

**Recenzja pracy doktorskiej**

**mgr inż. Moniki Marty 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

pod kierunkiem

Promotora: prof. dr hab. Piotra Baranowskiego

Promotora pomocniczego: dr Marzeny Mikos-Szymańskiej

Stały wzrost populacji ludzkiej wiąże się z dużym wyzwaniem, którym jest zapewnienie podstawowych warunków do jej utrzymania i rozwoju społeczeństw. Według Masłowa u podstawy piramidy potrzeb człowieka leży zapewnienie potrzeb fizjologicznych, do których należy np. sen, głód czy pragnienie. Wraz z rozwojem cywilizacyjnym i odejściem od gospodarki zbieracko-łowieckiej na rzecz stacjonarnej produkcji rolnej głód zaspokajany jest w zdecydowanej mierze właśnie przez rolnictwo. Sektor ten rozwijał się przez szereg wieków bazując na dostępnych zasobach przyrodniczych i wykorzystując naturalne mechanizmy biologiczne. Wraz ze wzrostem liczby ludności i zmianą nawyków żywieniowych (np. sukcesywne zastępowanie białka roślinnego białkiem zwierzęcym) zapotrzebowanie na żywność zarówno w wolumenie jak i ilości kalorii stale rośnie. Jednocześnie ziemia jest zasobem niepomnażalnym, a naturalne mechanizmy przyrodnicze mają swoje ograniczenia w zakresie efektywności. Rozwiązaniem tego problemu stało się wykorzystanie w produkcji rolnej przemysłowych środków produkcji, do których zaliczamy głównie środki ochrony roślin i nawozy mineralne. Ich wykorzystanie charakteryzowało się bardzo dużą dynamiką w krajach rozwiniętych szczególnie w latach 60-80 tych XX wieku. Jednak w końcu tego wieku zaczęły pojawiać się opinie, które poddawały krytyce podejście do rolnictwa oparte wyłącznie na kryterium produktywności i efektywności ekonomicznej. Wiązało się to głównie z rozwojem wiedzy wskazującej na niekorzystne następstwa środowiskowe nieracjonalnego stosowania przemysłowych środków produkcji. W efekcie rolnictwo, szczególnie w UE, zostało objęte szeregiem regulacji prawnych, które ograniczały niekorzystny wpływ sektora na środowisko rolnicze. Ten kierunek polityczny jest w dalszym ciągu rozwijany, o czym świadczy to, że 40 % budżetu w Planie Strategicznym WPR na lata 2023-2027 jest

przeznaczone na cele związane z ochroną środowiska i klimatu. W odniesieniu do nawozów mineralnych podejmuje się starania, aby jak najbardziej ograniczyć straty biogenów do wód oraz zmniejszyć emisję gazów cieplarnianych i amoniaku do atmosfery związane z ich stosowaniem.

Jednak pomimo rosnących wymogów środowiskowych i klimatycznych oraz rozwoju wiedzy i znacznego postępu technicznego, cyfrowego, logistycznego i biologicznego musimy pamiętać, że problem głodu w dalszym ciągu dotyczy znacznego obszaru świata i dużej liczby ludzi. Dlatego konieczne jest poszukiwanie rozwiązań, które będą pozwalały na zaspokojenie potrzeb żywieniowych ludzkości przy zachowaniu stanu środowiska i bardzo oszczędnym wykorzystaniu jego zasobów. W związku z tym w wielu ośrodkach naukowych i firmach przemysłowych związanych z sektorem nawozowym poszukuje się rozwiązań, które pozwoliłyby na ograniczenie niekontrolowanych strat biogenów do wód i emisji do atmosfery gazów cieplarnianych oraz amoniaku z nawozów mineralnych. Oprócz korzyści środowiskowych niesie to za sobą oczywiste korzyści ekonomiczne związane z poprawą wykorzystania składników pokarmowych. Jest to bardzo istotne w obecnej sytuacji rynkowej. Podkreślić należy, że zagadnienia te mają szczególne znaczenie w przypadku mocznika, który cechuje się relatywnie największymi stratami azotu w postaci emisji amoniaku.

W świetle powyższych faktów podjęte przez mgr inż. Monikę Wesołowską badania dotyczące modyfikacji stałych nawozów mocznikowych w celu zmniejszenia emisji amoniaku po ich zastosowaniu należy uznać za interesujące i aktualne. Problemy poruszane w ocenianej rozprawie są bardzo istotne, zarówno ze względów poznawczych jak i użytecznych.

Przedłożona do oceny praca obejmuje 146 stronicowy maszynopis, z czego 7 stron stanowi załącznik zawierający 17 wykresów. Integralną częścią rozprawy jest 55 tabel oraz 105 rysunków, które ilustrują wyniki przeprowadzonych badań. Bibliografia obejmuje 211 pozycji literatury, z czego aż 84 % stanowią pozycje obcojęzyczne, które pod względem formalnym i merytorycznym są cytowane w sposób właściwy. Zasadniczą treść opracowania przedstawiono w dziesięciu rozdziałach, uszeregowanych w następujący sposób: 1. Wstęp, 2. Przegląd literatury, 3. Cel pracy i hipotezy badawcze, 4. Materiał i metody, 5. Wyniki, 6. Dyskusja, 7. Wnioski, 8. Bibliografia, 9. Załączniki, 10. Streszczenie. Pewne wątpliwości budzi tytuł rozprawy, wydaje się że byłby on bardziej klarowny, gdyby został skrócony i uzyskał brzmienie „Opracowanie modyfikacji stałych nawozów mocznikowych w celu zmniejszenia emisji amoniaku”. Podkreślić należy, że w zaproponowanym przez Doktorantkę brzmieniu temat jest adekwatny, aczkolwiek nazbyt rozbudowany. Niemniej jednak zasadniczo układ pracy jest logiczny i spełnia wymagania stawiane dysertacjom doktorskim. Praca generalnie napisana jest językiem zrozumiałym i poprawnym stylistycznie oraz umożliwiającym sprawne śledzenie przeprowadzonych badań i analizę przedstawionych wyników.

łącząca się logicznie z wprowadzeniem hipoteza badawcza oraz cele pracy zostały postawione w sposób syntetyczny i nie budzą wątpliwości.

Podstawę do opracowania rozprawy doktorskiej stanowiły bardzo pracochłonne i wielowątkowe badania. Na wstępie wytypowano biomateriały na otoczki mające na celu modyfikację właściwości dostępnego komercyjnie mocznika w tradycyjnej formie. Następnie Doktorantka opracowała metodę powlekania granuli nawozu o największej efektywności i precyzji oraz potencjale wdrożenia do praktyki przemysłowej. Na podstawie badań laboratoryjnych wytypowała 4 produkty nawozowe do przebadania w warunkach inkubacyjnych. W tym etapie przebadła uwalnianie amoniaku z tych produktów po ich aplikacji do gleby w ciemnej komorze pomiarowej w układzie pomiaru dynamicznego emisji gazów. W trakcie badania określiła również wpływ wilgotności gleby i jej zagęszczenia na poziom emisji amoniaku. Przed rozpoczęciem doświadczenia inkubacyjnego i po jego zakończeniu Autorka pobrała próbki glebowe do analizy pod kątem zawartości różnych form azotu oraz przyswajalnych form innych makro i mikrośladników, a także aktywności ureazy. W kolejnym kroku przebadła w doświadczeniu wazonowym z pszenicą jarą odm. Rusałka produkt nawozowy (P 10) o największym, wykazanym na etapie doświadczenia inkubacyjnego, potencjale redukcji emisji amoniaku. W trakcie pierwszych 2 tygodni po aplikacji pierwszej dawki nawozu azotowego w doświadczeniu wazonowym mgr inż. Monika Wesołowska przeprowadziła pomiary emisji amoniaku z wykorzystaniem metodyki z doświadczenia inkubacyjnego. Określiła także wpływ nawozu P 10, w porównaniu do obiektu bez nawożenia i tradycyjnego mocznika, na wzrost roślin, zawartość chlorofilu, natężenie fotosyntezy, plon suchej masy pszenicy jarej oraz zawartość makroelementów w części nadziemnej roślin. Podobnie jak w przypadku eksperymentu inkubacyjnego również w doświadczeniu wazonowym Doktorantka określiła zawartość różnych form azotu w glebie oraz aktywność ureazy jako ważnego wskaźnika mikrobiologicznego. Podkreślić należy, że zarówno badania inkubacyjne jak i wazonowe Autorka przeprowadziła na dwóch różnych glebach tj. piasku gliniastym i glinie piaszczystej.

Celem badań było opracowanie nawozów otoczkowanych na bazie mocznika, różniących się grubością powłoki oraz materiałem powlekającym i przetestowanie 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 przetestowanie jego wpływu na wzrost i plonowanie pszenicy jarej. Dobór i zakres metod badawczych oraz przyjętych kryteriów oceny należy uznać za wystarczający i umożliwiający realizację założonych celów badania oraz weryfikację postawionej hipotezy.

Opis wyników wskazuje na dobre rozeznanie Doktorantki w zakresie tematyki objętej badaniami. Autorka w wyniku przeprowadzonych prac otrzymała nowe formuły nawozowe na bazie mocznika zapewniające spowolnione uwalnianie składników nawozowych. Opracowana powłoka cechowała się

odpowiednią szczelnością i wytrzymałością. Oprócz właściwości powłoki wynikało to również z wyboru i optymalizacji procesu jej nanoszenia. Do dalszych badań inkubacyjnych mgr inż. Monika Wesołowska wybrała 4 produkty nawozowe, spośród których wszystkie wykazały się redukcją emisji amoniaku od 20 do 34 % w stosunku do tradycyjnego mocznika. Dla mocznika niemodyfikowanego strumień emisji  $\text{NH}_3$  wyniósł  $32,792 \text{ gNH}_3 \cdot \text{m}^{-2}$ , co odpowiada stracie zaaplikowanego azotu na poziomie 11,37%. Natomiast z nawozów modyfikowanych emisja amoniaku wyniosła od 21 do  $26 \text{ gNH}_3 \cdot \text{m}^{-2}$  (odpowiednio od 7,52 do 9,09% strat zaaplikowanego N). Badania inkubacyjne wykazały także, że na wysokość i tempo emisji mają wybrane właściwości fizyczne gleby. Przy zwiększonym zagęszczeniu i zmniejszonej wilgotności Doktorantka zaobserwowała znaczny spadek emisji amoniaku. Zmniejszenie wilgotności skutkowało również przesunięciem maksimum emisji  $\text{NH}_3$  w czasie. Autorka wykazała również, że proces emisji amoniaku jest zróżnicowany co do poziomu i dynamiki w zależności od rodzaju gleby, a w szczególności jej składu granulometrycznego.

W wyniku badań inkubacyjnych mgr inż. Monika Wesołowska wyselekcjonowała nawóz (P 10) charakteryzujący się największą redukcją emisji amoniaku w stosunku do mocznika, który został poddany dalszej ocenie w eksperymencie wazonowym. Strumienie emisji amoniaku w doświadczeniu wazonowym kształtowały się w sposób podobny do emisji w doświadczeniu inkubacyjnym. W przypadku piasku gliniastego podwyższone emisje  $\text{NH}_3$  obserwowane były w pierwszych pięciu dniach po aplikacji nawozu. Maksimum wystąpiło 3 dnia i wynosiło ono  $979 \text{ mgNH}_3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dzień}^{-1}$  dla mocznika i  $643 \text{ mgNH}_3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dzień}^{-1}$  dla nawozu modyfikowanego P10. W przypadku gliny piaszczystej zwiększone emisje  $\text{NH}_3$  obserwowano od 5 do 11 dnia po aplikacji nawozu. Emisja w maksimum wynosiła 58,215 i  $17,956 \text{ mgNH}_3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dzień}^{-1}$ , odpowiednio dla mocznika i nawozu modyfikowanego P10. Redukcja emisji amoniaku w wyniku stosowania nawozu otoczkowanego wynosiła na glinie piaszczystej 58%, a na piasku gliniastym 32%. Zastosowanie nawozu otoczkowanego nie wpłynęło również negatywnie na wzrost i plonowanie oraz parametry fizjologiczne roślin pszenicy jarej.

Badania przeprowadzone w fazie inkubacyjnej i wazonowej pozwalają wnioskować, że proces otoczkowania nawozów na bazie mocznika powoduje redukcję przedostawania się form azotu do głębszych warstw gleby, co może mieć istotne znaczenie dla ochrony jakości zasobów wód gruntowych. Natomiast nie potwierdzono statystycznie wpływu stosowania nawozu otoczkowanego na aktywność enzymatyczną ureazy. Pomimo to stwierdzono, że zarówno na początku jak i na końcu okresu inkubacyjnego aktywność ta była nieco mniejsza w glebach po aplikacji nawozu otoczkowanego w porównaniu do mocznika niemodyfikowanego.

Wyniki prac rozwojowych i badawczych przedstawione w ocenianej rozprawie jednoznacznie uprawniają to pozytywnego zweryfikowania postawionej hipotezy badawczej.

Dyskusja wyników badań zarówno pod względem jakościowym jak i ilościowym jest dość skromna. Pomimo to Autorka skutecznie skonfrontowała wynik badań własnych z danymi i opiniami innych autorów. Zawarte w podsumowaniu wnioski w większości zostały sformułowane w sposób syntetyczny i poprawny.

Podsumowując należy stwierdzić, że Doktoranta przygotowując ocenianą dysertację wykazała się odpowiednim poziomem ogólnej wiedzy teoretycznej z dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo. Wykazała również umiejętność samodzielnego pracy naukowej. Nie ulega wątpliwości, że przygotowana przez mgr inż. Monikę Wesołowską rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej.

Niemniej jednak lektura przedmiotowej rozprawy skłania do przedstawienia kilku uwag o charakterze krytycznym oraz polemicznym, które w niczym nie umniejszają wartości merytorycznej pracy

*Uwagi do rozdziału „Przegląd literatury”:*

- ✓ W rozdziale 1.1.2. *Zużycie nawozów mineralnych na świecie* Autorka zarówno w tekście jak i na rysunku 3 nie podała jakich nawozów dotyczy charakterystyka. Jeśli dane dotyczą zużycia nawozów mineralnych NPK to wg GUS w Polsce w 2002 r. używano 95, a w 2016 r. 132 kg NPK ha<sup>-1</sup>. Jest to rozbieżne z wartościami opisywanymi w rozdziale, które wynoszą odpowiednio 116 i 173 kg NPK ha<sup>-1</sup>. Mało prawdopodobne są również przedstawione na rys. 3 wartości zużycia nawozów dla Singapuru, które wynoszą odpowiednio 1830 i 30238 kg NPK ha<sup>-1</sup>.
- ✓ W rozdziale 1.1.3. na str. 18 zawarta jest informacja, że w Polsce w 2002 r. używano 62,36 kg N ha<sup>-1</sup>, a według danych GUS było to 51 kg N ha<sup>-1</sup>.
- ✓ W rozdziale 1.1.4. podobnie jak w rozdziale 1.1.2. nie doprecyzowano jakich nawozów dotyczy charakterystyka. Ponadto rysunek 8 powiela dane zawarte w tabeli 2, która znajduje się na tej samej stronie pracy, z tego powodu jest on zbędny. Również rys. 9 dotycząc mineralnych nawozów azotowych został błędnie zinterpretowany jako ich zużycie w Polsce. Jest to raczej produkcja wg asortymentu firmy Yara. Według danych Fertilizers Europe udział mocznika w formie stałej w zużyciu nawozów azotowych w Polsce wynosił 25-30%, nie zaś 50%.
- ✓ Fragment rozdziału 1.1.5. (str 21) *„Wydawałoby się, że bardzo wysoki NUE jest zjawiskiem pozytywnym, bo rośliny wydobywają azot z naturalnych pokładów. W rzeczywistości często jest odwrotnie. Oznacza to, że mają one niedostateczną podaż azotu, ale nadal występuje*

potrzeba uprawy większej ilości roślin. Zamiast wykorzystywać łatwo dostępne składniki odżywcze, wprowadzane z nawozami, rośliny muszą pobierać azot z gleby – w procesie zwanym „wydobyciem azotu”. Azot ten jest następnie wynoszony z pól uprawnych wraz ze zbiorami w ilości większej niż zaaplikowano. Powoduje to wyczerpanie składników odżywczych obecnych w glebach, powodując ich jałowienie, przez co w dłuższej perspektywie stają się nieużyteczne dla produkcji roślinnej” jest raczej wyrazem mylnych lub niefortunnie sformułowanych poglądów Doktorantki niż ugruntowanej w literaturze wiedzy. Z powyższego tekstu niedoświadczony czytelnik mógłby wywnioskować, że azot podobnie jak np. potas i fosfor jest magazynowany w glebie długookresowo. Ponadto z tekstu wynika, że pobieranie azotu z gleby wiąże się z definitywnym uszczupleniem jego zasobu, bez możliwości jego uzupełnienia.

- ✓ Rozdziały 1.4.2. i 1.4.3. powinny być połączone, bo dotyczą tego samego procesu.
- ✓ Str. 42. Zdanie „Może mieć to również korzystny wpływ na wzrost wartości wskaźników wykorzystania azotu NUE i/lub powodować zwiększoną zawartość azotu pozostającą w glebie po zebraniu plonów” jest skrótem myślowym, który może sugerować, że pozostawanie azotu w glebie po zbiorze roślin może być procesem jednoznacznie korzystnym.

*Uwagi do rozdziału „Materiał i metody”:*

- ✓ Str. 51. Nazwa miejsca, z którego pobrano próby glebowe nie jest precyzyjna, powinna ona brzmieć Rolniczy Zakład Doświadczalny IUNG-PIB w Grabowie nad Wisłą.
- ✓ W rozdziale 3.12. brak jest informacji w ilu powtórzeniach był wykonywany eksperyment. Dopiero w dalszej części pracy zawarte są informacje, że było to 3 powtórzenia, chociaż z informacji na stronie 65 można wnioskować że powtórzeń było 4.
- ✓ Zdanie zawarte w rozdziale 3.15 „Po aplikacji nawozu przykryto go 1 centymetrową warstwą gleby, co odzwierciedlało zalecenia dotyczące przeorania wierzchniej warstwy gleby po zaaplikowaniu nawozów mocznikowych” jest bardzo niefortunne w swojej formie. Po pierwsze w praktyce rolniczej mocznik nie jest przyorywany, a jedynie mieszany z glebą. Po drugie trudno porównać przykrycie 1 cm warstwą gleby z orką.
- ✓ Porównując metodykę doświadczenia inkubacyjnego i wazonowego rodzi się pytanie, dlaczego w badaniu inkubacyjnym nie rozważono wariantu z dawką dzieloną? Wydaj się ono tym bardziej zasadne z tego powodu iż, w doświadczeniu wazonowym, ze względu na wysokość roślin, nie wykonywano pomiarów emisji po zastosowaniu drugiej dawki nawozów.



- ✓ W ramach przygotowania rozprawy wykonano bardzo dużo badań i analiz jednak trudno pozbyć się wrażenie, że ich dopełnieniem byłaby uproszczona analiza ekonomiczna pozwalająca na porównanie kosztów produkcji mocznika tradycyjnego i jego form otoczkowanych.
- ✓ W opisie metod statystycznych (rozdz. 3.29) Autorka wskazuje, że grupy jednorodne wydzieliła przy użyciu testu Tukey'a. Brak jest jednak informacji, czy przed wyborem testu parametrycznego, jakim jest analiza wariancji, do określenia istotności różnic badała normalność rozkładu zmiennych i jednorodność wariancji. Dość często w badaniach rolniczych wymogi te nie są spełnione i należy wtedy podjąć próbę normalizacji rozkładu zmiennych lub do oceny istotności różnic wykorzystać testy nieparametryczne np.: ANOVA rang Kruskal-Wallis.

*Uwagi do rozdziału „Wyniki”:*

- Zgodnie z sformułowanym celem badań jednym z elementów oceny miała być grubość powłoki naniesionej na granule. Natomiast przedstawione wyniki wskazują jednak, że badano faktycznie zróżnicowany udział wagowy % powłoki. Informacja o grubości powłoki występuje co prawda na str 79 dysertacji, ale bez jakichkolwiek parametrów.
- Niezrozumiałe jest dlaczego zarówno w odniesieniu do wilgotności gleby (rozdz. 4.2.3.) jak i gęstości (rozdz. 4.2.4.) w doświadczeniu inkubacyjnym nie uwzględniono obiektu z aplikacją tradycyjnego mocznika do gleby o wilgotności pF=3.0 oraz gęstości 1,6 g cm<sup>3</sup>. W efekcie nie jest uprawnione odnoszenie efektów zastosowania produktu nawozowego P 10 na glebie o pF=3.0 oraz gęstości 1,6 g cm<sup>3</sup> do wyników uzyskanych dla mocznika aplikowanego w odmiennych warunkach (pF=2,2 oraz gęstości 1,3 g cm<sup>3</sup>) Zasadne jest jedynie porównanie obiektów o zróżnicowanych warunkach wilgotnościowych i gęstości na których był stosowany wyłącznie produkt nawozowy P 10.
- Wstępna część rozdziału 4.2.5. ma charakter metodyczny i powinna się w rozdziale „Materiał i metody”. Generalnie w rozdziale „Wyniki” znajduje się dość znaczna ilość zbędnych informacji będących powtórzeniem z rozdziału „Materiał i metody”. Ponadto tytuł rozdziału 4.2.5. odnosi się tylko do form azotu w glebie, a w tabeli 44 przedstawione są także szczegółowe dane dla innych makro i mikrośladników.

*Uwagi do rozdziału „Wnioski”:*

- ✓ Modyfikacji wymaga wniosek 8, który wskazuje na brak jednoznacznej korelacji między poziomem emisji amoniaku i aktywnością enzymatyczną ureazy po aplikacji nawozu

otoczkowanego. Korelacji takiej nie wykazano ponieważ nie była ona przedmiotem analizy statystycznej. Analiza obejmowała istotność różnic i do tego należy się odnieść w treści wniosku.

- ✓ Definitywnie usunięcia wymaga ostatni wniosek ponieważ ma on charakter życzeniowy i nie wynika z przeprowadzonych badań.

*Uwagi edytorskie:*

- ✓ Niezrozumiałe jest dlaczego rozdziały „Przegląd literatury” i „Wyniki” są numerowane w skali 3-stopniowej, a rozdział „Materiał i metody” w 2-stopniowej.
- ✓ Numeracja rozdziałów jest niespójna, ponieważ zarówno w treści jak i w spisie treści brak jest rozdziału nr 5. Ponadto w spisie treści brak jest rozdziału nr 7 wskutek czego, począwszy od rozdziału „Wnioski” numeracja w spisie treści i tekście jest odmienna.
- ✓ W pracy znalazło się kilka sformułowań które nie odpowiadają stosownej nomenklaturze lub są formą skrótów myślowych. Przedstawiono je w poniższym zestawieniu:

<b>Tekst w rozprawie</b>	<b>Prawidłowa forma</b>
<i>tereny rolnicze</i>	użytki rolne lub grunty rolne
<i>ilość ludzi dokarmiana azotem</i>	ilość ludzi, która jest żywiona dzięki wykorzystaniu nawozów azotowych w produkcji rolniczej
<i>wspólna polityka rolna</i>	Wspólna Polityka Rolna
<i>kg ha<sup>-1</sup> Użytków Rolnych</i>	kg ha <sup>-1</sup> UR
<i>na hektar pola uprawnego</i>	na hektar użytku rolnego lub gruntu ornego
<i>stanowi blend</i>	jest nawozem typu blend lub jest nawozem mieszanym
<i>odchody zwierzęce</i>	nawozy naturalne (ewentualnie uzupełniająco pochodzenia zwierzęcego)
<i>mocnym odczynie kwaśnym</i>	bardzo niskim odczynie
<i>dozownik do aplikacji nawozu na pole</i>	rozsiewacz nawozu
<i>wazony wraz z porastającymi je roślinami</i>	Wazony z roślinami
<i>wysokościach profilu glebowego</i>	głębokościach profilu glebowego

- ✓ Praca ma pewne niedociągnięcia związane formatowaniem tekstu:
  - Niektóre tabele (np. 7) lub rysunki (np. 14) znajduje się tekście przed odwołaniem i opisem.
  - Kilka tabel (np. 9) o relatywnie niewielkich rozmiarach jest rozczłonowana pomiędzy stronami.
  - W tabelach 11 i 12 brak jest źródła. Co prawda znajduje się ono w tekście, ale tabela powinna sama w sobie zawierać wszystkie niezbędne informacje.



- Rysunki 41 i 42 lub odnoszący się do nich tekst powinien być zamieniony kolejnością.
  - Str. 101 odniesienie do rysunków jest błędne , a mianowicie jest (84 i 85) powinno być (85 i 86), jest (86 i 87) powinno być (87 i 88). Brakuje również odniesienia do rysunków 83 i 84.
- ✓ W tekście rozprawy w nielicznych zdaniach znajdują się zbędne wyrazy lub występują niedociągnięcia stylistyczne:
- Str. 29 „*Na postać otrzymanej powłoki otrzymywanej*”; „*należy rozpatrywać procesy, w których w trakcie procesu*”.
  - Rys. 17 „*równych materiałów*” powinno być oczywiście różnych.
  - Str. 35 Zdanie „*ponieważ w niej ukryte są składniki pokarmowe*” jest zbyt potoczne.
  - Str 43. Tytuł rozdziału odnosi się do hipotez badawczych. Natomiast w pracy przedstawiona została jedna hipoteza, nie zmienia to faktu że ma ona charakter dwuczłonowy.
- ✓ Dla rys. 18 błędnie podano źródło KOBIZE 2019 (brak w wykazie literatury), a jest to KOBIZE 2021.
- ✓ Str. 61 z kontekstu wynika, że zdanie „*Zgodnie z zaleceniami nawozowymi, aby wytypować najlepsze warunki do hodowli różnych gatunków roślin korzysta się...*” odnosi się do uprawy, a nie hodowli.
- ✓ Dane w tabelach 47, 48, 49, 51, 52, i 53 zawierają tożsame dane jak rysunki odpowiednio 85 do 88, 89-90, 93-94, 95-96, 97-98, 100-101. Ponieważ tabele zawierają szerszy zakres danych tylko one powinny zostać w tekście, a rysunki są zbędne.

Podsumowując stwierdzam, że przedłożona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Moniki Marty Wesołowskiej pt.: „*Opracowanie modyfikacji stałych nawozów mocznikowych w celu zmniejszenia emisji amoniaku po ich aplikacji do środowiska glebowego*” spełnia wymagania stawiane tego typu pracom w art. 187 ust. 1 i ust. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2022 poz. 574) i kwalifikuję Kandydatkę do ubiegania się o stopień doktora w dziedzinie nauk rolniczych w zakresie dyscypliny naukowej *rolnictwo i ogrodnictwo*. **W związku z powyższym zwracam się do Rady Naukowej Instytutu Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk w Lublinie o dopuszczenie mgr inż. Moniki Marty Wesołowskiej do dalszych etapów postępowania doktorskiego.**





prof. dr hab. Mariusz Matyka  
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa  
Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

Puławy, 14.10.2022 r.

### **Recenzja pracy doktorskiej**

**mgr inż. Moniki Marty 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

pod kierunkiem

Promotora: prof. dr hab. Piotra Baranowskiego

Promotora pomocniczego: dr Marzeny Mikos-Szymańskiej

Stały wzrost populacji ludzkiej wiąże się z dużym wyzwaniem, którym jest zapewnienie podstawowych warunków do jej utrzymania i rozwoju społeczeństw. Według Masłowa u podstawy piramidy potrzeb człowieka leży zapewnienie potrzeb fizjologicznych, do których należy np. sen, głód czy pragnienie. Wraz z rozwojem cywilizacyjnym i odejściem od gospodarki zbieracko-łowieckiej na rzecz stacjonarnej produkcji rolnej głód zaspokajany jest w zdecydowanej mierze właśnie przez rolnictwo. Sektor ten rozwijał się przez szereg wieków bazując na dostępnych zasobach przyrodniczych i wykorzystując naturalne mechanizmy biologiczne. Wraz ze wzrostem liczby ludności i zmianą nawyków żywieniowych (np. sukcesywne zastępowanie białka roślinnego białkiem zwierzęcym) zapotrzebowanie na żywność zarówno w wolumenie jak i ilości kalorii stale rośnie. Jednocześnie ziemia jest zasobem niepomnażalnym, a naturalne mechanizmy przyrodnicze mają swoje ograniczenia w zakresie efektywności. Rozwiązaniem tego problemu stało się wykorzystanie w produkcji rolnej przemysłowych środków produkcji, do których zaliczamy głównie środki ochrony roślin i nawozy mineralne. Ich wykorzystanie charakteryzowało się bardzo dużą dynamiką w krajach rozwiniętych szczególnie w latach 60-80 tych XX wieku. Jednak w końcu tego wieku zaczęły pojawiać się opinie, które poddawały krytyce podejście do rolnictwa oparte wyłącznie na kryterium produktywności i efektywności ekonomicznej. Wiązało się to głównie z rozwojem wiedzy wskazującej na niekorzystne następstwa środowiskowe nieracjonalnego stosowania przemysłowych środków produkcji. W efekcie rolnictwo, szczególnie w UE, zostało objęte szeregiem regulacji prawnych, które ograniczały niekorzystny wpływ sektora na środowiskowo rolnicze. Ten kierunek polityczny jest w dalszym ciągu rozwijany, o czym świadczy to, że 40 % budżetu w Planie Strategicznym WPR na lata 2023-2027 jest

przeznaczone na cele związane z ochroną środowiska i klimatu. W odniesieniu do nawozów mineralnych podejmuje się starania, aby jak najbardziej ograniczyć straty biogenów do wód oraz zmniejszyć emisję gazów cieplarnianych i amoniaku do atmosfery związane z ich stosowaniem.

Jednak pomimo rosnących wymogów środowiskowych i klimatycznych oraz rozwoju wiedzy i znacznego postępu technicznego, cyfrowego, logistycznego i biologicznego musimy pamiętać, że problem głodu w dalszym ciągu dotyczy znacznego obszaru świata i dużej liczby ludzi. Dlatego konieczne jest poszukiwanie rozwiązań, które będą pozwalały na zaspokojenie potrzeb żywieniowych ludzkości przy zachowaniu stanu środowiska i bardzo oszczędnym wykorzystaniu jego zasobów. W związku z tym w wielu ośrodkach naukowych i firmach przemysłowych związanych z sektorem nawozowym poszukuje się rozwiązań, które pozwoliłyby na ograniczenie niekontrolowanych strat biogenów do wód i emisji do atmosfery gazów cieplarnianych oraz amoniaku z nawozów mineralnych. Oprócz korzyści środowiskowych niesie to za sobą oczywiście korzyści ekonomiczne związane z poprawą wykorzystania składników pokarmowych. Jest to bardzo istotne w obecnej sytuacji rynkowej. Podkreślić należy, że zagadnienia te mają szczególne znaczenie w przypadku mocznika, który cechuje się relatywnie największymi stratami azotu w postaci emisji amoniaku.

W świetle powyższych faktów podjęte przez mgr inż. Monikę Wesołowską badania dotyczące modyfikacji stałych nawozów mocznikowych w celu zmniejszenia emisji amoniaku po ich zastosowaniu należy uznać za interesujące i aktualne. Problemy poruszane w ocenianej rozprawie są bardzo istotne, zarówno ze względów poznawczych jak i użytecznych.

Przedłożona do oceny praca obejmuje 146 stronicowy maszynopis, z czego 7 stron stanowi załącznik zawierający 17 wykresów. Integralną częścią rozprawy jest 55 tabel oraz 105 rysunków, które ilustrują wyniki przeprowadzonych badań. Bibliografia obejmuje 211 pozycji literatury, z czego aż 84 % stanowią pozycje obcojęzyczne, które pod względem formalnym i merytorycznym są cytowane w sposób właściwy. Zasadniczą treść opracowania przedstawiono w dziesięciu rozdziałach, uszeregowanych w następujący sposób: 1. Wstęp, 2. Przegląd literatury, 3. Cel pracy i hipotezy badawcze, 4. Materiał i metody, 5. Wyniki, 6. Dyskusja, 7. Wnioski, 8. Bibliografia, 9. Załączniki, 10. Streszczenie. Pewne wątpliwości budzi tytuł rozprawy, wydaje się że byłby on bardziej klarowny, gdyby został skrócony i uzyskał brzmienie „Opracowanie modyfikacji stałych nawozów mocznikowych w celu zmniejszenia emisji amoniaku”. Podkreślić należy, że w zaproponowanym przez Doktorantkę brzmieniu temat jest adekwatny, aczkolwiek nazbyt rozbudowany. Niemniej jednak zasadniczo układ pracy jest logiczny i spełnia wymagania stawiane dysertacjom doktorskim. Praca generalnie napisana jest językiem zrozumiałym i poprawnym stylistycznie oraz umożliwiającym sprawne śledzenie przeprowadzonych badań i analizę przedstawionych wyników.

Łącząca się logicznie z wprowadzeniem hipoteza badawcza oraz cele pracy zostały postawione w sposób syntetyczny i nie budzą wątpliwości.

Podstawę do opracowania rozprawy doktorskiej stanowiły bardzo pracochłonne i wielowątkowe badania. Na wstępie wytypowano biomateriały na otoczki mające na celu modyfikację właściwości dostępnego komercyjnie mocznika w tradycyjnej formie. Następnie Doktorantka opracowała metodę powlekania granuli nawozu o największej efektywności i precyzji oraz potencjałe wdrożenia do praktyki przemysłowej. Na podstawie badań laboratoryjnych wytypowała 4 produkty nawozowe do przebadania w warunkach inkubacyjnych. W tym etapie przebadła uwalnianie amoniaku z tych produktów po ich aplikacji do gleby w ciemnej komorze pomiarowej w układzie pomiaru dynamicznego emisji gazów. W trakcie badania określiła również wpływ wilgotności gleby i jej zagęszczenia na poziom emisji amoniaku. Przed rozpoczęciem doświadczenia inkubacyjnego i po jego zakończeniu Autorka pobrała próbki glebowe do analizy pod kątem zawartości różnych form azotu oraz przyswajalnych form innych makro i mikrośladników, a także aktywności ureazy. W kolejnym kroku przebadła w doświadczeniu wazonowym z pszenicą jarą odm. Rusałka produkt nawozowy (P 10) o największym, wykazanym na etapie doświadczenia inkubacyjnego, potencjale redukcji emisji amoniaku. W trakcie pierwszych 2 tygodni po aplikacji pierwszej dawki nawozu azotowego w doświadczeniu wazonowym mgr inż. Monika Wesołowska przeprowadziła pomiary emisji amoniaku z wykorzystaniem metodyki z doświadczenia inkubacyjnego. Określiła także wpływ nawozu P 10, w porównaniu do obiektu bez nawożenia i tradycyjnego mocznika, na wzrost roślin, zawartość chlorofilu, natężenie fotosyntezy, plon suchej masy pszenicy jarej oraz zawartość makroelementów w części nadziemnej roślin. Podobnie jak w przypadku eksperymentu inkubacyjnego również w doświadczeniu wazonowym Doktorantka określiła zawartość różnych form azotu w glebie oraz aktywność ureazy jako ważnego wskaźnika mikrobiologicznego. Podkreślić należy, że zarówno badania inkubacyjne jak i wazonowe Autorka przeprowadziła na dwóch różnych glebach tj. piasku gliniastym i glinie piaszczystej.

Celem badań było opracowanie nawozów otoczkowanych na bazie mocznika, różniących się grubością powłoki oraz materiałem powlekającym i przetestowanie 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 przetestowanie jego wpływu na wzrost i plonowanie pszenicy jarej. Dobór i zakres metod badawczych oraz przyjętych kryteriów oceny należy uznać za wystarczający i umożliwiający realizację założonych celów badania oraz weryfikację postawionej hipotezy.

Opis wyników wskazuje na dobre rozeznanie Doktorantki w zakresie tematyki objętej badaniami. Autorka w wyniku przeprowadzonych prac otrzymała nowe formuły nawozowe na bazie mocznika zapewniające spowolnione uwalnianie składników nawozowych. Opracowana powłoka cechowała się

odpowiednią szczelnością i wytrzymałością. Oprócz właściwości powłoki wynikało to również z wyboru i optymalizacji procesu jej nanoszenia. Do dalszych badań inkubacyjnych mgr inż. Monika Wesółowska wybrała 4 produkty nawozowe, spośród których wszystkie wykazały się redukcją emisji amoniaku od 20 do 34 % w stosunku do tradycyjnego mocznika. Dla mocznika niemodyfikowanego strumień emisji  $\text{NH}_3$  wyniósł  $32,792 \text{ gNH}_3 \cdot \text{m}^{-2}$ , co odpowiada stracie zaaplikowanego azotu na poziomie 11,37%. Natomiast z nawozów modyfikowanych emisja amoniaku wyniosła od 21 do  $26 \text{ gNH}_3 \cdot \text{m}^{-2}$  (odpowiednio od 7,52 do 9,09% strat zaaplikowanego N). Badania inkubacyjne wykazały także, że na wysokość i tempo emisji mają wybrane właściwości fizyczne gleby. Przy zwiększonym zagęszczeniu i zmniejszonej wilgotności Doktorantka zaobserwowała znaczny spadek emisji amoniaku. Zmniejszenie wilgotności skutkowało również przesunięciem maksimum emisji  $\text{NH}_3$  w czasie. Autorka wykazała również, że proces emisji amoniaku jest zróżnicowany co do poziomu i dynamiki w zależności od rodzaju gleby, a w szczególności jej składu granulometrycznego.

W wyniku badań inkubacyjnych mgr inż. Monika Wesółowska wyselekcjonowała nawóz (P 10) charakteryzujący się największą redukcją emisji amoniaku w stosunku do mocznika, który został poddany dalszej ocenie w eksperymencie wazonowym. Strumienie emisji amoniaku w doświadczeniu wazonowym kształtowały się w sposób podobny do emisji w doświadczeniu inkubacyjnym. W przypadku piasku gliniastego podwyższone emisje  $\text{NH}_3$  obserwowane były w pierwszych pięciu dniach po aplikacji nawozu. Maksimum wystąpiło 3 dnia i wynosiło ono  $979 \text{ mgNH}_3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dzień}^{-1}$  dla mocznika i  $643 \text{ mgNH}_3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dzień}^{-1}$  dla nawozu modyfikowanego P10. W przypadku gliny piaszczystej zwiększone emisje  $\text{NH}_3$  obserwowano od 5 do 11 dnia po aplikacji nawozu. Emisja w maksimum wynosiła  $58,215$  i  $17,956 \text{ mgNH}_3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dzień}^{-1}$ , odpowiednio dla mocznika i nawozu modyfikowanego P10. Redukcja emisji amoniaku w wyniku stosowania nawozu otoczkowanego wynosiła na glinie piaszczystej 58%, a na piasku gliniastym 32%. Zastosowanie nawozu otoczkowanego nie wpłynęło również negatywnie na wzrost i plonowanie oraz parametry fizjologiczne roślin pszenicy jarej.

Badania przeprowadzone w fazie inkubacyjnej i wazonowej pozwalają wnioskować, że proces otoczkowania nawozów na bazie mocznika powoduje redukcję przedostawania się form azotu do głębszych warstw gleby, co może mieć istotne znaczenie dla ochrony jakości zasobów wód gruntowych. Natomiast nie potwierdzono statystycznie wpływu stosowania nawozu otoczkowanego na aktywność enzymatyczną ureazy. Pomimo to stwierdzono, że zarówno na początku jak i na końcu okresu inkubacyjnego aktywność ta była nieco mniejsza w glebach po aplikacji nawozu otoczkowanego w porównaniu do mocznika niemodyfikowanego.

Wyniki prac rozwojowych i badawczych przedstawione w ocenianej rozprawie jednoznacznie uprawniają to pozytywnego zweryfikowania postawionej hipotezy badawczej.



Dyskusja wyników badań zarówno pod względem jakościowym jak i ilościowym jest dość skromna. Pomimo to Autorka skutecznie skonfrontowała wynik badań własnych z danymi i opiniami innych autorów. Zawarte w podsumowaniu wnioski w większości zostały sformułowane w sposób syntetyczny i poprawny.

Podsumowując należy stwierdzić, że Doktoranta przygotowując ocenianą dysertację wykazała się odpowiednim poziomem ogólnej wiedzy teoretycznej z dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo. Wykazała również umiejętność samodzielnego pracy naukowej. Nie ulega wątpliwości, że przygotowana przez mgr inż. Monikę Wesołowską rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej.

Niemniej jednak lektura przedmiotowej rozprawy skłania do przedstawienia kilku uwag o charakterze krytycznym oraz polemicznym, które w niczym nie umniejszają wartości merytorycznej pracy

*Uwagi do rozdziału „Przegląd literatury”:*

- ✓ W rozdziale 1.1.2. *Zużycie nawozów mineralnych na świecie* Autorka zarówno w tekście jak i na rysunku 3 nie podała jakich nawozów dotyczy charakterystyka. Jeśli dane dotyczą zużycia nawozów mineralnych NPK to wg GUS w Polsce w 2002 r. zużywano 95, a w 2016 r. 132 kg NPK ha<sup>-1</sup>. Jest to rozbieżne z wartościami opisywanymi w rozdziale, które wynoszą odpowiednio 116 i 173 kg NPK ha<sup>-1</sup>. Mało prawdopodobne są również przedstawione na rys. 3 wartości zużycia nawozów dla Singapuru, które wynoszą odpowiednio 1830 i 30238 kg NPK ha<sup>-1</sup>.
- ✓ W rozdziale 1.1.3. na str. 18 zawarta jest informacja, że w Polsce w 2002 r. zużywano 62,36 kg N ha<sup>-1</sup>, a według danych GUS było to 51 kg N ha<sup>-1</sup>.
- ✓ W rozdziale 1.1.4. podobnie jak w rozdziale 1.1.2. nie doprecyzowano jakich nawozów dotyczy charakterystyka. Ponadto rysunek 8 powiela dane zawarte w tabeli 2, która znajduje się na tej samej stronie pracy, z tego powodu jest on zbędny. Również rys. 9 dotycząc mineralnych nawozów azotowych został błędnie zinterpretowany jako ich zużycie w Polsce. Jest to raczej produkcja wg asortymentu firmy Yara. Według danych Fertilizers Europe udział mocznika w formie stałej w zużyciu nawozów azotowych w Polsce wynosił 25-30%, nie zaś 50%.
- ✓ Fragment rozdziału 1.1.5. (str 21) *„Wydawałoby się, że bardzo wysoki NUE jest zjawiskiem pozytywnym, bo rośliny wydobywają azot z naturalnych pokładów. W rzeczywistości często jest odwrotnie. Oznacza to, że mają one niedostateczną podaż azotu, ale nadal występuje*

potrzeba uprawy większej ilości roślin. Zamiast wykorzystywać łatwo dostępne składniki odżywcze, wprowadzane z nawozami, rośliny muszą pobierać azot z gleby – w procesie zwanym „wyzdobyciem azotu”. Azot ten jest następnie wynoszony z pól uprawnych wraz ze zbiorami w ilości większej niż zaaplikowano. Powoduje to wyczerpanie składników odżywczych obecnych w glebach, powodując ich jałowienie, przez co w dłuższej perspektywie stają się nieużyteczne dla produkcji roślinnej” jest raczej wyrazem mylnych lub niefortunnie sformułowanych poglądów Doktorantki niż ugruntowanej w literaturze wiedzy. Z powyższego tekstu niedoświadczony czytelnik mógłby wywnioskować, że azot podobnie jak np. potas i fosfor jest magazynowany w glebie długookresowo. Ponadto z tekstu wynika, że pobieranie azotu z gleby wiąże się z definitywnym uszczuplaniem jego zasobu, bez możliwości jego uzupełnienia.

- ✓ Rozdziały 1.4.2. i 1.4.3. powinny być połączone, bo dotyczą tego samego procesu.
- ✓ Str. 42. Zdanie „Może mieć to również korzystny wpływ na wzrost wartości wskaźników wykorzystania azotu NUE i/lub powodować zwiększoną zawartość azotu pozostającą w glebie po zebraniu plonów” jest skrótem myślowym, który może sugerować, że pozostawanie azotu w glebie po zbiorze roślin może być procesem jednoznacznie korzystnym.

*Uwagi do rozdziału „Materiał i metody”:*

- ✓ Str. 51. Nazwa miejsca, z którego pobrano próby glebowe nie jest precyzyjna, powinna ona brzmieć Rolniczy Zakład Doświadczalny IUNG-PIB w Grabowie nad Wisłą.
- ✓ W rozdziale 3.12. brak jest informacji w ilu powtórzeniach był wykonywany eksperyment. Dopiero w dalszej części pracy zawarte są informacje, że było to 3 powtórzenia, chociaż z informacji na stronie 65 można wnioskować że powtórzeń było 4.
- ✓ Zdanie zawarte w rozdziale 3.15 „Po aplikacji nawozu przykryto go 1 centymetrową warstwą gleby, co odzwierciedlało zalecenia dotyczące przeorania wierzchniej warstwy gleby po zaaplikowaniu nawozów mocznikowych” jest bardzo niefortunne w swojej formie. Po pierwsze w praktyce rolniczej mocznik nie jest przyorywany, a jedynie mieszany z glebą. Po drugie trudno porównać przykrycie 1 cm warstwą gleby z orką.
- ✓ Porównując metodykę doświadczenia inkubacyjnego i wazonowego rodzi się pytanie, dlaczego w badaniu inkubacyjnym nie rozważono wariantu z dawką dzieloną? Wydaj się ono tym bardziej zasadne z tego powodu iż, w doświadczeniu wazonowym, ze względu na wysokość roślin, nie wykonywano pomiarów emisji po zastosowaniu drugiej dawki nawozów.

- ✓ W ramach przygotowania rozprawy wykonano bardzo dużo badań i analiz jednak trudno pozbyć się wrażenie, że ich dopełnieniem byłaby uproszczona analiza ekonomiczna pozwalająca na porównanie kosztów produkcji mocznika tradycyjnego i jego form otoczkowanych.
- ✓ W opisie metod statystycznych (rozd. 3.29) Autorka wskazuje, że grupy jednorodnie wydzieliła przy użyciu testu Tukey'a. Brak jest jednak informacji, czy przed wyborem testu parametrycznego, jakim jest analiza wariancji, do określenia istotności różnic badała normalność rozkładu zmiennych i jednorodność wariancji. Dość często w badaniach rolniczych wymogi te nie są spełnione i należy wtedy podjąć próbę normalizacji rozkładu zmiennych lub do oceny istotności różnic wykorzystać testy nieparametryczne np.: ANOVA rang Kruskal-Wallisa.

*Uwagi do rozdziału „Wyniki”:*

- Zgodnie z sformułowanym celem badań jednym z elementów oceny miała być grubość powłoki naniesionej na granule. Natomiast przedstawione wyniki wskazują jednak, że badano faktycznie zróżnicowany udział wagowy % powłoki. Informacja o grubości powłoki występuje co prawda na str 79 dysertacji, ale bez jakichkolwiek parametrów.
- Niezrozumiałe jest dlaczego zarówno w odniesieniu do wilgotności gleby (rozd. 4.2.3.) jak i gęstości (rozd. 4.2.4.) w doświadczeniu inkubacyjnym nie uwzględniono obiektu z aplikacją tradycyjnego mocznika do gleby o wilgotności  $pF=3.0$  oraz gęstości  $1,6 \text{ g cm}^3$ . W efekcie nie jest uprawnione odnoszenie efektów zastosowania produktu nawozowego P 10 na glebie o  $pF=3.0$  oraz gęstości  $1,6 \text{ g cm}^3$  do wyników uzyskanych dla mocznika aplikowanego w odmiennych warunkach ( $pF=2,2$  oraz gęstości  $1,3 \text{ g cm}^3$ ) Zasadne jest jedynie porównanie obiektów o zróżnicowanych warunkach wilgotnościowych i gęstości na których był stosowany wyłącznie produkt nawozowy P 10.
- Wstępna część rozdziału 4.2.5. ma charakter metodyczny i powinna się w rozdziale „Materiał i metody” . Generalnie w rozdziale „Wyniki” znajduje się dość znaczna ilość zbędnych informacji będących powtórzeniem z rozdziału „Materiał i metody” . Ponadto tytuł rozdziału 4.2.5. odnosi się tylko do form azotu w glebie, a w tabeli 44 przedstawione są także szczegółowe dane dla innych makro i mikrośladników.

*Uwagi do rozdziału „Wnioski”:*

- ✓ Modyfikacji wymaga wniosek 8, który wskazuje na brak jednoznacznej korelacji między poziomem emisji amoniaku i aktywnością enzymatyczną ureazy po aplikacji nawozu

otoczkowanego. Korelacji takiej nie wykazano ponieważ nie była ona przedmiotem analizy statystycznej. Analiza obejmowała istotność różnic i do tego należy się odnieść w treści wniosku.

- ✓ Definitywnie usunięcia wymaga ostatni wniosek ponieważ ma on charakter życzeniowy i nie wynika z przeprowadzonych badań.

*Uwagi edytorskie:*

- ✓ Niezrozumiałe jest dlaczego rozdziały „Przegląd literatury” i „Wyniki” są numerowane w skali 3-stopniowej, a rozdział „Materiał i metody” w 2-stopniowej.
- ✓ Numeracja rozdziałów jest niespójna, ponieważ zarówno w treści jak i w spisie treści brak jest rozdziału nr 5. Ponadto w spisie treści brak jest rozdziału nr 7 wskutek czego, począwszy od rozdziału „Wnioski” numeracja w spisie treści i tekście jest odmienna.
- ✓ W pracy znalazło się kilka sformułowań które nie odpowiadają stosownej nomenklaturze lub są formą skrótów myślowych. Przedstawiono je w poniższym zestawieniu:

<b>Tekst w rozprawie</b>	<b>Prawidłowa forma</b>
<i>tereny rolnicze</i>	użytki rolne lub grunty rolne
<i>ilość ludzi dokarmiana azotem</i>	ilość ludzi, która jest żywiona dzięki wykorzystaniu nawozów azotowych w produkcji rolniczej
<i>wspólna polityka rolna</i>	Wspólna Polityka Rolna
<i>kg ha<sup>-1</sup> Użytków Rolnych</i>	kg ha <sup>-1</sup> UR
<i>na hektar pola uprawnego</i>	na hektar użytku rolnego lub gruntu ornego
<i>stanowi blend</i>	jest nawozem typu blend lub jest nawozem mieszanym
<i>odchody zwierzęce</i>	nawozy naturalne (ewentualnie uzupełniająco pochodzenia zwierzęcego)
<i>mocnym odczynie kwaśnym</i>	bardzo niskim odczynie
<i>dozownik do aplikacji nawozu na pole</i>	rozsiewacz nawozu
<i>wazonny wraz z porastającymi je roślinami</i>	Wazonny z roślinami
<i>wysokościach profilu glebowego</i>	głębokościach profilu glebowego

- ✓ Praca ma pewne niedociągnięcia związane formatowaniem tekstu:
  - Niektóre tabele (np. 7) lub rysunki (np. 14) znajduje się tekście przed odwołaniem i opisem.
  - Kilka tabel (np. 9) o relatywnie niewielkich rozmiarach jest rozczłonowana pomiędzy stronami.
  - W tabelach 11 i 12 brak jest źródła. Co prawda znajduje się ono w tekście, ale tabela powinna sama w sobie zawierać wszystkie niezbędne informacje.

- Rysunki 41 i 42 lub odnoszący się do nich tekst powinien być zamieniony kolejnością.
  - Str. 101 odniesienie do rysunków jest błędne , a mianowicie jest (84 i 85) powinno być (85 i 86), jest (86 i 87) powinno być (87 i 88). Brakuje również odniesienia do rysunków 83 i 84.
- ✓ W tekście rozprawy w nielicznych zdaniach znajdują się zbędne wyrazy lub występują niedociągnięcia stylistyczne:
- Str. 29 „*Na postać otrzymanej powłoki otrzymywanej*”; „*należy rozpatrywać procesy, w których w trakcie procesu*”.
  - Rys. 17 „*równych materiałów*” powinno być oczywiście różnych.
  - Str. 35 Zdanie „*ponieważ w niej ukryte są składniki pokarmowe*” jest zbyt potoczne.
  - Str 43. Tytuł rozdziału odnosi się do hipotez badawczych. Natomiast w pracy przedstawiona została jedna hipoteza, nie zmienia to faktu że ma ona charakter dwuczłonowy.
- ✓ Dla rys. 18 błędnie podano źródło KOBIZE 2019 (brak w wykazie literatury), a jest to KOBIZE 2021.
- ✓ Str. 61 z kontekstu wynika, że zdanie „*Zgodnie z zaleceniami nawozowymi, aby wytypować najlepsze warunki do hodowli różnych gatunków roślin korzysta się...*” odnosi się do uprawy, a nie hodowli.
- ✓ Dane w tabelach 47, 48, 49, 51, 52, i 53 zawierają tożsame dane jak rysunki odpowiednio 85 do 88, 89-90, 93-94, 95-96, 97-98, 100-101. Ponieważ tabele zawierają szerszy zakres danych tylko one powinny zostać w tekście, a rysunki są zbędne.

Podsumowując stwierdzam, że przedłożona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Moniki Marty Wesołowskiej pt.: „*Opracowanie modyfikacji stałych nawozów mącznikowych w celu zmniejszenia emisji amoniaku po ich aplikacji do środowiska glebowego*” spełnia wymagania stawiane tego typu pracom w art. 187 ust. 1 Ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2022 poz. 574) i kwalifikuję Kandydatkę do ubiegania się o stopień doktora w dziedzinie nauk rolniczych w zakresie dyscypliny naukowej *rolnictwo i ogrodnictwo*. **W związku z powyższym zwracam się do Rady Naukowej Instytutu Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk w Lublinie o dopuszczenie mgr inż. Moniki Marty Wesołowskiej do dalszych etapów postępowania doktorskiego.**



