

Lublin, dnia 10.11. 2022 r.

dr hab. Przemysław Tkaczyk  
Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej  
Wydział Agrobiotechnologii  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej

**mgr inż. Moniki Wesołowskiej**

**pt. „Opracowanie modyfikacji stałych nawozów mocznikowych w celu zmniejszenia emisji amoniaku po ich aplikacji do środowiska glebowego”,**

wykonanej w Instytucie Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk w Lublinie.

### **Podstawa formalno-prawna opracowania recenzji**

Niniejsza opinia została opracowana w odpowiedzi na pismo Pana Profesora dr hab. Cezarego Sławińskiego, Dyrektora członka korespondencyjnego Polskiej Akademii Nauk z dnia 15 września 2022 roku (RN-431-8/21), oraz Uchwałę nr 211/P22/2022 Rady Naukowej Instytutu Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego PAN z dnia 12 września 2022 r. Rada Naukowa IA, zgodnie z w/w Uchwałą, powołuje moją osobę na recenzenta pracy doktorskiej Pani mgr inż. Moniki Wesołowskiej pt. „Opracowanie modyfikacji stałych nawozów mocznikowych w celu zmniejszenia emisji amoniaku po ich aplikacji do środowiska glebowego”. Promotorem pracy jest Pan Profesor dr hab. Piotr Baranowski, natomiast promotorem pomocniczym Pani dr Marzena Mikos-Szymańska.

### **1. Wybór tematu i jego uzasadnienie**

Stosowanie nawożenia mineralnego, a w szczególności, nawożenie azotem, stanowi obciążenie dla środowiska. Jest to powód prowadzenia intensywnych badań nad otrzymaniem nowych, modyfikowanych produktów nawozowych, które umożliwią ograniczenie zanieczyszczeń przedostających się do atmosfery i gleby po ich aplikacji. Dodatkowo, postępujące zmiany w prawie wprowadzają regulacje i ograniczenia stosowania nawozów ze względów środowiskowych. Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej uchwalili w 2016

roku dyrektywę w sprawie redukcji emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych, która zmienia pułapy emisji gazów cieplarnianych oraz amoniaku. Zaleca się zastąpienie nawozów zawierających azot w formie amidowej nawozami saletrzanymi, lub wykorzystanie nawozów o spowolnionym bądź kontrolowanym uwalnianiu składników pokarmowych. Skutkiem tych decyzji jest wprowadzony na terenie Polski zakaz stosowania mocznika bez modyfikacji ograniczających emisje amoniaku do atmosfery, jednocześnie określa to kierunek prowadzonych badań.

W świetle powyższych stwierdzeń, wybór tematu przedstawionej do oceny dysertacji wydaje się w najwyższym stopniu zasadny i aktualny. Autorka podjęła się opracowania nawozów otoczkowanych na bazie mocznika, różniących się grubością powłoki, oraz materiałem powlekającym, a także przetestowania ich w warunkach doświadczeń wazonowych w celu wyboru optymalnego wariantu pod względem jego zdolności do redukcji uwalniania amoniaku do atmosfery po aplikacji do gleby, oraz sprawdzenia jego wpływu na wzrost i plonowanie pszenicy jarej.

Cel ten Autorka zamierzała osiągnąć poprzez: wytypowanie materiału powlekającego o odpowiednich właściwościach fizykochemicznych, opracowanie optymalnego składu roztworu powlekającego i metody nakładania powłoki na granule nawozu, oraz optymalizację jej parametrów, następnie opracowanie metodyki pomiaru emisji amoniaku po aplikacji nawozów azotowych, potwierdzenie skuteczności nawozu modyfikowanego w zakresie redukcji emisji amoniaku, sprawdzenie wpływu właściwości fizykochemicznych gleby na emisję gazu po aplikacji nowego nawozu, wytypowanie nawozu o największym potencjale wdrożeniowym i, w ostatnim etapie, zbadanie wpływu wyselekcjonowanego nawozu modyfikowanego na wzrost roślin, zawartość chlorofilu w liściach, makroskładników w części nadziemnej roślin, intensywność procesu fotosyntezy oraz na aktywność mikrobiologiczną i zawartość różnych form azotu w glebie. Bardzo ambitne cele miały zostać osiągnięte przy wielokierunkowym opracowaniu statystycznym uzyskanych wyników.

## 2. Struktura pracy

Przedstawiona do recenzji praca składa się z 13 głównych rozdziałów: wstęp, przegląd literatury, cel pracy i hipotezy badawcze, materiały i metody, wyniki, dyskusja, wnioski, bibliografia, załączniki, spis rysunków, spis tabel, streszczenie oraz abstrakt. Rozdziały główne podzielone są w logiczny sposób na podrozdziały, dzięki czemu czytelnik ma wrażenie uporządkowania i właściwej sekwencji przedstawianych informacji.

Układ pracy jest przejrzysty, prowadzi czytelnika przez zebrany materiał w sposób właściwy. Całość pracy składa się ze 146 stron druku, w tym: 105 rysunków i 55 tabel. Jest to niezwykle obszerny materiał dowodowy świadczący o głębokim i wieloaspektowym podejściu do podjętego zagadnienia.

### 3. Materiał i metodyka badań

W badaniach wykorzystano produkt komercyjny – mocznik Pulrea® i Pulgran®. Granule obu nawozów pokrywano substancjami powlekającymi, których dokładny opis obejmują podrozdziały 3.2., 3.3., 3.4., 3.5., 3.6., objęte klauzulą tajności. Materiał glebowy wykorzystany do doświadczeń inkubacyjnych i wazonowych pobierano z pola doświadczalnego Rolniczego Zakładu Doświadczalnego Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach w Grabowie nad Wisłą, oraz z pola doświadczalnego na terenie Instytutu Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk w Lublinie. W materiale glebowym oznaczono: skład granulometryczny, na podstawie którego została określona kategoria agronomiczna gleby, wapń, azot ogólny, azot saletrzany i amonowy, zawartość substancji organicznej, pH w KCl, fosfor, potas, magnez, miedź, cynk, mangan, żelazo i bor. Wyznaczono krzywe retencji badanych gleb, przewodnictwo cieplne, pojemność cieplną oraz dyfuzyjność cieplną gleby. Doświadczenie inkubacyjne przeprowadzono w trzech etapach. Etap 1 miał na celu wytypowanie modyfikowanego nawozu, wykazującego największy stopień redukcji amoniaku. Badanie to przeprowadzono z wykorzystaniem gleby pobranej w Grabowie nad Wisłą. W 2 Etapie doświadczenia przetestowano wytypowany nawóz na dwóch różnych glebach (z Grabowa nad Wisłą i z IA PAN w Lublinie), oraz w dwóch wariantach zagęszczenia materiału glebowego w wazonie. Etap 3 polegał na sprawdzeniu emisji amoniaku po aplikacji wytypowanego nawozu do dwóch gleb przy dwóch wariantach wilgotności materiału glebowego w wazonie. Rośliną testową była pszenica jara odmiany Rusalka. Przed siewem pszenicy zastosowano wapno tlenkowe, fosfor, potas i magnez, a następnie, po siewie roślin zastosowano I dawkę azotu, a kolejną po miesiącu. Pszenicę zbierano w lipcu 2021 roku. W trakcie wzrostu roślin prowadzono badania zawartości chlorofilu i intensywności fotosyntezy. Po zbiorze roślin oznaczono plon suchej masy i zawartość makroelementów w materiale roślinnym. Następnie pobrano próbki gleby do analiz mikrobiologicznych i fizykochemicznych. Uzyskane wyniki badań opracowano statystycznie.

#### 4. Dobór i wykorzystanie piśmiennictwa

Doktorantka zebrała niezwykle obfitą bazę - 210 pozycji literatury, na którą składają się w większości opracowania anglojęzyczne. W tym zestawieniu 8 pozycji stanowią rozporządzenia, ustawy oraz dyrektywy unijne i 8 odnośników do stron internetowych. Wszystkie prawidłowo dobrane tematycznie. Warto podkreślić, iż zebrana literatura pochodzi z ostatnich lat – co dobitnie wskazuje na aktualność podjętego przez Doktorantkę problemu. Dobrze dobrana literatura pozwoliła Autorce prawidłowo przeprowadzić dyskusję otrzymanych wyników oraz wyciągnąć wnioski.

#### 5. Merytoryczna i formalna ocena pracy

Obszerny zakres badań oraz część analityczna nie budzą zastrzeżeń – są ponadto dowodem rzetelności i głębokiej analizy podjętego zagadnienia. Jasno sformułowany tytuł pracy odzwierciedla zawarte w dysertacji treści. Podjęta tematyka jest ważna i aktualna wobec wymagań związanych z ograniczeniem emisji związków azotu, a w szczególności amoniaku, które stanowią duże obciążenie dla środowiska. W rozdziale „Przegląd literatury” Autorka zaznajamia czytelnika z otoczeniem prawnym i gospodarczym, wyzwaniem światowego rolnictwa, zużyciem i rynkiem nawozów mineralnych na świecie i w Polsce z uwzględnieniem nawozów azotowych. W kolejnych podrozdziałach Autorka porusza temat technologii produkcji nawozów otoczkowanych z uwzględnieniem procesów zachodzących podczas roztwarzania nawozu. Doktorantka w kolejnym podrozdziale (1.3.) omawia problematykę związaną z emisją amoniaku w Polsce, jak i przemiany mocznika w glebie w nawiązaniu do emisji pochodnych azotu do atmosfery, oraz opisuje metody pomiaru emisji amoniaku. W podrozdziale 1.4. Pani magister Monika Wesołowska opisuje wpływ zastosowanych nawozów otoczkowanych na rozwój rośliny. Kolejny rozdział (2) stanowi określenie hipotez badawczych, celu ogólnego i szczegółowych celów pracy. Zasadniczą jednak częścią przedstawionej do oceny dysertacji są rozdziały: 4 „Wyniki”, rozdział 6. „Dyskusja” oraz rozdział 7 „Wnioski”.

W wyniku przeprowadzonych eksperymentów Doktorantka otrzymała nowe formuły nawozowe na bazie mocznika, zapewniające spowolnione uwalnianie składników nawozowych, co zostało udowodnione w badaniach inkubacyjnych. Wykazała różnice w emisjach amoniaku po aplikacji analizowanych nawozów do dwóch rodzajów gleb o zróżnicowanej kategorii agronomicznej i odczynie. Na podstawie badań inkubacyjnych wyselekcjonowała wariant nawozu wykazujący najmniejszą emisję amoniaku w porównaniu do komercyjnego mocznika Pulrea®. W badaniu wazonowym potwierdziła zakładaną

w hipotezie przekraczającą 20% redukcję emisji amoniaku w stosunku do czystego mocznika. W przeprowadzonym doświadczeniu wazonowym Pani magister wykazała, że wybrany nawóz otoczkowany nie wpływa negatywnie na wzrost i plonowanie roślin, co potwierdziła badaniami zawartości chlorofilu w liściach, makroskładników w części nadziemnej roślin oraz intensywnością procesu fotosyntezy.

Przedstawiona dysertacja jest niezwykle interesująca i merytorycznie oceniam ją bardzo dobrze, jednak lektura przedstawionej do oceny pracy nasunęła mi kilka uwag natury dyskusyjnej:

- 1) Spis treści – pomyłona numeracja, 1. Wstęp, 1. Przegląd literatury, a powinno być 2. Przegląd literatury, 3. Cel pracy i hipotezy badawcze, 4. Materiał i metody, 5. Wyniki itd.
- 2) Strona 12. 1. Wstęp. „Zapotrzebowanie na składniki pokarmowe roślin uzupełniane jest wspólnie przez stosowanie nawożenia mineralnego.” – autorka zakłada, że nawożenie mineralne stosowane jest w tym czasie, aktualnie?
- 3) „Boczne pędy są słabiej wytwarzane, liście natomiast bladozielone (lub żółknące) i są szybciej odrzucane. Następują problemy z kwitnieniem i zawiązywaniem nasion. Ogólnie, rośliny niedokarmione są wątłe, cienkie i słabe (Schönberger i in., 2017).” – powinno być boczne pędy słabiej się rozwijają .... Niedokarmione – nie ma takiego słowa w fizjologii roślin czy chemii rolnej.
- 4) „Jony  $\text{NO}_3^-$  i  $\text{NH}_4^+$  mogą zostać pochłonięte przez roślinę i wbudowane w aminokwasy.” – rośliny nie pochłaniają tylko pobierają.
- 5) „Natomiast jon amidowy (mocznikowy) nie jest bezpośrednio dostępny dla roślin i musi ulec charakterystycznym przemianom w glebie, aby mógł zostać pobrany przez roślinę.” – jak wyżej. Azot występuje w dwóch formach jonowych, saletrzanej i amonowej, a nie ma jonu amidowego.
- 6) „Pod tym względem najbardziej mobilny jest jon azotanowy, który jest słabo sorbowany przez koloidy w glebie.” – jon saletrzany nie jest sorbowany przez kompleks sorpcyjny gleby. Co dalej autorka napisała: „Jest to związane z ładunkiem ujemnym jonu, który oddziałuje elektrostatycznie z ujemnie naładowanymi cząstkami glebowymi (Schönberger i in., 2017).”
- 7) Strona 13. „Podczas aplikacji nawozu SRF/CRF uwalnianie składników odżywczych jest spowolnione, lepiej dopasowane do zapotrzebowania pokarmowego roślin, co umożliwia wyższe poziomy ich wykorzystania i zwiększenie efektywności aplikowanych nawozów.” - Powinno być w większym stopniu ich wykorzystanie.
- 8) 2. Przegląd literatury (błąd w numeracji, powtórzenie 1)

- 9) Strona 14. „Jednocześnie zauważalna jest przeciw proporcjonalna tendencja do spadku ilości terenów rolniczych.” - co autorka ma na myśli?
- 10) „udział ludności dokarmianej przy wykorzystaniu nawozów zaczyna wzrastać od roku 1920,” - niedokładne tłumaczenie z języka angielskiego? Co to znaczy ludność dokarmiana przy wykorzystaniu nawozów?
- 11) „udział populacji dokarmianej przez azotowe nawozy mineralne” – jak wyżej.
- 12) Rysunek 2. – jak wyżej.
- 13) Strona 16. Jak ukazują przedstawione przykłady średnia konsumpcja nawozów stale wzrasta. – powinno być średnie zużycie nawozów stale wzrasta.
- 14) „1.1.3. Światowa konsumpcja nawozów azotowych” – proponuję zmianę podrozdziału na światowe zużycie lub zużycie nawozów na świecie.
- 15) „Łatwo zauważyć, że latach 1960-1980 większość nawozów ...”- autorka powinna unikać takich sformułowań jak „łatwo zauważyć”.
- 16) Strona 17. „Konsumpcja” – zużycie.
- 17) „Barwą ciemno niebieską zaznaczono państwa,” - niepotrzebnie autorka aż tak dokładnie opisuje rysunki czy wykresy.
- 18) Strona 20. „Procesom transformacji w glebie towarzyszy emisja gazów cieplarnianych i amoniaku oraz wypłukiwanie jonów wraz z wodą gruntową.” – których jonów? Amonowych saletranych?
- 19) „Oznacza to bowiem, że większa ...” - autorka powinna unikać takich stwierdzeń jak bowiem.
- 20) „natomiast 80% zastosowanego azotu stałoby się zanieczyszczeniem.” – skąd takie przypuszczenie?
- 21) Strona 21. „Wydawałoby się, że bardzo wysoki NUE jest zjawiskiem pozytywnym, bo rośliny wydobywają azot z naturalnych pokładów.” – rośliny nie wydobywają tylko pobierają.
- 22) „w procesie zwanym wydobywaniem azotu” – jak wyżej.
- 23) „Nawozy można podzielić ze względu na chemiczny charakter na nawozy zasadowe, neutralne i kwasowe, które charakteryzują się odpowiednio dużym i małym powinowactwem do emisji amoniaku.” – o odczynie zasadowym obojętnym i kwaśnym, nie ma nawozów kwasowych.
- 24) „Przykładami nawozów o charakterze zasadowym są mocznik ...” – proszę wyjaśnić co to jest równoważnik kwasowy i zasadowy oraz ile wynosi dla mocznika?

- 25) Strona 25. „Pojawiają się nawozy z otoczką polimerową (np. z powłokami poliuretanowymi), otoczki mieszane, siarkowo-polimerowe, a także z otoczkami opartymi na żywicach.” – gdzie się pojawiają? Produkowane są ...
- 26) Strona 28. „Po aplikacji nawozu wilgoć wnika do wnętrza granuli przez pory lub mikropory otoczki (a), następuje stopniowy wzrost ciśnienia wewnątrz granuli i rozpuszczanie składników pokarmowych w rdzeniu (b).” – to nie wilgoć wnika tylko woda (roztwór glebowy).
- 27) Strona 29. „Wykorzystanie granulatora bębnowego do procesu powlekania polega na natrysku roztworu powlekającego na granule za pomocą dyszy rozpyłowej dostosowanej do lepkości roztworu.” – to natrysk roztworu odbywa się w granulatorze a nie jest wykorzystywany.
- 28) „Jak łatwo zauważyć na powyższej fotografii, wstępnie roztwór powlekający pokrywa tylko granule znajdujące się we wierzchniej warstwie złoża i dopiero ruch obrotowy urządzenia umożliwia dystrybucję materiału powlekającego w całej objętości powlekanego materiału.” –to nie jest złożo tylko materiał, granulaty itp.
- 29) Strona 35. „Zawartość materii organicznej w glebie świadczy o żyzności i produktywności gleby, ponieważ w niej ukryte są składniki pokarmowe, wykorzystywane w cyklu odżywiania (Steiner i in., 2007).” – w materii organicznej nic się nie ukrywa.
- 30) „Sugeruje to, że aktywność ureazy jest wysoka w glebach o dobrych właściwościach, niezaburzonych przez procesy uprawy i zabiegi agrotechniczne.” – co autorka rozumie przez dobre właściwości i niezaburzone?
- 31) Strona 36. „Ze względu na fakt, że do enzymatycznej przemiany mocznika konieczna jest obecność wody, reakcja ta może zostać również zaburzona przy zbyt małej zawartości wilgoci (gleby suche/susze).” – zawartości wody.
- 32) „Zaburzone przemiany mocznika w glebie, a także nieoptymalny pobór azotowych składników odżywczych przez roślinę może powodować emisję związków azotu do atmosfery.” – proszę wyjaśnić co to jest optymalny i nieoptymalny pobór? Co autorka miała na myśli?
- 33) „Dodatkowo, hydroliza mocznika prowadzi do gwałtownego podniesienia pH gleby w bezpośrednim sąsiedztwie zastosowanych granulek mocznika.” – czy ten proces ma znaczenie z rolniczego punktu widzenia?
- 34) bakterie odpowiedzialne za amonifikację potrzebują pH 6,7–6,8, bakterie nityfikacyjne potrzebują pH 6,9–8, a Azotobakter 7–7,8 – źle dobrane słowo „potrzebują pH”.

- 35) „(<https://www.tygodnik-rolniczy.pl/articles/uprawa/jak-wyliczyc-dawke-nawozu-wapniowego-w-zaleznosci-od-kategorii-gleby/>)” - w pracy naukowej nie powinno powoływać się na czasopisma popularne.
- 36) „Wtedy biegną również reakcje przemiany jonu amonowego do formy azotanowej, lecz wraz z obniżeniem temperatury okres przemiany może zostać wydłużony prawie do 10 dni (Amberger, 1984; Sturm i in., 1994; Curtin i in., 2020).” - reakcje „zachodzą”.
- 37) Strona 37. „Powstająca forma amonowa może z wiązać się z cząstkami ilastymi gleby, powodując zmniejszenie strat składników azotowych.” – czy nie lepiej byłoby napisać z kompleksem sorpcyjnym gleby?
- 38) Strona 38. „Pomiary amoniaku można także wykonać w sposób bezpośredni.” – pomiary stężenia amoniaku.
- 39) Strona 39. „W przypadku gleb uprawnych, których pH jest regulowane i najczęściej utrzymywane na poziomie pH obojętnego, dominującą formą są azotany. Natomiast w przypadku gleb, w których nityfikacja zostaje zahamowana, np. gleby kwaśne, zasadowe czy podmokłe pola uprawne, głównym źródłem azotu są jony amonowe (Britto i Kronzucker, 2002; Miller i Cramer, 2004; Lambers i Chapin, 2008].” – pH wyrażane jest w liczbach, a odczyn gleby w klasach odczynu, powinno być utrzymywane w zakresie odczynu obojętnego.
- 40) Strona 41. „Świadczy to o intensywniejszym pochłanianiu azotu przez rośliny w dalszych stopniach rozwoju rośliny. Stąd można wnioskować, że straty składnika przez wymywanie i emisję są mniejsze, ponieważ większa część aplikowanego azotu zostaje pochłonięta przez nawożoną roślinę.” – rośliny nie pochłaniają tylko pobierają składniki pokarmowe.
- 41) Strona 43. 3. Cel pracy i hipotezy badawcze – jest nr 2 a powinno być 3.
- 42) „... ale nie przyczyniać się będzie do zaburzenia wzrostu roślin.” – ale nie będzie przyczyniać się.
- 43) Strona 46. „Straty suszenia wyznaczane są w temperaturze 65-70°C, zgodnie z normą PN-C-87011:1999 pkt. 4.6. Próbkę nawozu suszy się przez 2h od temperatury 65°C do 70°C, a następnie wychładza i waży. Straty suszenia wylicza się na podstawie ubytku masy.” – straty podczas suszenia ...
- 44) PN-C-87011:1999, PN-EN 1235:1999 – brak norm w spisie literatury.
- 45) „Skład granulometryczny nawozu oznacza się z wykorzystaniem normy PN-EN 1235:1999 oraz stosownych uzupełnień.” – co to są stosowne uzupełnienia?
- 46) Strona 49. „Analizując skład granulometryczny (Tab. 33) i poddaniu go analizie z wykorzystaniem trójkąta Fereta zaklasyfikowano ją jako piasek gliniasty (pg),



co w kategorii ciężkości agronomicznej gleby pasuje ją w glebach lekkich (Roczniki gleboznawcze, Tom LX NR2, PTG 2009).” – nie ma kategorii ciężkości tylko jest kategoria agronomiczna gleby.

- 47) „Była to gleba płowa, sklasyfikowana jako glina piaszczysta (gp, tab. 33), tym samym w kategoriach ciężkości agrotechnicznej zaklasyfikowaną ją do gleb średnich. Ze względu na fakt, że w momencie poboru gleby obszar ten był niezagospodarowany, określono go jako przejściowe nieużytki rolne.” – jak wyżej.
- 48) Strona 51. Tabela 16. „Wykaz procedur badawczych i norm, zgodnie z którymi przeprowadzono analizy w Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Lublinie” – autorka nie powinna opierać się na procedurach badawczych tylko na Polskich Normach, lub/i według jakiej metody zostały przeprowadzone te analizy. Brakuje informacji jakie to są formy pierwiastków. Na podstawie składu granulometrycznego wyznacza się kategorię agronomiczną gleby. Brakuje wymienionych PN w spisie literatury.
- 49) Strona 59. Rysunek 37. „Niespełnienie założenia stałości gradientu ciśnienia amoniaku między glebą i atmosferą spowodowane zbyt długim czasem pomiaru, które może powodować zaniżenie wyliczanych strumieni mierzonego gazu.” – to nie jest tytuł rysunku tylko opis.
- 50) Strona 60. Tabela 19. Kalendarium doświadczenia wazonowego - Ścięcie roślin (zielona masa) – w jakiej fazie rozwojowej zbierano rośliny.
- 51) Strona 61 i 62. Tabela 20. Kompleksy i kategorie agronomiczne gleb – uważam, że są to zbędne informacje w niniejszej pracy, ale oczywiście nie pomniejszają wartości.
- 52) „Wykorzystano dawkę 1 t CaO/ha, powszechnie stosowaną przez praktykujących rolników. Dawkę przeliczono na powierzchnię gleby w wazonie doświadczalnym i zaaplikowano. Do wapnowania wykorzystano produkt firmy AGRECOL.” – dawki nie można wykorzystać i nie powinno powoływać się na praktykę rolników, tylko na opracowania naukowe lub branżowe. ( $1\text{ t CaO} \cdot \text{ha}^{-1}$ ).
- 53) „Jest to wapno o zawartości 70% CaO, zawierające formę tlenkową wapna cechującą się szybkim działaniem. Po wprowadzeniu wapna do gleby odczekano zalecane 2-3 tygodnie przed zaaplikowaniem makroskładników.” – proszę omówić zasady stosowania wapna nawozowego w celu odkwaszania gleb.
- 54) Proszę wyjaśnić dlaczego zastosowała Pani w doświadczeniu wapno tlenkowe na glebę lekką.
- 55) „Gleba doprowadzona była do wilgotności odpowiadającej pF 2,2.” – gleby nie można doprowadzić czy odprowadzić.

- 56) Strona 63. „Doświadczenie wazonowe przeprowadzono na roślinie modelowej, na którą wytypowano pszenicę jarą odmiany Rusałka.” – rośliną testową była pszenica jara.
- 57) Tabela 24. Listy zalecanych odmian do uprawy na obszarze województw na rok 2021 – zbędna informacja w pracy, podobnie jaki omówienie grup jakościowych.
- 58) Strona 68. „3.27. Oznaczenie zawartości makroskładników w materiale roślinnym. Części nadziemne roślin ścięto oraz wysuszono ( $T=85^{\circ}\text{C}$ ).” – dlaczego autorka suszyła rośliny w temperaturze  $85^{\circ}\text{C}$  i następnie podaje, że plon zielonej masy wyznaczono na podstawie suchej masy roślin? Proszę omówić zasadę oznaczania suchej masy roślin.
- 59) Tabela 28. Wykaz procedur badawczych i norm, zgodnie z którymi przeprowadzono analizy części nadziemnych roślin w Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Lublinie – procedury badawcze są wewnętrzną sprawą laboratorium. Brakuje jakimi metodami lub wg jakich Polskich Norm oznaczano poszczególne pierwiastki.
- 60) 5. Wyniki – kolejność, nr do poprawy.
- 61) Strona 80. „Sprawdzono również zawartość substancji organicznych” – oznaczono.
- 62) „Gлина piaszczysta z IA PAN w Lublinie miała natomiast odczyn umiarkowany kwaśny, o poziomie wapnia 4 krotnie mniejszym niż piasek gliniasty z IUNG oraz o zbliżonej zawartości substancji organicznej.” – nie ma takiego odczynu jak umiarkowany jak również poziomu wapnia. Proszę omówić klasy odczynu gleb.
- 63) Strona 94. Tabela 44. „Wyniki rozszerzonego zakresu analiz próbek glebowych przed rozpoczęciem i po zakończeniu doświadczenia inkubacyjnego.” – wartość pH nie podaje się w mg na 100 g gleby.
- 64) Weryfikacji wymaga przegląd spisu literatury (8. Bibliografia) wykazane pozycje literatury nie koniecznie są użyte w pracy. np.
- „Babadi F.E., Yunus R., Rashid S.A., Salleh M.A.M., Ali S., 2015. New coating formulation for the slow release of urea using a mixture of gypsum and dolomitic limestone. *Particuology*, 23, 62–67. doi: 10.1016/j.partic.2014.12.011” – brakuje w tekście

Zamieszczone powyżej uwagi są w większości natury formalnej i dyskusyjne, ale nie wpływają na wartość merytoryczną przedstawionej dysertacji. Mogą być pomocne przy dalszych opracowaniach i przygotowywaniu publikacji. Podsumowując stwierdzam, że pracę doktorską Pani mgr. inż. Moniki Wesołowskiej oceniam bardzo dobrze. Jest to praca oryginalna, nowatorska, o wysokiej wartości użytkowej, która dostarcza wielu cennych informacji na temat możliwości wytwarzania zmodyfikowanych nawozów mocznikowych o zmniejszonej emisji amoniaku po zastosowaniu ich w produkcji rolnej. Doktorantka zebrała niezwykle obszerny materiał badawczy, do którego dobrała właściwe metody badawcze,

co wskazuje na dobre przygotowanie do prowadzenia badań naukowych, świadczy o jej wnikliwości i bardzo dobrej organizacji pracy.

## 6. Wniosek końcowy

Przedstawiona do oceny rozprawa mgr inż. Moniki Wesołowskiej pt. „Opracowanie modyfikacji stałych nawozów mocznikowych w celu zmniejszenia emisji amoniaku po ich aplikacji do środowiska glebowego”, wykonana pod naukową opieką Profesora dr hab. Piotra Baranowskiego, oraz promotora pomocniczego dr Marzeny Mikos-Szymańskiej, w pełni mieści się w dyscyplinie: „Rolnictwo i ogrodnictwo” i spełnia warunki obowiązującej Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018, poz. 1668 z późn. zm.). W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie Doktorantki do dalszych etapów przewodu doktorskiego w dyscyplinie.

Ze względu na tematykę pracy, jej zakres, znaczenie poznawcze i użytkowe, a także staranność opracowania **wnioskuję o nagrodzenie rozprawy** doktorskiej Pani mgr inż. Moniki Wesołowskiej **stosowną nagrodą**.

dr hab. inż. Przemysław Tkaczyk

