



Katowice, 09 listopada 2023 r.

Prof. dr hab. Maria Augustyniak
maria.augustyniak@us.edu.pl

Instytut Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska
Wydział Nauk Przyrodniczych
Uniwersytet Śląski w Katowicach

Recenzja pracy doktorskiej mgr **Amita Kumara Nagwani**
pt. „Poszukiwanie markerów starzenia się niesporczaka *Paramacrobiotus experimentalis*”

(Searching on aging markers of the tardigrade *Paramacrobiotus experimentalis*)

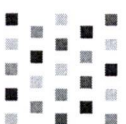
wykonana pod kierunkiem promotorów
prof. dr. hab. Hanny Kmity oraz prof. UAM dr hab. Łukasza Kaczmarka,
w Zakładzie Bioenergetyki Wydziału Biologii, Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

1

Przedmiot recenzji

Przedstawione do recenzji opracowanie liczy 135 stron i jest podzielone na dwie główne części. W części pierwszej zamieszczono: streszczenie (w języku polskim), abstrakt (w języku angielskim), wykaz artykułów włączonych do dysertacji, objaśnienia, informacje o ważnych osiągnięciach Doktoranta, finansowaniu badań oraz autoreferat. Część drugą stanowią kopie trzech artykułów będących podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora wraz z oświadczeniami Doktoranta oraz współautorów o zakresie wykonanych prac i autorskim wkładzie w powstanie publikacji. Pierwszy artykuł to praca przeglądowa, opublikowana w czasopiśmie *Diversity*, a druga i trzecia zawierają wyniki oryginalnych badań Doktoranta. Druga praca została dostarczona do oceny w postaci preprintu, przesłanego do wydawnictwa Heliyon w dniu 25 lipca 2023 roku, natomiast trzecia została opublikowana w czasopiśmie *Frontiers in Physiology*. Na końcu opracowania Doktorant zamieścił Załącznik zawierający część wyników dokumentujących badania zebranych w 1 tabeli i 2 rycinach.

Uniwersytet Śląski w Katowicach
Wydział Nauk Przyrodniczych
Instytut Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska
ul. Jagiellońska 28, 40-032 Katowice
tel.: 32 20 09 592, 32 20 09 461, e-mail: ibbios.wnp@us.edu.pl

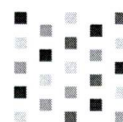




Podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora są następujące artykuły:

- 1) Nagwani AK., Kaczmarek Ł., Kmita H. (2022) Applicable life-history and molecular traits for studying the effects of anhydrobiosis on aging in tardigrades. *Diversity*, 14(8): 664. <https://doi.org/10.3390/d14080664>
- 2) Nagwani AK., Melosik I., Kaczmarek Ł., Kmita H. (2023) Recovery from anhydrobiosis in the tardigrade *Paramacrobiotus experimentalis*: better to be young than old and in a group than alone. *bioRxiv* (Preprint). <https://doi.org/10.1101/2023.05.22.541721>
- 3) Nagwani NK., Budka A., Łacka A., Kaczmarek Ł., Kmita H. (2023) The effect of hypomagnetic field on survival and mitochondrial functionality of active *Paramacrobiotus experimentalis* females and males of different age. *Frontiers in Physiology*, 14: 1253483. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1253483>

Wszystkie pozycje to prace wieloautorskie. We wszystkich trzech Pan mgr Amit Kumar Nagwani jest pierwszym autorem, natomiast autorem korespondencyjnym jest zawsze Promotor Doktoranta, prof. dr hab. Hanna Kmita. Sumaryczny IF powyższych prac, przy założeniu, że praca druga zostanie opublikowana w *Heliyon*, będzie wynosił 11,031, a sumaryczna liczba punktów wg listy MNiSW będzie wynosiła 210. Wartości te mogą jednak ulec zmianie, jeśli praca druga finalnie ukaże się w innym czasopiśmie. Autorski wkład Doktoranta w powstanie artykułu przeglądowego polegał na udziale w opracowaniu koncepcji pracy, przygotowaniu wstępnej wersji manuskryptu, przygotowaniu materiałów ilustracyjnych oraz współpracy w zakresie edycji i korekty pracy. W pracach eksperymentalnych Doktorant uczestniczył w opracowaniu koncepcji badań, przeprowadzeniu hodowli niesporczaków oraz głównych eksperymentów, opracowaniu wyników i przygotowaniu manuskryptu. W obu pracach eksperymentalnych Doktorant był w zauważalnym stopniu wspierany przez Promotorów oraz innych pracowników Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Poza pomocą w opracowaniu koncepcji badań i pisaniu tekstów, Doktorant otrzymał także wsparcie w zakresie opracowania wyników i ich statystycznej analizie. Opracowanie statystyczne wyników to ważny element warsztatu w pracy naukowca i zakładam, że Doktorant, współpracując z innymi badaczami nad opracowaniem wyników swoich badań, posiadał dobre umiejętności, zrozumienie oraz niezbędne kompetencje aby móc zinterpretować wyniki analiz statystycznych i zweryfikować hipotezy. Zaangażowanie Promotora, a często także innych specjalistów, na różnych etapach pracy badawczej Doktoranta jest zrozumiałe i jest naturalnym etapem kształcenia. Jednocześnie wierzę, że główny wysiłek włożony w powstanie tych prac leżał po stronie Doktoranta. Dwie spośród zaprezentowanych do oceny prac przeszły już etap recenzji i zostały zaakceptowane przez specjalistów poprzez dopuszczenie ich do publikacji. W dalszej części recenzji skupię się zatem głównie na ocenie znaczenia

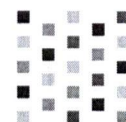




problematyki badawczej całego osiągnięcia a następnie poddam bardziej wnikliwej analizie manuskrypt, który jeszcze nie został opublikowany.

Znaczenie problematyki badawczej

Niesporczaki należą do najbardziej spektakularnych i niezwykłych organizmów, które w ostatnich latach przyciągnęły uwagę naukowców i nie tylko. Powodem tak dużego zainteresowania jest ich niezwykła odporność na trudne warunki środowiskowe, w tym ekstremalne temperatury, ciśnienie, promieniowanie, suszę lub niski poziom tlenu. Zrozumienie mechanizmów leżących u podstaw tych niezwykłych zdolności to nie tylko fascynujący temat badań zmierzających do zrozumienia granic przystosowania organizmów, ale także inspiracja do poszukiwania rozwiązań dla trapiących ludzkość chorób, w tym tych związanych ze starzeniem się, a w bardziej śmiałych i odważnych koncepcjach – do postępu w zakresie badań kosmicznych a nawet zwiększonych szans na opracowanie nowych leków, terapii, technologii i rozwiązań bionicznych. Pomimo bardzo zaawansowanych badań nad procesami starzenia się organizmów i zaprezentowania dziesiątek, jeśli nie setek, hipotez starzenia się, temat jest niezmiennie od lat chętnie podejmowany przez naukowców a badania są stale aktywnie prowadzone i rozwijane. Zdolność do kryptobiozy, w tym anhydrobiozy, jest cechą szczególną niesporczaków i pozwala wysuwać hipotezy odnośnie ich starzenia się – tempa oraz dynamiki tego procesu, jego wpływu na zdolności reprodukcyjne oraz stopień uszkodzeń DNA i innych ważnych molekuł w komórkach. Nie dziwi zatem, że temat kryptobiozy u niesporczaków był już wielokrotnie podejmowany, a badania dostarczyły wielu cennych informacji odnośnie różnych zmian anatomicznych i fizjologicznych, w tym konsumpcji tlenu i tempa metabolizmu, u niesporczaków pozostających w stanie życia utajonego. Najnowsze badania nad mechanizmami tej wyjątkowej tolerancji niesporczaków dostarczają cennych informacji w zakresie molekularnych mechanizmów tego zjawiska, w tym zdolności do syntezy białek i metabolitów o unikalnych właściwościach, na przykład wykazujących potencjał w zakresie osłabiania stresu oksydacyjnego, ograniczenia uszkodzeń DNA i modulowania zjawisk apoptozy. Jak w przypadku każdego procesu czy zjawiska biologicznego, istnieją granice, które w przypadku kryptobiozy niesporczaków zostały już opisane właściwymi dla wielu gatunków wartościami parametrów fizykochemicznych – temperatury, ciśnienia, wilgotności, stopnia zasolenia, stężenia różnych ksenobiotyków, natężenia i dawki promieniowania, itd. Natomiast wiedza na temat wpływu stresorów natury biotycznej, w tym obecności innych osobników, wieku zwierząt oraz liczby epizodów jakie mogą następować po sobie jest ograniczona. Stąd też uważam, że podjęte przez Doktoranta badania są cenne i stanowią dopełnienie poszukiwań prawidłowości i podstaw w temacie szerokiej tolerancji niesporczaków. Wybrany przez Doktoranta model badań jest niezwykle atrakcyjny w kontekście badań nad starzeniem się w szerokim znaczeniu. Dlatego podjęta przez Doktoranta próba wskazania potencjalnych





markerów starzenia się niesporczaków jest ciekawa i potrzebna zarazem. Uwzględniając powyższą argumentację, sądzę, że temat rozprawy doktorskiej Pana mgr Amita Kumar Nagwani jest istotny, aktualny i wpisuje się w dyscyplinę nauk biologicznych.

Ocena treści rozprawy doktorskiej

Zasadnicza część opracowania, „Description of the results of doctoral thesis”, rozpoczyna się, dość nieoczekiwanie, od opisu profilu naukowego Kandydata, po czym, w kolejności, przedstawione zostały: cele pracy, wstęp, główne osiągnięcia rozprawy, podsumowanie, bibliografia oraz kopie trzech manuskryptów dokumentujących osiągnięcia wraz z oświadczeniami autorów. Głównym celem pracy była analiza wybranych parametrów starzenia się niesporczaków i ocena ich przydatności dla weryfikacji tzw. hipotezy „Śpiącej Królowny”, zakładającej, że przejście w stan anhydrobiozy i spowolnienie procesów życiowych zapewnia odporność na ekstremalne warunki, ale jednocześnie prowadzi do opóźnienia procesów starzenia, a przez to wydłużenia życia. Cele szczegółowe, będące po części zadaniami, obejmowały poszukiwanie dostępnych informacji na temat markerów starzenia się niesporczaków; opracowanie modelu badań z uwzględnieniem zwierząt obu płci w różnym wieku; testowanie wybranych markerów starzenia z uwzględnieniem markerów komórkowych.

Wstęp zapewnia porcję podstawowych informacji na temat niesporczaków – ich pozycji systematycznej, liczby poznanych gatunków, morfologii oraz ich zdolności przetrwania w różnych ekstremalnych warunkach. Następnie Doktorant skupia się na zjawisku kryptobiozy niesporczaków, prezentując zmiany (głównie morfologiczne) zachodzące w czasie wchodzenia w stan anhydrobiozy, wskazując jednocześnie luki w wiedzy i uzasadniając potrzebę prowadzenia dalszych badań.

W kolejnych akapitach wstępu Autor nawiązuje do dwóch intrygujących i przyciągających uwagę czytelnika hipotez „Śpiącej Królowny” i „Portretu Doriany Grey”. Temat obu hipotez został nieco szerzej rozwinięty przez Doktoranta i współautorów w pierwszej publikacji, będącej artykułem przeglądowym. Nie ukrywam jednak, że wspomniane hipotezy skłoniły mnie do refleksji i przemyśleń. Niesporczaki w zasadzie realizują strategię „Śpiącej Królowny”. Jest na to coraz więcej dowodów naukowych, o czym również pisze Doktorant tak we wstępie jak i w artykule przeglądowym. Hipoteza ta wydaje się być bardzo trafna i kompatybilna z głównymi założeniami teorii starzenia się organizmów. W odróżnieniu od koncepcji „Śpiącej Królowny”, która zakłada brak ewidentnych oznak starzenia w czasie anhydrobiozy, koncepcja „Portretu Doriany Grey” dopuszcza postępujące starzenie organizmu w czasie anhydrobiozy. Wydaje się, że nieodłącznym elementem anhydrobiozy (oraz innych odmian kryptobiozy) jest spowolnienie lub skrajne spowolnienie (choć nie wstrzymanie) procesów metabolicznych. To z kolei pociąga za





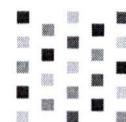
sobą zmniejszenie zużycia tlenu oraz obniżenie produkcji metabolitów i reaktywnych form tlenu, które, wg jednej z teorii starzenia są w dużej mierze odpowiedzialne za ten proces. W świetle powyższych informacji, chciałabym poznać opinię Doktoranta na temat związku hipotezy „Portretu Doriany Greya” z teoriami starzenia:

- Jakie organizmy realizują strategię „Portretu Doriany Greya”? Proszę o podanie kilku przykładów.
- Czy hipoteza „Portretu Doriany Greya” tłumaczy molekularne podłoże starzenia się w czasie życia utajonego i czy odnosi się do jakiegokolwiek teorii starzenia?
- Czy Doktorant zna przykłady badań przemawiających za tym, że jakiegokolwiek niesporczaki mogą jednak realizować strategię „Portretu Doriany Greya”?
- Czy być może, w przypadku niektórych niesporczaków, obie strategie są prawdopodobne, w zależności od warunków środowiskowych? Jak przetestować taką hipotezę?

Przedstawione we wstępie informacje są przydatne i zapewniają dobre uzasadnienie do podjęcia badań. Jakkolwiek, ponieważ przedłożona do oceny rozprawa doktorska w dużej mierze dotyczy starzenia się, odczuwam pewien brak we wstępie treści prezentujących założenia najważniejszych koncepcji starzenia się organizmów, zwłaszcza w kontekście niesporczaków. Rozumiem, że temat teorii starzenia jest niezwykle obszerny i został w dużej mierze przedstawiony w publikacji przeglądowej. W trakcie lektury opracowania zrodziły się jednak pytania dotyczące aktualnych odkryć i obecnego stanu wiedzy w temacie wybranych teorii starzenia i niesporczaków. W związku z powyższym, aby umożliwić Doktorantowi uzupełnienie tych informacji, proszę o krótkie odpowiedzi na następujące pytania:

- Nawiązując do telomerowej teorii starzenia – Co wiadomo na temat długości telomerów i ich skracania się u niesporczaków w stanie kryptobiozy i innych etapów życia?
- W kontekście teorii ciała jednorazowego użytku – Czy istnieją badania nad niesporczakami opisujące efekty odroczonej reprodukcji?
- Nawiązując do koncepcji restrykcji kalorycznych – Czy znane są badania opisujące zależność między niedożywieniem (lecz nie głodem) niesporczaków a długością ich życia?

Następny rozdział koncentruje się na opisie głównych tez i osiągnięć pracy doktorskiej i nawiązuje do kolejnych publikacji włączonych do rozprawy. Pierwszy artykuł, to znakomita praca przeglądowa, która zawiera obfitą dawkę treści, starannie uporządkowanych, przemyślanych i dostarczających solidnych argumentów uzasadniających wybór odpowiednich markerów. Niewątpliwie, lektura tej pracy pozwala sądzić, że Doktorant posiada dużą wiedzę i dobrą orientację w dostępnej literaturze związanej z omawianymi zagadnieniami, a także umiejętność

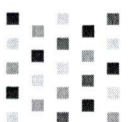




pisania tekstów naukowych, które wciągają czytelnika i zachęcają do rozważań. Wysoka ocena tej części dysertacji nie podlega wątpliwości. Kierując się jednak własnymi zainteresowaniami i ciekawością pozwolę sobie zadać kolejne pytanie, które nie neguje wyboru określonych markerów starzenia lecz jest próbą podjęcia dyskusji i osadzenia zjawiska starzenia się niesporczaków w szerszym kontekście. Istnieje pokaźna liczba badań wskazujących na związek sirtuin, ważnych białek enzymatycznych uczestniczących w regulacji wielu szlaków metabolicznych, ze starzeniem. Zatem mam przekonanie, że poznanie roli i znaczenia sirtuin dla niesporczaków, pozostających w stanie kryptobiozy oraz w czasie standardowej aktywności, byłoby bardzo pouczające. Chciałabym zapytać Doktoranta:

- Jak Doktorant ocenia przydatność badań sirtuin w kontekście markerów starzenia się niesporczaków? Czy znane są jakiegokolwiek badania w tym zakresie? Zdaję sobie sprawę, że poważnym ograniczeniem może być rozmiar niesporczaków. Jakkolwiek zastanawiam się nad wykorzystaniem technik immunohistochemicznych.

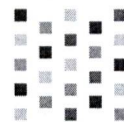
Ważnym rezultatem pracy doktorskiej jest wykazanie, że wiek niesporczaków ma kluczowe znaczenie dla przeżycia w ekstremalnych warunkach. Osiągnięcie to jest udokumentowane w artykułach drugim i trzecim. W obu badaniach Doktorant wykorzystał osobniki *Paramacrobiotus experimentalis*, które poddał anhydrobiozie w różnych układach eksperymentalnych lub wystawił na działanie pola hipomagnetycznego (HMF). Nowością tych eksperymentów było uwzględnienie obu płci w różnych klasach wiekowych, przechodzących kolejne epizody anhydrobiozy osobno lub w grupach. Zdolność do regeneracji po anhydrobiozie obniżała się wraz z wiekiem *Paramacrobiotus experimentalis*, co jest zasadniczo logiczne i zgodne z przewidywaniami. Także w eksperymencie z polem hipomagnetycznym stwierdzono, że przeżywalność po epizodach ekspozycji na HMF zależy od wieku (lecz również od płci i czasu trwania ekspozycji). Starsze samce okazały się być najbardziej wrażliwe. Również większa liczba i dłuższy czas trwania epizodów anhydrobiozy obniżały zdolność do regeneracji po anhydrobiozie, niezależnie od wieku zwierząt. Co ciekawe, stwierdzono, że większa liczba osobników powracała do aktywności kiedy anhydrobioza zachodziła w grupach a nie indywidualnie. Zjawisko to, określone jako „social effect” było wyraźniejsze w przypadku powtarzającej się długotrwałej anhydrobiozy niż krótkotrwałej. Sugerowany przez Doktoranta mechanizm tego zjawiska, zakładający udział sygnalizacji chemicznej, jest naprawdę intrygujący i zachęca do dalszych poszukiwań. Kwestia wpływu płci była nieco mniej jednoznaczna. W artykule drugim Doktorant pisze, że efekt płci był istotny, choć nie ujawniono ogólnej tendencji pokazującej, że którakolwiek z płci może regenerować się lepiej po anhydrobiozie niż druga. Stwierdzenie to jest dość kontrowersyjne i wynikać może ze złożoności eksperymentu przeprowadzonego w tym badaniu. Mianowicie, w doświadczeniu badano efekty czterech czynników: płci, wieku, efektu grupy oraz liczby i czasu





trwania epizodów anhydrobiozy. Dodatkowo analizowano interakcje między tymi czynnikami. Analizując wykres 5 zamieszczony w prepryncie, zasadniczo nie widać spektakularnych różnic między samcami i samicami – choć samice generalnie cechują się wyższą liczbą aktywnych po rehydratacji osobników. Jednak, uwagę przyciągają wyniki uzyskane dla 2 klasy wiekowej, które różnią się od tej ogólnej tendencji. W przypadku tej klasy wiekowej widoczna jest odwrotna tendencja, utrzymująca się we wszystkich punktach czasowych. Odmienny wynik dla 2 klasy wiekowej jest intrygujący. Jakkolwiek, dobrym materiałem do rozważań i podjęcia dyskusji w tym zakresie są wyniki analiz statystycznych zamieszczonych w tabeli S3. Faktycznie, efekty wszystkich zmiennych niezależnych, analizowane z osobą, są istotne. Natomiast efekty interakcji między zmiennymi pokazują bardziej złożone zależności. Analizowane czynniki wzajemnie oddziałują i, w niektórych przypadkach, mają inny wpływ na zmienną zależną. Interakcje: czas obserwacji \times płeć \times wiek (ale także czas obserwacji \times czas trwania anhydrobiozy \times efekt grupy \times płeć, oraz czas obserwacji \times czas trwania anhydrobiozy \times płeć \times wiek) są istotne. Oznacza to, że zmienna niezależna: płeć ma indywidualnie istotny wpływ na liczbę aktywnych osobników po rehydratacji. Jednak ten wpływ jest modyfikowany przez interakcję ze zmiennymi wiek i czas obserwacji. Widać to na wykresie 5. Zatem efekt płci może być nieco odmienny w różnych grupach wiekowych i w różnym czasie obserwacji (choć badane indywidualnie – obie zmienne mają istotny wpływ na zmienną zależną). Więc, w przypadku tego eksperymentu, nie można oceniać wpływu poszczególnych czynników niezależnie lecz należy uwzględnić ich oddziaływanie. Gdy manuskrypt będzie w fazie korekty warto wziąć pod uwagę rozszerzenie dyskusji w tym zakresie i uwzględnienie konkluzji opisanych w pracy 3 (doi: 10.3389/fphys.2023.1253483), w której efekt płci był istotny.

Kolejnym rezultatem pracy jest wykazanie, że wewnętrzny potencjał błony mitochondrialnej oraz poziom reaktywnych form tlenu (ROS) mogą służyć jako marker starzenia się niesporczaków. Wyniki dokumentujące te postulaty są zamieszczone w publikacji 3 (doi: 10.3389/fphys.2023.1253483) oraz w załączniku, zawierającym 1 tabelę i 2 ryciny. Lektura publikacji dostarcza wielu cennych informacji a zamieszczony materiał ilustracyjny jest skondensowany, bardzo czytelny i dobrze dokumentuje wyciągnięte wnioski. Natomiast materiały zamieszczone w załączniku, dokumentujące zmiany ROS u niesporczaków obu płci w różnych kategoriach wiekowych, wydają się być raczej wynikami wstępnych badań. Opis tego eksperymentu (punkt 4.4. w autoreferacie) jest dość pobieżny. Brakuje także jakichkolwiek analiz ilościowych, które, wierzę, można było pozyskać, wykonując większą liczbę pomiarów, standaryzując zdjęcia a następnie przeprowadzając analizy z użyciem prostego oprogramowania do analizy obrazu. Tak więc postulat Doktoranta, głoszący, że ROS mogą być markerem starzenia się niesporczaków uważam za nie do końca udowodniony i akceptuję go raczej jako sugestię i wskazanie do dalszych, bardziej zaawansowanych badań.





Ocena formalna rozprawy doktorskiej

Treści zamieszczone w pracy są zasadniczo kompletne. Jakkolwiek ich organizacja jest dość nietypowa. Rozdział „Description of results of doctoral thesis” rozpoczyna się od opisu profilu naukowego Doktoranta (punkt 1), gdzie opisano kolejne etapy kształcenia. Po czym zaprezentowane zostały cele pracy (punkt 2) a następnie wstęp (punkt 3). Mam wrażenie, że ten podział treści jest nieintuicyjny. Osobiście rekomendowałabym stworzenie oddzielnego rozdziału, w którym można było zawrzeć informacje o profilu naukowym oraz osiągnięciach Doktoranta, w tym uzyskanych funduszach na badania. W obecnej wersji te treści są rozproszone. Na przykład, na stronie 16 opracowania Doktorant przedstawia listę prezentowanych na spotkaniach naukowych plakatów (7 pozycji) i w tym miejscu odwołuje się do wcześniejszego rozdziału „Important achievements during Ph.D. studies”, gdzie, na stronie 11, przedstawia listę 4 prezentacji ustnych wygłoszonych na konferencjach. Natomiast rozdział „Description of results of doctoral thesis” winien koncentrować się na opisie głównych osiągnięć rozprawy doktorskiej i zawierać treści zamieszczone w punktach 2-6. Punkty 7-10 zawierają kopie publikacji oraz oświadczenia współautorów i mogłyby być wydzielone we wspólnym, osobnym rozdziale.

Rozprawa napisana jest zrozumiałym językiem, aczkolwiek z uwagi na fakt, że język angielski nie jest moim językiem ojczystym, nie podejmuję się oceny poprawności w tym zakresie.

Wniosek końcowy

Pan mgr Amit Kumar Nagwani, w wyniku swoich badań udowodnił, że takie parametry jak: żywotność, średnia liczba złożonych przez samicę jaj, przeżywalność w warunkach ekstremalnych (anhydrobioza i narażenie na pole hipomagnetyczne) oraz poziom potencjału wewnętrznej błony mitochondriów mogą być dobrymi markerami starzenia się niesporczaków. Ponadto Doktorant wskazał na potencjalną możliwość wykorzystania ROS w tym celu, co jednak wymaga dalszych badań. Ważnym osiągnięciem jest także opis efektów różnej liczby i czasu trwania epizodów anhydrobiozy na przeżywalność samic i samców, z uwzględnieniem wieku osobników odbywających anhydrobiozę osobno lub w grupach. Zaprezentowane w dysertacji wyniki inspirują do stawiania kolejnych pytań. Pomimo drobnych uwag i wątpliwości, pozytywnie oceniam rozprawę i sądzę, że Doktorant posiadał niezbędną wiedzę, umiejętności i kompetencje do prowadzenia pracy naukowej. Stwierdzam zatem, że przedłożona mi do recenzji rozprawa doktorska spełnia wymogi określone w art. 187 ust. 1-2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tj. Dz. U. 2023 poz. 742). W związku z tym wnioskuję o dopuszczenie mgr Amita Kumara Nagwani do dalszych etapów postępowania doktorskiego.

