

Jak zwabić muchówkę, czyli o przystosowaniach roślin do zapylania przez Diptera

dr Natalia Wiśniewska
Uniwersytet Gdański

Wydział Biologii, Katedra Cytologii i Embriologii Roślin
E-mail: natalia.wisniewska@ug.edu.pl

tutor: dr hab. Agnieszka Kowalkowska, prof. UG
Uniwersytet Gdański
Wydział Biologii, Katedra Cytologii i Embriologii Roślin

Słowa kluczowe: biologia zapylania, kwiatowe atraktanty, mimikra, zoogamia

Życiodajny mutualizm?

Relacja między rośliną a zwierzętami zapylającymi jest bardzo złożona i opiera się na mutualizmie, a zależność między nimi jest tak silna, że praktycznie uniemożliwia osobną egzystencję. Roślina została zapylona, natomiast zapylacz (termin pochodzi z bezpośredniego tłumaczenia z j. angielskiego pollinator) otrzymuje nagrodę w postaci nektaru, pyłku lub ciał oleistych (Ryc. 1). Adaptacje powstały na skutek koewolucji, rośliny przystosowują się do zwabiania jak największej liczby potencjalnych zapylaczy, a zwierzęta, aby jak najefektywniej znajdować i pobierać nagrodę.



Ryc. 1. Gatunek z rodziny pszczołowatych zapylający kwiat mniszka lekarskiego (zdjęcie własne)

Dlaczego sukces roślin jest taki ważny? Bez roślin nie byłoby bowiem innych form życia. Są one pierwotnymi producentami w większości lądowych ekosystemów

i, jako źródło energii i materii, stanowią podstawowe ogniwo łańcucha pokarmowego. Rośliny są w stanie, podobnie jak niektóre protisty i bakterie, poprzez proces fotosyntezy, wytwarzać sobie pokarm, a przy okazji tlen.

Zoogamia, czyli po co roślinom zwierzęta

Większość roślin okrytonasiennych oraz część nagonasiennych zapylana jest przez zwierzęta. Zwykle zapylaczami są głównie owady (entomogamia), ptaki (ornitogamia) lub ssaki, a tylko niekiedy inne zwierzęta. Zwabione zwierzęta przenoszą na swoim ciele pyłek, zapylając kolejno odwiedzane kwiaty. Wśród owadów zapylających najbardziej powszechne są pszczołowe, szacuje się, że odwiedzają one 50–75% gatunków kwiatów. Zapyleniem zajmują się także muchówki (Ryc. 2), chrząszcze, osowate, motyle dzienne i nocne.



Ryc. 2. *Sarcophaga (Liopygia) ruficornis* zapylająca kwiat *Bulbophyllum subumbellatum* (Ong i Tan, 2011)

Muchówki są wszędobylskie, a jako zapylacze dominują w tropikalnym lub su-

chym klimacie. Ponieważ muchówki, w przeciwieństwie do pszczołowych, nie latają od kwiatu do kwiatu, a więc nie są tak efektywne, kwiaty zapylane przez muchówki wykorzystują mimikrę, aby upodobnić się do ich źródeł pokarmu lub miejsc owipozycji.

Można wyróżnić kilka typów atraktantów (czynników wabiących) wizualne, zapachowe, wyspecjalizowane kwiaty pułapkowe, kwiaty wydzielające ciepło. Wśród gatunków zapylanych przez muchówki wyróżnić można przedstawicieli obrazkowatych (Araceae), bukietnicowatych (Rafflesiaceae), kokornakowatych (Aristolochiaceae), toinowatych (Apocynaceae) czy storczykowatych (Orchidaceae). Gatunki zapylane przez muchówki cechują się charakterystycznymi adaptacjami do zapylania.

Atraktanty zapachowe, czyli co tak pachnie?

Gatunki zapylane przez muchówki wykorzystują wiele przystosowań, aby zwabić potencjalnych zapylaczy. Przykład stanowi wykorzystywanie atraktantów dalekiego zasięgu. Osmofory, czyli gruczoły wydzielnicze, emitują zapach, który ma za zadanie zwabić muchówki z dużych odległości. Receptory zapachu muchówek są niezwykle czułe i pozwalają zlokalizować źródła pokarmu z dużych odległości. Ma to szczególne znaczenie między innymi w gęstych lasach tropikalnych, gdzie widoczność jest mniejsza. W zapachu najczęściej dominują związki siarki, kwasy organiczne, benzoidy. Szczególnie ważny jest trisiarczek dimetylu (produkt rozpadu metioniny) oraz disiarczek dimetylu - notowany w zapachu ludzkich włosów, który jest kluczowym atraktantem dla samic much z rodziny Calliphoridae (plujkowate) (Zito i in., 2014). Związki siarki są także produktem rozpadu białek, które są ważne

dla rozwoju larw muchówek. Larwy much nie rozwijają się w odchodach roślinożerców, prawdopodobnie ze względu na brak lub niską zawartość białka (Woodcock i in., 2014).

Badania zapachu u gatunków blisko spokrewnionych wśród rodziny Araceae i rodzaju *Stapelia* (rodzina Apocynaceae) wykazały, że są różnice zapachowe (Kite i in., 1998; Jürgens i in., 2006). Pomiędzy piętnastoma gatunkami z rodzaju *Stapelia* mamy różnice, zarówno w liczbie zidentyfikowanych związków, jak i zawartości procentowej poszczególnych związków oraz innych związków dominujących. Na tej podstawie wyróżniono cztery typy zapachowej mimikry: 1) kwiaty imitujące odchody roślinożerców (dominacja p-krezolu); 2) odchody mięsożerców, wszytkożerców lub padlinę z dominacją polisulfidów lub 3) z dominacją heptanal i oktanalu, oraz 4) kwiaty zapachem imitujące mocz z kwasem kapronowym jako dominantem. Dodatkowo była widoczna korelacja pomiędzy barwą kwiatu, jak i typem zapachowej mimikry, czyli prościej: kwiaty o żółtej barwie pachniały moczem, a kwiaty purpurowe – padliną.

Każdy potrzebuje odrobinę ciepła

Przedstawiciele Araceae wykorzystują termogenezę, czyli wytwarzanie ciepła, aby zwabić owady zapylające. Termogeneza u obrazkowatych jest wywoływana przez mechanizm dzień-noc, który stymuluje tkankę twórczą kwiatów męskich, w wyniku czego produkowany jest kwas salicylowy, który działa jako hormon stymulujący reakcje termiczne. Temperatura kwiatów męskich i wyrostka kolby wzrasta o 15–25 °C powyżej temperatury otoczenia. Temperatura wewnątrz komory jest zaś wyższa o 1–3 °C. Mechanizm ten ma na celu zwiększenie ulatniania się lotnych związków zapachowych

i przyciągnięcie owadów zapylających. Termogeneza ma też na celu upodabnianie kwiatostanu do zwłok, które podczas rozkładu emitują ciepło (Seymour i in., 2003).

Doskonałym przykładem gatunku wykorzystującego zapach, wygląd oraz termogenezę jest *Helicodicerus muscivorus* (Ryc. 3). Występujący w rejonie śródziemnomorskim przedstawiciel *Arum* posiada duże kwiatostany typu kolba, o czerwonej barwie pochwy kwiatostanu pokrytej dodatkowo włoskami. Wydziela silny zapach rozkładającego się mięsa, a kwiat wytwarza ciepło o 15 °C powyżej temperatury otoczenia, naśladując w ten sposób ciepło produkowane przez gnijącą padlinę (Angioy i in., 2004).



Ryc. 3. *Calliphora vicina* odwiedzająca kwiat *Helicodicerus muscivorus* (Angioy i in., 2004)

Atraktanty wizualne, czyli spójrz na mnie

Wiele gatunków opiera się na wizualnej mimikrze, wykorzystując do tego wielkość kwiatów lub kwiatostanów, ich barwę, teksturę lub obecność ruchomych elementów.

Wiele gatunków zapylanych przez muchówki cechuje kwiatowy gigantyzm. Przykładami mogą być rekordziści: *Amorphophallus titanum* z kwiatostanem przekraczającym 2 metry wysokości oraz

Rafflesia arnoldii (Ryc. 4) z rodziny bukietnicowatych, pasożytnicza roślina wytwarzająca kwiat o średnicy 80–100 cm i ok. 10 kg wagi. Także wśród innych rodzin występują nadzwyczajnie duże kwiaty: *Bulbophyllum echinolabium* z rodziny Orchidaceae z 35 cm kwiatem, uważanym za największy w tym rodzaju, a z rodziny Apocynaceae 30 cm *Stapelia gigantea*. Aby wyjaśnić tę tendencję do gigantyzmu wśród kwiatów zapylanych przez muchówki pojawiło się wiele hipotez, w tym np. taka, że kwiaty stosują wizualną mimikrę do dużej padliny zwierząt lub wytwarzają dodatkowy zapach i ciepło.



Ryc. 4. Największy na świecie kwiat *Rafflesia arnoldii* (<https://www.flickr.com/photos/allydru>, autor zdjęcia: Alison Druhan, dostęp z dn. 11.04.2021)

Innym przykładem wizualnej mimikry jest błyszcząca powierzchnia płatków. Wydzielane są śluzы lub wosk, które odbijając światło mają imitować otwarte rany. Przykładem jest *B. echinolabium*, którego ciemnobrunatna warzka pokryta jest woskiem. W połączeniu z zapachem rozkładającego się mięsa tworzy wizualną i zapachową iluzję padliny (Meve i Liede, 1994; Jürgens i in., 2006).

Kwiaty zapylane przez muchówki na ogół nie produkują nektaru, obecność nektaru została opisana u pojedynczych gatunków z rodziny Apocynaceae. Sugeruje się, że

obecność niewielkich ilości nektaru u gatunków *Stapelia* ma na celu doprowadzenie owada do kontaktu z reprodukcyjnymi częściami kwiatu. Muchówki często żywią się płynnymi wydzielinami martwych zwierząt, więc żerowanie na nektarze w poszukiwaniu miejsca składania jaj (w przypadku samic) lub w poszukiwaniu partnerów (w przypadku samców) nie byłoby zaskoczeniem, ponieważ dostarcza on energii owadom do transportu pyłku do innego kwiatu tego samego gatunku (Woodcock i in., 2014).

Jeśli nie po dobroci, to siłą

Kwiaty pułapkowe są kolejnym stopniem adaptacji do zapylania. Są produkowane przez przedstawicieli Araceae, Aristolochiaceae, Hydnoraceae i Orchidaceae. U *Arum* (Ryc. 5) owady, zwabione przez zapach i termogenezę, wpadają lub wchodzi do dolnej komory kwiatostanu, gdzie zostają uwięzione przez system nitkowatych prątniczek, który działa zarówno jak bariera fizyczna, jak i kurtyna zaciemniająca ujście. Pokryte śliską wydzieliną ściany komory również zapobiegają ucieczce owadów. Po zapyleniu, prątniczki tracą turgor, a przetrzymywany owad może się wydostać.



Ryc. 5. Wnętrze kwiatostanu *Arum maculatum* z odciętym fragmentem ściany komory (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arum_maculatum.jpeg, dostęp z dn. 11.04.2021)

U kokornaków kwiaty pułapkowe mają kształt wygiętej fajki/tubki (Ryc. 6). W rozdzięciu korony produkowany jest nektar. Prowadzi do niego zwężona rurka korony, pokryta wewnątrz sztywnymi włoskami, skierowanymi ukośnie do wnętrza, po których zwabione owady ześlizgują się do wnętrza kwiatu. W środku rozdziętej korony znajduje się słupek, a wokół niego transparentne okienko (fragment, w którym korona jest cieńsza i prześwituje przez nią światło z zewnątrz) sugerując owadom jedyną drogę ucieczki.

Po zdeponowaniu na słupek obcego pyłku zachodzi jego kiełkowanie i zapłodnienie. Wtedy włoski więdną, a cały kwiat odgina się poziomo umożliwiając owadom wyjście. Nie wszystkie kwiaty zapylane przez muchówki przetrzymują zapylaczy. W rodzaju *Stapelia*, owad może swobodnie lądować i poruszać się po kwiatkach.



Ryc. 6. Przekrój poprzeczny przez kwiat pułapkow *Aristolochia esperanzae*
(<https://www.flickr.com/photos/gjshepherd/16908815685>, autor zdjęcia: George Shepherd, dostęp z dn. 12.04.2021)

Czy warto się tak starać? - czyli gdzie pszczoła nie sięga, tam muchę pośle

Przystosowania roślin do zapytania powstały na skutek działania presji owadów zapyłających. Chociaż muchówki nie są tak efektywne jak pszczołowate i z natury nie są zainteresowane kwiatami, stanowią drugą co do ważności grupę owadów zapyłających. Są kluczowe zwłaszcza w niekorzystnych warunkach środowiska, gdzie dostępność innych potencjalnych zapyłaczy jest niewielka. W toku ewolucji, rośliny wykształciły szereg przystosowań, wizualnych i zapachowych, aby efektywnie wabić muchówki. Złożoność tych relacji i wzajemnych przystosowań od lat zadziwia naukowców.

Literatura:

- Angioy, A.M., Stensmyr, M.C., Urru, I., Puliafito, M., Collu, I., Hansson, B.S., 2004. Function of the heater: the dead horse arum revisited. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 271: 13-15.
- Jürgens, A., Dötterl, S., Meve, U., 2006. The chemical nature of fetid floral odours in stapeliads (Apocynaceae-Asclepiadoideae-Ceropegieae). *New Phytology*, 172: 452-468.
- Kite, G.C., Hetterscheid, W.L.A., Lewis, M.J., Boyce, P.C., Ollerton, J., Cocklin, E., Diaz, A., Simmonds, M.S.J., 1998. Inflorescence odours and pollinators of Arum and Amorphophallus (Araceae). [w:] Owens SJ, Rudall PJ, (red.). *Reproductive biology*. Kew, UK: Royal Botanic Gardens, 295-315.
- Meve, U., Liede, S., 1994. Floral biology and pollination in stapeliads— new results and a literature review. *Plant Systematics and Evolution*, 192: 99-116.
- Ong, P., Tan, K.H., 2011. Fly pollination of four Malaysian species of *Bulbophyllum* (section *Sestochilus*)—*B. lasianthum*, *B. lobbii*,

B. subumbellatum and *B. virescens*.
Malesian Orchid Journal, 8: 103-110.

Seymour, R.S., Gibernau, M., Ito, K., 2003. Thermogenesis and respiration of inflorescences of the dead horse arum *Heliconia muscivora*, a pseudo-thermoregulatory aroid associated with fly pollination. *Functional Ecology*, 17: 886-894.

Woodcock, T.S., Larson, B.M., Kevan, P.G., Inouye, D.W., Lunau, K., 2014. Flies and flowers II: Floral attractants and rewards. *Journal of Pollination Ecology*, 12: 63-94.

Zito, P., Sajevo, M., Raspi, A., Dötterl, S., 2014. Dimethyl disulfide and dimethyl trisulfide: so similar yet so different in evoking biological responses in saprophilous flies. *Chemoecology* 24:261-267.

Notka o autorce: Absolwentka Studiów Doktoranckich z Biologii, Ekologii i Mikro-biologii na Wydziale Biologii Uniwersytetu Gdańskiego oraz studiów podyplomowych z Biologii Sądowej. Swoje badania skupia wokół badania tkanki wydzielniczej kwiatów zapylanych przez muchówki. Esey powstał na podstawie rozważań podczas realizacji studiów doktorskich przy współpracy z Tutorką, będącą jednocześnie promotorką.