

Lublin, 16.05.2024

prof. dr hab. Magdalena Frąc
Instytut Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego
Polskiej Akademii Nauk
Zakład Badań Systemu Gleba-Roślina
Laboratorium Mikrobiologii Molekularnej i Środowiskowej
ul. Doświadczalna 4
20-290 Lublin

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Rt
Edyty Kwiatkowskiej**

pt. „Parametry aktywności bakterii i grzybów glebowych oraz fitotoksyczność gleby, jako wskaźniki oceny skutków oddziaływania na środowisko odpadów pochodzących z rolnictwa i przemysłu chemicznego”

Rozprawa doktorska **mgr inż. Edyty Kwiatkowskiej** została wykonana w Katedrze Mikrobiologii Środowiskowej Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, pod kierunkiem promotora dr hab. Jolanty Joniec, prof. uczelni.

1. Formalna ocena rozprawy doktorskiej – struktura rozprawy

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Edyty Kwiatkowskiej jest opracowaniem typowym dla eksperymentalnych prac badawczych, liczy 154 strony, w tym zawiera wykaz publikacji naukowych stanowiących przedmiot rozprawy doktorskiej, streszczenia w języku polskim i angielskim, wstęp, cele i hipotezy badawcze, materiał i metody, syntetyczną analizę wyników przedstawionych w ramach artykułów naukowych wraz z ich dyskusją oraz podsumowanie i wnioski. Na końcu dysertacji znajduje się bibliografia, licząca 160 pozycji, kopie publikacji wchodzących w skład rozprawy, oświadczenia współautorów, a także wykaz dorobku naukowego i dane bibliometryczne Doktorantki.

Przedstawione w rozprawie doktorskiej zagadnienia podkreślają znaczenie gleby dla agroekosystemów oraz zwracają uwagę na potrzebę odbudowy jej jakości, żyzności oraz konieczność monitoringu i poszukiwania wskaźników wrażliwych na postępującą degradację gleb, a także świadczących o popraie jakości środowiska glebowego. W pracy omówiono też zagadnienia związane z rolniczym zagospodarowaniem odpadów organicznych, co ma ogromne znaczenie dla gospodarki cyrkularnej, a także wyeksponowano znaczenie parametrów mikrobiologicznych w monitorowaniu jakości środowiska rolniczego,

podkreślając istotę różnorodności mikrobiologicznej gleby dla multifunkcjonalności agroekosystemów. Omówienie przedstawionej problematyki badawczej stanowi bardzo dobre wprowadzenie do lektury dysertacji, a naświetlenie zagadnień związanych z degradacją gleb oraz możliwością zagospodarowania organicznych produktów odpadowych w rolnictwie, stanowi element istotny również z użytecznego punktu widzenia. Omówienie wyników zawartych w poszczególnych publikacjach oraz sformułowanie uogólnionych wniosków potwierdza umiejętność Doktorantki związaną z analizą i interpretacją rezultatów oraz ma znaczenie dla budowania nowej wiedzy i prawidłowej analizy uzyskanych wyników. Przedstawione w rozprawie osiągnięcia naukowe oraz zamieszczony wykaz dorobku naukowego wskazuje na bardzo dużą aktywność Doktorantki, co stawia mgr inż. Edytę Kwiatkowską w gronie dobrze zapowiadających się młodych badaczy.

Rozprawę doktorską stanowi spójny tematycznie cykl czterech artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych (*Agriculture, International Journal of Environmental Research and Public Health, International Agrophysics* oraz *Minerals*). W trzech artykułach Doktorantka jest pierwszą autorką, a w czwartej znajduje się na drugim miejscu, ale pełniła funkcję autora korespondencyjnego, co wskazuje na Jej istotną, wiodącą rolę w powstaniu publikacji, wchodzących w skład dysertacji. Z załączonych oświadczeń wynika, że Doktorantka miała istotny wkład w przygotowanie każdego artykułu naukowego, biorąc udział w opracowaniu koncepcji i zaplanowaniu badań, przeprowadzeniu analiz, opracowaniu wyników i ich statystycznej analizie, a także w zredagowaniu manuskryptów oraz poprawie publikacji. Tytuł dysertacji odzwierciedla treść rozprawy i został sformułowany w jasny sposób. Struktura rozprawy jest zgodna z ogólnymi zasadami i wymogami stawianymi tego typu opracowaniom, a sama praca została przygotowana w sposób niezwykle estetyczny i przejrzysty. **Pod względem formalnym bardzo wysoko oceniam przedłożoną do oceny rozprawę doktorską.**

2. Znaczenie i aktualność podjętej tematyki badawczej rozprawy

Degradacja gleb jest zjawiskiem obserwowanym na całym świecie, stanowiąc zagrożenie dla jakości agroekosystemów. Raport Komisji Europejskiej „*Troska o glebę to troska o życie*” podkreśla znaczną degradację gleb europejskich, sięgającą nawet 75% powierzchni wszystkich gruntów, co niesie ogromny problem w kontekście produkcji zdrowej, wysokiej jakości żywności. Problematyka degradacji gleb wpisuje się ponadto w liczne dokumenty strategiczne w kraju, Europie i na świecie, w tym podkreślana jest w raporcie dotyczącym

rolnictwa regeneracyjnego, w którym uwypuklona została natychmiastowa potrzeba odbudowy bioróżnorodności gleb oraz ich zdrowia. Co więcej, zagadnienia przedstawione w dysertacji bardzo dobrze korespondują z założeniami strategii bioróżnorodności do 2030 roku, która podkreśla konieczność poszukiwania rozwiązań mających na celu dbałość o różnorodność biologiczną, a także są spójne z celami gospodarki cyrkularnej, której istotą jest produkcja bezodpadowa, polegająca na zagospodarowaniu generowanych produktów odpadowych w łańcuchu produkcyjnym.

Oprócz zagospodarowania odpadów w myśl cyrkularnej gospodarki, odpady rolnicze wykazują duży potencjał nawozowy i mają korzystny wpływ na właściwości bio-fizyko-chemiczne gleb, co sprawia, że mogą stanowić alternatywę lub uzupełnienie nawożenia mineralnego, które od lat jest ograniczane i bilansowane, tak, żeby produkcja żywności opierała się na jak najbardziej zrównoważonych i prośrodowiskowych zasadach. Odpadowe i uboczne produkty pochodzące z gałęzi rolniczych wymagają odpowiedniej utylizacji, zagospodarowania lub przetworzenia, gdyż ich nieodpowiednie zastosowanie może stanowić zagrożenie dla środowiska, prowadząc do dalszej, postępującej degradacji gleb czy eutrofizacji wód powierzchniowych. Dlatego też istnieje konieczność prowadzenia badań monitoringowych, a także niezbędne jest określenie wpływu różnych odpadów organicznych, generowanych w ramach produkcji rolniczej, na stan środowiska glebowego, w tym w szczególności na parametry mikrobiologiczne i biochemiczne gleby, które są czułe na różne czynniki i szybko reagują na zastosowane nawożenie czy zabiegi prowadzone w środowisku. Warto podkreślić, że produkcja podłoża popieczarkowego należy do jednych z kluczowych wyzwań dla współczesnej gospodarki, które wynika z intensywnej, światowej, ale także krajowej produkcji tego typu odpadów. Generacja tego typu produktów odpadowych wymaga odpowiedniego składowania, przechowywania, przetworzenia i zagospodarowania, co jest niezwykle ważne z punktu widzenia ochrony środowiska. Ze względu na to, że istnieje duże zainteresowanie zrównoważonym rozwojem oraz bezpiecznym zagospodarowaniem organicznych produktów odpadowych z rolnictwa i innych gałęzi gospodarki, w recenzowanej rozprawie doktorskiej podjęto problematykę badawczą mającą na celu weryfikację przydatności wskaźników do monitorowania stanu środowiska glebowego poddanego działaniu różnych odpadów pochodzących z działalności rolniczej, jak i przemysłowej. **Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Edyty Kwiatkowskiej obejmuje badania dotyczące porównania wpływu odpadu popieczarkowego oraz obornika, na liczebność i różnorodność mikroorganizmów glebowych, aktywność**

biochemiczną, enzymatyczną oraz fitotoksyczność gleby, określenia liczebności mikroorganizmów glebowych i ich aktywności biochemicznej oraz fitotoksyczności gleby z terenów przemysłowych oraz wpływu mikroorganizmów glebowych na powstawanie gazów cieplarnianych, wpisując się wprost w założenia i koncepcje prośrodowiskowe związane z zagospodarowaniem odpadów i ochroną środowiska przyrodniczego. Ponadto należy podkreślić, że Doktorantka skupiła się na wykorzystaniu ważnych ze środowiskowego punktu widzenia odpadach organicznych, pochodzących z produkcji pieczarek, co wciąż stanowi ważny, i choć od lat badany, to wciąż istotny problem oddziaływania tych odpadów na środowisko glebowe.

Badania podjęte przez Doktorantkę są w pełni uzasadnione i celowe, wpisując się w najnowsze trendy zrównoważonego rolnictwa oraz bezodpadowej produkcji rolnej, przy jednoczesnym poszukiwaniu skutecznych parametrów i wskaźników jakości środowiska glebowego. Znaczenie podjęcia przez Doktorantkę badań z tej bardzo aktualnej tematyki jest ogromne, podejmując zagadnienia wychodzące naprzeciw problemom zagospodarowania odpadów i ochrony środowiska. Poruszane w dysertacji obszary badawcze oraz podjęta tematyka badań niewątpliwie przyczynia się do poszerzenia wiedzy na temat oddziaływania podłoża po produkcji pieczarek oraz odpadu chemicznego na stan mikrobiologiczny gleb oraz ich działanie fitotoksyczne. Recenzowana rozprawa doktorska przedstawia też zagadnienia obejmujące różnorodne wskaźniki jakości gleby, co łącznie dotyka bardzo ciekawej i aktualnej tematyki badawczej, która ma olbrzymie znaczenie dla ochrony środowiska nie tylko z punktu widzenia poznawczego, ale i aplikacyjnego. Nie budzi też wątpliwości, że tematyka badawcza podjęta przez Doktorantkę w ramach ocenianej rozprawy doktorskiej, wpisuje się w dziedzinę nauk rolniczych, dyscyplinę rolnictwo i ogrodnictwo.

3. Merytoryczna analiza rozprawy

Rozprawę doktorską otwiera wstęp, w którym Doktorantka w sposób przejrzysty przytoczyła fakty naukowe, związane z rolniczym zagospodarowaniem odpadów organicznych, podkreślając w szczególności wielkość produkcji podłoża po produkcji pieczarek oraz zagrożenia wynikające z niewłaściwego gospodarowania tymi odpadami. W tej części pracy Doktorantka przedstawiła przyczyny degradacji gleb, uwypuklając pogłębiający się problem deficytu glebowej materii organicznej, która stanowi jeden z podstawowych wskaźników jakości gleby. Doktorantka zaproponowała wykorzystanie

odpadowych materiałów organicznych jako substytut, alternatywa lub uzupełnienie nawożenia mineralnego, z uwzględnieniem szerokiego spektrum wskaźników o wysokim potencjale zastosowania w monitoringu środowiskowym. Doktorantka omówiła i przedyskutowała możliwości zastosowania oraz znaczenie różnych parametrów mikrobiologicznych i biochemicznych gleby w ocenie jakości środowiska glebowego. Skupiła się w szczególności na bioróżnorodności środowiska glebowego, uwzględniając takie parametry jak liczebność mikroorganizmów, aktywność oddechowa, nasilenie procesu amonifikacji, denitryfikacji i nityfikacji, a także aktywność enzymatyczna gleby. Warto podkreślić, że część metodyczna rozprawy oraz analiza uzyskanych rezultatów wskazuje, że Doktorantka musiała opanować szeroki zakres metod badawczych, obejmujący, metody mikrobiologiczne, biochemiczne, fizykochemiczne, a także z obszaru fitotoksyczności czy umiejętności analizy statystycznej wyników i ich opracowania graficznego.

W kolejnej części Doktorantka zamieściła i szczegółowo wyjaśniła cele i hipotezy badawcze, dotyczące dysertacji, a następnie zaprezentowała szczegółowe i niezwykle precyzyjne opisy metodyczne przeprowadzonych analiz. W ramach części metodycznej zostały opisane również dwa modele doświadczalne.

W ramach następnego rozdziału – Wyniki i dyskusja, Doktorantka omówiła syntetycznie rezultaty badań zaprezentowane w każdej z czterech publikacji naukowych wchodzących w skład dysertacji. Należy podkreślić, że prace te są komplementarne i bardzo dobrze odzwierciedlają realizację poszczególnych celów badawczych. W pierwszej publikacji Doktorantka skupiła się na analizie potencjału podłoża popieczarkowego do poprawy wskaźników jakości gleby, określając w szczególności liczebność i aktywność mikroorganizmów związanych z przemianami azotu. Doktorantka wykazała, że zastosowanie odpadu popieczarkowego spowodowało na ogół pozytywne zmiany zarówno w liczebności bakterii, jak i grzybów proteolitycznych, wykazując jednocześnie sezonowe zmiany testowanych parametrów, które były zależne również od warunków meteorologicznych. Wykazane przez Doktorantkę pobudzenie aktywności ureazy po zastosowaniu podłoża popieczarkowego, ale i obornika sprawia, że nasuwa się pytanie natury środowiskowej. Jak ocenia Pani te zmiany, biorąc pod uwagę emisję amoniaku do środowiska i straty azotu, czy widzi Pani zagrożenia pod kątem negatywnego oddziaływania na środowisko i w jaki sposób można zapobiec niekorzystnej emisji amoniaku z wprowadzonych do gleby odpadów organicznych?

W drugiej publikacji Doktorantka podjęła tematykę związaną z mikrobiologicznymi przemianami C, P i S oraz fitotoksycznością gleby poddanej działaniu podłoża popieczarkowego. W ramach przeprowadzonych badań zweryfikowano czy podłoże popieczarkowe może stać się nawozową alternatywą dla obornika, stosowaną corocznie oraz czy rolnicze zagospodarowanie podłoża popieczarkowego może przyczynić się do zwiększenia efektu cieplarnianego. Doktorantka wykazała, że aplikacja rolnicza podłoża po uprawie pieczarek spowodowała istotne pobudzenie parametrów związanych z przemianami mikrobiologicznymi w glebie, stymulując aktywność dehydrogenaz oraz aktywność respiracyjną gleby, a także spowodowała zahamowanie aktywności enzymów zaangażowanych w obieg siarki i fosforu. W tym miejscu nasuwa mi się pytanie: czy, a jeśli tak, to jaką przewagę ma podłoże po produkcji pieczarek w stosunku do obornika, biorąc pod uwagę możliwości rolniczego wykorzystania? Wspomniała Pani, że uzyskane wyniki wskazują na to, że w odpadzie popieczarkowym występowały metale ciężkie, których nie wykryto w oborniku. W związku z tym chciałabym zapytać jaka jest tego przyczyna, czy podłoże popieczarkowe niesie większe zagrożenie dla środowiska oraz jakie są normy zawartości tych pierwiastków śladowych w odpadach, które mogą być stosowane w celach rolniczych i czy w testowanym przez Panią odpadzie zostały one spełnione?

W kolejnej publikacji Doktorantka wskazuje, że aplikacja podłoża popieczarkowego wykazała istotne zmiany w liczebnościach poszczególnych grup bakterii i grzybów, a najkorzystniejszy efekt produktu odpadowego zaznaczył się w pierwszym roku doświadczenia, powodując największą stymulację rozwoju mikroorganizmów. Proszę odnieść się do uzyskanych wyników w kontekście możliwości wprowadzenia z odpadem lub też rekrutacji ze środowiska glebowego mikroorganizmów promujących wzrost i rozwój roślin. Czy Pani zdaniem możliwy jest efekt wspomaganie wzrostu i rozwoju roślin poprzez aplikację podłoża po uprawie pieczarek, a także jego działanie fitosanitarne? Proszę o komentarz na podstawie Pani badań oraz/lub wyników badań znajdujących się w literaturze przedmiotu.

W ostaniej publikacji wchodzącej w skład rozprawy doktorskiej przedstawiono wyniki dotyczące oceny przydatności wskaźników mikrobiologicznych oraz fitotoksyczności do monitorowania stanu gleb poddanych oddziaływaniu odpadu z przemysłu chemicznego, związanego z produkcją celulozy i klejów. W ramach tych badań Doktorantka oceniła zmiany wskaźników mikrobiologicznych, biochemicznych i fitotoksycznych w wyniku oddziaływania tego odpadu na środowisko glebowe, koncentrując się na efektach działania

odpadu w różnych odległościach od miejsca jego składowania oraz w dwóch warstwach gleby (0-20 i 20-24 cm). Uzyskane wyniki wskazują na zwiększone wydzielanie CO₂ z gleby w punktach zlokalizowanych bliżej zbiornika z odpadem, a także potwierdzają jego działanie fitotoksyczne. Doktorantka wykazała najsilniejsze oddziaływanie odpadu chemicznego, hamujące wzrost i rozwój mikroorganizmów w punktach analizowanych najbliżej zbiornika z tym niekorzystnym produktem odpadowym. Ważnym elementem tych badań było odniesienie uzyskanych wyników do odczynu gleby, który również wykazywał wahania, a najwyższe wartości pH, wskazujące na silną alkalizację środowiska glebowego uwidoczniły się w najbliższej okolicy składowiska odpadu. W tym miejscu chciałabym poprosić Doktorantkę o nakreślenie możliwości, dotyczących alternatywnej utylizacji odpadu chemicznego, oddziałującego na środowisko glebowe oraz bardzo proszę przedstawić sposoby bioremediacji terenów zdegradowanych w wyniku oddziaływania odpadów chemicznych. **Zaprezentowane w pracy wyniki należy zaliczyć do bardzo ciekawych w kontekście ochrony środowiska, a także pogłębienia wiedzy na temat możliwości rolniczego zagospodarowania podłoża popieczarkowego oraz negatywnych skutków środowiskowych, związanych z niekorzystnym oddziaływaniem na środowisko odpadów chemicznych.** Uzyskane rezultaty, badań przeprowadzonych przez Doktorantkę pogłębiają wiedzę z zakresu rolniczego zagospodarowania odpadów organicznych, wyznaczając jednocześnie kierunki dalszych prac badawczych z obszaru wskaźników mikrobiologicznych i ich znaczenia w monitoringu środowiska. Regularne monitorowanie różnych grup mikroorganizmów, a także analiza wskaźników opartych o zawartość DNA w próbkach gleb zdegradowanych może pomóc w opracowaniu zakresów tych parametrów w zależności od stopnia negatywnego oddziaływania odpadów i degradacji środowiska.

Rozprawa doktorska obejmuje kompleksowe podejście do rolniczego zagospodarowania odpadów po produkcji pieczarek, które ukierunkowane jest nie tylko na podstawowe aspekty nawozowe, związane z zawartością składników pokarmowych w odpadach czy ich dostępnością, ale także podkreśla znaczenie mikrobiologicznych parametrów jakości gleby, które w kontekście obserwowanej utraty bioróżnorodności w glebach, nabierają coraz większego znaczenia i powinny być uwzględniane w monitoringu środowiska.

Oceniana rozprawa doktorska jest przykładem umiejętnego wykorzystania mikrobiologicznych i biochemicznych wskaźników jakości gleb w monitorowaniu oddziaływania na środowisko glebowe odpadów organicznych i chemicznych. Pokazuje

dojrzałość Doktorantki w doborze metod badawczych oraz zaprojektowaniu eksperymentów. Doktorantka kładzie nacisk nie tylko na wierzchnią warstwę gleby, ale również skupia się na testowaniu warstwy 20-40 cm, rozumiejąc zagrożenie jakie niosą ze sobą odpady chemiczne, które mogą przenikać do głębszych warstw profilu glebowego. Zaplanowane i zastosowane różnorodne metody badawcze były niezbędne do realizacji celów i weryfikacji hipotez przedstawionych w rozprawie doktorskiej, co wymagało opanowania warsztatu badawczego z obszaru mikrobiologii, biochemii fizykochemii i fitotoksyczności. Należy podkreślić dużą wartość naukową uzyskanych wyników, zwłaszcza w kontekście działań zapewniających zrównoważony rozwój oraz istotnych dla monitoringu środowiska, a także publikację uzyskanych wyników w ramach czterech artykułów naukowych. Uzyskane i przedstawione rezultaty badań, ich dyskusja na tle aktualnego stanu wiedzy, a także zastosowane podejście metodyczne potwierdzają szeroki zakres badań wykonanych przez Doktorantkę. **Doktorantka prawidłowo dobrała metody badawcze, wykonując prace eksperymentalne w sposób logiczny i przemyślany, tak, że były one wzajemnie powiązane i stanowiły spójną całość. Właściwie przeprowadzone badania, umożliwiły zrealizowanie podjętego celu rozprawy doktorskiej, co znalazło odzwierciedlenie we wspomnianych publikacjach naukowych.**

Analiza przedłożonej do oceny rozprawy doktorskiej wykazała, że Doktorantka posiada umiejętność do prowadzenia badań naukowych, potrafi analizować i interpretować uzyskane wyniki badań, a także ma zdolność ich wizualizacji, prawidłowego omówienia i przedstawienia na tle aktualnego stanu wiedzy. Rozprawa doktorska mgr inż. Edyty Kwiatkowskiej wyróżnia się wyjątkową starannością przygotowania i bardzo dużą klarownością opisu.

4. Wniosek końcowy

Dysertacja doktorska Pani mgr inż. Edyty Kwiatkowskiej jest opracowaniem wnoszącym istotny wkład w rozwój nauk rolniczych w obrębie dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo. Doktorantka zaprezentowała bardzo dobrą znajomość problematyki rozprawy, opanowała szeroki warsztat badawczy, wykazała umiejętność samodzielnego wykonywania badań naukowych, a także potrafi opracować i zinterpretować uzyskane wyniki badań. Na podkreślenie zasługuje umiejętność przygotowania manuskryptów artykułów naukowych oraz zdolność do publikacji uzyskanych rezultatów w periodykach naukowych.

Podsumowując, z pełnym przekonaniem stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani mgr inż. Edyty Kwiatkowskiej stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego, dotyczącego możliwości rolniczego zagospodarowania podłoża po uprawie pieczarek, oraz możliwości wykorzystania parametrów mikrobiologicznych, biochemicznych i fitotoksycznych w monitoringu gleb zdegradowanych, a także spełnia wymagania na podstawie art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.), stanowiąc podstawę do nadania stopnia doktora w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo.

Wnoszę do Rady Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie o dopuszczenie mgr inż. Edyty Kwiatkowskiej do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

Jednocześnie, zwracam się do Członków Rady Dyscypliny o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr inż. Edyty Kwiatkowskiej za szeroki zakres analiz wykorzystanych podczas prowadzonych badań oraz istotny wpływ uzyskanych rezultatów w poszerzenie wiedzy z zakresu podjętej tematyki badawczej.


prof. dr hab. Magdalena Frąc