

Katedra Genetyki, Hodowli Roślin i Inżynierii Biosurowców

Wydział Rolnictwa i Leśnictwa

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Recenzja

Rozprawy doktorskiej pt. „OCENA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA *HERMETIA ILLUCENS* W ENTOMOREMEDIACJI OSADÓW PO OCZYSZCZANIU ŚCIEKÓW KOMUNALNYCH” wykonanej przez mgr Kingę Proc-Pietrychę wykonanej w Instytucie Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk, pod kierunkiem promotora prof. dr. hab. Andrzeja Bieganowskiego i promotora pomocniczego dr. inż. Piotra Bulaka.

Podstawa formalna opracowania

Rada Naukowa Instytutu Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk podjęła uchwałę Nr 33/P1/2023, z dn. 20 marca 2023 r., w której wyznaczyła mnie na recenzenta w przewodzie doktorskim mgr Kingi Proc-Pietrychy.

Ocena celowości podjętych badań

Tematyka opiniowanej rozprawy doktorskiej porusza kilka ważnych tematów związanych z gospodarką cyrkularną i ponownym wykorzystaniem odpadów w procesie entoremediacji z wykorzystaniem owadów z gatunku czarna mucha (*Hermetia Illucens*). Gatunek ten można spotkać na terenach o klimacie subtropikalnym, tropikalnym i ciepłym. Larwy czarnej muchy mogą przetworzyć odpady lub różnego rodzaju pozostałości organiczne do wysokiej jakości biomasy o wysokiej zawartości białka i lipidów. Obecnie są one hodowane na szeroką skalę jako składnik do produkcji pasz dla zwierząt gospodarskich i karm dla zwierząt towarzyszących. Rozprawa porusza zatem ważne wątki związane z gospodarką cyrkularną: 1) wykorzystanie i zagospodarowania uciążliwych odpadów, którymi są komunalne osady ściekowe, przy wykorzystaniu larw *H. illucens*; 2) określeniu stopnia bioakumulacji

mikro-, makroelementów i pierwiastków toksycznych w poszczególnych etapach rozwoju owada i 3) biokonwersji osadów ściekowych w wysokiej jakości biomasę o znacznie wyższej przydatności, w porównaniu do wykorzystanej biomasy odpadowej. Uważam zatem, że w przedstawionej do recenzji rozprawie doktorskiej poruszane są tematy aktualne i o wysokich walorach naukowych oraz praktycznych.

Ocen formalna rozprawy doktorskiej

Recenzowana rozprawa doktorska mgr Kingi Proc-Pietrychy ma formę zbioru trzech artykułów naukowych skupiających się wokół tematyki określonej w tytule rozprawy. Dwie prace zostały opublikowane w renomowanych czasopismach, natomiast jedna praca w momencie składania rozprawy doktorskiej została wysłana do wydawnictwa i jest na etapie recenzji, co jest dopuszczalne w oparciu o art. 187 ust. 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce oraz zgodne z komunikatem nr 19/2020 Rady Doskonałości Naukowej – w sprawie składania rozpraw doktorskich. Na rozprawę składają się publikacje:

1. Proc K., Bulak P., Wiącek D., Bieganowski A. *Hermetia illucens* exhibits bioaccumulative potential for 15 different elements – implications for feed and food production. SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT 2020, 723, 138125.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138125>. Impact Factor z roku opublikowania: 7,963; punktacja Ministerstwa Edukacji i Nauki: 200 punktów.
2. Proc K., Bulak B., Kaczor K., Bieganowski A. A new approach to quantifying bioaccumulation of elements in biological processes. BIOLOGY 2021, 10, 345.
<https://doi.org/10.3390/biology10040345>. wskaźnik Impact Factor z roku opublikowania: 5,079; punktacja Ministerstwa Edukacji i Nauki: 100 punktów.
3. Proc-Pietrycha K., Bulak B., Kaczor K., Bieganowski A. Entomoremediation of municipal digested sewage sludge by *Hermetia illucens* with and without the addition of optimal feed.

We wszystkich ww. pracach kandydatka jest pierwszym autorem. Całkowity współczynnik dwóch opublikowanych prac wynosi 13,042, a liczba punktów MEiN wynosi 300. Ponadto trzeba zwrócić uwagę na inne wskaźniki naukowo-metryczne. Według Web of Science Core Collection (chyba najbardziej wymagającej bazy czasopism naukowych), liczba opublikowanych czasopism kandydatki wynosi 7, a indeks H wynosi 6. Warto zwrócić uwagę, że liczba cytowań bez autocytowań wynosi 96, co świadczy o wysokiej rozpoznawalności prac kandydatki i aktualnej i potrzebnej poruszanej tematyce

badawczej. Dwie publikacje składające się na tę rozprawę stanowią aż 38,5% wszystkich cytowań. Jest to znakomity wynik dla prac, które dopiero niedawno zostały opublikowane. Dołączone oświadczenia Doktorantki wskazują na jej wiodący udział w badaniach, opracowaniu i analizie wyników i współudziale w przygotowywaniu metodologii (co na poziomie doktoratu jest oczywiste). Ponadto kandydatka przygotowywała samodzielnie pierwszą wersję manuskryptów i nanosiła poprawki współautorów.

W przedłożonej do recenzji rozprawie doktorskiej znalazły się ww. publikacje, oświadczenia promotora, promotora pomocniczego i autora rozprawy, streszczenie w języku polskim i angielskim, wprowadzenie wraz z przeglądem literatury, opis stosowanych materiałów i metod, omówienie wyników badań wraz z dyskusją oraz podsumowanie i wnioski. Ponadto rozprawa zawiera bibliografię, kopie publikacji składających się na rozprawę i oświadczenia kandydatki i współautorów publikacji stanowiących rozprawę doktorską mgr Kingi Proc-Pietrychy. Promotorzy niniejszej rozprawy reprezentują dyscyplinę rolnictwo i ogrodnictwo. Na podstawie przeanalizowanych danych uważam, że tematyka przedstawionej mi do oceny rozprawy doktorskiej w pełni reprezentuje dyscyplinę rolnictwo i ogrodnictwo.

Stwierdzam, że przedłożona mi do recenzji rozprawa doktorska spełnia wymogi formalne określone w art. 187 ust. 3 oraz ust. 4 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz. U. 2018, poz. 1668 z późn. zm.).

Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej

1. Wprowadzenie

Wprowadzenie jest napisane w sposób czytelny i zrozumiały. Kandydatka bardzo dobrze zarysowała aspekty związane z entomoremediacją, owadami gospodarskimi, czy problemy związane z powstawianiem osadów ściekowych i ich dalszym przetwarzaniem. Mam tylko kilka uwag do tej części dysertacji.

W części 1.2, s. 14 kandydatka pisze „obecnie najbardziej aktualna definicja tego procesu (...) entomoremediacja...” ale nie podaje źródła tej definicji.

Na stronie 15 kandydatka pisze, że „Od 2017 roku, zgodnie z Rozporządzeniem Komisji (UE) 2017/893 dozwolone jest hodowanie tego gatunku do żywienia ryb.” ale już wcześniej na stronie 13 podaje informację, że „Rozporządzenie Komisji (UE) 2021/1372 z dnia 17 sierpnia 2021 r. (...) dopuszczono karmienie zwierząt akwakultury, trzody chlewnej oraz drobiu przetworzonym białkiem pochodzącym

od owadów gospodarskich (m. in. *Hermetia illucens*) (Fowles i in. 2019). Czy w tym wypadku nie możemy karmić pozostałych ww. gatunków, a ta informacja i rozporządzenie zdezaktualizowały się?

Na stronie 15 kandydatka podaje informacje o tym, że „Ilość gazów cieplarnianych uwalnianych do atmosfery w trakcie chowu czy zużycie wody jest mniejsze niż w przypadku chowu innych zwierząt gospodarskich. Dzięki niewielkim rozmiarom owadów powierzchnia wymagana do założenia i utrzymania hodowli może być niewielka (Barrett i in. 2023). Do wytworzenia 1 kg białka z czarnej muchy potrzebne jest znacznie mniej paszy w stosunku do innych zwierząt gospodarskich (Dzepe i in. 2021)”. Uważam, że oprócz ogólnych stwierdzeń przegląd literatury powinien zawierać również jakieś konkretne dane liczbowe, które te stwierdzenia by potwierdzały. Podobne stwierdzenia można znaleźć w dalszej części przeglądu np. „kilkadziesiąt procent węgla”(s. 17), czyli równie dobrze może być to 30 albo 90%.

2. Cel rozprawy doktorskiej oraz hipotezy badawcze

Cele i hipotezy badawcze są dobrze postawione. Dodatkowo kandydatka wyjaśnia jak i czemu dodano, na późniejszym etapie badań, dodatkowy cel cząstkowy i hipotezę badawczą i jak wiąże się on z tematyką niniejszej rozprawy.

3. Materiały i metody oraz Omówienie wyników publikacji oraz dyskusja

Artykuły wchodzące w skład rozprawy stanowią cykl powiązanych tematycznie badań rozwiązujących problem naukowy związany z entomoremediacją z wykorzystaniem czarnej muchy. Rezultaty badań wnoszą istotny wkład do postępu dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo w zakresie chowu tego owada na różnych substratach, w tym odpadowych i potencjale bioakumulacyjnym tego gatunku. Artykuły wiążą się w przemyślany cykl tematyczny, a badania są bardzo dobrze zaplanowane, zrealizowane i przedstawione. Publikacje przygotowane są z dbałością o szczegóły.

Pierwsza publikacja (Science of the Total Environment 2020, 723, 138125) jest opisem eksperymentu, w którym kandydatka odpowiada na pytanie: jakie pierwiastki mogą podlegać bioakumulacji w biomasie *H. illucens* w zależności od stadium rozwoju osobnika? W mojej ocenie wywiązała w tej odpowiedzi znakomicie, a praca była przygotowana rzetelnie i na poziomie światowym. Warto dodać, że choć potencjał bioakumulacyjny czarnej muchy był już badany to autorka po raz pierwszy analizowała potencjał bioakumulacji pierwiastków takich jak Ba, Bi i Ga mogących mieć znaczący wpływ na zdrowie ludzi i zwierząt.

Do tej pracy mam tylko jedną uwagę. Autorka podaje, że kadm nie akumuluje się we wszystkich stadiach rozwojowych czarnej muchy. Faktycznie nie akumuluje się tylko w imago, a w pozostałych postaciach potencjał ten jest bardzo wysoki. Z tego powodu czytelnik może odnieść wrażenie, że tylko rtęć jest toksycznym elementem o dużym potencjale akumulacyjnym, a niestety kadm ma 2-2,5-krotnie wyższy BAF w larwach i wylinkach niż rtęć.

W drugiej publikacji (Biology 2021, 10, 345) kandydatka nie prowadziła prac badawczych ale na podstawie analizowanej literatury i badań własnych zaproponowała nową miarę, nazwaną indeksem bioakumulacji (BAI), która uwzględnia początkowy ładunek badanych pierwiastków, wprowadzanych do systemu eksperymentalnego wraz z biomasą organizmu. Uważam za zastosowanie takiego podejścia za uzasadnione i wraz zastosowaniem indeksu BAF umożliwiła szerszą i prawidłową interpretację wyników dotyczących bioakumulacji.

Ma jedno pytanie dotyczące tej publikacji. Czy autorzy zauważyli już jakiś odzew, komentarze czy wykorzystanie BAI w badaniach naukowych innych zespołów?

Publikacja nr 3 („Entomoremediation of municipal digested sewage sludge by *Hermetia illucens* with and without the addition of optimal feed”) w momencie składania rozprawy doktorskiej była na etapie recenzji w czasopiśmie naukowym. W pracy tej Kandydatka stwierdza, że przefermentowany komunalny osad ściekowy nie stanowił najlepszej karmy dla larw *H. illucens*, a niewielki dodatek karmy dla ryb do osadów ściekowych istotnie zwiększył przyrost masy larw i ich żywotność. Najciekawszym elementem pracy jest porównanie wskaźnika BAF i nowego wskaźnika BAI (zastosowanego eksperymentalnie po raz pierwszy). Zastosowanie obu tych wskaźników ułatwia interpretację uzyskanych wyników dotyczących bioakumulacji.

Po przeczytaniu ww. artykułu nasuwają mi się następujące komentarze i pytania:

*„In Europe alone, more than 7 million **tons** of sewage sludge dry weight (DW) are produced each year”. W języku angielskim rozróżniamy dwa rodzaje ton: tonę metryczną (określaną jako tonne) lub tonę krótką (short ton), która nie odpowiada 1000 kg. Podejrzewam że chodzi tu o tony metryczne.*

W opisie pracy kandydatka podaje suchą masę osadu jako $22,72 \pm 0,04\%$, a w tabeli 1 wartość ta wynosi 22,32%.

Kandydatka zauważa, że "As a result of larvae feeding, the organic matter content of the substrates decreased and thus, the elements were concentrated in the residues." Czy powodem tego nie jest wydalanie tych pierwiastków np. z odchodami i wylinkami larw, a nie tylko ubytek substancji organicznej?

Jaki efekt można by uzyskać gdyby wykorzystać do chowu larw nieprzefermentowany osad ściekowy i czy byłoby to możliwe z punktu prawnego i praktycznego?

Szkoda, że w tym badaniu nie określono zawartości rtęci, skoro w P1 kandydatka zauważa, że jest w owadzie akumulowana.

W podsumowaniu Kandydatka zauważa, że niewielki dodatek karmy dla ryb do osadów ściekowych istotnie zwiększył wykorzystanie suchej masy (około 1,35 razy), co znacznie też skróciło czas trwania stadium larwalnego. Zastanawia mnie czy efekt ten nie jest spowodowany tzw. sortowaniem paszy, czyli wybieraniem przez larwy tych składników pasz, które są dla nich smaczniejsze lub bardziej odżywcze?

Również w tej części kandydatka pisze, że „This study used the FF only to test the hypothesis, but further research should test the biowaste products from various industries as enhancer additives”. Zastanawia mnie czy nie powinno odwrócić się proporcji i wykorzystywać osady ściekowe tylko jako dodatku (np. 10-20% składu paszy), w celu zmniejszenia jego ilości (i przy okazji pozbycia się go), z jednoczesnym efektywnym chowem i przyrostem biomasy czarnej muchy?

Podsumowanie

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska jest oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego i praktycznego. Włączone do dysertacji publikacje naukowe stanowią opracowanie powiązane tematycznie. Na podstawie szczegółowo i starannie zaplanowanych eksperymentów, oraz dzięki nowo zaproponowanemu wskaźnikowi BAI, Kandydatka oceniła i umiejętnie podsumowała możliwości wykorzystania czarnej muchy w entomoremediacji. W mojej ocenie rozprawa wskazuje, że kandydatka posiada bardzo dobrą znajomość tematu badawczego oraz posiada wysoką umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Tym samym rozprawa spełnia wymagania określone w art. 187 ust. 1 oraz ust. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 z późn. zm.).

Wniosek końcowy

Stwierdzam, że przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska mgr Kingi Proc-Pietrychy, wykonana w Zakładzie Biogeochemii Środowiska Przyrodniczego Instytutu Agrofizyki Im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk pod kierunkiem promotora prof. dr. hab. Andrzeja Bieganowskiego i promotora pomocniczego dr. inż. Piotra Bulaka, jest oryginalnym i wartościowym osiągnięciem naukowym, w pełni mieści się w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo oraz spełnia wymagania określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 z późn. zm.). Zatem wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Agrofizyki Im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk o przyjęcie rozprawy doktorskiej mgr Kingi Proc-Pietrychy i dopuszczenie jej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



dr hab. Michał Krzyżaniak, prof. UWM