; Muscidae) as a disease vector*. J. Entomol. Zool. Stud. 2, 159-163.

WANG YU, MA M., JIANG X., WANG J., LI L., YIN X., WANG M., LAI Y., TAO L., 2017. *Insect succession on remains of human and animals in Shenzhen, China*. Forensic Sci. Int. 271, 75-86.

WANG Y., YANG J. B., WANG J. F., LI L. L., WANG M., YANG L. J., TAO L. Y., CHU J., HOU Y. D., 2017. *Development of the Forensically Important Beetle Creophilus maxillosus (Coleoptera: Staphylinidae) at Constant Temperatures*. J. Med. Entomol. 54, 281-289.

WELLS J. D., STEVENS J. R., 2008. *Application of DNA-based methods in forensic entomology*. Annu. Rev. Entomol. 53, 103-120.

WELLS J. D., INTRONA F., DI VELLA G., CAMPOBASSO C. P., HAYES J., SPERLING F. A., 2001. *Human and insect mitochondrial DNA analysis from maggots*. J. Forensic Sci. 46, 685-687.

XU H., YE G.-Y., XU Y., HU C., ZHU G.-H., 2014. *Age-dependent changes in cuticular hydrocarbons of larvae in Aldrichina grahami (Aldrich) (Diptera: Calliphoridae)*. Forensic Sci. Int. 242, 236-241.

XU W., WANG Y., WANG Y.-H., ZHANG Y., WANG J., 2022. *Diversity and dynamics of bacteria at the Chrysomya megacephala pupal stage revealed by third-generation sequencing*. Sci. Rep. 12, 2006.

ZAJAC B. K., AMENDT J., VERHOFF M. A., ZEHNER R., 2018. *Dating Pupae of the Blow Fly Calliphora vicina Robineau–Desvoidy 1830 (Diptera: Calliphoridae) for Post Mortem Interval – Estimation: Validation of Molecular Age Markers*. Genes 9, 153.

ZANETTI N. I., FERRERO A. A., CENTENO N. D., 2015. *Modification of postmortem wounds by Dermestes maculatus (Coleoptera: Dermestidae) activity: A preliminary study*. J. Forensic Leg. Med. 36, 22-24.

ZEHNER R., AMENDT J., KRETTEK R., 2004. *STR typing of human DNA from fly larvae fed on decomposing bodies*. J. Forensic Sci. 49, 337-340.

ZEHNER R., AMENDT J., BOEHME P., 2009. *Gene expression analysis as a tool for age estimation of blowfly pupae*. Forensic Sci. Int. Genet. Suppl. Ser. 2, 292-293.

ZHENG L., CRIPPEN T. L., SINGH B., TARONE A. M., DOWD S., YU Z., WOOD T. K., TOMBERLIN J. K., 2013. *A survey of bacterial diversity from successive life stages of Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) by using 16S rDNA pyrosequencing*. J. Med. Entomol. 50, 647-658.

KOSMOS Vol. 71, 3, 355-370, 2022

MARCIN KADEJ

Centre for Forensic Biology and Entomology, Department of Invertebrate Biology, Evolution and Conservation, Faculty of Biological Sciences, University of Wrocław, 65 Przybyszewskiego Str., 51-148 Wrocław, E-mail: marcin.kadej@uwr.edu.pl

FORENSIC ENTOMOLOGY – DEFINITION, SCOPE, SELECTED DIRECTIONS OF RESEARCH

Summary

Forensic entomology is a narrow scientific specialty that has been dynamically developing in recent years. It has an eminently utilitarian character, as evidenced by its use in numerous proceedings, including forensic cases. Knowledge about insects – their biology, ecology, and behavior – is extremely useful for inferring the time elapsed since death (PMI), whenever other standard methods are unreliable. For this purpose, masses of scientists around the world conduct various studies on necrophagic insects. The information collected in this way contributes to a better understanding of the role of insects in organic matter circulation, but also improves the quality of PMI inference. Due to the number and specificity of the conducted research, forensic entomology should be considered as a scientific specialty of an eminently interdisciplinary nature – building bridges among other research specializations in the field of biology, chemistry and forensics. In the cognitive area, there are still many threads that require further in-depth analysis, many species are waiting for the developmental models, determine the age of their developmental stages, and finally describe the interactions between species competing for the same food resources. In this article, I briefly present the research directions rooted in forensic entomology – proving its great scientific potential.

Key words: decomposition, entomology, forensic, insects, PMI