

Prof. dr hab. inż. Stanisław Baran
Instytut Gleboznawstwa, Inżynierii
i Kształtowania Środowiska
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr inż. Sławomira Rybki
pt.:
OCENA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA POPIOŁU Z KOMUNALNYCH
OSADÓW ŚCIEKOWYCH DO NAWOŻENIA WYBRANYCH GATUNKÓW
ROŚLIN NA CELE ENERGETYCZNE
wykonanej na
Wydziale Biologiczno-Rolniczym Uniwersytetu Rzeszowskiego w Rzeszowie
Promotor: prof. dr hab. inż. Czesław Puchalski

1. Podstawa wykonania recenzji

Niniejsza recenzja została wykonana w odpowiedzi na pismo Pana Dziekana Wydziału Biologiczno-Rolniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego, prof. dr hab. inż. Czesława Puchalskiego wraz z informacją, że decyzją Rady Wydziału Biologiczno-Rolniczego z dnia 26 września 2017 roku zostałem powołany na recenzenta przedłożonej rozprawy doktorskiej.

2. Ocena problematyki badawczej rozprawy

Komunalne osady ściekowe powstają jako odpad w procesie oczyszczania ścieków komunalnych. W świetle systematycznego zwiększenia się liczby ludności oraz stosowania coraz bardziej efektywnych technologii oczyszczania ścieków, ilość osadów ściekowych systematycznie się zwiększa. W latach 2005-2015 ilość komunalnych osadów ściekowych zwiększyła się o 17%, a ich wykorzystanie w rolnictwie zwiększyło się o 63%, w uprawie roślin przeznaczonych do produkcji kompostu o 85%, natomiast w rekultywacji gruntów zdegradowanych zmniejszyło się 6-ciokrotnie. Termiczne przekształcanie osadów ściekowych zwiększyło się 13-krotnie, a składowanie zmniejszyło się 3,7 razy. Powyższe tendencje zmian w gospodarce komunalnymi osadami ściekowymi wpisują się w założenia Krajowego Planu Gospodarki Odpadami, które obejmują: ograniczenie ich składowania,

wykorzystanie przyrodnicze, w tym substancji organicznej i składników biogenych, przy zachowaniu bezpieczeństwa chemicznego i sanitarnego, a także przekształcenia metodami termicznymi. Należy jednak podkreślić, że sposoby te kształtują różne efekty gospodarczo-środowiskowe oraz generują zróżnicowane koszty, stąd zasadnym jest, aby wiązać je również ze specyfiką regionów kraju.

W racjonalnej gospodarce odpadami winna być przestrzegana zasada zrównoważonego rozwoju: *co zostało ze środowiska zabrane, winno do niego wrócić*. Nie przestrzeganie tej zasady jest przyczyną wieloczynnikowej degradacji środowiska, szczególnie glebowego, z których bardzo groźną dla łańcucha troficznego jest „wyjałowienie gleby ze składników pokarmowych i naruszenie równowagi jonowej”. Zasady te są również zgodne z przyjętymi normami prawnymi w UE m.in. w założeniach zawartych w Komunikacie Komisji do Parlamentu Europejskiego, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów „*Ku gospodarce o obiegu zamkniętym „zero odpadów”*”, mocno również akcentowane przez Autora niniejszej rozprawy doktorskiej.

Termiczne przekształcanie komunalnych osadów ściekowych, coraz bardziej widoczne w ich gospodarce, to działania zmierzające do ich unieszkodliwiania, w tym odzysku energii, a także z postrzeganiem popiołów jako surowca do odzysku związków fosforu. Należy jednak podkreślić, że termiczne przekształcenia osadów ściekowych nie znajdują należytego umocowania w przepisach prawnych, a istniejące, często ze sobą nie korespondują. Przykładem jest istnienie dwóch definicji biomasy w rozporządzeniach:

- Ministra Środowiska w sprawie standardów emisyjnych z instalacji (Dz. U. Nr 260, poz. 2018 2005), wykorzystywane w celu ustalania warunków środowiskowych związanych z wprowadzaniem gazów i pyłów do powietrza, w myśl którego, osady ściekowe nie są zaliczane do biomasy, a proces ich termicznego przekształcania należy traktować jako przekształcanie odpadów.
- Ministra Gospodarki (Dz. U. Nr 156, poz. 969 2008), które służy potrzebie rozliczania udziału energii pochodzącej z odnawialnych źródeł energii – osady ściekowe zalicza do biomasy.

Ponadto w rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie odzysku R10 (Dz. U. poz. 132, 2015) nie uwzględniono odpadów o kodzie 19 01 14 – popioły po termicznej obróbce odpadów, w tym komunalnych osadów ściekowych, co uniemożliwia ich *obróbkę na powierzchni ziemi przynoszącą korzyści dla rolnictwa lub poprawę stanu środowiska* (odzysk R10).

Ponadto, wykorzystanie popiołów do produkcji nawozu mineralnego lub mineralnego środka wspomagającego uprawę roślin, w świetle rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 roku w sprawie wykonywania przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu (Dz. U. Nr 119, poz. 765 z póź. zm.), wymaga pozwolenia ministra właściwego do spraw rolnictwa. Aby je uzyskać należy przedstawić kompleksowe wyniki badań potwierdzających taką przydatność oraz opinie IUNG-PIB o spełnieniu wymagań jakościowych i przydatności produktu.

Powyższa analiza wskazuje, że w zakresie termicznej obróbki komunalnych osadów ściekowych, a szczególnie z bezpiecznym postępowaniem z odpadami powstającymi w tym procesie, potrzebna jest legislacja przepisów prawnych, do czego niezbędna jest nowa wiedza merytoryczna.

W powyższym świetle, wysoko należy ocenić trafność wyboru tematyki badań, ich realizację oraz uzyskane wyniki, przedstawione do oceny w niniejszej rozprawie doktorskiej.

3. Formalna ocena rozprawy

Tytuł rozprawy odzwierciedla jej treść i analizowane zagadnienia.

Rozprawa doktorska przedstawiona jest na 182 stronach opracowania zwięzłego, w którym oprócz tekstu, zestawienia obszernej literatury, obejmującej 159 pozycji naukowych, w tym 40% trafnie dobranych opracowań obcojęzycznych, 7 Polskich Norm i 6 rozporządzeń prawnych, zamieszczono bogaty materiał dokumentacyjny w postaci 69 tabel i 19 rysunków.

Całość rozprawy stanowi 11 rozdziałów: **Wstęp; 1. Cel pracy; 2. Właściwości fizykochemiczne osadów ściekowych; 3. Kryteria i uwarunkowania prawne stosowania osadów ściekowych na cele rolnicze; 4. Termiczne sposoby**

przekształcania komunalnych osadów ściekowych i ich charakterystyka; 5. Technologia uprawy miskanta; 6. Technologia uprawy kukurydzy; 7. Materiał i metody badań – opis modeli doświadczalnych; 8. Wyniki z doświadczenia laboratoryjnego; 9. Wyniki z doświadczenia polowego; 10. Dyskusja; 11. Wnioski. Pracę uzupełniają: *Spis literatury; Spis tabel i rysunków* oraz *Streszczenia* w języku polskim i angielskim.

Rozdziały: 7. Materiał i metody badań – opis modeli doświadczalnych; 8. Wyniki z doświadczenia laboratoryjnego; 9. Wyniki z doświadczenia polowego, stosownie do prezentowanych treści, podzielone zostały na podrozdziały 1-go rzędu, co zwiększa przejrzystość pracy i ułatwia jej studiowanie.

Podkreślić należy, że udział poszczególnych rozdziałów w objętości pracy jest racjonalnie wyważony, stosownie do roli danego problemu w realizacji celu pracy.

Poszczególne rozdziały ustawione są w logicznej sekwencji, co świadczy o przemyślanej koncepcji opracowania i sprawia, że przedłożona dysertacja stanowi ciekawe kompendium wiedzy dotyczącej oceny wpływu różnych dawek popiołu ze spalania komunalnych osadów ściekowych oraz nawożenia azotem na kształtowanie właściwości gleby oraz plonowanie i właściwości uprawianych roślin testowych (miskant, kukurydza) na cele energetyczne.

Uzasadnionym jednak jest: włączenie *Wstępu* do struktury rozdziałów; wyodrębnienie rozdziału *Przegląd literatury* i włączenie do niego, jako podrozdziały, rozdziałów: 2, 3, 4, 5, 6; zmiana sformułowania: *doświadczenie laboratoryjne* na *doświadczenie wazonowe*, zmiana tytułu rozdziału 7. *Materiał i metody badań – opis modeli doświadczalnych*; na *Materiał i metody badań*.

Język generalnie jest poprawny. Tabele i rysunki opracowane są starannie, co ułatwia analizę rezultatów badań.

Literatura zamieszczona w pracy jest bogata i cytowana poprawnie. Cennym jest uwzględnienie, aczkolwiek nie w pełnym zakresie, przepisów prawnych ściśle związanych z omawianą problematyką badawczą.

Statystyczne opracowanie wyników podnosi wartość rozprawy, dając podstawę do ich właściwej analizy i sprecyzowania racjonalnych wniosków.

Wnioski mają charakter trafnie sformułowanych uogólnień opisowych.

4. Merytoryczna ocena rozprawy

Tematykę badań będących treścią rozprawy doktorskiej Autor nakreśla we wstępie, akcentując problemy związane z systematycznie zwiększającą się ilością komunalnych osadów ściekowych i nie zawsze racjonalną ich gospodarką. Zwraca przy tym uwagę na systematycznie zwiększające się ilości komunalnych osadów ściekowych poddawanych termicznej utylizacji, co poszerza racjonalne ich zagospodarowanie związane z pozyskaniem energii, a nade wszystko odzyskiem cennych pierwiastków, głównie fosforu. Odzysk fosforu i wykorzystanie go do produkcji nawozów wpisuje się w zasadę zrównoważonego rozwoju związanego z nadmierną eksploatacją rud tego pierwiastka, których zasoby szacuje się na ok. 100 lat. Zwraca również uwagę na potrzebę wykorzystania fosforu i innych cennych pierwiastków zawartych w popiele ze spalania komunalnych osadów ściekowych do kształtowania właściwości produkcyjnych gleb.

Na tle tych rozważań formułuje hipotezę, że *popiół z termicznej utylizacji komunalnych osadów ściekowych może być stosowany jako źródło cennych składników odżywczych do nawożenia roślin uprawianych na cele energetyczne, w tym kukurydzy zwyczajnej i miskanta olbrzymiego.*

Nawiązując do hipotezy badawczej, precyzuje cele badań, które dotyczyły oceny wpływu różnych dawek popiołu ze spalania komunalnych osadów ściekowych i nawożenia azotem zastosowanych do gleby na:

- Kształtowanie odczynu, zawartości makroskładników i metali ciężkich w glebie.
- Plonowanie i cechy biometryczne (wysokość, średnica łodyg, rozkrzewienie) uprawianych roślin testowych (miskant i kukurydza).
- Zawartość w roślinach makroskładników, metali ciężkich, wody i popiołu oraz ich wartość opałową.

Mgr inż. Sławomir Rybka stosownie do przyjętych celów badań, w oparciu o dotychczasową literaturę, omawia na tle literatury (rozdziały: 2, 3, 4, 5, 6 - str. 7-40) właściwości i gospodarkę komunalnymi osadami ściekowymi, akcentując zagadnienia:

- Właściwości fizyko-chemiczne osadów ściekowych i sposoby ich zagospodarowania.

- Kryteria i uwarunkowania prawne stosowania osadów ściekowych na cele rolnicze.
- Termiczne metody przekształcania komunalnych osadów ściekowych i ich charakterystyka.
- Technologia uprawy miskanta i jego pozaenergetyczne wykorzystanie.
- Technologia uprawy kukurydzy na kiszonkę.

Wybór i sekwencja omawianych problemów, istotnych dla gospodarki osadami ściekowymi dowodzi, że Doktorant przeprowadził szeroką i merytoryczną analizę dotychczasowych wyników badań. Charakteryzując właściwości chemiczne komunalnych osadów ściekowych i ich gospodarkę, zwraca uwagę na konieczność przestrzegania obowiązującego w tym zakresie prawa, które wymusza i wymusza będzie racjonalne i bezpieczne sposoby zagospodarowania i unieszkodliwiania tych odpadów. Szczegółnej analizie, co jest zbieżne z tematem rozprawy doktorskiej, poddaje proces termicznego przekształcania odpadów, charakteryzując monospalanie i współspalanie oraz procesy: zgazowanie, pirolizę i technologie plazmowe. Zwraca przy tym uwagę na potrzebę wykorzystania popiołu ze spalania odpadów do odkwaszania gleb oraz jako źródło pierwiastków pożytecznych (P, K, Mg), a także negatywnych - metali ciężkich, odnosząc się do odzysku R10, co uzasadnia realizację badań, których celem jest uzyskanie nowej wiedzy w tym zakresie.

Podkreślić należy, że analiza ta jest merytoryczna, a jej zakres trafnie dobrany, co w pełni wpisuje się w zagadnienia będące tematem rozprawy doktorskiej, a także wskazuje, że wiedza w tej kwestii jest niedostateczna. Było to (jak sądzę), inspiracją do wyboru celu i zakresu badań przedstawionych w rozprawie doktorskiej.

Zakres i opis realizowanych badań przedstawiono w rozdziale 7. **Materiał i metody badań – opis modeli doświadczalnych** (str. 41-67). Na całość badań składa się:

Doświadczenie wazonowe (realizacja w roku 2014), w ramach którego do gleby (pobranej z terenu przyszłego doświadczenia polowego), kompleksu pszennego wadliwego, IV klasy bonitacyjnej, umieszczonej w wazonach o wymiarach: 15 cm x 15 cm x 20 cm zastosowano:

- popiół ze spalania komunalnych osadów ściekowych z Zakładu Termicznej Utylizacji Osadów Ściekowych Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji S.A. w Krakowie, w dawkach: dla miskanta: 1,85, 3,7, 7,14 Mg/ha (4,16, 8,32, 16,64 g/wazon) i kukurydzy: 2,0; 4,0; 6,0 Mg/ha (4,54; 9,04; 18,98 g/wazon).
- Nawożenie azotem (saletra amonowa) w dawkach: dla miskanta: 45 i 90 kgN/ha (0,1 i 0,2 gN/wazon) i kukurydzy: 70 i 140 kgN/ha (0,16 i 0,32 gN/wazon).
- Obiektem kontrolnym była gleba bez badanych dodatków.

Każdy wariant doświadczenia był realizowany w trzech powtórzeniach. Przy ustalaniu dawek popiołu przyjęto zawartość w nim potasu, a poziom nawożenia azotem uwzględniał wymagania uprawianych roślin. Wielkość dawek popiołu i azotu na wazon obliczono uwzględniając ich powierzchnię. Wyniki z doświadczenia wazonowego posłużyły do ustalenia racjonalnego zakresu dawek popiołu i azotu do testowania w doświadczeniu polowym.

Doświadczenie polowe (realizacja w latach 2015 i 2016), w ramach którego do gleby zastosowano:

- popiół ze spalania komunalnych osadów ściekowych jednorazowo w dawkach: dla miskanta 1,85 i 3,7 Mg/ha i kukurydzy 2,0 i 4,0 Mg/ha.
- Nawożenie azotem (saletra amonowa), każdego roku w dawkach: dla miskanta 45 i 90 kgN/ha i kukurydzy 70 i 140 kgN/ha.
- Obiektem kontrolnym była gleba bez badanych dodatków.

Każdy wariant doświadczenia realizowany był w trzech powtórzeniach na poletkach o powierzchni 30 m² każde. W każdym roku na poletkach uprawiano w monokulturze *miskant olbrzymi* i kukurydzę odmiany *Reduta*, rejestrując plon ich części zielnych oraz ziarna kukurydzy oraz określając ich właściwości biometryczne (wysokość, średnica łodyg, rozkrzewienie). W każdym roku pobierano próbki gleby i uprawianych roślin do badań laboratoryjnych.

Badania laboratoryjne. Materiał (gleba, rośliny, popiół) uzyskany z realizowanych doświadczeń poddano analizie laboratoryjnej oznaczając:

- W popiele: wartość pH w KCl oraz całkowitą zawartość: N, P, K, Ca, Mg, Pb, Ni, Cu, Cr, Zn, Cd, Hg.
- W glebie: wartość pH w H₂O i KCl, zawartość form przyswajalnych: P, K, Mg, zawartość całkowitą: Mn, Cu, Zn, Ni, Cd, Pb.
- W roślinach: zawartość P, K, Ca, Mg, N, S, C, Zn, Cu, Ni, Cd, wody, popiołu oraz wartość opałową.

Uzyskane wyniki, stosownie do analizowanego problemu badawczego, obliczono statystycznie i opracowano graficznie.

Podkreślić należy, że wybór obiektów badań – wariantów doświadczenia oraz ich realizacja nie budzą zastrzeżeń. Zostały one ambitnie sformułowane i konsekwentnie realizowane. Zastosowana metodyka jest dostosowana do celu badań oraz sprawdzenia hipotezy badawczej. Przyjęty sposób obliczania wielkości dawek popiołów na podstawie zawartości w nim potasu i wymagań uprawianych roślin jest w pełni uzasadniony. Cennym jest, że zakres racjonalnych dawek popiołu do realizacji doświadczenia polowego ustalono w oparciu o wyniki uzyskane w ścisłym doświadczeniu wazonowym, co jest właściwą sekwencją badań dotyczących oceny przydatności odpadów do zagospodarowania przyrodniczego.

Cennym dla pełnego wyjaśnienia wpływu badanego popiołu na środowisko glebowo-roślinno-wodne byłoby oznaczenie w nim zawartości pierwiastków rozpuszczalnych w wodzie (prawny test podatności na wymywanie), porównanie ich oddziaływania z nawożeniem organicznym, ocena zmian właściwości sorpcyjnych gleby, a także analiza zawartości metali ciężkich wyszczególnionych w rozporządzeniu ministra środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz. U. z 2015 r. poz. 257). Nie są to uwagi, ale propozycja przyszłych badań, gdyż moim zdaniem warto kontynuować.

Omówienie uzyskanych wyników badań Autor przedstawił w rozdziałach: **8. Wyniki z doświadczenia laboratoryjnego** i **9. Wyniki z doświadczenia polowego** (str. 68 - 153). Zachowano tu właściwe proporcje w omawianiu oddziaływania popiołu i nawożenia azotowego na kształtowanie właściwości gleby i uprawianych roślin. Cennym jest, że jakość gleby i uprawianych roślin oceniano jako wynik pozytywnego wpływu dawek popiołu i nawożenia azotowego na zawartość składników biogennych

(P, K, Mg) oraz jej zdolności produkcyjne (plonowanie roślin i ich wskaźniki biometryczne), a także jako oddziaływanie negatywne (zawartość metali ciężkich), mające umocowanie w przepisach prawnych.

Autor w interpretacji uzyskanych wyników badań skupiał się na ocenie wpływu dodatku popiołu i nawozu azotowego na zawartość składników biogennych, głównie N, P, K, co znajduje potwierdzenie w treści hipotezy badawczej. Interesująca byłaby również ocena zmian zawartości innych analizowanych makropierwiastków.

Szkoda, że nie analizowano zawartości tych samych pierwiastków w popiele, glebie i roślinach, a także nie omówiono wzajemnych zależności między nimi, co stanowiłoby o jeszcze większej wartości merytorycznej efektów niniejszych badań.

W rozdziale **Dyskusja**, Autor omawiając wyniki badań własnych, prowadzi merytoryczną ich dyskusję z danymi zawartymi w cytowanej literaturze, wskazując na prawidłowości i wyjaśniając rozbieżności. Dyskusja ta dotyczy głównie plonowania roślin testowych, wartości opałowej plonu oraz zawartości metali ciężkich w glebie i roślinach, a szkoda, gdyż można było ją rozwinąć na inne analizowane pierwiastki.

Wnioski są odzwierciedleniem rezultatów badań i korespondują z nakreślonym ich celem oraz hipotezą badawczą. Uzasadnionym jednak byłoby: wprowadzenie wniosku charakteryzującego właściwości popiołu; połączenie wniosków: 6 z 7, 8 z 9, 10 z 11, 12 z 13, co bardziej uwidoczniłoby wpływ gatunku rośliny oraz zredagowanie wniosku podsumowującego przeprowadzone badania.

W sumie przedstawiona rozprawa doktorska jest znaczącą pozycją naukową prezentującą wiedzę dotyczącą wpływu dodatku popiołu ze spalania komunalnych osadów ściekowych oraz nawożenia azotem na kształtowanie właściwości gleby, plonowanie i jakość plonu oraz wskaźniki biometryczne roślin testowych (miskanta i kukurydzy). Badania w niej zaprezentowane, w dużej mierze nowatorskie posiadają istotne wartości poznawcze.

Nowa wiedza powstała w wyniku realizacji ocenianych badań to:

- Stwierdzenie zróżnicowanego wpływu dawek popiołu i azotu na plonowanie roślin testowych, najkorzystniejsze w warunkach stosowania 3,7 Mg/ha popiołu i 45 kg/ha N dla miskanta oraz 4,0 Mg/ha popiołu i 140 kg/ha N dla kukurydzy.

- Udokumentowanie zwiększonego plonowania miskanta o 38,8% i kukurydzy o 19,18% oraz wskaźników biometrycznych odpowiednio o: wysokości roślin 26,60% i 35,51% oraz grubości łodyg 25,37 i 16,23%.
- Udokumentowanie zbliżonej wartości opałowej badanych roślin testowych.
- Stwierdzenie wpływu dodatku popiołu i nawożenia azotem na zwiększenie zawartości makroelementów w zakresie: 74,44 - 89,66% dla miskanta i 26,94 – 71,67% dla kukurydzy oraz zawartości metali ciężkich w zakresie: 31,58 – 85,98% dla miskanta i 26,22 - 83,33% dla kukurydzy.
- Stwierdzenie wpływu dodatku popiołu i nawożenia azotem na zwiększenie zawartości makroelementów w glebie w zakresie: 32,71 – 83,83% pod uprawą miskanta i 34,77-83,63% pod uprawą kukurydzy.
- Stwierdzenie wpływu dodatku popiołu i nawożenia N na zwiększenie zawartości metali ciężkich w glebie w zakresie: 10,77 – 76,28% pod uprawą miskanta i 9,21 – 68,45% pod uprawą kukurydzy, ale były to wartości poniżej referencyjnych.

Uzyskane rezultaty badań poszerzają wiedzę dotyczącą wpływu popiołu ze spalania komunalnych osadów ściekowych na analizowane właściwości środowiska glebowo-roślinnego. Nie mogą jednak stanowić jednoznacznej podstawy gwarantującej bezpieczeństwo środowiskowe.

Cennym jest, że uzyskane rezultaty wskazują na potrzebę dalszych badań (test podatności na wymywanie, porównanie ich oddziaływania z nawożeniem organicznym, ocena właściwości sorpcyjnych, analiza zawartości metali ciężkich wyszczególnionych w rozporządzenie ministra środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych - Dz. U. poz. 257, 2015), celem uzyskania kompleksowej wiedzy, koniecznej do usankcjonowania prawnego przyrodniczego wykorzystania badanego popiołu. Działania takie są niezbędne, bowiem odpady te nie są objęte odzyskiem R10, ani też w świetle dotychczasowej wiedzy, nie mogą być traktowane jako nawóz mineralny czy mineralny środek wspomagający uprawę roślin.

Studiując tę interesującą rozprawę, nasunęły mi się uwagi, które z obowiązku recenzenta przekazuję Doktorantowi:

Uwaga 1. Uzasadnionym jest: włączenie *Wstępu* do struktury rozdziałów; wyodrębnienie rozdziału *Przegląd literatury* i włączenie do niego, jako podrozdziału, rozdziałów: 2, 3, 4, 5, 6; zmiana sformułowania: *doświadczenie laboratoryjne* na *doświadczenie wazonowe*, zmiana tytułu rozdziału 7 *Materiały i metody badań - opis modeli doświadczalnych* na *Materiał i metody badań*.

Uwaga 2. Rozporządzenie ministra środowiska w sprawie standardów jakości gleby i standardów jakości ziemi (Dz. U. Nr 165, poz. 1359, 2002) utraciło moc z dniem 5 września 2016 roku.

Uwaga 3. Badany popiół to odpad a nie nawóz, szczególnie organiczny (str. 50) i zawiera więcej fosforu niż potasu, a nie odwrotnie (str. 42, 51).

Uwaga 4. Zawartość form przyswajalnych P (P_2O_5), K (K_2O), Mg wyraża się, stosownie do obowiązujących klas zasobności, w miligramach (mg) na kilogram (kg) gleby. W pracy zawartość form przyswajalnych tych pierwiastków podano w gramach (tab. 10, 62-65). Czy chodzi o gramy czy miligramy?

Uwaga 5. Celowym byłoby: wprowadzenie: wniosku charakteryzującego właściwości popiołu; połączenie wniosków: 6 z 7, 8 z 9, 10 z 11, 12 z 13; zredagowanie wniosku podsumowującego przeprowadzone badania.

Inne drobne uwagi zostały naniesione w maszynopisie pracy.

5. Wniosek końcowy

Pracę doktorską mgr inż. Sławomira Rybki oceniam wysoko. Jest to dzieło oryginalne. Wyniki przeprowadzonych badań wnoszą nową wiedzę dotyczącą wpływu popiołu ze spalania komunalnych osadów ściekowych na kształtowanie właściwości gleby, plonowanie, wskaźniki biometryczne miskanta i kukurydzy, jakość plonu oraz jego wartość opalową.

Doktorant wykazał się znajomością problemu badawczego, czego wyrazem są: postawiona hipoteza i cele badań, dobór odpowiednich metod badawczych oraz prawidłowa ich realizacja, a także umiejętność naukowej analizy uzyskanych wyników badań. Świadczy to o Jego dojrzałości naukowej.

Cennym jest, że uzyskane wyniki dokumentują korzystny, w omawianym zakresie, wpływ popiołu ze spalania komunalnych osadów ściekowych na

kształtowanie właściwości gleby, plonowanie roślin i ich jakość oraz wskazują na potrzebę dalszych badań. Jest to niezbędne do uzyskania kompleksowej wiedzy, celem usankcjonowania prawnego przyrodniczego wykorzystania popiołu ze spalania komunalnych osadów ściekowych.

Przedstawione uwagi mają charakter uściślający lub dyskusyjny i nie obniżają wysokiej wartości merytorycznej pracy.

Stwierdzam zatem, że przedstawiona do oceny rozprawa doktorska spełnia wszystkie wymagania ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (*Dz. U. Nr 65, poz. 595, 2003 r. z późn. zm.*).

Stwierdzam jednocześnie, że zakres badań i treść rozprawy doktorskiej w pełni wpisują się w dziedzinę nauk rolniczych, dyscyplinę agronomii.

Wniosuję zatem do Rady Wydziału Biologiczno-Rolniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego w Rzeszowie o dopuszczenie mgr inż. Sławomira Rybkę do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Lublin, 08.01. 2018 r.

Prof. dr hab. inż. Stanisław Baran

