

Mimikra morfologiczna i behawioralna u motyli z rodziny przeziernikowatych (Lepidoptera: Sesiidae) oraz ich markery genetyczne

Marta Skowron-Volponi

Niniejsza rozprawa doktorska składa się z siedmiu publikacji naukowych dotyczących mimikry morfologicznej i behawioralnej motyli z rodziny przeziernikowatych (Lepidoptera: Sesiidae) z Azji południowo-wschodniej oraz ich markerów genetycznych. Artykuły zostały opublikowane w międzynarodowych, recenzowanych czasopismach. Dodatkowo do rozprawy załączonych jest pięć krótkich filmów naukowych. Najważniejsze wyniki badań zaprezentowane w ramach tej rozprawy doktorskiej to: eksperymentalne udowodnienie istnienia mimikry lokomotorycznej w rodzinie Sesiidae; opracowanie pakietu do analizy zwierzęcych trajektorii ruchu w oprogramowaniu „R”; trzy opisy nowych dla nauki gatunków przezierników (wraz z pierwszymi doniesieniami o występowaniu badanych rodzajów w Malezji czy Tajlandii); szczegółowy opis gatunku przeziernika znanego wcześniej jedynie z pojedynczego, stutrzydziestoletniego okazu muzealnego; opis pierwszego przypadku mimikry przedstawiciela rzędu Hemiptera przez przeziernika. Jestem pierwszym oraz korespondencyjnym autorem pięciu publikacji wchodzących w skład niniejszej rozprawy doktorskiej, a w pozostałych dwóch jestem drugim autorem.

Przezierniki, będąc nietoksycznymi przedstawicielami rzędu Lepidoptera (motyle) imitującymi gatunki posiadające mechanizmy obronne, tzn. przedstawiciele rzędu Hymenoptera (błonkoskrzydłe), są klasycznym przykładem mimikry Batesa. Ich morfologiczne podobieństwo do pszczół czy os zostało opisane w obrębie całej rodziny, jednak występowanie u nich mimikry behawioralnej było dotąd jedynie sygnalizowane w kilku pracach. Powodem tego jest skryta natura tych motyli, które, szczególnie w tropikalnych rejonach świata, są niezwykle rzadko obserwowane w naturze. Powszechnym sposobem na pozyskiwanie okazów przez sesidologów jest wabienie przezierników za pomocą syntetycznych atraktantów płciowych. Atraktanty te umieszczane są w pułapkach z trucizną, która uśmierca zwabionego owada. Wiele gatunków przezierników reaguje na różne kombinacje podstawowych syntetycznych feromonów, jednak ta metoda kolekcjonowania umożliwia jedynie opisanie morfologii martwych okazów. Już Webster w roku 1897 podkreślił, że wiele owadów wygląda zupełnie inaczej, gdy są wypreparowane i umieszczone w gablocie entomologicznej, niż jako żywe osobniki. Z tego powodu niezwykle istotne jest

badanie owadów w ich środowisku naturalnym, szczególnie w przypadku badań nad mimikrą, kiedy to podejmujemy próbę odpowiedzi na pytanie jak faktyczny odbiorca, czyli drapieżnik, postrzega gatunek stanowiący model mimikry lub naśladowcę. W ramach niniejszego projektu doktorskiego określiłam lokalizacje badanych gatunków w lasach tropikalnych Malezji i Tajlandii, w których przezierniki występują regularnie. Umożliwiło mi to przeprowadzenie badań behawioru nowych i rzadkich gatunków, m.in. pierwsze badania mimikry lokomotorycznej przeprowadzone w naturalnym, niezmodyfikowanym środowisku życia owada (dotąd mimikra lokomotoryczna badana była jedynie w laboratoriach, wolierach lub zmodyfikowanym środowisku; opisanie morfologii żywych osobników, a także sfilmowanie ich w naturze. Zrealizowane filmy naukowe stanowią jedyny materiał filmowy motyli z rodziny przeziernikowatych opublikowany jako część recenzowanych artykułów naukowych. Badalam następujące taksony w obrębie Lepidoptera: Sesiidae: Osminiini:

Heterosphecia Le Cerf, 1916

Heterosphecia pahangensis Skowron, 2015

Heterosphecia tawonoides Kallies, 2003

Pyrophleps Arita & Gorbunov, 2000

Pyrophleps ellawi Skowron Volponi, 2017

Pyrophleps cruentata Swinhoe, 1896

Aschistophleps Hampson 1893

Aschistophleps argentifasciata Skowron Volponi, 2018

Akaisphecia Gorbunov & Arita, 1995

Akaisphecia melanopuncta Gorbunov & Arita, 1995

Heterosphecia pahangensis Skowron, opisany w roku 2015 na łamach czasopisma *Zootaxa* oraz pokazany w załączonym do publikacji filmie, był pierwszym gatunkiem przeziernika, dla którego stwierdzono behawior pobierania roztworów z wilgotnego podłoża (ang. *mud-puddling*), tym samym ukazując nowy aspekt ekologii Sesiidae. Byłam głównym autorem tej pracy, a mój udział obejmował odkrycie i opisanie nowego gatunku z Malezji Zachodniej, zebranie okazów referencyjnych, wykonanie pomiarów w terenie, sporządzenie dokumentacji fotograficznej i filmowej, wykonanie dysekcji i preparatów mikroskopowych, analizę wyników sekwencjonowania DNA, napisanie manuskryptu oraz nadanie nazwy gatunkowej [1].

Heterosphecia pahangensis to malezyjski przeziernik z cechami uderzająco podobnymi do pszczół: wąskimi, przezroczystymi skrzydłami (składanymi wzdłuż ciała w spoczynku), jaskrawymi przepaskami na odwłoku oraz kępami wydłużonych łusek przypominających gęste szczeciny na tylnych odnóżach. Został znaleziony na piaszczysto-kamienistym brzegu rzeki płynącej przez niziny, pierwotny tropikalny las deszczowy w stanie Pahang w Malezji Zachodniej. Ciekawym aspektem *H. pahangensis* jest jego zmienność wewnątrzgatunkowa. Osobniki tego gatunku różnią się rozmiarem, liczbą przepasek na odwłoku oraz ubarwieniem „szczecin” na tylnych odnóżach. Ta ostatnia cecha jest najbardziej wyraźna – niektóre osobniki posiadają dwie intensywnie żółte łaty na tylnych odnóżach, które najprawdopodobniej są imitacją koszyczków pyłkowych (łac. *corbicula*) pszczół, inne mają zaledwie kilka wydłużonych, żółtych łusek, jeszcze inne osobniki zaś nie mają wcale żółtego zabarwienia. Tylnie odnóża są нефункционалне w zakresie lokomocji – zdają się służyć motyłom jedynie jako aspekt mimikry oraz sporadycznie do odganiania osobników tego samego gatunku z zajmowanej pozycji. Wykonano sekwencjonowanie genu markerowego, podjednostki pierwszej oksydazy cytochromu C, COI (ang. *barcoding*) oraz analizę morfologii męskich narządów kopulacyjnych zarówno osobników z żółtymi łatami na tylnych odnóżach, jak i bez. Analizy potwierdziły, że obserwowane różnice morfologiczne stanowią zmienność wewnątrzgatunkową. Uzyskane sekwencje COI zostały udostępnione w bazie danych Barcode of Life Database (BOLD) i są dostępne dla naukowców w celu szybkiej identyfikacji gatunku. Nazwa *Heterosphecia pahangensis* pochodzi od stanu Pahang w Malezji, gdzie gatunek został znaleziony. Gatunek ten stanowi pierwsze doniesienie o występowaniu rodzaju *Heterosphecia* w Malezji Zachodniej. Był to także pierwszy gatunek w ramach tych badań, dla którego zaobserwowano zygzakowatą trajektorię lotu, podobną do występujących na tym samym terenie pszczół. Bazując na tych obserwacjach terenowych, zaprojektowałam badania eksperymentalne mające na celu porównanie trajektorii lotu modeli mimikry (pszczół i os) i naśladowców (przezierników), których wyniki prezentuję w drugiej publikacji naukowej zawartej w niniejszej rozprawie doktorskiej [1].

Najbardziej obszerną częścią tej rozprawy doktorskiej była eksperymentalna weryfikacja istnienia mimikry lokomotorycznej u przezierników z Azji Południowowschodniej. Byłam głównym autorem tych badań i mój udział obejmował sporządzenie koncepcji badań, sfilmowanie i digitalizację trajektorii lotów, przeprowadzenie obliczeń, interpretację wyników oraz napisanie manuskryptu. Metodologia badań została opracowana wraz z kopromotorem tej rozprawy doktorskiej, Panem Profesorem Robertem

Dudleyem (specjalistą z zakresu biomechaniki lotu owadów) podczas stażu na Uniwersytecie Kalifornijskim w Berkeley, Stany Zjednoczone. Loty przezierników *Heterosphecia pahangensis*, *Aschistophleps argentifasciata* Skowron Volponi oraz *Pyrophleps cruentata* Swinhoe, przypuszczalnie naśladujących pszczoły; dotąd nieopisanego gatunku osopodobnego przeziernika, *Pyrophleps* sp., pszczół *Tetragonilla collina* Smith, *T. atripes* Smith, *Apis andreniformis* Smith oraz os z rodziny Crabronidae, *Tachysphex* sp. zostały sfilmowane w zwolnionym tempie, w naturalnym środowisku owadów. Owady nie były chwywane ani wabione za pomocą atraktantów – wszystkie sfilmowane loty stanowiły naturalne zachowanie owadów. Trajektorie lotu zostały zdigitalizowane w oprogramowaniu MatLab, a następnie obliczono i porównano jednaście parametrów lotu w oprogramowaniu R. Obliczenia oraz analizy statystyczne zostały przeprowadzone podczas pięciomiesięcznego stażu na Uniwersytecie Macquarie w Sydney, Australia w zespole badawczym Pani Profesor Marii Herberstein. Złożone analizy statystyczne ujawniły, że bazując na prędkości lotu, umiejętności zawisania w miejscu podczas lotu (ang. *hovering*) oraz prostoliniowości toru lotu, przezierniki przypominające pszczoły morfologicznie, także latają w podobny do nich sposób, podczas gdy lot osopodobnych przezierników bardziej przypomina osy. Naśladowcy pszczół mają wolniejszy, bardziej zygzakowaty i nieregularny tor lotu, podczas gdy naśladowcy os latają szybciej, bardziej regularnie i po prostszym torze, podobnie jak osy. Wyniki te stanowią pierwszy eksperymentalny dowód na występowanie mimikry behawioralnej u motyli z rodziny przeziernikowatych. Niesamowite ewolucyjne adaptacje, takie jak opisailiśmy dla rodziny Sesiidae, upodabniające naśladowców do modeli, mogą wzbudzić zainteresowanie szerokiego grona naukowców z różnych dziedzin biologii. Nasza praca została przyjęta do druku w czasopiśmie *Biology Letters* [2].

Większość badań trajektorii zwierząt uwzględnia jeden lub dwa parametry ruchu. Nie są to wystarczająco szczegółowe analizy, by zweryfikować istnienie mimikry lokomotorycznej u przezierników. Nie mieliśmy do dyspozycji kodu do oprogramowania R, który pozwoliłby nam precyzyjnie porównać tory lotu motyli i błonkówek. Zebraliśmy więc najbardziej wartościowe parametry opisane w literaturze i obliczyliśmy je dla sfilmowanych przeze mnie trajektorii. Kod do oprogramowania R konieczny do obliczenia tych parametrów, został napisany specjalnie na potrzeby tego projektu przez mojego współpracownika, Donalda Jamesa McLean z Uniwersytetu Macquarie w Sydney, na podstawie dostarczonych przeze mnie danych i kontekstu biologicznego. Mój udział w tym badaniu polegał na określeniu, które parametry matematyczne będą odpowiednie do

charakterystyki mimikry lokomotorycznej u owadów, dostarczeniu zdigitalizowanych trajektorii lotów owadów oraz napisaniu części manuskryptu. Napisany kod do programu R ma zastosowanie we wszelkich analizach trajektorii ruchu zwierząt, w tym ssaków morskich (przykład zastosowania trajektorii wielorybów został pokazany w opublikowanym artykule naukowym). Opublikowany na łamach czasopisma *Ethology* kod wraz z przykładami zastosowania stanowi narzędzie dla behawiorystów niezależnie od ich modelu badawczego [3].

Heterosphecia tawonoides Kallies to imitujący pszczoły przeziernik znany dotąd z pojedynczego okazu schwytanego w roku 1887 na Sumatrze i przechowywanego w Muzeum Historii Naturalnej w Wiedniu. Istotne cechy morfologiczne nie są już widoczne na tym starym okazie, którego kolorystyka wyblakła. Został on wyznaczony jako holotyp *H. tawonoides* przez Profesora Axela Kalliesa w roku 2003. W ostatnich latach zaobserwowałam łącznie dwanaście osobników przezierników o jaskrawoniebieskim ubarwieniu ciała, w trzech lokalizacjach w lasach tropikalnych Malezji. Zebrałam cztery osobniki referencyjne do analiz morfologicznych i genetycznych. Sekwencjonowanie genu COI ujawniło bliskie pokrewieństwo z przedstawicielami rodzaju *Heterosphecia*, aczkolwiek *H. tawonoides* nie był wcześniej analizowany pod kątem genetycznym, nie było więc sekwencji DNA do porównania w bazie danych BOLD (sekwencje uzyskane w ramach naszych badań zostały zamieszczone w tej bazie). Zebrane okazy zostały ostatecznie przypisane do gatunku *H. tawonoides* na podstawie morfologii męskich narządów kopulacyjnych [4].

Chociaż holotyp tego gatunku został zebrany na indonezyjskiej wyspie Sumatra, to nie jest niczym nadzwyczajnym, że jego zasięg obejmuje także Malezję Zachodnią – przez ostatnie dwa miliony lat, podczas okresów zlodowaceń, poziom morza w rejonie Sunda (lądzie, który składał się z Półwyspu Malajskiego, Borneo, Jawy, Sumatry i okolicznych wysp) był niższy, niż obecnie. Sumatra, Jawa oraz Borneo były połączone z Malezją Zachodnią i Azją kontynentalną poprzez szelf Sunda, umożliwiając migrację gatunkową, w szczególności wzdłuż rzek [4].

Heterosphecia tawonoides ma ciało o niebieskim, silnie odbijającym światło ubarwieniu, a także charakterystyczne kępki wydłużonych łusek przypominających gęste szczeciny na wszystkich odnóżach, najbardziej rozwinięte na trzeciej parze odnóży. Niezwykłym aspektem tego przeziernika jest fakt, że występuje on wśród błonkówek – został

znaleziony, gdy pobierał roztwory z wilgotnego podłoża w grupie różnych gatunków pszczoł. Na pobliskich połaciach piasku motyle dzienne wykazywały podobne zachowanie, jednak *H. tawonoides* zawsze wybierał miejsca wśród pszczoł. Grinell w swojej publikacji z roku 1911 wspomina o amerykańskich motylach z rodziny przeziernikowatych latających wśród błonkówek, jednak od tamtego czasu tematowi współwystępowania przezierników i błonkówek nie poświęcono wiele uwagi. Dodatkowo, zauważyłam, że *H. tawonoides* wydaje „bzyczące” dźwięki podobne do pszczoł, co może być przypadkiem mimikry akustycznej – aspekt ten będzie tematem przyszłych badań. Wraz z moim współautorem nagrałam zachowania i dźwięki wydawane przez tego przeziernika, a zrealizowany film został opublikowany jako załącznik do manuskryptu w czasopiśmie *Tropical Conservation Science*. Ze względu na rzadkość występowania tego gatunku, jego uderzające ubarwienie, a także związek z zanikającymi siedliskami, stał się on symbolem potrzeby podjęcia działań ochronnych w Malezji. *Heterosphecia tawonoides* został umieszczony w roku 2017 na liście czołowych gatunków zaginionych i odnalezionych po latach organizacji Global Wildlife Conservation, a opublikowane wyniki wzbudziły duże zainteresowanie mediów (m.in. The Guardian, Science, Mongabay, The Dodo, Dzień Dobry TVN, Radio Eska). Mój udział w tym badaniu był podobny jak w przypadku opisu gatunku *Heterosphecia pahangensis* [1, 4].

Pyrophleps ellawi Skowron Volponi to nowy dla nauki gatunek motyla znacznie różniący się od pozostałych badanych przezierników: morfologią przypomina bardziej osę niż pszczołę. *Pyrophleps ellawi* ma wąskie ciało, długie odnóża, a kępki wydłużonych łusek na tylnych odnóżach pozostają ukryte pod skrzydłami w pozycji spoczynkowej (nie przypominają zatem tylnych odnóży pszczoł obciążonych pyłkiem kwiatowym). Tylnie odnóża tego owada nie są funkcjonalne w zakresie lokomocji. Przeziernik ten najbardziej jednak różni się od pszczołopodobnych gatunków badanych w ramach tej rozprawy pod kątem sposobu, w jaki lata. Jego szybki lot blisko przypomina lot os z podrodziny kopułkowatych (Eumeninae), które występują na tym samym terenie. *Pyrophleps ellawi* zdaje się być gatunkiem niezwykle rzadkim – obserwowany był zaledwie ośmiokrotnie podczas trzech ekspedycji do Malezji i zawsze widziany był pojedynczy osobnik, który pozostawał w danym miejscu przez jedynie kilka minut. Sekwencjonowanie genu COI potwierdziło przynależność do rodzaju *Pyrophleps*, natomiast sekwencja COI najbliższego dostępnego w bazach danych krewnego, *Pyrophleps vitripennis*, różni się w 7.90% od sekwencji COI *P. ellawi*. Otrzymana sekwencja została publicznie udostępniona w bazie BOLD. Opis nowego gatunku opublikowany w czasopiśmie *ZooKeys* jest także pierwszym doniesieniem o

występowaniu rodzaju *Pyrophleps* w Malezji Zachodniej. Mój udział w tym badaniu był podobny jak w przypadku opisów gatunków *Heterosphacia pahangensis* oraz *H. tawonoides* [1, 4, 5].

Wszystkie trzy gatunki przezierników opisane powyżej występują w takim samym środowisku i warunkach: piaszczysto-kamienistych brzegach rzek wyeksponowanych na światło słoneczne i otoczonych pierwotnym nizinym lasem deszczowym, z temperaturą sięgającą 35°C. Podczas ekspedycji do Tajlandii (prowincja Phetchaburi) zlokalizowano podobne środowiska, potencjalnie adekwatne do behawioru ang. *mud-puddling* – pobierania płynów z wilgotnego podłoża. Różniły się one od lokalizacji w Malezji głównie faktem, że otoczenie było zmodyfikowane przez człowieka – z jednej strony znajdował się wtórny tropikalny las deszczowy, a z drugiej pola uprawne. Gdy temperatura przekroczyła 30°C, zaobserwowano kilka osobników należących do różnych gatunków Sesiidae. Co najmniej jeden z nich był gatunkiem nowym dla nauki (pozostałe zebrane okazy są obecnie analizowane). Morfologia męskich narządów kopulacyjnych, struktura kępki wydłużonych łusek na tylnych odnóżach oraz użyłkowanie skrzydeł pozwoliło przypisać badany gatunek do rodzaju *Aschistophleps*. Nowa nazwa gatunkowa, *Aschistophleps argentifasciata*, pochodzi od srebrnej, silnie błyszczącej w słońcu przepaski na piątym segmencie odwłoka (łac. *argentum* [srebro] oraz *fascia* [przepaska]). Cecha ta, w połączeniu z wąskimi, przezroczystymi skrzydłami, odnóżami pokrytymi wydłużonymi łuskami przypominającymi szczeciny oraz ostro zakończonym odwłokiem nadaje temu przeziernikowi wygląd pszczoły. Ponadto, owad ten w locie pozostawia tylne odnóża luźno zwisające w dół, podobnie jak pszczoły, a także zgina odwłok między piątym a szóstym segmentem, tym samym eksponując srebrny, odbijający światło piąty segment. Funkcjonalne aspekty morfologii i szczegóły lotu, a także behawior ang. *mud-puddling*, ukazane zostały w filmie załączonym do manuskryptu opublikowanego w czasopiśmie *Journal of Asia-Pacific Entomology*. Jest to także pierwsze doniesienie o występowaniu rodzaju *Aschistophleps* w Tajlandii. Mój udział w tym badaniu był podobny jak w przypadku opisów gatunków *Heterosphacia pahangensis*, *H. tawonoides* oraz *Pyrophleps ellawi* [1, 4, 6].

Kolejnym rodzajem odnotowanym po raz pierwszy dla Tajlandii był *Akaisphacia melanopuncta* Gorbunov & Arita (rodzaj monospecyficzny). Profesor Donald Quicke (hymenopterolog oraz ekspert z zakresu mimikry) zaobserwował pojedynczego osobnika czerwono-czarnego przeziernika w prowincji Phetchabun, na drodze biegnącej przez park

narodowy. Przeziernik najprawdopodobniej zlizywał z jezdni sole mineralne. Mój udział w tej publikacji, w której jestem drugim autorem, polegał na zidentyfikowaniu zaobserwowanego przeziernika do poziomu gatunku oraz napisaniu części manuskryptu. Ten jaskrawo ubarwiony motyl posiada charakterystyczny, nitkowaty przydatek na końcu odwłoka, który nie występuje u innych Sesiidae z Azji Południowoschodniej. Dzięki unikalnej morfologii tego przeziernika, możliwe było zidentyfikowanie gatunku jedynie na podstawie zdjęcia. Najbardziej znaczącym wynikiem badań nad tym gatunkiem było stwierdzenie, że motyl ten przypomina wyglądem aposematyczne, występujące na tym samym terenie pluskwiaki należące do rodziny Pyrrhocoridae. Chociaż pierwotnie założyliśmy, że nitkowaty przydatek na końcu odwłoka jest imitacją pokładelka os z rodzin Braconidae (męczelkowate) lub Ichneumonidae (gąsienicznikowate), później doszliśmy do innego wniosku, ze względu na kilka faktów: 1) w Azji Południowoschodniej nie występują żadne męczelkowate ani gąsienicznikowate o podobnym ubarwieniu, a zatem mogące stanowić model mimikry; 2) inni przedstawiciele rodziny Sesiidae, np. *Alcathoe pepsoides* Engelhardt, którzy posiadają nitkowaty przydatek na końcu odwłoka, wyglądem przypominają żądłówki z rodziny Pompilidae (nastecznikowate), które nie mają długich pokładełek; 3) w przeciwieństwie do męczelkowatych czy gąsienicznikowatych, przeziernik w spoczynku często kierował przydatek ku górze zamiast poziomo, tym samym odbiegając jeszcze bardziej od wyglądu parazytoidów; 4) możliwe jest, że jedynie samce posiadają wspomniany przydatek, który być może służy do odbierania sygnałów feromonowych, a nie jako element mimikry i 5) pluskwiaki należące do rodzaju *Dindymus*, obserwowane w tej samej lokalizacji, co przeziernik, miały podobne ubarwienie ciała i wzory, co *A. melanopuncta*. Jest to zatem pierwszy przypadek mimikry przedstawiciela rzędu Hemiptera przez motyla z rodziny przeziernikowatych. Praca ta została opublikowana w czasopiśmie *Journal of Asia-Pacific Entomology* [7].

Literatura

1. **Skowron M.A.**, Munisamy B., Binti Ab. Hamid S. and, Węgrzyn G (2015) A new species of clearwing moth (Sesiidae) from Malaysia, exhibiting bee-like morphology and behaviour. *Zootaxa* 4032 (4): 426–434
2. **Skowron Volponi M.A.**, McLean D.J., Volponi P. and Dudley D. (2018) Moving like a model: mimicry of hymenopteran flight trajectories by clearwing moths of Southeast Asian rainforests. *Biology Letters*. Przyjęto do publikacji.

3. McLean J.D. and **Skowron Volponi M.A.** Trajr: an R package for characterisation of animal trajectories. *Ethology*. DOI:10.1111/eth.12739
4. **Skowron Volponi M.A.** and Volponi P. (2017) A 130-year-old specimen brought back to life: a lost species of bee-mimicking clearwing moth, *Heterosphecia tawonoides* (Lepidoptera: Sesiidae: Osminiini), rediscovered in Peninsular Malaysia's primary rainforest. *Tropical Conservation Science*. 10:1–7
5. **Skowron Volponi M.A.** and Volponi P. (2017) A new species of wasp-mimicking clearwing moth from Peninsular Malaysia with DNA barcode and behavioural notes (Lepidoptera, Sesiidae) *ZooKeys* 692: 129-139
6. **Skowron Volponi M.A.** and Volponi P (2018) A new species of bee-mimicking clearwing moth (Lepidoptera: Sesiidae) from Thailand, with description and video of its behaviour. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 21: 279-282
7. Quicke D.L.J., **Skowron Volponi M.A.**, Kitching I.J., Butcher B.A. and Giudici A. (2018) Scientific Note: First record of the remarkable clearwing moth, *Akaisphecia melanopuncta* O. Gorbunov & Arita, 1995 (Sesiidae: Sesiinae: Osminiini), from Thailand, with comments on likely Batesian mimicry. *Journal of Asia-Pacific Entomology* <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2018.02.002>