



dr hab. Marzena S. Brodowska, prof. uczelni
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

**Pana mgr. inż. Grzegorza Izydorczyka
nt. „Nowe formułacje specjalistycznych nawozów mineralno-organicznych zgodnie
z wytycznymi dla gospodarki o obiegu zamkniętym”**

Podstawa formalno-prawna opracowania recenzji

Recenzję rozprawy doktorskiej mgr. inż. Grzegorza Izydorczyka opracowano zgodnie z decyzją Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Chemiczna Politechniki Wrocławskiej z dnia 21.05.2021 r. na podstawie pisma Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Chemiczna prof. dr hab. Grażyny Gryglewicz z dnia 24.05.2021 r. (W3/4020-7/2021).

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr. inż. Grzegorza Izydorczyka została wykonana w Katedrze Zaawansowanych Technologii Materiałowych Wydziału Chemicznego Politechniki Wrocławskiej pod kierunkiem prof. dr hab. Katarzyny Chojnackiej. Przewód został wszczęty w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria chemiczna.

1. Problematyka badawcza pracy

Rosnąca liczba ludności na świecie stwarza konieczność produkcji coraz większych ilości żywności o dobrych parametrach jakościowych. Wymusza to na producentach rolnych intensyfikację rolnictwa, co z kolei niejednokrotnie prowadzi do obniżenia jakości

gleb. Dodatkowo produkcja rolnicza i przetwarzanie pozyskiwanych surowców na żywność i pasze dla zwierząt prowadzi do powstawania produktów ubocznych i pozostałości z przemysłu rolno-spożywczego. W związku z tym coraz większego znaczenia nabiera sposób zagospodarowywania pozostałości z produkcji rolniczej, których poddanie różnym procesom biochemicznym lub chemicznym może prowadzić do powstania pełnowartościowych nawozów. Przyczynia się to do ograniczenia wykorzystania surowców naturalnych do produkcji nawozów, przy jednoczesnym ograniczeniu ilości odpadów poprzez ich wykorzystanie. Gospodarka o obiegu zamkniętym stanowi główny nurt Europejskiego Zielonego Ładu. Działania te wpływają na poprawę stanu środowiska przyrodniczego, gdyż wykorzystanie odpadów z jednego procesu jako surowców w drugim procesie prowadzi do zamknięcia pętli, co przeciwdziała rozpraszaniu składników pokarmowych w środowisku.

W dobie obecnej gospodarka o obiegu zamkniętym znajduje zastosowanie w produkcji nawozów, z wykorzystaniem produktów ubocznych sektora rolno-spożywczego, w tym między innymi odpadowej biomasy, resztek poźniwnych, pozostałości z hodowli i uboju zwierząt oraz przetwórstwa spożywczego, a także osadów ściekowych oraz popiołów ze spalania biomasy i osadów ściekowych. Obecnie źródłem biomasy o dużych perspektywach jest również przemysł farmaceutyczny i kosmetyczny. Stąd też szczególnego znaczenia nabiera opracowywanie nowych technologii otrzymywania nawozów na bazie surowców odpadowych.

Przedstawione powyżej aspekty jednoznacznie dowodzą, że tematyka dysertacji mgr. inż. Grzegorza Lzydorczyka bardzo dobrze wpisuje się w nurt tychże badań. Temat rozprawy doktorskiej należy zatem uznać za jak najbardziej ważny i uzasadniony. Dlatego też podjęte przez Autora badania w tym zakresie oceniam wysoko zarówno z poznawczego, jak i utylitarne punktu widzenia. Uzyskane w pracy wyniki badań odpowiadają na pytania dotyczące możliwości i celowości stosowania nawozów organiczno-mineralnych produkowanych na bazie produktów odpadowych jako alternatywnego źródła składników nawozowych dla roślin. Zaproponowane w rozprawie doktorskiej nowe formułacje nawozowe stanowią odpowiedź na problemy polskich przedsiębiorstw borykających się z problemem zagospodarowania odpadów.

2. Ocena formalna pracy

Przedłożona do oceny dysertacja liczy łącznie 130 stron, w tym 38 tabel i 32 rysunki. Spis wykorzystanej literatury obejmuje 124 pozycje bibliograficzne. Dokonując formalnej oceny pracy doktorskiej mgr. inż. Grzegorza Lzydorczyka należy podkreślić, że treść rozprawy została ujęta w 9 rozdziałach (1. Wstęp, 2. Cel pracy, 3. Materiały i metody, 4. Wyniki i ich dyskusja, 5. Badanie stanu techniki, 6. Podsumowanie, 7. Wnioski, 8. Bibliografia, 9. Spis symboli i skrótów), w obrębie których wyróżniono 14 podrozdziałów I-go rzędu, 62 podrozdziały II-go rzędu i 5 podrozdziałów III-go rzędu. Na końcu pracy zamieszczono 10. rozdział – Dorobek naukowy, w którym przedstawiono wykaz publikacji mgr. inż. Grzegorza Lzydorczyka: prace z listy filadelfijskiej związane z rozprawą doktorską oraz rozdział w monografii i zgłoszenia patentowe.

We Wstępie liczącym 16 stron, Autor wydzielił 6 podrozdziałów I-go rzędu i 7 podrozdziałów II-go rzędu. W obrębie Wstępu Doktorant dokonał przeglądu literatury. Cel pracy Autor dysertacji sformułował na 2 stronach maszynopisu w rozdziale 2.

Rozdział 3. Materiały i metody, w którym Autor wyodrębnił 2 podrozdziały I-go rzędu i 22 podrozdziały II-go rzędu obejmuje 13 stron, a rozdział 4. Wyniki i ich dyskusja, z trzema podrozdziałami I-go rzędu, 15 podrozdziałami II-go rzędu i 5 podrozdziałami III-go rzędu stanowi najobszerniejszy rozdział dysertacji obejmując 53 strony maszynopisu. W rozdziale tym Autor uzyskane dane zamieścił w 27 tabelach i zaprezentował na 16 rysunkach oraz przeprowadził konfrontację uzyskanych wyników badań z danymi literaturowymi.

W rozdziale 5. Badanie stanu techniki (26 stron) Doktorant wydzielił 3 podrozdziały I-go rzędu i 18 podrozdziałów II-go rzędu. Z kolei w rozdziale 6. Podsumowanie Autor na 5 stronach dokonał podsumowania uzyskanych wyników badań. W rozdziale 7. rozprawy obejmującym 1 stronę maszynopisu Doktorant zamieścił 10 wniosków wynikających z przeprowadzonych badań.

Spis literatury wykorzystanej w pracy zamieszczony w rozdziale 8. Bibliografia obejmuje 124 pozycje literaturowe, które pod względem formalnym cytowane są w sposób właściwy.

Układ pracy jest poprawny i nie budzi zastrzeżeń. Doktorant zachował właściwe

proporcje pomiędzy poszczególnymi rozdziałami, a ich udział w całej objętości rozprawy doktorskiej jest proporcjonalnie wyważony. Poszczególne rozdziały i podrozdziały ściśle się zajązają tworząc logiczną całość. Taki podział treści świadczy o przemyślanej koncepcji. Ułatwia zapoznanie się z pracą i analizę dokonań Autora zawartych w danych empirycznych oraz podczas interpretacji, wyjaśniania i dyskusji otrzymanych wyników z dotychczas prezentowanym opisem rzeczywistości. Praca napisana jest poprawną polszczyzną, a stosowanie precyzyjnej terminologii pozwala na dokładną analizę uzyskanych wyników. Struktura tak przygotowanej dysertacji spełnia wymogi formalne stawiane tego typu opracowaniom.

3. Ocena merytoryczna pracy

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska została przygotowana w oparciu o oryginalne wyniki badań własnych. Praca została zrealizowana w ramach: Biostrateg II (BIOSTRATEG2/298205/9/NCBR/2016) „Rośliny uprawne oraz produkty naturalne jako źródła substancji biologicznie aktywnych przeznaczonych do produkcji preparatów kosmetycznych, farmaceutycznych i suplementów diet” oraz „Opracowanie wstępnych formułacji produktu: opracowanie technologii wytwarzania bionawozów fosforowych na bazie odnawialnych surowców fosforowych metodą solubilizacji mikrobiologicznej” – zlecenie wykonane dla Grupa Azoty ZAK S.A. w ramach projektu finansowanego przez NCBiR POIR Działanie 1.2: Sektorowe programy B+R, Projekt – „Nowe formułacje specjalistycznych nawozów organiczno-mineralnych”.

Tytuł rozprawy doktorskiej „Nowe formułacje specjalistycznych nawozów mineralno-organicznych zgodnie z wytycznymi dla gospodarki o obiegu zamkniętym” został sformułowany w sposób jasny i w pełni odzwierciedla treści zawarte w pracy.

Wysoko oceniam rozdział 1. Wstęp, w którym Autor w sposób syntetyczny omówił gospodarkę o obiegu zamkniętym pod kątem analizy możliwości implementacji w sektorze nawozowym. Przeanalizował możliwości wykorzystania surowców odnawialnych potencjalnie użytecznych w technologii nawozów zgodnie z założeniami gospodarki o obiegu zamkniętym. Zwrócił uwagę na odpadową biomasę roślinną

i zwierzęcą oraz możliwości ich zagospodarowania, a także na odpady fosforowe i popioły. Dokonał omówienia technologii waloryzacji surowców odnawialnych na nawozy, w tym biosorpcji, solubilizacji mikrobiologicznej oraz solubilizacji chemicznej. Rozdział ten został napisany wyczerpująco i przejrzysto w oparciu o bogatą bibliografię. Stanowi on dobrą podstawę do analizy rozwiązań metodycznych oraz dyskusji uzyskanych wyników. Przedstawione przez Doktoranta dane literaturowe i zacytowane publikacje wiążą się ściśle z zakresem ocenianej pracy.

W rozdziale 2 (Cel pracy) Doktorant w sposób przejrzysty sformułował i uzasadnił cel podjętych badań, którym było opracowanie nowych formułacji nawozów mineralno-organicznych, zgodnie z wytycznymi dla gospodarki o obiegu zamkniętym, bazujących na surowcach wtórnych, będących źródłem pierwiastków nawozowych. Cel ten Autor dysertacji realizował poprzez opracowanie formułacji nawozów mikroelementowych bazując na biomacie lucerny i nawłoci wzbogaconej na drodze biosorpcji w jony cynku(II), miedzi(II) i manganu(II), nawozów fosforowych o obniżonej zawartości kadmu oraz nawozów wieloskładnikowych z aminokwasami pochodzenia zwierzęcego, a także technologii ich produkcji, o podwyższonym stopniu gotowości technologicznej. Nowe formułacje nawozów fosforowych Doktorant otrzymywał poprzez solubilizację mikrobiologiczną odpadów surowcowych w postaci kości, ości i popiołów ze spalania osadów ściekowych. Autor przeprowadził proces waloryzacji surowców wtórnych pochodzenia biologicznego na cele nawozowe. Ocenę skuteczności biologicznej wytworzonych nawozów Doktorant przeprowadził w testach *in vitro* i *in vivo* (testy kiełkowania i badania polowe), w których w zależności od formułacji nawozów oraz rośliny testowej przeanalizował ich wpływ między innymi na długość i masę roślin, skład pierwiastkowy, parametry piekarnicze. Dodatkowo Autor dla każdej formułacji nawozów przeprowadził analizę czystości patentowej, a także zaproponował schemat technologiczny oraz przedstawił bilans materiałowy.

Rozdział 3. Materiały i metody Autor dysertacji podzielił na dwa podrozdziały, w których scharakteryzował materiały wykorzystane w badaniach oraz metody badawcze. W ramach materiałów dokonał omówienia odpadowej biomasy lucerny i nawłoci, surowców odpadowych zawierających fosfor, odpadowej biomasy zwierzęcej oraz przedstawił szczepy bakterii solubilizujących fosfor i skład pożywki hodowlanej.

Z kolei w ramach metod badawczych Doktorant zaprezentował sposób przeprowadzenia biosorpcji, czyli procesu pasywnego wiązania jonów metali przez komórki biomasy, solubilizacji mikrobiologicznej fosforowych surowców odpadowych i solubilizacji chemicznej wykorzystywanej do otrzymania płynnych nawozów bazujących na odpadowej biomacie zwierzęcej. Autor dysertacji przedstawił również metody analizy składu nawozów i biomasy oraz analizy zawartości aminokwasów. W rozdziale tym Doktorant podał także sposoby dokonania oceny stężenia mikroorganizmów w nawozach oraz oceny stabilności nawozów płynnych otrzymanych metodą solubilizacji mikrobiologicznej. Autor zaprezentował również sposoby oceny biodostępności składników pokarmowych przeprowadzonej w testach ekstrakcyjnych. Na szczególną uwagę zasługuje bardzo precyzyjny opis dotyczący wstępnej oceny fitotoksyczności i skuteczności nawozów wykonywanej w testach *in vivo* (testy kiełkowania). W rozdziale 3 Doktorant zaprezentował sposób prowadzenia doświadczeń wazonowych i polowych, jak również przedstawił parametry uwzględniane przy ocenie biometrycznej kiełków oraz roślin z badań wazonowych, a także przy ocenie właściwości piekarniczych ziarna pszenicy.

W rozdziale tym Autor podał również dane metodyczne dotyczące statystycznej interpretacji wyników. Opis tego rozdziału wskazuje, że zastosowane przez Doktoranta metody badawcze dobrano w sposób właściwy w odniesieniu do celu i zakresu proponowanych w pracy badań. Autor dysertacji poprzez poprawne metodycznie zaplanowanie eksperymentu badawczego wykazał również dbałość o zapewnienie statystycznej poprawności wnioskowania. Analiza metodologicznej strony badań wskazuje na oryginalne podejście Doktoranta do realizacji zadania badawczego. Obejmuje to zarówno etap projektowania badań i sposobu doboru czynników doświadczalnych oraz realizacji przeprowadzonych doświadczeń.

Niemniej jednak w rozdziale tym brakuje opisu warunków meteorologicznych (dekadowych czy średnich miesięcznych temperatur powietrza oraz miesięcznych sum opadów atmosferycznych) mających miejsce w trakcie prowadzenia doświadczenia polowego, które w znacznym stopniu wpływają na analizowane przez Autora dysertacji wskaźniki jakościowe plonu. Celowa wydaje się również potrzeba zamieszczenia w tym rozdziale wartości współczynnika Sielianiowa wskazującego na stan zaopatrzenia roślin

w wodę w okresie wegetacji, co ma swoje przełożenie na pobieranie składników nawozowych.

Rozdział 4. Wyniki i ich dyskusja stanowi najobszerniejszą część rozprawy, w której Autor przedstawił wyniki badań i dokonał ich interpretacji oraz skonfrontowania uzyskanych wyników z właściwie dobraną literaturą naukową. Uzyskane wyniki Doktorant przedstawił w formie tabel i rysunków, których tytuły są komunikatywne i jednoznacznie informują o rodzaju przedstawionych cech. Autor wnikliwie przeanalizował wyniki badań.

Doktorant porównał skład biomasy lucerny i nawłoci przed i po wzbogaceniu w jony miedzi(II), cynku(II) i manganu(II) na drodze biosorpcji. Pozwoliło to ocenić poziom wzbogacenia i wyznaczyć współczynnik wzbogacenia EF. Dzięki ocenie biodostępności w testach ekstrakcyjnych w wodzie i obojętnym cytrynianie amonu, stanowiącym symulację roztworu glebowego, Autor wykazał, że mikroelementy w nawozach uzyskanych metodą biosorpcji są dostępne dla roślin. Doktorant przeprowadził testy kiełkowania w celu oceny efektu fitotoksyczności ze strony nowych preparatów. Obliczył współczynnik transferu mikroelementu z nawozu do biomasy kiełek ogórka. W celu pełniejszej oceny skuteczności biologicznej nawozów przeprowadził dwuletnie ścisłe doświadczenie polowe, w których określił biomasę testowanej rośliny (kukurydzy na ziarno), zawartość makroelementów (N, P, K i Mg) i mikroelementów (Zn, Cu i Mn) w liściach podkolbowych oraz w ziarnie kukurydzy, a także określił parametry jakościowe, tj. zawartość białka, skrobi i tłuszczu.

Autor dysertacji poddał ocenie przydatność odpadowych surowców fosforonośnych na podstawie całkowitej zawartości fosforu, fosforu dostępnego w cytrynianie amonu oraz rozpuszczalnego w wodzie. Przeanalizował wpływ szczepów *Bacillus*: *B. megaterium*, *B. subtilis*, *B. thuringiensis* i *B. cereus* na solubilizację różnych surowców fosforowych (kości, ości, popioły). Doktorant w kolejnym etapie zbadał zdolność solubilizacyjną układów dwukulturowych, trójkulturowych i układu czterokulturowego na pojedynczych surowcach (ości, kości i popiół) oraz mieszankach surowców (ości i popiół, kości i popiół). Po analizie uzyskanych wyników dokonał wyboru najlepszego konsorcjum, które składało się z dwóch szczepów: *B. cereus* i *B. thuringiensis*. Na podstawie oceny właściwości fizykochemicznych nawozu fosforowego Autor wykazał,

że uzyskany bionawóz spełnia wszystkie wymagania jakościowe stawiane nawozom płynnym przez Ustawę o nawozach i nawożeniu. Doktorant ocenę fitotoksyczności nawozu oraz jego skuteczności biologicznej zweryfikował w testach kiełkowania z wykorzystaniem jako rośliny modelowej rzodkiewki. Po dwutygodniowym okresie kiełkowania uzyskane kiełki Autor poddał ocenie biometrycznej dokonując pomiaru długości roślin, liczby wykiełkowanych nasion, świeżej i suchej masy oraz zawartości chlorofilu. W konfiguracji analogicznej do testów kiełkowania Doktorant przeprowadził badania wazonowe z rzodkiewką w warunkach komory fitotronowej, a następnie roślinę modelową poddał analogicznej ocenie biometrycznej. W celu oceny pełnej skuteczności bionawozu fosforowego oraz skutków wprowadzenia mikroorganizmów do gleby Autor poddał analizie i ocenił zawartość fosforu całkowitego, fosforu dostępnego w cytrynianie amonu oraz rozpuszczalnego w wodzie. Przeanalizował również zawartość fosforu w roślinie odnosząc ją do zawartości fosforu w glebie, co pozwoliło na obliczenie współczynnika biodostępności fosforu TFP.

Doktorant dokonał oceny właściwości fizykochemicznych (zawartość makro- i mikroelementów, metali ciężkich, pH, gęstość, lepkość dynamiczna i kinetyczna, stabilność) nawozu otrzymanego poprzez solubilizację chemiczną odpadów zwierzęcych oraz określił zawartość w nim aminokwasów. W celu wykazania czystości mikrobiologicznej, świadczącej o bezpieczeństwie nowego preparatu Doktorant wykonał klasyczne mikrobiologiczne posiewy powierzchniowe. Skuteczność nawozów przebadał w jednorocznych badaniach mikropoletkowych z pszenicą jarą określając plon rośliny testowej oraz zawartość makroelementów (N, P, K, S, Ca, Mg) i mikroelementów (Cu, Fe, Mn, Mo, Zn) oraz metali ciężkich (As, Ba, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb) i glinu. Autor dysertacji ocenił również właściwości piekarnicze (gęstość nasypową, zawartość glutenu i gluten-index) pszenicy jarej.

Na szczególne podkreślenie zasługuje umieszczenie w tym rozdziale dokumentacji fotograficznej, między innymi z przeprowadzonych badań nad procesem solubilizacji mikrobiologicznej, z testów kiełkowania czy posiewów powierzchniowych solubilizatu chemicznego.

Doktorant zamieścił również w tym rozdziale rezultaty obliczeń statystycznych. Opracowanie statystyczne uzyskanych wyników badań w istotny sposób podnosi

wartość rozprawy, dając podstawę zarówno do ich właściwej oceny, jak i sprecyzowania racjonalnych wniosków.

Przedstawiona w tym rozdziale dyskusja wyników została przez Autora potraktowana ambitnie i prowadzona była po ich analitycznym omówieniu. Charakteryzuje się ona wysokim poziomem naukowym. Doktorant bardzo dobrze skonfrontował wyniki z obszerną literaturą naukową. Dało to Autorowi dysertacji możliwość wyjaśnienia rozbieżności i podobieństw uzyskanych danych, prognozowania przebiegu zjawisk oraz stawiania propozycji co do wykorzystania testowanych produktów nawozowych. Dyskusja wyników charakteryzuje się logicznym i przejrzystym układem, trafnością oraz właściwie dobraną i zinterpretowaną literaturą w odniesieniu do własnych wyników badań.

W rozdziale 5. Badanie stanu techniki Doktorant omówił czystość patentową oraz opisał koncepcje technologiczne i dokonał bilansu materiałowego i oszacowania kosztów wytwarzania nawozów mikroelementowych bazujących na biomacie lucerny, nawozów fosforowych otrzymanych metodą solubilizacji mikrobiologicznej oraz nawozów wieloskładnikowych otrzymanych metodą solubilizacji chemicznej. Scharakteryzował również możliwości komercjalizacji otrzymanych nawozów.

W rozdziale 6. Podsumowanie Autor dysertacji dokonał podsumowania uzyskanych wyników badań.

Rozprawa doktorska kończy się 10 wnioskami, które w przeważającej większości mają charakter stwierdzeń ogólnych. Są one adekwatne do uzyskanych wyników i oprócz walorów poznawczych mają przede wszystkim znaczenie praktyczne.

Zakres osiągnięć naukowych pracy jest szeroki. Autor opracował technologię otrzymywania nawozów mikroelementowych metodą biosorpcji bazując na odpadowej biomacie z przemysłu kosmetycznego, uzyskując wysokie współczynniki wzbogacenia biomasy w mikroelementy i spowolnione uwalnianie składników z nawozów. Doktorant opracował również technologię otrzymywania nawozów fosforowych na bazie surowców wtórnych z wykorzystaniem bakterii z rodzaju *Bacillus*. W badaniach wykazał większą efektywność procesu solubilizacji mikrobiologicznej z wykorzystaniem konsorcjów szczepów z rodzaju *Bacillus*. Opracował również technologię otrzymywania nawozów organiczno-mineralnych płynnych metodą solubilizacji odpadów Kategorii 2, która



jednocześnie stanowi metodę waloryzacji tych odpadów. Autor stwierdził możliwość komercjalizacji wszystkich trzech technologii, wykazując wysoką dochodowość proponowanych rozwiązań.

Wykaz literatury zamieszczony w rozdziale 8. Bibliografia sporządzony jest bardzo dokładnie. Wysoko oceniam również to, że w rozprawie przeważająca większość wykorzystanych pozycji piśmiennictwa naukowego została opublikowana w ostatnich latach.

Rozprawa doktorska mgr. inż. Grzegorza Izydorczyka stanowi wyróżniający się przykład pracy doktorskiej i pozbawiona jest uchybień pod względem merytorycznym. Pod względem edytorskim została przygotowana bardzo starannie. Na uwagę zasługuje wysoki poziom estetyki zamieszczonych w pracy tabel i rysunków.

4. Uwagi szczegółowe

Studiując ciekawą dysertację dostrzeżono kilka błędów bądź nieściłości, które z obowiązku recenzenta chciałabym przekazać Autorowi pracy.

- W tytule i tekście pracy Autor używa sformułowania nawozy mineralno-organiczne. Jednak zgodnie z Ustawą o nawozach i nawożeniu (z dnia 7 lipca 2007 r.) mieszanina nawozów mineralnych i organicznych określana jest jako nawóz organiczno-mineralny;
- Na str. 7 Autor pisze o roślinach motylkowych, w moim odczuciu lepiej by było użyć określenia rośliny bobowate;
- Na str. 13 i 14 jest: mączka mięsno kostna i mączka mięso kostna, powinno być mączka mięsno-kostna;
- Na str. 20 jest: ubite z przyczyny, powinno być ubite z konieczności;
- Na str. 21 jest: Cu^{2+} , Mn^{2+} oraz Zn^{2+} należałoby ujednotwić zapis, analogicznie do pozostałych części pracy: Cu(II) , Mn(II) oraz Zn(II) ;
- W tabeli 8 (str. 36) zawartości makroelementów w roślinach podane są w mg/kg, a korzystniej byłoby podać je w g/kg;
- W tabeli 8 (str. 36) oraz w tabeli 31 (str. 79) sód umieszczony jest w grupie

makroelementów, a zaliczany jest on do pierwiastków korzystnych;

- W tabeli 10 (str. 38) i w pozostałych tabelach obiekty 4, 5 i 6 to obiekty nawożone nawłocią, a 7, 8 i 9 – lucerną, z kolei w opisie na str. 39 obiekty 4, 5 i 6 to obiekty nawożone lucerną, a obiekty 7, 8 i 9 – nawłocią;
- W tabeli 12 (str. 40) podano, że w pierwszym roku doświadczenie prowadzono na glebie lekkiej, a w drugim na średniej. Proszę o wyjaśnienie dlaczego doświadczenie było prowadzone na glebach o różnych kategoriach;
- W Tab. 13 (str. 42), Tab. 16 (str. 46) i Tab. 31 (str. 79) zawartości makroelementów podano w %, w moim odczuciu korzystniej byłoby podać je w g/kg;
- Na str. 43 jest: 9,4 t z ha, powinno być 9,8 t z ha, na str. 50 jest: 280 mg, powinno być: 277 mg;
- W podpisie Tab. 15. (str. 44) jest: Plonowanie kukurydzy, powinno być Jakość ziarna kukurydzy;
- W tab. 30 (str. 77) jest kg/ha powinno być: t/ha

Drobne błędy literowe zaznaczono w tekście pracy.

Pragnę zaznaczyć, że powyższe uwagi, często o charakterze redakcyjnym, w niczym nie umniejszają wartości merytorycznej recenzowanej pracy.

5. Podsumowanie

W podsumowaniu należy stwierdzić, że przeprowadzone przez mgr. inż. Grzegorza Izydorzycyka obszerne i na wysokim poziomie badania oraz przygotowana w oparciu o uzyskane wyniki rozprawa doktorska zasługuje na duże uznanie. Badania zostały wykonane poprawnie pod względem metodycznym. Zamieszczone w niej rezultaty badań mają charakter poznawczy i aplikacyjny oraz wnoszą nowe wartości i mogą zostać wykorzystane w produkcji nawozów organiczno-mineralnych z wykorzystaniem produktów odpadowych. Doktorant musiał wnieść bardzo duży wkład pracy w przeprowadzenie doświadczeń, wykonanie analiz laboratoryjnych oraz opracowanie uzyskanych rezultatów badań. Należy podkreślić, że dysertacja została przygotowana niezwykle starannie i napisana poprawnym językiem, z wykorzystaniem właściwej

terminologii, mimo dużej złożoności poruszanych problemów i szerokiego zakresu wykonanych badań. Wyniki są bardzo starannie opracowane i czytelnie zaprezentowane. Dane zamieszczone w przejrzystych tabelach i na estetycznie wykonanych rysunkach uzupełniono fotografiami. Sposób interpretacji otrzymanych rezultatów badań oraz dyskusja wyników z dobrze dobranymi pozycjami literaturowymi wskazują na bardzo dobre przygotowanie merytoryczne mgr. inż. Grzegorza Izydorczyka. Forma opracowania dysertacji oraz duża swoboda z jaką Doktorant porusza się w omawianym temacie świadczą o umiejętności poprawnego projektowania i prowadzenia prac badawczych, dobrym opanowaniu warsztatu badawczego oraz umiejętności krytycznej interpretacji wyników przez mgr. inż. Grzegorza Izydorczyka. Dysertacja tworzy spójną i logiczną całość. Kompleksowe podejście do podjętego tematu badawczego zasługuje na uznanie. Na szczególne podkreślenie zasługuje niezwykle bogata i wielowątkowa dyskusja wyników z najnowszymi i bardzo dobrze dobranymi tematycznie pozycjami literatury światowej.

Rozprawa doktorska mgr. inż. Grzegorza Izydorczyka jest oryginalną pracą badawczą, wnoszącą duży wkład w rozwiązanie problemów naukowych dotyczących wykorzystania produktów odpadowych do celów nawozowych. Zamieszczone w recenzji uwagi o charakterze pozamerytorycznym i porządkowym nie obniżają mojej bardzo wysokiej oceny rozprawy doktorskiej mgr. inż. Grzegorza Izydorczyka.

6. Wniosek końcowy

Na podstawie przeprowadzonej oceny formalnej, metodycznej i merytorycznej rozprawy doktorskiej mgr. inż. Grzegorza Izydorczyka nt. „Nowe formułacje specjalistycznych nawozów mineralno-organicznych zgodnie z wytycznymi dla gospodarki o obiegu zamkniętym”, wykonanej pod kierunkiem prof. dr hab. Katarzyny Chojnackiej, stwierdzam, że praca stanowi oryginalne osiągnięcie naukowe i wnosi do Dyscypliny Naukowej Inżynieria Chemiczna wiele nowych aspektów poznawczych i użytkowych.

Recenzowana praca spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim w świetle

przepisów Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 nr 65 poz. 595) z późniejszymi zmianami w brzmieniu z dnia 15 września 2017 r. (Dz.U. 2017 poz. 1789), zgodnie z art. 179 ust.1 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. - Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1669). Biorąc powyższe pod uwagę, stawiam wniosek do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Chemiczna Politechniki Wrocławskiej o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie Pana mgr. inż. Grzegorza Izydorczyka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie biorąc pod uwagę wykazaną wyżej wysoką wartość merytoryczną pracy i uzyskanych wyników oraz sposób ich przedstawienia i interpretacji wnoszę do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Chemiczna Politechniki Wrocławskiej o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr. inż. Grzegorza Izydorczyka stosowną nagrodą.

Marzena S. Brodowska

Lublin, dnia 04.08.2021 r.

dr hab. Marzena S. Brodowska, prof. uczelni