

Ekologia, zachowanie i uczenie się pajaków

Pająki oglądają filmy



MACIEJ BARTOS

Zakład Dydaktyki Biologii i Badania Różnorodności Biologicznej, Uniwersytet Łódzki
bartos@biol.uni.lodz.pl
Dr Maciej Bartos bada zachowanie pajaków skaczących

Mimo poważnych ograniczeń wielkości mózgu wiele pajaków potrafi rozwiązywać złożone problemy, precyzyjnie rozpoznawać swoje ofiary i uczyć się nowych technik łowieckich

Przeciętny pająk w oczach laika to włochaty mieszkaniak ciemnego kąta za szafą. Zwykle budzi odrazę, u niektórych wywołuje paniczny lęk podsycany historiami o niezwyklej jadowitości tych zwierząt. Z arachnofobii można się wyleczyć, trzeba tylko przyjrzeć się pajakom i bliżej je poznać. Okaze się wtedy, że oprócz tych budzących trwogę są i takie, które różnorodnością barw nie ustępują najpiękniejszym motyłom, widzą lepiej niż wiele ptaków czy ssaków, a i złożonością zachowania przewyższają wiele z nich. Niektóre pająki ze względu na swój bardzo dobry wzrok, a zarazem bardzo mały mózg stanowią dogodny model do badań nad procesami uczenia się i podejmowania decyzji przez zwierzęta. Choć brzmi to zaskakująco, dla takich pajaków konstruuje się w laboratorium małe kino i puszcza im filmy, żeby dowiedzieć się, jak widzą otaczający je świat i jak podejmują decyzje na podstawie dostępnych informacji.

W świetle i w mroku

Pająki to duża i różnorodna grupa drapieżnych stawonogów. Większość spośród ponad 42 tys. opisanych gatunków pajaków to zwierzęta o słabym wzroku, aktywne przede wszystkim nocą. Żyją w świecie drgań powietrza, podłoża lub sieci i naprężeń pancerza wywoływanych przez różnorodne bodźce mechaniczne. Dzięki niezwykle czułym narządom zmysłów, umożliwiającym percepcję tych sygnałów, pająki potrafią „na ślepo” budować skomplikowane

sieci i lokalizować na odległość owady przelatujące lub przebiegające w pobliżu. Dużą rolę w orientacji i komunikacji między pajakami odgrywają także narządy zmysłu chemicznego i wzrok. Oczy proste większości pajaków, podobnie jak oczy owadów, nie są zdolne do percepcji bardziej złożonych obrazów. Umożliwiają dostrzeżenie ruchu, zmiany natężenia światła i w niewielkim stopniu pozwalają na precyzyjną identyfikację wzrokową partnera lub ofiary. Dlatego większość pajaków cechuje względna prostota zachowań. Nie wszystkie pająki jednak ogranicza tak słaby wzrok.

Istnieje duża grupa pajaków o aktywności dziennej, których świat jest zdominowany przez bodźce wzrokowe. Widzą barwy, w tym UV, potrafią rozróżnić złożone konfiguracje obserwowanych obiektów, a rozdzielczość ich oczu przewyższa rozdzielczość oczu wielu kręgowców, nawet takich wzrokowców jak koty czy gołębie. Te pająki to skakun (Salticidae), zwane też pajakami skaczącymi, ponieważ potrafią znakomicie

Niektóre pająki różnorodnością barw nie ustępują najpiękniejszym motyłom, widzą lepiej niż wiele ptaków czy ssaków, a i złożonością zachowania przewyższają wiele z nich. Na zdjęciach amerykański skakun *Phidippus cardinalis*



Keith Stewart/bugsinthe news.info

Maciej Bartos



skakać, uciekając lub polując na swoje ofiary. Skakuny tworzą najliczniejszą i jedną z najbardziej różnorodnych rodzin pajaków. Choć w Polsce stwierdzono dotychczas 60 gatunków, to na całym świecie opisano ponad 5300 gatunków. Należy wspomnieć, że większość z nich opisali współcześni polscy systematycy: prof. Jerzy Prószyński, prof. Wanda Wesołowska i prof. Marek Żabka.

Niezwykłe oczy

Cechą, która czyni pająki skaczące wyjątkowymi, nie jest ich zdolność skakania (to potrafią niektóre inne pająki). Wyróżnia je wspomniany bardzo dobrze wykształcony zmysł wzroku, a dokładniej jedna spośród posiadanych przez nie czterech par oczu, która pod względem budowy i sposobu działania jest wyjątkowym wynalazkiem ewolucyjnym w całym królestwie zwierząt. Wszystkie oczy pajaków skaczących są umieszczone dookoła głowotułowia, co zapewnia im pole widzenia niemal 360°. Trzy pary z nich to tzw. oczy boczne. Te niewielkie oczy, podobnie jak oczy większości owadów, są zdolne tylko do percepcji zmian natężenia światła i ruchu w otoczeniu, nie umożliwiają jednak rozpoznawania złożonych wzorów. Taką zdolność mają tylko oczy główne – duże, centralnie osadzone z przodu głowotułowia. Gdy w polu widzenia pojawi się jakiś obiekt, pająk najpierw zauważa jego ruch dzięki oczom bocznym, a następnie odwraca się tak, aby mógł obejrzeć go dokładnie za pomocą oczu głównych. Oczy główne mają kilka istotnych cech budowy, które różnią je od oczu bocznych i czynią niezwykle efektywnymi narządami wzroku. Za soczewką rogówkową znajduje się długa tuba sięgająca daleko w głąb głowotułowia. Na jej końcu umieszczona jest siatkówka, a tuż przed nią jest jeszcze jedna soczewka powiększająca obraz 1,5x. Długa tuba oczna, bardzo wąska siatkówka i dodatkowa soczewka

powodują, że pająki widzą jakby przez lunetę – co prawda w powiększeniu, ale za to bardzo mały wycinek otoczenia (około 10°). Choć wąskie pole widzenia i nieruchoma soczewka rogówkowa uniemożliwiają rozglądanie się, to jednak u pajaków skaczących powstał wyjątkowy system mięśniowy poruszający tubą oczną wewnątrz głowotułowia przy nieruchomej rogówce. Układ sześciu par mięśni przytwierdzonych do powierzchni tuby ocznej zapewnia duże możliwości ruchu siatkówki wewnątrz ograniczonej przestrzeni głowotułowia, co zwiększa pole widzenia do około 60°. Aby zobaczyć jakiś obiekt w całości, pająk musi najpierw dokładnie go obejrzeć, jakby zeskanować kawałek po kawałku, i dopiero później złożyć go w całość. Siatkówka ma specyficzny kształt. Jest to wąski pasek w kształcie litery „V” bardzo gęsto ułożonych receptorów, którego ramiona są skierowane w stronę soczewki. Takie ułożenie zapewnia ostre widzenie obiektów znajdujących się w różnej odległości od obserwatora, nawet bez akomodacji oka. Siatkówka zbudowana jest z czterech warstw komórek, z których każda wrażliwa jest na inną długość fal świetlnych. Zapewnia to pająkom skaczącym widzenie barw.

Duże oczy, mały mózg

Pająki skaczące są zwierzętami o doskonałym wzroku, dużej złożoności zachowania, ale bardzo małym mózgu (nie większym niż główka od szpilki). Taki mały objętościowo mózg bardzo poważnie ogranicza zdolność obliczeniową i w konsekwencji złożoność zachowań organizmu. Należy pamiętać, że w wypadku bezkręgowców neurony są nawet większe niż u kręgowców. Wystarczy przypomnieć sobie, jak bardzo różnią się zdolności poznawcze w różnych grupach kręgowców, a nawet wśród samych ssaków, i porównać je z wielkością i budową ich mózgow, aby uświadomić sobie,

Piaskun wydmy przyglądający się schwytanej ofierze

Ekologia, zachowania i uczenie się pajaków

jak skromnym okablowaniem dysponują pająki skaczące. Paradoksalnie, zachowania skakunów, należących do najmniejszych pajaków, są bezdyskusyjnie najbardziej złożone spośród wszystkich pajaków i wyróżniają je pod tym względem spośród bezkręgowców.

Wszystkie bezkręgowce, w tym pająki, były jeszcze do niedawna przedstawiane jako zaprogramowane automaty niewykazujące żadnych przejawów elastyczności behawioralnej czy uczenia się. Jednak taki pogląd, pokutujący już od czasów Kartezjusza, stopniowo ulegał zmianie w miarę postępów naszej wiedzy i techniki badawczej. Przy bliższym poznaniu okazało się, że niektóre społeczne błonkówki potrafią się komunikować, przekazując swoim krewniakom różne, często skomplikowane informacje dotyczące m.in. położenia i odległości od gniazda do źródła pokarmu. Choć badania nad pszczołami i mrówkami prowadzono od wielu lat, to dopiero niedawno prace z wykorzystaniem nowoczesnych metod i pomysłowych układów eksperymentalnych, w których zwierzęta miały do rozwiązania jakieś zadanie lub musiały podjąć jakąś decyzję w kontrolowanych warunkach, pozwoliły spojrzeć na bezkręgowce z innej perspektywy – jako na zwierzęta potrafiące sprawnie wykorzystać dostępne informacje i rozwiązywać skomplikowane zadania.

Naczelne wśród pajaków

Ostatnie kilkanaście lat przyniosło też duży postęp w poznawaniu złożoności zachowania pajaków, głównie dzięki pracom Roberta Jacksona z Nowej Zelandii i jego zespołu. Okazało się na przykład, że pająki skaczące z rodzaju *Portia* polują na swoje ofiary nie tylko przy użyciu wrodzonych, niezmiennych taktyk łowieckich, ale potrafią uczyć się nowych sposobów polowania. *Portia* specjalizująca się w polowaniu na bardzo niebezpieczną zdobycz – inne pająki – często podszywa się pod partnera gospodarza sieci, na którą wchodzi, wysyłając sygnały interpretowane przez gospodarza jako zachęta do kopulacji. Gospodarz zwykle daje się oszukać i nieświadomie podchodzi do swojego wroga, który w dogodnym momencie może go schwytać. Jednak w ten sposób *Portia* potrafi upolować tylko nieliczne pająki, wobec których stosuje wrodzone strategie łowieckie. Ponieważ każdy gatunek ma swój specyficzny system sygnałów, *Portia*, wchodząc na sieć nieznaną ofiary, wykorzystuje metodę prób i błędów do ustalenia właściwego kodu. Wysyła całe

spektrum drgań o różnej częstotliwości i sile, wybierając dopiero takie, na które reaguje gospodarz sieci. Często *Portia* sama podchodzi do pająka gospodarza, ale aby pozostać niezauważoną, porusza się tylko wtedy, gdy wieje wiatr uniemożliwiający zauważenie jej kroków. Gdy wiatr nie wieje, sama szarpie sieć, naśladując podmuchy. Wytwarzając taką wibracyjną zasłonę dymną, zbliża się niezauważona do swojej ofiary. Najwięcej o zdolnościach poznawczych tych drobnych pajaków mówią nam sytuacje, w których *Portia* widzi swoją ofiarę, ale nie jest w stanie bezpośrednio się do niej dostać. W takiej sytuacji na podstawie przestrzennej charakterystyki otoczenia *Portia* planuje trasę z wyprzedzeniem i spośród wielu dostępnych dróg wybiera tę, która w konsekwencji skieruje ją do ofiary. Dzieje się tak nawet wtedy, gdy wybrana trasa czasowo prowadzi w kierunku przeciwnym niż ofiara, a cel ataku przez pewien czas znika z pola widzenia pająka. Opisane tu zachowanie wiąże się z koniecznością wytworzenia przez te pająki wewnętrznej mapy poznawczej – która do niedawna była zarezerwowana tylko dla wyższych kręgowców. Analizując zachowanie *Portia*, stajemy przed pytaniem, w jaki sposób te zwierzęta o stosunkowo prostym układzie nerwowym radzą sobie z analizą i podejmowaniem decyzji na podstawie ogromnej ilości informacji, którą uzyskują z otoczenia. Jak to się dzieje, że potrafią skupić uwagę na pewnym elemencie otaczającego je środowiska, zinterpretować go w odpowiedni sposób i wykorzystać taką informację, zwiększając szanse przeżycia i wydania potomstwa. Są to pytania wchodzące w obręb nowej dziedziny ekologii łączącej analizę procesów przetwarzania informacji i podejmowania decyzji, określanej mianem ekologii kognitywnej.

Kino dla pajaków

Ja również od wielu lat zgłębiam tajniki zachowania pajaków skaczących. Staram się określić, na podstawie jakich cech pająki skaczące



Maцей Bantus

Ostatnie kilkanaście lat przyniosło też duży postęp w poznawaniu złożoności zachowania pajaków. Na zdjęciu piasekny widmowy z ofiarą



Maciej Bartos

Wyróżniającą cechą pająków skaczących jest ich bardzo dobry wzrok. Oczy skakunów są umieszczone dookoła głowotułowia, co zapewnia tym pająkom pole widzenia niemal 360 stopni

odróżniają partnerów od wrogów i potencjalnych ofiar, a także jakie cechy są wykorzystywane w rozpoznawaniu poszczególnych ofiar. To, że taka kategoryzacja występuje, jest łatwe do zaobserwowania, ponieważ różne grupy ofiar o różnych właściwościach są chwytane w odmienny sposób. W moim wypadku odpowiednikiem myszy laboratoryjnej jest drobny skakun – piaskun wydmowy (*Yllenus arenarius*). U tego pająka zupełnie inaczej przebiega polowanie na ofiary zdolne do efektywnej ucieczki, takie jak szarańczaki, pluskwiaki czy muchówki, inaczej zaś na ofiary, które nie są w stanie uciec, np. gąsienice. Różnice te dotyczą kluczowych aspektów polowania, takich jak szybkość i kierunek podejścia do ofiary czy dystans, z jakiego ofiara jest atakowana. Różnice są na tyle wyraźne, że wystarczy obserwować zachowanie pająka podczas podchodzenia do ofiary, żeby określić, czy ofiara potrafi uciec, czy też nie. Co więcej, okazało się, że wkrótce po wykluciu z jaj młode, niedoświadczone pająki wybierają konsekwentnie taką samą taktykę łowiecką w polowaniu na określony rodzaj ofiary, jaką stosują osobniki dorosłe. Oznacza to, że nie tylko złożone zachowania łowieckie są wrodzone, ale takie samo podłoże mają mechanizmy wykorzystywane w rozpoznawaniu ofiar.

W jaki sposób niedoświadczone pająki reagują na sygnały, z którymi nigdy wcześniej się nie spotkały? Jak odróżniają potencjalne ofiary od wrogów i obiektów, które do jedzenia się nie nadają? Wszak nie zostały wyposażone w żaden rodzaj „katalogu”, do którego można się odnieść. A nawet gdyby tak było, to różnorodność wszystkich obiektów, które spotykają w środowisku, jest tak ogromna, że jedynym sensownym rozwiązaniem jest selektywna wrażliwość na jakieś cechy wspólne dla wszystkich ofiar z każdego opisanego rodzaju. Chociaż takie ofiary jak muchówki, szarańczaki czy pluskwiaki wydają się pozornie zupełnie różne, to mają pewne cechy wspólne, które uznałem za prawdopodobne wskaźniki zdolności ofiary do ucieczki. W pierwszej fazie badań należało więc określić te cechy, ale w jaki sposób można manipulować jedną cechą ofiary niezależnie od innych?

W sukurs przyszły nam osiągnięcia grafiki komputerowej i nowoczesna technika projekcyj-

na. Wspólnie z moimi studentami zbudowaliśmy małe kino dla pająków, w którym wyświetlane były animacje ofiar różniące się od siebie pod względem testowanych cech. We wczesnym okresie badań dręczyła nas niepewność, czy pająki będą chciały zaatakować wyświetlaną animację ofiary, która jest ogołocona z większości cech i w przyrodzie w ogóle nie występuje. Okazało się, że dla niedoświadczonych pająków, które wcześniej nie polowały, takie animacje były atrakcyjne. Dla dorosłych, doświadczonych osobników już nie. Cóż... dużo łatwiej jest manipulować niedoświadczonymi osobnikami (nie tylko pająków), szczególnie za pomocą ruchomych obrazów. W tych trwających wciąż badaniach testujemy m.in. takie cechy jak proporcje ciała, rodzaj ruchu, obecność nóg, skrzydeł, czułków, pozycja głowy. Ze wstępnej analizy danych można dowiedzieć się, jakie cechy są wykorzystywane w identyfikacji ofiar. Okazało się m.in., że najistotniejsze w rozróżnieniu ofiar o odmiennych zdolnościach do ucieczki są proporcje ciała, a nie sposób poruszania się czy obecność skrzydeł. Pewne cechy mają charakter bodźców kluczowych, które w zasadniczy sposób zmieniają reakcje pająka, inne cechy działają addytywnie, stopniowo i w odpowiedniej kombinacji z innymi cechami, zwiększając prawdopodobieństwo rozpoznania ofiary.

Badania wstępne, który miały na celu opracowanie języka komunikacji z pająkami, są już niemal zakończone. Teraz nadchodzi czas na najciekawszy etap badań, czyli manipulację symbolami o znanych właściwościach. Celem takiej manipulacji jest zrozumienie, w jaki sposób pająki radzą sobie w zmiennym środowisku i jak podejmują decyzje na podstawie różnorodnych, często sprzecznych, informacji. Wyniki prowadzonych obecnie badań pozwolą nam choć w pewnym stopniu spojrzeć na świat oczami pająków skaczących, pomogą nam też zrozumieć, w jaki sposób ich mały mózg przetwarza ogrom informacji percypowanej przez oczy.

Moim zdaniem pająki zyskują przy bliższym poznaniu. Pochylajmy się nad nimi ze świadomością, że przynajmniej niektóre bacznie nam się przyglądają, lecz pamiętajmy, żeby ich nie wystraszyć. ■

Chcesz wiedzieć więcej?

Foelix R. F. (1996). *Biology of spiders*. Oxford University Press.
Herberstein E. M. (2011). *Spider behaviour: flexibility and versatility*. Cambridge University Press.
www.maciejbartos.pl