



KOMUNIKACJA, KTÓRĄ EWOLUCJA DOSKONALI OD MILIONÓW LAT

Słowo *komunikacja* kojarzyć się może z codzienną rozmową, serwisami informacyjnymi, wykładem, wymianą e-maili. Tymczasem tuż obok nas, w trawie, na liściach drzew, a czasem i w naszych mieszkaniach toczy się nieustanna wymiana danych, która z ludzką rozmową nie ma nic wspólnego. To świat, w którym „słowa” mają postać chemicznych molekuł, a „dotyk” zastępowany jest przez precyzyjną mechanikę mikroskopijnych dźwigni. Wkraczamy tym samym na terytorium owadów, a konkretnie – w fascynującą i mało znaną zmysłową rzeczywistość pluskwiaków.

 dr Małgorzata Kłoskowicz

 dr hab. Jolanta Brożek, prof. UŚ
Instytut Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska
Wydział Nauk Przyrodniczych
Uniwersytet Śląski w Katowicach
jolanta.brozek@us.edu.pl



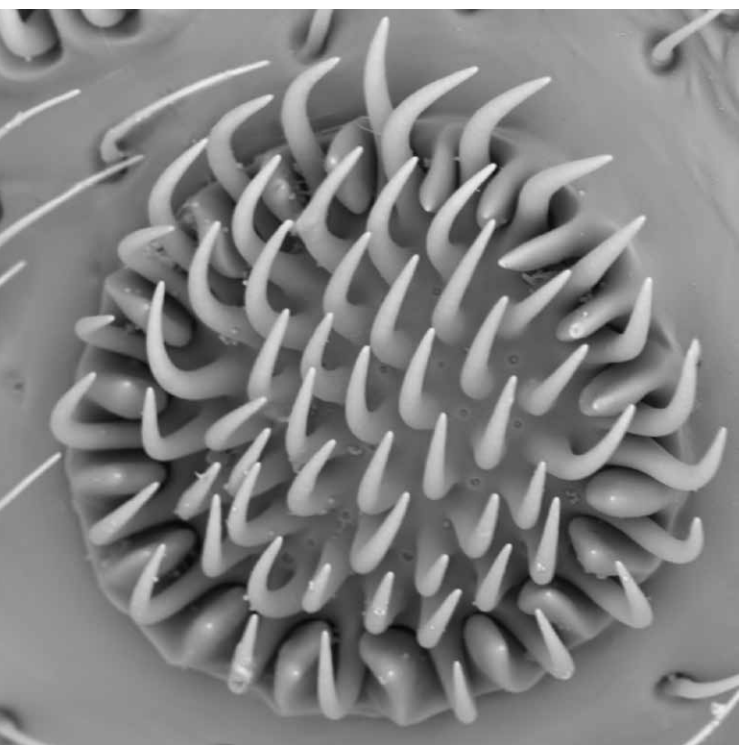
Przedstawiciel rodziny Fulgoridae. To duża grupa pluskwiaków, szczególnie liczna i różnorodna w tropikach, obejmująca ponad 125 rodzajów na całym świecie
fot. songdech17 – Freepik.com

WIĘCEJ NIŻ ROZMOWA

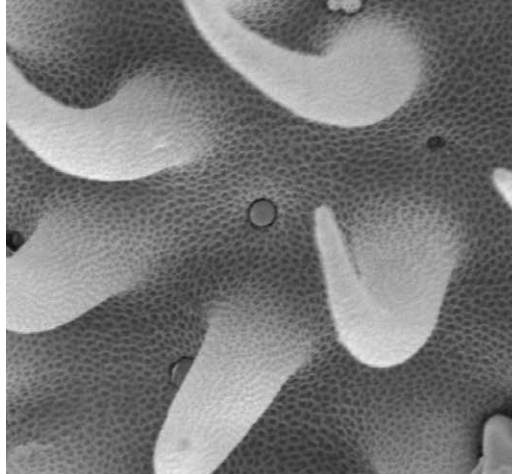
Mówiąc najogólniej, komunikacja to przekazywanie informacji. W świecie owadów to pojęcie odnosi się nie tylko do wymiany sygnałów między osobnikami tego samego gatunku, lecz także do odbierania najróżniejszych bodźców z otaczającego ich środowiska. Owady, naturalnie, „rozmawiają” ze sobą.

– Cykady czy świerszcze to mistrzowie wewnątrzgatunkowej komunikacji dźwiękowej rozpoznający się po specyficznych tonacjach i częstotliwościach, unikatowych dla każdego gatunku. Nawet w środowisku tak zróżnicowanym pod względem gatunkowym jak dżungla potrafią się odnaleźć bezbłędnie – mówi dr hab. Jolanta Brożek, prof. UŚ z Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, entomolożka, która zajmuje się morfologią porównawczą oraz anatomią funkcjonalną pluskwiaków.

Jak podkreśla badaczka, dla przetrwania owadów równie ważna, a może nawet ważniejsza okazuje się komunikacja ze środowiskiem zewnętrznym. To nieustanny odbiór bodźców: chemicznych, mechanicznych, termicznych czy związanych z poziomem wilgotności. Owad musi wiedzieć, czy liść, na którym ląduje, nadaje się np. do zjedzenia, albo czy jego ciało nie znalazło się w pozycji obróconej, na grzbiecie. Aby to wszystko przetworzył, ewolucja wyposażyla go w systemy sensoryczne, których precyzja rozbudza wyobraźnię współczesnych inżynierów.



Sensillum z licznymi stozkami | fot. Jolanta Brożek



Widoczne pory w sensillum wędchowym | fot. Jolanta Brożek

„NOS” NA CZUŁKU, CZYLI CHEMICZNA MAPA ŚWIATA

Człowiekowi, aby mógł czuć zapach, potrzebny jest nos, a dokładniej jama nosowa z nabłonkiem wyposażonym w kilka milionów receptorów. Owady także odbierają bodźce zapachowe, ale nie potrzebują do tego nosa. Mają natomiast sensille – niewielkie narządy zlokalizowane najczęściej na czułkach, odnóżach oraz w aparacie gębowym, choć mogą również występować na skrzydłach czy tułowiu. W ich wnętrzu znajdują się neurony czuciowe (inaczej receptory nerwowe) odbierające oprócz wspomnianych bodźców zapachowych także smakowe. Część zewnętrzną tworzy włoskowata kutikularna wypustka. Jej podstawa jest osadzona w oskórku, do której dochodzą dendryty (receptory) i komórki osłonkowe.

Sensille w zależności od gatunku i rodziny przybierają niesamowite, niemal kosmiczne kształty. Mogą wyglądać jak pofałdowane płytki, okrągłe płytki (łac. *placodea*) czy wystające stożki. Choć morfologicznie różnią się diametralnie – czasem nawet w obrębie blisko spokrewnionych grup – ich funkcja pozostaje zbliżona.

– Na czułkach pluskwiaków podrzędu *Fulgoromorpha* naukowcy opisali co najmniej 16 kształtów narządów chemosensorycznych. Takie zróżnicowanie może wydawać się nadmiarem, ale im bliżej przyglądamy się poszczególnym mechanizmom, tym bardziej rozumiemy, że każde takie rozwiązanie ma sens – mówi biologka.

Aby owad mógł odebrać bodźce zapachowe czy smakowe, cząsteczka musi się fizycznie dostać do chemoreceptora, który znajduje się pod warstwą lub w warstwie kutikuli – czyli oskórka pokrywającego ciało owada. Chemoreceptory wędchowe odbierają substancje lotne, smakowe – reagują na płyny. I tu pojawia się inżynierska doskonałość natury: porowatość. Ściany sensilli wędchowych są bowiem gęsto usiane porami. To przez nie molekuly zapachowe wnikają do wnętrza, gdzie w limfie czekają na nie specjalne białka wiążące, transportujące je do dendrytów, czyli specjalnych wypustek komórek nerwowych. Co ciekawe, w sensillach wędchowych takich neuronów jest dużo, a ich dendryty często się rozgałęziają, docierając niemalże do każdego pora, by zmaksymalizować czułość całego mechanizmu. To system, który pozwala owadom, takim jak pszczoły (sam mechanizm jest bowiem uniwersalny), trafić do źródła pokarmu z odległości nawet kilku kilometrów.

SMAKOWANIE STOPAMI

Komunikacja chemiczna to także decyzja: „jeść czy nie jeść?”. Owady dzielą się na monofagi (jedzące tylko jeden gatunek rośliny), oligofagi (wybierające rośliny z jednej rodziny) i polifagi (wszystkożerne). Aby podjąć właściwą decyzję, owad używa więc zmysłu smaku.

Receptory smakowe działają nieco inaczej niż węchowe. Włoski kutikularne prowadzące do receptora często mają na szczycie tylko jeden otwór, przez który musi wnikać płyn. Co zaskakujące, owady „smakują” nie tylko narządami gębowymi. Badania wskazują na obecność chemosensorów również na stopach. Kiedy owad ląduje na roślinie, jego pierwszy kontakt jest mechaniczno-chemiczny. Sprawdza fakturę, ale też skład chemiczny liścia. Jeśli test wypadnie pomyślnie, do akcji wkraczają kłujka i głębiej położone sensille smakowe. Jeśli roślina nie smakuje – owad po prostu odlatuje, szukając dalej.

U wielu owadów, szczególnie samic, ten mechanizm służy nie tylko do poszukiwania jedzenia, ale przede wszystkim do zabezpieczenia potomstwa. Samica, „tupiąc” po liściu i smakując go stopami, sprawdza, czy jest to odpowiednia roślina żywicielska do złożenia jaj. Jeśli roślina zawiera toksyny szkodliwe dla larw, matka dowie się o tym „przez stopy”.

KAŻDY WŁOSEK MA ZNACZENIE

– Jeden z entomologów powiedział kiedyś: „U owada nie ma ani jednego włosa, który by mu do czegoś nie służył”. To zdanie jest kluczem do zrozumienia mechanorecepcji, czyli zmysłu dotyku – mówi prof. Jolanta Brożek. – Teoretycznie dotknięcie kutikuli nie powinno być przez owada odczuwalne. Warstwa ta jest jednak naszpikowana mechanoreceptorami. Najprostszy z nich to osadzony w elastycznej błonie włoszek, który działa jak dźwignia. Kiedy coś go dotknie lub poruszy nim np. wiatr, włoszek odgina się w swoim „gnieździe”, naciskając u podstawy na dendryt komórki nerwowej. Tak działa zmysł dotyku.

Jest to mechanizm o niezwyklej precyzji. Ugięcie włosa o zaledwie kilka nanometrów otwiera kanały jonowe w błonie komórkowej. To moment zamiany energii mechanicznej (wspomniany ruch dźwigni) na impuls nerwowy. Ten proces zachodzi szybciej niż jakikolwiek świadomy proces myślowy, co sprawia, że reakcja owada na zagrożenie jest niemal natychmiastowa.

Badania z użyciem mikroskopu transmisyjnego (TEM) pozwalają zajrzeć do wnętrza tej struktury.

– Widzimy tam tzw. ciało tubularne wypełnione mikrotubulami. Ich liczba (od 40 do ponad 100, a u niektórych owadów nawet 1000) determinuje czułość i specyfikę danego receptora. Czy owad czuje wiatr? Czy czuje wibracje liścia, po którym idzie drapieznik? Wszystko zależy od budowy tego jednego mikroskopijnego elementu – mówi biologka.

Niektóre z tych czujników są jeszcze bardziej spektakularne. Te zwane *coeloconica* (ukryte w zagłębieniach) tworzą triady receptorów odpowiedzialnych za termo- i hygrorepcję, które także mają ogromne znaczenie dla funkcjonowania owadów.

OD BIOLOGII DO TECHNOLOGII

Ta niewyobrażalna złożoność natury stała się inspiracją dla inżynierów. Współczesna nauka coraz częściej zwraca się ku biomimetyce, która polega na podpatrywaniu rozwiązań ewolucyjnych i przenoszeniu ich do przestrzeni techniki.

– Artykuł, w którym wraz ze współpracownikami opublikowaliśmy wyniki naszych badań, zainteresował inżynierów z Uniwersytetu Technicznego w Kownie (Litwa). Zaczęło się od przypadku – doktorant natrafił na artykuły o narządach zmysłowych owadów i postanowił przenieść te biologiczne struktury na język mechaniki – mówi prof. Jolanta Brożek.

Tak nawiązała się współpraca, której celem ma być stworzenie superczułych detektorów przepływu powietrza. Inżynierowie analizują kształt, długość i sposób osadzenia owadzich sensilli, a następnie przeliczają obciążenia, odkształcenia, naprężenia, jakie powstają na mechanosensyllach pod wpływem wiatru. Biologia dostarcza model: naukowcy badają pod mikroskopem skaningowym i transmisyjnym, jak zbudowany jest receptor u konkretnego gatunku pluskwiaka.

– Sprawdzamy między innymi, gdzie kończy się dendryt, ile ma mikrotubul i jak włoszek jest zamocowany w kutikuli. Inżynierowie biorą te dane i tworzą model sensoryczny, który w przyszłości może służyć do precyzyjnego monitorowania najmniejszych zmian cyrkulacji powietrza – wyjaśnia naukowcy.

Dzięki tym badaniom mamy dostęp do rozwiązań, które ewolucja doskonalila przez miliony lat.

Okaz owada z rodziny Ricaniidae | fot. Jolanta Brożek

