

prof. dr hab. Beata Rutkowska
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Instytut Rolnictwa
Samodzielny Zakład Chemii Rolniczej i Środowiskowej
ul. Nowoursynowska 166
02-787 Warszawa

Warszawa, 03.08.2021

DZIEKANAT WYDZIAŁU
BIOTECHNOLOGII I OGRODNICTWA
Wpłynęło dnia10.08.2021r.....

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Anety Lisowskiej

nt. „Plonowanie kukurydzy oraz chemiczne i biologiczne właściwości gleby jako efekt
aplikacji pulpy siarkowej”

wykonanej w Katedrze Chemii Rolnej i Środowiskowej, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny,
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Podstawa formalno-prawna opracowania recenzji

Niniejsza opinia została opracowana w odpowiedzi na pismo prof. dr hab. inż. Marcina Rapacza, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie z dnia 28.06.2021 nr 5DWBiO 520.3.1/2021 wraz z informacją, że Rada Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie na posiedzeniu w dniu 23.06.2021 uchwałą nr 38/2021 powołała mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Anety Lisowskiej pt. „Plonowanie kukurydzy oraz chemiczne i biologiczne właściwości gleby jako efekt aplikacji pulpy siarkowej” wykonanej pod kierunkiem promotora prof. dr hab. Barbary Filipek-Mazur i promotora pomocniczego dr hab. inż. Moniki Tabak, prof. UR.

Ocena problematyki badawczej rozprawy

Siarka jest pierwiastkiem niezbędnym dla roślin wyższych, odgrywa istotną rolę w wielu procesach zachodzących w komórkach roślinnych, m.in. uczestniczy w reakcjach redoks, detoksykacji metali ciężkich, syntezie węglowodanów i lipidów, powstawaniu chlorofilu, wspomaga także odpowiedź roślin na stres.

Do niedawna siarka znajdowała się poza obszarem badań rolniczych i nie była uwzględniana przy ustalaniu potrzeb nawozowych roślin uprawnych. Przyczyną tego był znaczny stopień zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego związkami tego pierwiastka. Ilość siarki, jaka dostawała się do gleby z powietrza, niejednokrotnie przewyższała potrzeby pokarmowe roślin, a tym samym wywierała niekorzystny wpływ na ich rozwój. W związku z tym na początku lat 80. XX wieku podjęto liczne działania proekologiczne, które zaowocowały znaczną redukcją emisji związków siarki do atmosfery. Obecnie tak w Polsce jak i w wielu krajach europejskich obserwuje się deficyt siarki w glebach, który wynika zarówno z redukcji emisji tego pierwiastka do atmosfery jak i z ograniczenia zużycia nawozów naturalnych i organicznych, zmian w strukturze wykorzystania nawozów mineralnych czy też intensyfikacji upraw o zwiększonym zapotrzebowaniu na siarkę. Z tego względu

koniecznym stało się uzupełnianie niedoborów tego pierwiastka poprzez nawożenie. Zasoby siarki w glebie uzupełniać można nie tylko na drodze aplikacji nawozów mineralnych. Do tego celu można wykorzystywać również materiały pochodzenia odpadowego. Rolnicze wykorzystanie odpadów umożliwi odzysk składników pokarmowych przez rośliny, co jest zgodne z koncepcją gospodarki obiegu zamkniętego, której celem jest zrównoważone gospodarowanie zasobami oraz zmniejszenie obciążenia środowiska. Jednym z odpadów, który można wykorzystywać w celu uzupełniania siarki w agroekosystemie jest pulpa siarkowa. Odpad ten powstaje podczas odsiarczania spalin ze spalania paliw i biogazu uzyskanego w procesie fermentacji odpadów organicznych. Jedną z metod wykorzystywanych do oczyszczania biogazu jest metoda chelatowa, która pozwala na uzyskanie odpadu zawierającego około 80-90% siarki w formie elementarnej. Powstająca jako produkt uboczny pulpa siarkowa może być wykorzystywana w rolnictwie do uzupełniania niedoborów siarki w glebach lub może stanowić substrat do produkcji nawozów siarkowych.

W związku z obowiązującymi w Polsce przepisami coraz więcej oczyszczalni ścieków decyduje się na unieszkodliwianie powstających osadów ściekowych na drodze fermentacji metanowej, a powstający biogaz poddawany jest procesom odsiarczania. Dlatego też można przypuszczać, że ilość powstającej pulpy siarkowej będzie się systematycznie zwiększać, dlatego istnieje konieczność poszukiwania metod zagospodarowywania powstającego odpadu. Jednym z kierunków zagospodarowania pulpy siarkowej może być jej rolnicze wykorzystanie.

Z powyższych względów uważam, że podjęcie przez Autorkę w rozprawie doktorskiej problematyki dotyczącej wpływu aplikacji pulpy siarkowej na plonowanie roślin oraz właściwości gleby jest niezwykle cenne i aktualne, zarówno z punktu widzenia poznawczego, jak i aplikacyjnego.

Ocena formalna pracy

Oceniana dysertacja liczy łącznie 159 stron, w tym 30 tabel i 32 ryciny zamieszczone w tekście pracy. Spis wykorzystanej literatury obejmuje 360 pozycji, z czego ponad 70% to pozycje obcojęzyczne. Doktorantka treść rozprawy ujęła w ośmiu rozdziałach: 1. Wstęp i przegląd literatury, 2. Cel pracy, 3. Materiał i metody, 4. Wyniki i dyskusja, 5. Wnioski, 6. Literatura, 7. Streszczenie, 8. Summary. Treść rozprawy została szczegółowo podzielona na rozdziały i liczne podrozdziały wyodrębnione w spisie treści, co nadaje rozprawie dużą przejrzystość i ułatwia jej studiowanie. Tym bardziej, że poszczególne rozdziały pracy ściśle się zazębiają i stanowią kompendium wiedzy na temat możliwości rolniczego wykorzystania pulpy siarkowej. Tytuł pracy jest kompatybilny z treścią recenzowanej dysertacji. Praca napisana jest niezwykle starannie, poprawnym językiem w sposób pozwalający na dokładne śledzenie prowadzonych badań i analizę uzyskanych wyników, a drobne niefortunne sformułowania (np. ...istotnie największą wartością pH cechował się obiekt., lub też ...zaś istotnie najmniejszą obiekt... str. 68) czy błędy edycyjne (np. brak indeksów dolny/górny w zapisie form azotu np. NO_3^- zamiast NO_3^- , NH_4^+ zamiast NH_4^+ , NH_2 zamiast NH_2 , str. 120) zaznaczone w tekście nie obniżają wartości naukowej tego opracowania. Na podkreślenie zasługuje bardzo staranne przedstawienie i na ogół wyczerpujące omówienie zebranych wyników badań.

Merytoryczna ocena pracy

Rozprawa doktorska została przygotowana w oparciu o oryginalne wyniki uzyskane w ramach badań ankietowych oraz doświadczeń – inkubacyjnego i polowego. Tytuł pracy jest dobrze sformułowany i w pełni odpowiada treści recenzowanej dysertacji. Pierwszy rozdział stanowi **Wstęp i przegląd literatury**, w którym na 21 stronach Doktorantka szczegółowo omówiła problematykę obejmującą najważniejsze zagadnienia wchodzące w zakres badań własnych rozpoczynając od

charakterystyki siarki jako pierwiastka, poprzez fizjologiczną rolę siarki, przemiany siarki w środowisku oraz zasobność gleb Polski w siarkę wraz z czynnikami wpływającymi na zasobność gleby w ten pierwiastek. W rozdziale tym Autorka przedstawiła również nawozy i materiały odpadowe stanowiące źródło siarki dla roślin. Treść tego rozdziału jest trafnie dobrana i świadczy o dobrej znajomości literatury przedmiotu.

Drugi rozdział to **Cel pracy**, w którym Autorka w sposób bardzo syntetyczny ponownie przedstawia problematykę związaną ze znaczeniem siarki w agroekosystemie oraz możliwością wykorzystywania w rolnictwie materiałów odpadowych jako źródła siarki i materii organicznej. Na koniec tego rozdziału Doktorantka sformułowała cel badań, którym jest weryfikacja hipotezy badawczej o następującej treści: „wielkość produkcji pulpy siarkowej pochodzącej z procesu odsiarczania biogazu uzasadnia wykorzystanie tego odpadu jako surowca w procesach produkcyjnych, aplikacja pulpy siarkowej i jej mieszanin z materiałami organicznymi umożliwia równoczesne wzbogacenie gleb w łatwo dostępną siarkę i materię organiczną oraz wywiera korzystny wpływ na wielkość i skład chemiczny plonu kukurydzy, a stworzenie granulatu z pulpy siarkowej i materiału organicznego jest technicznie możliwe”. Uważam, że zgodnie z metodologią badań naukowych celem pracy nie może być weryfikacja hipotezy badawczej, dlatego też w mojej opinii, przygotowując pracę do druku Autorka powinna w sposób jednoznaczny sformułować cel badań.

Trzeci rozdział rozprawy **Materiał i metody** obejmuje zawarty na 32 stronach bardzo szczegółowy opis warunków przeprowadzonych badań i zastosowanej metodyki.

Doktorantka w ramach badań własnych przeprowadziła w latach 2018-2021 *badania ankietowe*, których celem było uzyskanie informacji na temat wielkości produkcji, właściwości oraz sposobu zagospodarowania pulpy siarkowej w wybranych 38 oczyszczalniach ścieków komunalnych o średnim dobowym przepływie ścieków nie mniejszym niż 50 000 m³, zlokalizowanych na terenie całej Polski. Jednocześnie Doktorantka przeprowadziła *doświadczenie inkubacyjne*, którego celem było określenie wpływu aplikacji dwóch różnych dawek pulpy siarkowej oraz jej mieszanin z obornikiem granulowanym, osadem pofermentacyjnym i biowęgłem na wybrane właściwości gleby bardzo lekkiej i ciężkiej. W badaniach tych, w ujęciu dynamicznym tj. po 0, 15, 30, 60, 120 i 240 dniach inkubacji oznaczano wartość pH gleby, zawartość siarki siarczanowej, zawartość węgla organicznego i aktywność dehydrogenaz w glebie. W latach 2018-2019 Doktorantka przeprowadziła *doświadczenie polowe*, w którym oceniała wpływ aplikacji pulpy siarkowej oraz jej mieszanin z obornikiem granulowanym, kompostem z odpadów zielonych i biowęgłem na plonowanie kukurydzy odmiany San oraz zawartość azotu i siarki w biomasie rośliny testowej, a także wpływ w/w wariantów nawozowych na wybrane właściwości gleby: pH, zawartość siarki siarczanowej i węgla organicznego. Doktorantka przeprowadziła również badania dotyczące *opracowania granulatu* nawozowego na bazie pulpy siarkowej i obornika granulowego bydłęcego. Autorka przedstawiła szczegółowe opisy schematów poszczególnych doświadczeń oraz informacje dotyczące charakterystyki poszczególnych odpadów wykorzystywanych w badaniach, właściwości gleb i przebiegu pogody w latach prowadzonych badań. W sposób szczegółowy Autorka przedstawiła metodykę prowadzenia poszczególnych doświadczeń, pobierania próbek gleby i roślin do analiz chemicznych oraz bardzo szczegółowo opisała metodykę oznaczeń laboratoryjnych. Analiza zastosowanej przez Doktorantkę metodyki badawczej wskazuje, że zakres i dobór metod analitycznych jest właściwy i zgodny z obowiązującymi w tym zakresie normami, a opis przeprowadzonych badań oraz postępowania analitycznego jest dostatecznie przejrzysty i szczegółowy. Otrzymane wyniki badań ankietowych oraz analiz chemicznych zostały opracowane statystycznie poprzez obliczenie wartości średniej, maksymalnej i minimalnej oraz odchylenia standardowego dla wyników badań ankietowych i

dotatkowo jednoczynnikowej analizy wariancji dla wyników z doświadczenia inkubacyjnego i polowego.

Zastosowana w pracy metodyka badań jest potwierdzona w światowej i krajowej literaturze i świadczy o właściwym opanowaniu przez Autorkę warsztatu badawczego.

W rozdziale czwartym **Wyniki i dyskusja** Doktorantka na 60 stronach omówiła i przedyskutowała z literaturą uzyskane wyniki badań. W rozdziale tym Autorka w umiejętny sposób konfrontuje wyniki badań własnych z rezultatami innych autorów i dotychczasowym stanem wiedzy, co wskazuje na Jej dojrzałość naukową. Otrzymane wyniki badań Doktorantka przedstawiła w postaci liczbowej w 13 poprawnie skonstruowanych tabelach oraz na 15 czytelnych rycinach i jednej fotografii. Rozdział ten jest napisany w sposób bardzo przejrzysty i zrozumiały, mam jedynie zastrzeżenia do rysunków 21-26, które stanowią graficzne przedstawienie danych liczbowych zamieszczonych w tabelach 19-25. Jest ogólnie przyjęte, że w pracach naukowych wykresy nie powinny być powtórzeniem danych zamieszczonych w tabelach. Również tytuły tych rysunków w mojej opinii wymagają poprawy. Przykładowo na stronie 70 jest: Ryc. 21. Kierunek zmian wartości pH_{KCl} gleby bardzo lekkiej w trakcie doświadczenia inkubacyjnego, a powinno być Ryc. 21. Zmiany wartości pH_{KCl} gleby bardzo lekkiej w trakcie doświadczenia inkubacyjnego.

Zarówno dobór piśmiennictwa jak i sposób przeprowadzenia dyskusji wyników świadczą o dobrej znajomości problematyki badawczej i o kompetencjach Doktorantki do prowadzenia badań oraz dużej umiejętności analizy otrzymanych danych. Przeprowadzone badania, ich opis i analiza wyników, a także ich konfrontacja z innymi pracami naukowymi w tym zakresie pozwoliła Autorce sformułować 11 wniosków o charakterze poznawczym dotyczących możliwości nawozowego wykorzystania pulpy siarkowej, które jednak w mojej opinii w przeważającej większości mają charakter stwierdzeń określających działanie zastosowanych czynników doświadczalnych na obiekty badawcze – glebę i roślinę testową. Dlatego też uważam, że wnioski wymagają dopracowania i przerehabilitacji w czasie przygotowywania pracy do druku.

Wyniki badań dowiodły, że:

- wielkość produkcji oraz właściwości pulpy siarkowej pochodzącej z procesu odsiarczania biogazu uzasadniają wykorzystanie tego odpadu w rolnictwie jako źródła siarki dla roślin lub wytwarzanie granulatów nawozowych na bazie mieszanin pulpy siarkowej z innymi organicznymi materiałami odpadowymi;
- aplikacja pulpy siarkowej i jej mieszanin z materiałami organicznymi umożliwia wzbogacenie gleby w łatwo dostępną siarkę, jednak może prowadzić do obniżenia wartości pH gleby i ograniczyć jej aktywność enzymatyczną;
- możliwe jest wytwarzanie granulatu z pulpy siarkowej i odpadowych materiałów organicznych, jednak konieczne są dalsze prace w celu opracowania technologii pozwalającej na uzyskanie produktu o pożądanym cechach jakościowych.

Jednocześnie z uwagi na niekorzystne warunki pogodowe panujące w trakcie prowadzenia badań nie wykazano jednoznacznego wpływu aplikacji pulpy siarkowej i jej mieszanin z materiałami odpadowymi na plonowanie oraz zawartość azotu i siarki w biomasie kukurydzy.

Reasumując stwierdzam, że oceniana rozprawa doktorska zawiera bogaty materiał badawczy, w pełni oryginalny i nowatorski, rzetelnie opracowany, przedstawiony w sposób systematyczny. Zamieszczone w recenzji uwagi w żadnym stopniu nie obniżają wartości merytorycznej pracy, którą oceniam bardzo wysoko. Stanowi ona oryginalny wkład Autorki do ciągle jeszcze niepełnej wiedzy dotyczącej możliwości uzupełniania niedoborów siarki w agrosystemie przy jednoczesnym

zagospodarowaniu różnych odpadów. Na podkreślenie zasługuje również fakt, że praca oprócz czysto poznawczych walorów posiada również znaczenie praktyczne.

Wniosek końcowy

Na podstawie przeprowadzonej oceny formalnej i merytorycznej rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Anety Lisowskiej pt. „Plonowanie kukurydzy oraz chemiczne i biologiczne właściwości gleby jako efekt aplikacji pulpy siarkowej” wykonanej pod kierunkiem promotora – prof. dr hab. Barbary Filipek-Mazur i promotora pomocniczego – dr hab. inż. Moniki Tabak, profesora UR stwierdzam, że praca stanowi oryginalne osiągnięcie naukowe i wnosi do nauk rolniczych wiele nowych aspektów zarówno poznawczych jak i użytkowych. Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska spełnia wszystkie wymogi określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 Nr 65 poz. 595 z późn. zm). zgodnie z Art. 175 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.), zgodnie z ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.) i Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin artystycznych.

W związku z powyższym przedkładam Wysokiej Radzie Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie wniosek o dopuszczenie Pani mgr inż. Anety Lisowskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



prof. dr hab. Beata Rutkowska