Warszawa, 01 sierpnia 2022 r.

prof. dr hab. Beata Rutkowska

Samodzielny Zakład Chemii Rolniczej i Środowiskowej

Instytut Rolnictwa

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. Aleksandry Załuszniewskiej

pt. "Wpływ mączki mięsno-kostnej na plonowanie i skład chemiczny roślin uprawnych oraz wybrane właściwości chemiczne gleby"

wykonanej w Katedrze Chemii Rolnej i Środowiskowej, Wydziału Rolnictwa i Leśnictwa, Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie

Podstawa opracowania recenzji

Recenzja została wykonana w odpowiedzi na pismo Pani prof. dr hab. Agnieszki Pszczółkowskiej Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie z dnia 8 lipca 2022 roku z informacją o powołaniu mnie na recenzentkę rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Załuszniewskiej wykonanej pod kierunkiem dr hab. inż. Anny Nogalskiej, prof. UWM.

Ocena problematyki badawczej podjętej w pracy

Przemysł, rolnictwo oraz gospodarka komunalna generują obecnie stale zwiększające się ilości odpadów, spośród których wiele może być wykorzystane w rolnictwie do celów nawozowych z uwagi na wysoką zawartość materii organicznej i/lub składników pokarmowych. Przyrodnicze wykorzystanie jest jedną z najbardziej preferowanych metod zrównoważonego gospodarowania odpadami. Takie działanie pozwala z jednej strony na utylizację odpadów, z drugiej natomiast przyczynia się do poprawy warunków wzrostu i rozwoju roślin poprzez podnoszenie żyzności gleby, przy jednoczesnym obniżeniu nakładów finansowych oraz środowiskowych związanych z zagospodarowaniem odpadów i stosowaniem nawożenia mineralnego.

Jedną z grup odpadów, które po odpowiednim przetworzeniu mogą być wykorzystywane w rolnictwie są powstające w przemyśle mięsnym odpady poubojowe. Odpady te charakteryzują się znaczną uciążliwością środowiskową, jednak poddanie ich odpowiednim procesom przeróbki pozwala na pozyskanie mączki mięsno-kostnej, która ze względu na swoje właściwości może być wykorzystywana w rolnictwie. W przeszłości, z uwagi na wysoką zawartość białka, mączki mięsno-kostne wykorzystywane były głównie na cele paszowe, jednak pojawienie się BSE (gąbczastej

encefalopatii) u bydła doprowadziło w 2003 roku do wprowadzenia zakazu stosowania mączek w żywieniu zwierząt rzeźnych. Obecnie ponownie możliwe jest krzyżowe stosowanie mączek mięsno-kostnych w żywieniu trzody chlewnej i drobiu.

Mączka mięsno-kostna jest produktem bogatym w substancję organiczną (50–80%), azot całkowity (67 g kg^{-1}), fosfor (40 g kg^{-1} i wapń (19 g kg^{-1}). W swoim składzie zawiera również inne makro- i mikroskładniki, takie jak potas (4 g kg^{-1}), magnez (2 g kg^{-1}), miedź (10 mg kg^{-1}), żelazo (510 mg kg^{-1}), mangan (3 mg kg^{-1}) i cynk (100 mg kg^{-1}) i in. W porównaniu do obornika mączki mięsno-kostne zawierają więcej N, P i Ca, mniej K i Mg oraz porównywalne ilości materii organicznej. Podobnie jak inne nawozy organiczne mączka mięsno-kostna jest nawozem o powolnym uwalnianiu składników pokarmowych uzależnionym od tempa procesu mineralizacji. Wysoka zawartość materii organicznej oraz wąski stosunek C/N wskazuje na pozytywny wpływ stosowania mączki mięsno-kostnej na fizyczne, chemiczne i mikrobiologiczne właściwości gleby. Tak więc mączka mięsno-kostna może być traktowana jako nawóz organiczny, który może uzupełniać lub zastępować nawożenie mineralne szczególnie w uprawie roślin o długim okresie wegetacji, które lepiej wykorzystują składniki pokarmowe z tego nawozu.

W związku z powyższym, podjęcie przez Panią mgr inż. Aleksandrę Załuszniewską badań dotyczących możliwości wykorzystania maczki mięsno-kostnej do celów nawozowych uważam za aktualne, interesujące i uzasadnione.

Formalna i merytoryczna ocena pracy

Przedstawiona do oceny rozprawa stanowi kompilację czterech spójnych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w latach 2020-2022 w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym (Journal of Elementology, Agronomy i Sustainability):

1. NOGALSKA A., ZAŁUSZNIEWSKA A. 2020. The effect of meat and bone meal applied without or with mineral nitrogen on macronutrient content and uptake by winter oilseed rape. Journal of Elementology, 25: 905-915. IF = 0,949; 40 pkt wg MNiSW i MEiN
2. ZAŁUSZNIEWSKA A., NOGALSKA A. 2020. The effect of meat and bone meal (MBM) on the seed yield and quality of winter oilseed rape. Agronomy, 10, 1952. IF = 3,417; 100 pkt. wg MNiSW i MEiN
3. NOGALSKA A., ZAŁUSZNIEWSKA A. 2021. The effect of meat and bone meal (MBM) on crop yields, nitrogen content and uptake, and soil mineral nitrogen balance. Agronomy, 11, 2307. IF = 3,417; 100 pkt wg MNiSW i MEiN
4. ZAŁUSZNIEWSKA A., NOGALSKA A. 2022. The effect of meat and bone meal (MBM) on phosphorus (P) content and uptake by crops, and soil available P balance in a six-year field experiment. Sustainability, 14, 2855. IF = 3,251; 100 pkt wg MNiSW i MEiN.

Sumaryczny IF publikacji, zgodnie z rokiem ich wydania, wynosi 11,034, a liczba punktów wg listy MNiSW i MEiN 340.

Wszystkie prace zostały przygotowane wspólnie z Panią Promotor. W dwóch artykułach Doktorantka jest pierwszym autorem i jednocześnie autorem korespondencyjnym. Zgodnie z oświadczeniami o współautorstwie stanowiącymi załącznik nr 6 do pracy udział Doktorantki w tych publikacjach był dominujący i wynosił 75%, a w dwóch pozostałych pracach udział ten wynosił 45%. Udział Doktorantki we wszystkich pracach polegał na współtworzeniu koncepcji badań, wykonywaniu analiz chemicznych, opracowywaniu wyników, wykonywaniu analiz statystycznych oraz przygotowaniu i poprawie artykułu.

W mojej opinii dobór artykułów naukowych w taki sposób, aby tworzyły rozprawę doktorską nie budzi zastrzeżeń i spełnia wymogi formalne stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk rolniczych, w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo. Prace stanowiące rozprawę, przed opublikowaniem w czasopismach naukowych, podlegały wnikliwym i rygorystycznym recenzjom i uzyskały pozytywne opinie, nie widzę zatem konieczności omawiania strony merytorycznej i edytorskiej tych prac w dalszej części mojej oceny.

Układ pracy jest typowy dla rozpraw przygotowywanych w oparciu o cykl spójnych tematycznie artykułów naukowych i składa się z: wykazu publikacji składających się na pracę doktorską, streszczenia w języku polskim i języku angielskim oraz siedmiu rozdziałów: 1. Wstęp, cel pracy i hipotezy badawcze, 2. Przegląd literatury, 3. Materiał i metody, 4. Wyniki i ich dyskusja, 5. Wnioski, 6. Literatura, 7. Załączniki. Jednocześnie rozdział 3 i 4 zawierają podrozdziały.

We **wstępie** Doktorantka zwraca uwagę na problem zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego dla stale zwiększającej się populacji ludzi na Ziemi wskazując na możliwość wykorzystania w nawożeniu roślin uprawnych biomasy odpadowej jako źródła makro- i mikroelementów. Jako przykład Autorka przytacza mączkę mięsno-kostną, która z uwagi na wysoką zawartość azotu i fosforu może być alternatywą dla nawozów naturalnych i mineralnych. Doktorantka wskazuje, że nawozowe wykorzystanie mączki mięsno-kostnej jest rozwiązaniem kompleksowym pozwalającym na zagospodarowanie uciążliwych odpadów, wtórne włączanie w obieg składników pokarmowych (N i P) oraz ograniczenie zużycia lub nawet całkowite zastąpienie nawozów mineralnych azotowo-fosforowych.

Celem pracy jest *ocena wpływu mączki mięsno-kostnej na plon i jakość roślin uprawnych (kukurydza kiszonkowa, pszenica ozima i rzepak ozimy) oraz na wybrane właściwości chemiczne gleby.* Realizując założony cel w pracy weryfikowano cztery hipotezy badawcze:

1. Mączka mięsno-kostna korzystnie wpływa na plonowanie kukurydzy kiszonkowej, pszenicy ozimej i rzepaku ozimego.
2. Zawartość i pobranie N i P przez kukurydzę kiszonkową, pszenicę ozimą i rzepak ozimy zależy od dawki mączki mięsno-kostnej.

3. Mączka mięsno-kostna wpływa na zwiększenie ilości fosforu przyswajalnego w glebie oraz zapobiega jej zakwaszeniu.
4. Mączka mięsno-kostna może zastąpić mineralne nawozy azotowo-fosforowe w uprawie roślin.

Uważam, że zarówno cel pracy jak i hipotezy badawcze są prawidłowo sformułowane.

W rozdziale **Przegląd literatury** Doktorantka dokonała charakterystyki roślin testowanych w badaniach własnych, przedstawiła problematykę produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego oraz możliwości rolniczego wykorzystania mączki mięsno-kostnej. Rozdział ten w zwięzły sposób wprowadza w problematykę badań podjętych w pracy.

W rozdziale **Materiał i metody** Pani mgr inż. Aleksandra Załuszniewska przedstawiła schemat doświadczenia, warunki glebowe, charakterystykę mączki mięsno-kostnej wykorzystanej do badań, metody analiz materiału roślinnego i glebowego oraz sposób statystycznego opracowania wyników. Badania nad możliwością nawozowego wykorzystania mączki mięsno-kostnej prowadzono w sześcioletnim doświadczeniu polowym w latach 2014-2019 na glebie płowej, w którym dwukrotnie w zmianowaniu uprawiano kukurydzę na kiszonkę, pszenicę ozimą i rzepak ozimy. Doświadczenie obejmowało pięć obiektów nawozowych w czterech powtórzeniach: 1. „0" – bez nawożenia, 2. NPK – wyłączne nawożenie mineralne (N – 158, P – 45 i K – 145 $kg \cdot ha^{-1}$), 3. 1,0 $Mg \cdot ha^{-1}$ MMK + N79, 4. 1,5 $Mg \cdot ha^{-1}$ MMK + N40, 5. 2,0 $Mg \cdot ha^{-1}$ MMK; w obiektach z mączką mięsno-kostną stosowano dodatkowe nawożenie potasem w dawce 145 kg K ha^{-1}. W przeprowadzonych badaniach zmierzono plon świeżej i suchej masy roślin uprawianych w doświadczeniu, a następnie w materiale roślinnym oznaczono zawartość N ogólnego i fosforu. Dodatkowo w biomasie rzepaku oznaczono zawartość K, Ca i Mg. Ponadto w nasionach rzepaku oznaczono zawartość tłuszczu surowego, kwasów tłuszczowych oraz włókna neutralno-detergentowego, włókna kwaśno-detergentowego oraz glukozynolanów. Obliczono pobranie N i P przez biomasę nadziemną wszystkich roślin oraz K, Ca i Mg przez biomasę nadziemną rzepaku ozimego, a także wykorzystanie N i P z nawozów. W próbkach glebowych oznaczono pH, zawartość azotu amonowego i azotanowego oraz zawartość fosforu przyswajalnego. Wszystkie analizy wykonano za pomocą metod powszechnie wykorzystywanych w badaniach chemiczno-rolniczych. Wyniki opracowano statystycznie z wykorzystaniem analizy wariancji ANOVA, do określenia istotności różnic w zakresie badanych cech w odniesieniu do materiału roślinnego i glebowego wykorzystano test Tukey'a przy poziomie istotności $P < 0,05$. Pod względem metodycznym praca została poprawnie zrealizowana, a schemat eksperymentu nie budzi zastrzeżeń od strony metodycznej. Przeprowadzone w doświadczeniu pomiary plonów oraz wyniki analiz chemicznych zostały poprawnie opracowane.

W rozdziale czwartym **Wyniki i ich dyskusja** Autorka przedstawiła najważniejsze spośród uzyskanych wyników badań. Rozdział ten w celu zwiększenia czytelności pracy podzielony został na siedem podrozdziałów: Plonowanie roślin, Zawartość i pobranie azotu przez rośliny, Zawartość i pobranie fosforu przez rośliny, Skład chemiczny rzepaku ozimego, pobranie K, Ca, Mg oraz plon białka i tłuszczu, Azot mineralny w glebie, Fosfor przyswajalny w glebie, pH gleby.

W rozdziale tym Autorka dokonała wnikliwej analizy i interpretacji uzyskanych wyników badań oraz w umiejętny sposób skonfrontowała je z rezultatami innych autorów o czym świadczy 70 pozycji literaturowych zamieszczonych w rozdziale 6. Literatura. Poszczególne podrozdziały zazębiają się ze sobą i stanowią kompendium wiedzy dotyczącej wpływu stosowania mączki mięsno-kostnej na plonowanie roślin i ich skład chemiczny oraz właściwości gleby.

Rozdział ten jest dobrze napisany i w sposób logiczny ilustruje wszechstronną znajomość tematu i stanowi wnikliwą ocenę wyników badań własnych na tle dotychczasowego stanu wiedzy. Świadczy to pozytywnie o umiejętnościach opracowania i przedstawiania wyników jakie Autorka posiada. Wyniki badań zawarte w tym rozdziale od strony formalnej są poprawnie omówione, a Doktorantka zestawiając dane eksperymentalne dokonała ich właściwej interpretacji. Zarówno dobór piśmiennictwa, jak i sposób prowadzenia dyskusji wyników świadczą o dobrej znajomości problematyki badawczej i o kompetencjach mgr inż. Aleksandry Załuszniewskiej do prowadzenia badań, a także o dużej umiejętności Doktorantki do analizy i interpretacji uzyskanych wyników badań. Za godny podkreślenia uważam fakt, że w treści rozdziału nie zamieszczono tabel z wynikami tylko odnośniki do poszczególnych publikacji wchodzących w skład ocenianej dysertacji, co z jednej strony pozwoliło na bardziej obszerny opis uzyskanych wyników, a z drugiej uniknięto podwójnego prezentowania tych samych wyników w postaci tabel zamieszczonych w publikacji i w treści rozprawy.

Na podstawie przeprowadzonych badań Doktorantka udowodniła, że mączka mięsno-kostna wywiera korzystny wpływ na plonowanie roślin i ich skład chemiczny, jest dobrym źródłem fosforu dla roślin, a jej stosowanie prowadzi do nagromadzania fosforu przyswajalnego w glebie. Uzyskane wyniki pozwoliły Autorce na sformułowanie dziesięciu **wniosków**, które odpowiadają postawionemu celowi badań i weryfikują hipotezy badawcze. Jednak w mojej opinii niektóre spośród wniosków mają charakter stwierdzeń określających działanie zastosowanego nawożenia na obiekty badawcze – rośliny testowe i glebę, dlatego też uważam, że wymagają one skrócenia i dopracowania.

Analizując rozprawę Pani mgr inż. Aleksandry Załuszniewskiej nasunęło mi się kilka pytań i wątpliwości na temat, których chętnie poznałabym opinię Doktorantki podczas publicznej obrony:

1. We wnioskach zabrakło mi ustosunkowania się do hipotezy badawczej nr 2 „Zawartość i pobranie N i P przez kukurydzę kiszonkową, pszenicę ozimą i rzepak ozimy zależy od dawki mączki mięsno-kostnej" - chociaż informacje na ten temat można odnaleźć w publikacjach stanowiących podstawę opracowania ocenianej dysertacji.
2. Dlaczego zawartość K, Mg i Ca oznaczano tylko w przypadku biomasy rzepaku ozimego, a nie oznaczano zawartości tych pierwiastków w pszenicy ozimej i kukurydzy? Przecież są one istotne zarówno przy ocenie wartości paszowej zielonki z kukurydzy jak i wartości żywieniowej ziarna pszenicy?
3. Dlaczego podczas statystycznego opracowania wyników dotyczących plonowania roślin oraz zawartości i pobrania N i P przez rośliny wykorzystano jednoczynnikową analizę wariancji, w

której nie uwzględniano wpływu lat badań na analizowane parametry roślinne? Jak wynika z tabeli 2 zamieszczonej w publikacji nr 3 warunki pogodowe w latach badań były bardzo zróżnicowane, co mogło mieć istotny wpływ na wartość badanych parametrów. Natomiast Wyniki dotyczące rzepaku ozimego (zawartości N, P, Mg, Ca i K, tłuszczu surowego, włókna surowego, kwasów tłuszczowych i glukozynolanów) poddano już dwuczynnikowej analizie wariancji powtarzanych pomiarów ANOVA. Czynnikiem grupującym była dawka MMK (5 obiektów), a powtarzanych pomiarów – rok prowadzenia badań (2 lata).

4. W przeprowadzonych badaniach szeroko omówiono wpływ mączki mięsno-kostnej na wybrane właściwości gleby - zawartość mineralnych form azotu, fosforu przyswajalnego i pH. Interesującym wydaje się jaki jest wpływ mączki mięsno-kostnej na pozostałe właściwości fizyko-chemiczne gleby.

Wniosek końcowy

Reasumując stwierdzam, że oceniana rozprawa doktorska zawiera bogaty materiał badawczy, w pełni oryginalny i nowatorski, rzetelnie opracowany, przedstawiony w sposób syntetyczny i uporządkowany. Przeprowadzone badania są istotne dla dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo, stanowią oryginalny wkład Autorki do ciągle jeszcze niepełnej wiedzy dotyczącej możliwości wykorzystania odpadów przemysłu mięsnego w nawożeniu roślin uprawnych, wnoszą także bezpośrednie wskazania dla praktyki rolniczej. Należy także podkreślić, że Doktorantka wykazała się dociekliwością w interpretacji wyników jak również dużą umiejętnością w zakresie prac laboratoryjnych i nowoczesnej techniki analitycznej.

Rozprawę doktorską mgr inż. Aleksandry Załuszniewskiej oceniam jednoznacznie pozytywnie i uznaję, że spełnia ona wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2003 r. Nr 65 poz. 595 z późn. zm.). W związku z powyższym wnioskuję do Wysokiej Rady Naukowej Dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie o dopuszczenie Pani mgr inż. Aleksandry Załuszniewskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie biorąc pod uwagę wysoki poziom merytoryczny rozprawy, dużą wartość poznawczą i aplikacyjną oraz jej formę w postaci czterech prac opublikowanych w renomowanych i uznanych wydawnictwach naukowych wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo UWM w Olsztynie o wyróżnienie pracy Pani mgr inż. Aleksandry Załuszniewskiej stosowną nagrodą.