

Kraków, 7.09. 2023



Prof. dr hab. Elżbieta Pyza
Zakład Biologii i Obrazowania Komórki
Instytut Zoologii i Badań Biomedycznych
Wydział Biologii
Uniwersytet Jagielloński

Wydział Biologii
i Nauk o Ziemi
Instytut Zoologii
i Badań Biomedycznych
Zakład Biologii
i Obrazowania Komórki

Ocena rozprawy doktorskiej mgr. Bartosza Barana pt. „Percepcja geometrycznych cech środowiska w zachowaniach nawigacyjnych owadów na przykładzie świerszcza domowego (*Acheta domestica*)”, wykonana w Instytucie Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska, Wydział Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Śląski w Katowicach, pod kierunkiem dr. hab. Mirosława Nakoniecznego, prof. UŚ, oraz dr. hab. Mateusza Hohola, prof. UJ, jako promotora pomocniczego

Nawigacja u owadów jest skomplikowanym procesem, który zależy od środowiska życia danego gatunku, różnych sposobów lokomocji, pory doby, w której dany gatunek jest aktywny oraz innych czynników, które wpływają na wykorzystanie narządów zmysłów różnej modalności w tym zachowaniu. Gatunki owadów aktywne w ciągu dnia wykorzystują głównie narządy wzroku, natomiast aktywne w nocy, narządy węchu, chociaż inne narządy zmysłów, również mogą być zaangażowane w ten proces. Nawigacja u owadów była i nadal jest przedmiotem wielu badań neuroetologicznych, w celu poznania mechanizmów nerwowych, lokalizacji ośrodków w mózgu i neuronów związanych z tym zachowaniem. Takie

30-387 Kraków
ul. Gronostajowa 9
tel.: 12 664 53 37
fax: 12 664 50 99



UNIwersytet
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

badania mają funkcję nie tylko poznawczą, ale także aplikacyjną, ponieważ wyniki mogą być wykorzystane w konstrukcji robotów.

W rozprawie doktorskiej Doktorant starał się zbadać czy wskazówki geometryczne – relacja obiektów w środowisku mogą być wykorzystywane w nawigacji u świerszcza domowego, który jest gatunkiem synantropijnym, aktywnym głównie o zmierzchu, a w ciągu dnia ukrywającym się w ciemnych kryjówkach. Znane są jednak przypadki, gdy świerszcze utrzymywane w zamkniętej przestrzeni, w dużym przegęszczeniu, potrafią rozdzielić się na dwie populacje, jedną aktywną w dzień, a drugą w nocy. To wskazuje na dużą plastyczność we wzorcu rytmiki dobowej aktywności motorycznej. Ponadto rytmika dobową aktywności i spoczynku u *A. domesticus* nie jest tak wyraźna jak u *Gryllus bimaculatus*.

W ramach rozprawy doktorskiej Doktorant badał, czy symetria środowiska może być wskazówką do odnajdowania celu bez udziału wzroku. Wiadomo, że Orthoptera wykorzystują narządy wzroku (oczy złożone i przyoczniki) oraz narządy słuchu w nawigacji i komunikacji, natomiast mechanoreceptory rozmieszczone na czułkach i pozostałej powierzchni ciała oraz chemoreceptory mają drugorzędne znaczenie. Doktorant testował zdolność świerszczy w odnajdowaniu celu w oparciu o taki czynnik jak symetria środowiska.

Rozprawa doktorska liczy 121 stron i ma następujący układ: streszczenie, abstract, podziękowania, spis treści, wstęp (36 str.), cele badawcze, materiał i metody (17 str.), wyniki analiz zachowania świerszczy w układzie Tennessee Williama - podzielone na 3 podrozdziały (32 str.), analiza końcowa i dyskusja (7 str.), konkluzje, bibliografia (217 pozycji).

Takie tytuły rozdziałów w rozprawie doktorskiej są nietypowe, ale nie wpływa to na zrozumienie treści pracy i znalezienie odpowiednich informacji.

Przedmiot i ocena rozprawy doktorskiej

W obszernym „Wstępie” rozprawy, który jest dość szeroki pod względem tematycznym, Doktorant opisał jak rozumiany i definiowany jest termin „geometria” w architekturze, sztuce, filozofii, psychologii od czasów starożytnych do współczesnych, a w kolejnym podrozdziale, wykorzystanie geometrii w nawigacji u zwierząt. Kilka kolejnych podrozdziałów Autor

Wydział Biologii

i Nauk o Ziemi

Instytut Zoologii

i Badań Biomedycznych

Zakład Biologii

i Obrazowania Komórki

30-387 Kraków

ul. Gronostajowa 9

tel.: 12 664 53 37

fax: 12 664 50 99



UNIWERSYTET
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

poświęcił różnym rodzajom pamięci u zwierząt. Neurony i sieci neuronowe odpowiedzialne za nawigację u zwierząt zostały opisane przez Autora u ssaków. Faktycznie podłoże neuronalne nawigacji u gryzoni zostało w ostatnich latach opisane przez zespoły naukowe kierowane przez Johna O'Keefe, May-Britt Moser i Edvarda Moser'a, chociaż nie jest to jeszcze kompletny obraz. W przypadku bezkręgowców, zwłaszcza owadów, również opisano wiele zachowań świadczących o podobnych mechanizmach neuronalnych. Takie zdolności owadów do poruszania się w środowisku, zapamiętywania jego cech i strategie nawigacyjne zostały przez Doktoranta opisane w kolejnych podrozdziałach „Wstępu”. Tę część rozprawy doktorskiej czyta się z dużym zainteresowaniem i świadczy ona o szerokiej wiedzy Doktoranta. Warto również podkreślić wysoki poziom merytoryczny „Wstępu”, chociaż jest on zbyt obszerny. Ponadto to, co może przeszkadzać w lekturze tekstu, to niepotrzebne spolszczenia terminów angielskojęzycznych, które można z powodzeniem zastąpić terminami polskimi. Ponadto we „Wstępie” rozprawy mogły się znaleźć przykłady znanych mechanizmów nerwowych zachowania się owadów np. ucieczki przez specyficzne bodźce wzrokowe, które aktywują dany typ neuronów w trzeciej warstwie neuropilu w płacie wzrokowym, czyli w lobula. Prawdopodobnie specyficzne obiekty w środowisku, rejestrowane przez oczy złożone i przyoczka, mogą aktywować podobne grupy neuronów w czasie nawigacji i odnajdowania celu. W mózgu owadów znajdują się też neurony multimodalne, które odbierają różnego rodzaju bodźce, m.in. wzrokowe i dotykowe, które mają projekcje do układu motorycznego w zwojach brzusznej łańcuszka nerwowego.

Cel rozprawy i poszczególne zadania badawcze zostały jasno sformułowane. Doktorantowi przede wszystkim zależało na poznaniu percepcji pozawzrokowej, która może być wykorzystywana przez świerszcza domowego w odnajdowaniu celu.

W rozdziale „Materiał i metody” Doktorant opisał zastosowane narzędzia i metody badawcze. Cały schemat doświadczeń jest przedstawiony na Ryc. 1. Badania zostały pomysłowo zaplanowane, aczkolwiek fakt wyeliminowania wzroku w badaniach nawigacji owadów jest zaskakujący, bo u świerszcza domowego dominującymi narządami zmysłów jest wzrok i

Wydział Biologii

i Nauk o Ziemi

Instytut Zoologii

i Badań Biomedycznych

Zakład Biologii

i Obrazowania Komórki

30-387 Kraków

ul. Gronostajowa 9

tel.: 12 664 53 37

fax: 12 664 50 99



UNIWERSYTET
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

śluch. W rozdziale M&M Doktorant opisał warunki hodowli i uzasadnił wybór świerszcza domowego, jako gatunku doświadczalnego.

W badaniach Doktorant zastosował układ doświadczalny zwany układem Tennessee Williama, czyli odnajdowania przez świerszcza miejsca o niższej temperaturze 25°C na podgrzewanej arenie (50°C) o różnym kształcie: okrągłym, kwadratowym, trójkątnym i trapezowatym.

Ten układ wg Autora ma odpowiadać układowi doświadczalnemu - Morris Water Maze, który jest stosowany do badania pamięci u gryzoni.

Doktorant dokładnie opisał jak zostało wykonane urządzenie, którego schemat jest przedstawiony na Ryc. 4. Arena została oświetlona światłem czerwonym, niewidzialnym dla świerszcza domowego. W czasie doświadczeń starano się wyeliminować bodźce wzrokowe oraz chemiczne tak, aby nawigacja odbywała się na podstawie cech geometrycznych środowiska. Poruszanie się świerszczy po arenie rejestrowano specjalistycznymi kamerami i z wykorzystaniem odpowiedniego oprogramowaniem, a trajektorie ruchu poddano dalszej analizie przy pomocy specjalistycznych programów komputerowych. Dodatkowo przeprowadzono test odpowiedzi na zbliżający się obiekt i test po zamalowaniu oczu świerszcza, w celu stwierdzenia, że zastosowane oświetlenie w czasie doświadczeń jest niewidzialne dla badanych owadów. W rozprawie nie ma informacji, jak duży był ten zbliżający się obiekt, który wykorzystano w badaniach.

Opis metod jest wyczerpujący i szczegółowy, ale brakuje informacji, o której porze doby przeprowadzono doświadczenia, czy w porze wysokiej aktywności świerszczy (w nocy), czy w dzień, w porze spoczynku.

Rozdział „Wyniki analiz zachowania świerszczy w układzie Tennessee Williama” podzielono na podrozdziały: Badanie I (Aktywność spontaniczna i potwierdzenie braku dostępu świerszczy do wskazówek wzrokowych), Badanie II (Zachowania świerszczy w układzie Tennessee Williama: nawigacja w arenach o różnych stopniach symetrii) i Badanie III (Zachowanie świerszczy w układzie Tennessee Williama: międzymodalny transfer wiedzy o kształcie środowiska. Każdy z podrozdziałów zawiera wstęp, wyniki i podsumowanie.

Wydział Biologii

i Nauk o Ziemi

Instytut Zoologii

i Badań Biomedycznych

Zakład Biologii

i Obrazowania Komórki

30-387 Kraków

ul. Gronostajowa 9

tel.: 12 664 53 37

fax: 12 664 50 99



UNIwersytet
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Otrzymane wyniki doprowadziły Doktoranta do wniosku, że 1) kształt areny nie wpływa na dystans i czas spędzony w bezruchu, a najwięcej czasu świerszcze spędzają w kątach areny kwadratowej lub trójkątnej, 2) świerszcze uczą się lokalizować cel bez udziału wzroku, symetria środowiska wpływa na szybkość i skuteczność odnajdowania celu, 3) świerszcze stosują heurystyczne, jak i celowe strategie nawigacyjne, 4) pamięć rozkładu przestrzennego środowiska, w odniesieniu do aren symetrycznych może mieć charakter międzymodalny. Prosiłabym o wyjaśnienie tego terminu - „charakter międzymodalny”.

Wykorzystanie układu Tennessee Williamsa na pewno jest ciekawym układem do badania zachowania owadów. Jednak trzeba też wziąć pod uwagę fakt, że zwierzęta, w tym owady, unikają środka areny o dowolnym kształcie. Przebywanie na środku areny jest wyznacznikiem stanu depresyjnego, w badaniach depresji u zwierząt. Dlatego przyjęty układ doświadczalny oznaczał wybór przez owada pomiędzy dwoma bodźcami awersyjnymi – przebywanie w wysokiej temperaturze przy ścianie areny, czy w chłodniejszym miejscu, ale na środku areny. Ciekawym wynikiem jest obserwacja, że świerszcze uczą się lokalizować cel bez udziału wzroku, co wskazuje, że mogą zapamiętywać długość krawędzi symetrycznej areny. Po wyeliminowaniu wzroku świerszcze w znajdowaniu celu mogą wykorzystywać mechanoreceptory i termoreceptory rozmieszczone na czułkach. W badaniach udziału fotoreceptorów w zachowaniu owadów, należy też pamiętać o przyoczkach, które odbierają bodźce świetlne i mają kluczowe znaczenie dla utrzymania toru lotu u szarańczy.

Ostatnim rozdziałem rozprawy, przed wnioskami (Konkluzje) jest Analiza końcowa i dyskusja wyników. W tym rozdziale Autor ponownie przytoczył znane mechanizmy nerwowe nawigacji u szczurów i wyraził przypuszczenie, że neurony w mózgu szczura aktywne w czasie nawigacji są najprawdopodobniej obecne od urodzenia. Mózg rozwija się czasie rozwoju zarodkowego i po urodzeniu neuronów nie przybywa (neurogeneza jest bardzo ograniczona), może ich jedynie ubywać z wiekiem.

W tym rozdziale Doktorant stwierdził, że badane świerszcze dysponowały wyłącznie informacją taktylną (dotykową). Ten termin - informacja taktylna

Wydział Biologii

i Nauk o Ziemi

Instytut Zoologii

i Badań Biomedycznych

Zakład Biologii

i Obrazowania Komórki

30-387 Kraków

ul. Gronostajowa 9

tel.: 12 664 53 37

fax: 12 664 50 99



UNIWERSYTET
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

nie jest stosowany, ale faktycznie świerszcze mogą eksplorować środowisko posługując się mechanoreceptorami rozmieszczonymi na długich czułkach. Dyskusja zawiera wiele informacji i rozważań Autora na temat pozawzrokowej percepcji geometrycznych kształtów.

Cała rozprawa jest ciekawą lekturą, dowodzi samodzielności Doktoranta w planowaniu i prowadzeniu badań, w analizie wyników i ich interpretacji. W tekście są jednak błędy dotyczące terminologii i niektóre z nich poniżej przytaczam:

str. 11 „wrodzoność poznania geometrycznego” sugeruję „wrodzone mechanizmy pamięci kształtów geometrycznych”

str. 34 „rutyny ruchów” sugeruję „wrodzone sztywne wzorce ruchu”

str. 39 Insecta nie są rzędem zwierząt

str. 41 Niejasne są określenia: „struktury kandydackie”, „neurony zewnętrzne ciał grzybkowatych”. Ponadto ciała grzybkowate nie występują w deutocerebrum, ale w protocerebrum.

str. 43 Zamiast „przeobrażenia całkowitego” stosuje się termin „przeobrażenie zupełne”

str. 48 „ciemna faza fotoperiodu” powinno być ciemna faza dobowego cyklu światło/ciemność, bo fotoperiod oznacza jasną fazę cyklu.

str. 71 Co oznaczają wartości poniżej zera – kolisty kształt areny, na jednym z wykresów Fig. 14.

W rozdziale „Wyniki” po stronie 45 następuje strona 47, a potem 46.

Podsumowanie

W podsumowaniu stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr. Bartosza Barana jest ciekawa, jest to oryginalne podejście do badań zachowania się owadów, unikania niebezpieczeństwa, nawigacji i odnajdowania celu. Zastosowane metody, konstrukcja odpowiedniego urządzenia do badań, staranność wykonania tego urządzenia i zastosowane narzędzia do rejestracji i analizy wyników są na wysokim poziomie. Rozprawa zawiera oryginalne wyniki, które poszerzają wiedzę na temat zachowania się owadów, pozawzrokowej orientacji w przestrzeni i nawigacji. To świadczy o wysokiej wartości naukowej rozprawy.

Wydział Biologii

i Nauk o Ziemi

Instytut Zoologii

i Badań Biomedycznych

Zakład Biologii

i Obrazowania Komórki

30-387 Kraków

ul. Gronostajowa 9

tel.: 12 664 53 37

fax: 12 664 50 99

Rozprawa doktorska spełnia wymagania zawarte w Ustawie z dnia 18 lipca 2018 r. (art. 187) Dz.U. 2022, poz. 574.

W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie mgr. Bartosza Barana do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Elżbieta Pyza



Wydział Biologii

i Nauk o Ziemi

Instytut Zoologii

i Badań Biomedycznych

Zakład Biologii

i Obrazowania Komórki

30-387 Kraków

ul. Gronostajowa 9

tel.: 12 664 53 37

fax: 12 664 50 99