

prof. dr hab. inż. Mirosław Wyszowski
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej
Plac Łódzki 4, 10-727 Olsztyn

Olsztyn, 12.02.2025 r.

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr inż. Urszuli Zimnoch
pt. "Ocena możliwości zastosowania popiołów z biomasy w mieszankach
nawozowych oraz ich wpływ na plonowanie i parametry jakościowe roślin
paszowych"

Recenzję pracy doktorskiej mgr inż. Urszuli Zimnoch opracowano na podstawie pisma Przewodniczącej Rady Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie dr hab. Sylwii Andruszczak, prof. uczelni z dnia 09.12.2025 r., zgodnie z decyzją Rady podjętą na posiedzeniu w dniu 04.12.2025 r.

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Urszuli Zimnoch została wykonana w Katedrze Chemii Rolnej i Środowiskowej Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie pod kierunkiem dr hab. Marzeny S. Brodowskiej, prof. uczelni.

Ocena problematyki badawczej rozprawy

Rosnąca ilość odpadów wymusza konieczność ich zagospodarowania. W ostatnich latach widać wyraźny wzrost udziału źródeł odnawialnych w systemie pozyskiwania energii. W Unii Europejskiej, w tym także i w Polsce największy udział spośród wszystkich źródeł odnawialnych ma termiczne przetwarzanie biomasy. Termiczne przetwarzanie biomasy wiąże się z produkcją energii, jednakże w jego wyniku powstają także popioły, które muszą zostać zagospodarowane. Popioły z biomasy mają znacznie korzystniejszy skład chemiczny niż popioły z węgla kamiennego czy brunatnego, jednakże nie można wykluczyć, że razem z nimi nie wprowadzimy do środowiska pewnych ilości pierwiastków śladowych, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych czy innych zanieczyszczeń. Termiczne przetwarzanie biomasy bardzo dobrze wpisuje się w szereg realizowanych obecnie programów prośrodowiskowych jako element gospodarki obiegu zamkniętego. Jednakże należy być niezwykle ostrożnym we wprowadzaniu popiołów z biomasy do produkcji rolnej, np. w postaci mieszanek nawozowych. Popioły używane do ich produkcji powinny być

systematycznie analizowane pod względem zawartości kontaminantów. Wybór podjętej tematyki zawartej w niniejszej rozprawie doktorskiej jest zatem bardzo aktualny i w pełni uzasadniony. Podjęte przez Doktorantkę badania oceniam bardzo wysoko zarówno z poznawczego, jak i utylitarne punktu widzenia.

Ocena formalna pracy

Rozprawa doktorska mgr inż. Urszuli Zimnoch (233 strony) ma klasyczny układ i składa się z następujących rozdziałów: streszczenia w języku polskim i angielskim (2 strony), wprowadzenie (2 strony), przegląd literatury (49 stron), hipoteza badawcza i cel badań (2 strony), materiały i metody (9 stron), wyniki badań (36 stron), dyskusja (9 stron), podsumowanie i wnioski (8 stron), bibliografia (26 stron) oraz załączniki – tabele do omówienia wyników (87 stron). „Przegląd literatury” jest podzielony na 4 podrozdziały I rzędu. Rozdział „Materiały i metody” podzielono na 7 podrozdziałów I rzędu. W rozdziale „Wyniki badań” znajduje się 8 podrozdziałów I rzędu, w tym w pierwszym i szóstym z nich 5 podrozdziałów II rzędu, drugim i siódmym 7 podrozdziałów II rzędu, w trzecim 8 podrozdziałów II rzędu, a w ósmym aż 10 podrozdziałów II rzędu. W rozdziale „Dyskusja” wyodrębniono 3 podrozdziały I rzędu. Pozwoliło to na uporządkowanie treści i zwiększenie przejrzystości pracy doktorskiej. Wyniki badań zamieszczono w 86 dobrze skomponowanych tabelach, co pozwala na łatwe śledzenie omawianych zależności. Wyniki badań przedyskutowano z licznymi pozycjami piśmiennictwa. Nawiązują one do tematu rozprawy doktorskiej i dotyczą głównie oceny nawożenia mieszkankami nawozowymi na bazie popiołów z biomasy oraz ich wpływu na plonowanie i parametry jakościowe roślin paszowych. Proporcje między poszczególnymi rozdziałami wydają się być właściwe, a praca spełnia wymogi formalne stawiane rozprawom doktorskim.

Ocena merytoryczna pracy

Tytuł ocenianej rozprawy dokładnie odzwierciedla treści zawarte w pracy doktorskiej. Rozdział „Wprowadzenie” stanowi wstęp do zagadnień stanowiących tematykę rozprawy.

W „Przeglądzie literatury” przedstawiono charakterystykę, w tym pochodzenie i właściwości popiołu z biomasy, zastosowanie popiołów z biomasy w nawozach

wieloskładnikowych, charakterystykę kukurydzy i wpływ nawożenia na ten gatunek, sposób wytwarzania i znaczenie kiszonki z kukurydzy w żywieniu zwierząt. Nie budzą one zastrzeżeń pod względem merytorycznym. Treści zamieszczone w przeglądzie literatury są uzasadnieniem celów wykonanych badań polegających w szczególności na wskazaniu korzyści związanych z zastosowaniem popiołów z biomasy z różnym udziałem w mieszankach nawozowych, ich oddziaływanie na właściwości gleby, plonowanie i skład chemiczny kukurydzy, w tym uprawianej w celu przeznaczenia na kiszonkę. Doktorantka prawidłowo dobrała cytowane prace naukowe i w przystępny, a także łatwy do zrozumienia sposób zaprezentowała zagadnienia związane z problematyką poruszaną w pracy doktorskiej. Świadczy to o dużej znajomości rozpatrywanych zagadnień i predyspozycjach do przejrzystego zaprezentowania zgromadzonej wiedzy.

W rozdziale „Materiały i metody” zamieszczono dokładny opis zakresu badań, które zostały właściwie zaplanowane i wykonane pod względem metodycznym. Obejmował on: charakterystykę materiału badawczego, opracowanie mieszanek nawozowych, charakterystykę doświadczenia polowego, warunki meteorologiczne w czasie realizacji doświadczenia polowego, opis roślin paszowych wybranych do badań, zakres badań nawozów, gleby, rośliny i kiszonek oraz metodykę obliczeń statystycznych.

W badaniach wykorzystano popiół powstający podczas spalania biomasy w procesie pozyskiwania energii elektrycznej, pochodzący z Elektrociepłowni Białystok S.A., sklasyfikowany jako odpad mineralny o kodzie 10 01 03 (popiół lotny ze spalania biomasy – torf i drewno niepoddane obróbce chemicznej). Popioły te charakteryzują się niższą zawartością krzemu oraz większą ilością składników pokarmowych, w porównaniu do popiołów ze spalania węgla. Przygotowano 8 mieszanek nawozowych zawierających popiół ze spalania biomasy z dodatkiem węglanu wapnia - CaCO_3 (CaO 52,6 %) lub siarczanu wapnia - CaSO_4 (40% S, 34% CaO) i chlorku potasu – KCl (60% K_2O). Mieszanki nr 1-4 zawierały 40%, a nawozy nr 5-8 30% popiołu z biomasy; mieszanki nr 1, 2, 5 i 6 40%, a nawozy nr 3, 4, 7 i 8 50% CaCO_3 lub CaSO_4 , przy czym w nawozach 1, 3, 5 i 7 źródłem wapnia był węglan wapnia, a w mieszankach 2, 4, 6 i 8 siarczan wapnia. Do wszystkich mieszanek zaaplikowano także chlorek potasu w następujących ilościach 10% (3 i 4), 20% (1, 2, 7 i 8) i 30% (5 i 6). Badania oparto na trzyletnim eksperymencie polowym założonym w Gospodarstwie Doświadczalnym Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie zlokalizowanym w Czesławicach oraz w prywatnym gospodarstwie rolnym w Krynicach k/Białegostoku. W Czesławicach zastosowano optymalną i obniżoną o 25% dawkę mieszanki

nawozowej, a w Krynicach tylko dawkę optymalną. Obydwie lokalizacje różniły się warunkami meteorologicznymi zarówno temperaturą powietrza, jak i sumą opadów.

Rozdział "Wyniki badań" zawiera dogłębną i wyczerpującą analizę uzyskanych rezultatów, zaprezentowanych w przygotowanych ze szczególną starannością tabelach. Wyniki badań zostały poddane szczegółowej analizie statystycznej, co ułatwiło ich interpretację. Zastosowane w badaniach techniki badawcze, umożliwiły zarówno określenie plonu kukurydzy, jak i jej cech biometrycznych (wysokości roślin, ilości kolb, stosunku masy zielonej do masy kolb, ilości rzędów ziarniaków), zawartości makroelementów: azotu ogółem, fosforu, potasu, magnezu, wapnia, siarki i sodu, a także mikroelementów: cynku, manganu, miedzi, żelaza, kadmu, arsenu, rtęci i ołowiu w kukurydzy; zawartości suchej masy i włókna, azotu ogółem, fosforu, potasu, magnezu i wapnia w kiszonce, a także zawartości makroelementów: azotu ogólnego, azotu mineralnego, fosforu, potasu, wapnia, magnezu i siarki oraz mikroelementów: cynku, manganu, miedzi, żelaza, chromu, kadmu, ołowiu, arsenu, rtęci i niklu w glebie. Analiza statystyczna uzyskanych wyników badań pozwoliła na jednoznaczne udowodnienie zaobserwowanych zmian między badanymi czynnikami i w istotny sposób podniosła wartość rozprawy, ułatwiając wyciągnięcie racjonalnych wniosków. Przejrzysty i jednocześnie precyzyjny sposób omówienia wyników badań świadczy o nabyciu określonych umiejętności i o bardzo dobrym merytorycznym przygotowaniu Doktorantki do zgłębiania problemów rozwiązywanych w ocenianej pracy.

Uzyskane wyniki badań poddano dyskusji z literaturą źródłową, skupiając się na ocenie efektywności nawozów na bazie popiołu, analizie ryzyka związanego z zawartością metali ciężkich i wnioskach praktycznych dla rolnictwa. Doktorantka porównała wyniki badań własnych z licznymi pozycjami literatury źródłowej, z których większość opublikowano w języku angielskim. Dyskusja uzyskanych wyników badań była prowadzona w sposób pozwalający na łatwe zrozumienie poruszanych problemów.

Rozprawę doktorską zakończono podsumowaniem i wnioskami, weryfikującymi założone cele i wnoszącymi do podjętej tematyki istotne wartości poznawcze.

W ostatnim rozdziale rozprawy doktorskiej zamieszczono bibliografię, cytowaną w rozdziałach: „Wprowadzenie”, „Przegląd literatury”, „Materiały i metody” oraz „Dyskusja”.

Najważniejszymi osiągnięciami Autorki rozprawy doktorskiej było stwierdzenie, że:

- 1) popiół ze spalania biomasy ma potencjał jako surowiec do produkcji nawozów

wieloskładnikowych; jego stosowanie może przyczynić się do poprawy efektywności nawożenia oraz wzrostu plonów roślin paszowych;

- 2) analiza obecności metali ciężkich w glebie oraz roślinach jest bardzo ważna; nawozy oparte na popiele są bezpieczne dla środowiska;
- 3) nadmierne stosowanie nawozów azotowych prowadzi do negatywnych skutków dla środowiska; dlatego zaleca się dostosowanie dawek nawozów azotowych do rzeczywistych potrzeb roślin, co może zwiększyć efektywność ich wykorzystania i zredukować zanieczyszczenie;
- 4) wykonane badania wskazują, że popiół ze spalania biomasy może być wartościowym i bezpiecznym składnikiem nawozów, wspierającym zrównoważony rozwój w produkcji rolniczej.

Do uwag, często o charakterze dyskusyjnym, które nasuwają się po przeanalizowaniu interesującej rozprawy doktorskiej i mogą być przydatne w przygotowaniu publikacji naukowych do druku można zaliczyć:

- w spisie treści zamieszczono błędną numerację stron i tytułu rozdziału 8 (jest „Wnioski” i str. 104, a powinno być „Podsumowanie i wnioski” i str. 113), rozdziału 10 (jest „Załączniki”, a powinno być „Załączniki - Tabele do omówienia wyników”), podrozdziału 3.2 (str. 37 - jest „Popiołów...”, a powinno być „Popioły...”), podrozdziału 3.4 (jest „Kiszonki z kukurydzy – sposób wytwarzania i znaczenie w żywieniu zwierząt”, a powinno być „Kiszonki z kukurydzy - wytwarzanie i znaczenie”) i podpodrozdziału 6.1.5. (jest „...ziarników...”, a powinno być „...ziarniaków...”, także na stronie 71).
- we „Wprowadzeniu” (str. 9) Doktorantka powołuje się na nieaktualne Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz. U. 2002 r. nr 165 poz. 1395); zostało ono zastąpione przez Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz.U. 2016 poz. 1395);
- w „Przeglądzie literatury” na stronach 29, 30, 43, 45 i 48 znajdują się bardzo długie fragmenty tekstu, w których nie zacytowano żadnej pozycji źródłowej;
- część „Przeglądu literatury” dotycząca przepisów prawnych wydaje się być nadmiernie rozbudowana,
- z tabeli 11 wynika, że odczyn/pH oznaczano także w roślinach i kiszonkach???

- zastanawiające jest, że w przypadku tabel zawierających wyniki z Krynicy Doktorantka wyciągnęła średnią arytmetyczną z jednego obiektu kontrolnego;
- podsumowanie jest nadmiernie rozbudowane, co utrudnia zorientowanie się, jaki wpływ mają zastosowane mieszanki nawozowe; z korzyścią dla jakości i przejrzystości podsumowania byłoby połączenie niektórych sformułowań, odnoszących się do różnych badanych parametrów, w przypadku których wykazano podobny lub wręcz identyczny wpływ mieszanek nawozowych;
- uwzględnienie wniosku jednoznacznie wskazującego, która z zastosowanych mieszanek nawozowych dała najlepsze wyniki w uprawie kukurydzy.

Wyżej zamieszczone sugestie mają charakter doprecyzowujący, redakcyjny i czasami dyskusyjny i nie obniżają mojej oceny rozprawy doktorskiej. Praca doktorska mgr inż. Urszuli Zimnoch ma charakter poznawczy i aplikacyjny. Doktorantka opanowała metodologię prowadzenia doświadczeń wegetacyjnych, analiz laboratoryjnych i wnikliwej interpretacji uzyskanych wyników badań, co zaowocowało przygotowaniem pracy doktorskiej. Zawiera ona wyniki badań, które wnosząc nowe wartości i poszerzając aktualny stan wiedzy mogą zostać wykorzystane w nawożeniu roślin uprawnych. Niezwykle cenne jest wykazanie, że popiół ze spalania biomasy może być wartościowym i bezpiecznym składnikiem nawozów, wspierającym zrównoważony rozwój w produkcji rolniczej. Mgr inż. Urszula Zimnoch zrealizowała założone cele badawcze, a oceniana rozprawa doktorska o logicznym i przejrzystym układzie została przygotowana z dużą starannością. Na szczególne podkreślenie zasługuje także wykorzystanie w pracy doktorskiej bogatej i bardzo dobrze dobranej literatury źródłowej.

Wniosek końcowy

Na podstawie przeprowadzonej oceny strony formalnej, metodycznej i merytorycznej rozprawy doktorskiej mgr inż. Urszuli Zimnoch pt. *"Ocena możliwości zastosowania popiołów z biomasy w mieszankach nawozowych oraz ich wpływ na plonowanie i parametry jakościowe roślin paszowych"* stwierdzam, że rozprawa stanowi oryginalne osiągnięcie naukowe i wnosi nowe elementy do badań naukowych. Praca doktorska spełnia wymogi stawiane kandydatom ubiegającym się o stopień naukowy doktora zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2023 r. poz. 742 z późniejszymi zmianami). Doktorantka realizując badania wykazała się wiedzą teoretyczną w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo oraz opanowała technikę prowadzenia badań polowych i

laboratoryjnych. Wnioskuje zatem do Rady Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie o dopuszczenie mgr inż. Urszuli Zimnoch do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie, biorąc pod uwagę wysoką jakość badań i wartość poznawczą rozprawy doktorskiej oraz aktualność problematyki badawczej, wnioskuje o wyróżnienie pracy doktorskiej mgr inż. Urszuli Zimnoch stosowną nagrodą.

Mirosław Wyszkowski
prof. dr hab. inż. Mirosław Wyszkowski