

Prof. dr hab. inż. Barbara Symanowicz
Dyscyplina: *rolnictwo i ogrodnictwo*
Uniwersytet w Siedlcach
Wydział Nauk Rolniczych
Instytut Rolnictwa i Ogrodnictwa

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Pauliny Elżbiety Bogusz

„Badania nad technologią wytwarzania zawieszonych nawozów wieloskładnikowych na bazie odpadowego fosforanu sodowo-potasowego z produkcji polioli oraz ich wpływ na plonowanie i parametry jakościowe roślin ”

Podstawa opracowania recenzji

Pismo od Pani dr hab. Sylwii Andruszczak, prof. uczelni, Przewodniczącej Rady Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie (NE.5200.1.2.2024) z dnia 25 października 2024 roku, z informacją o powołaniu mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Pauliny Elżbiety Bogusz pt.: **„Badania nad technologią wytwarzania zawieszonych nawozów wieloskładnikowych na bazie odpadowego fosforanu sodowo-potasowego z produkcji polioli oraz ich wpływ na plonowanie i parametry jakościowe roślin ”**.

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Pauliny Elżbiety Bogusz, została wykonana pod kierunkiem promotora dr hab. Marzeny Sylwii Brodowskiej, prof. uczelni w Katedrze Chemii Rolnej i Środowiskowej Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie i promotora pomocniczego dr hab. Piotra Ruska, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Nowych Syntez Chemicznych.

Praca doktorska powstała w ramach projektu **Doktorat wdrożeniowy**.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska dotyczy weryfikacji przydatności odpadowego fosforanu sodowo-potasowego, który powstaje podczas produkcji polioli do produkcji zawieszonych nawozów wieloskładnikowych. W rozprawie doktorskiej przedstawiono również ocenę wpływu opracowanych sześciu formułacji nawozów zawieszonych na bazie odpadowego fosforanu sodowo-potasowego na jakość kukurydzy uprawianej na paszę (zielonkę, kiszonkę) w 3-letnim doświadczeniu polowym. Działanie nawozowe nawozów zawieszonych zawierających fosfor porównywano z mineralnym

granulowanym nawozem fosforowym Fosdar 40. Dokonano także oceny wpływu stosowanych nawozów zawieszinowych zawierających fosfor, otrzymanych na bazie odpadu z produkcji polioli na podstawowe parametry gleby po zakończeniu doświadczenia, w tym na zawartość metali ciężkich.

Praca doktorska została przygotowana na podstawie badań laboratoryjnych wykonanych w laboratorium Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytut Nowych Syntez Chemicznych i 3-letniego doświadczenia polowego, w którym rośliną testową była kukurydza uprawiana na paszę. Problematyka badawcza przedstawiona w rozprawie doktorskiej jest istotna i aktualna w aspekcie poszukiwania nowych niekonwencjonalnych surowców do produkcji nawozów fosforowych w związku z ograniczaniem wykorzystania fosforytów zawierających znaczące zawartości kadmu.

Nowe regulacje prawne Unii Europejskiej dotyczące zmniejszania norm dopuszczalnych zawartości kadmu w nawozach fosforowych zmuszają producentów nawozów do poszukiwania innych źródeł fosforu.

Drugim ważnym aspektem jest możliwość prawna pozwalająca na przetwarzanie odpadów bogatych w fosfor, w tym także wspieranie obiegu zamkniętego odpadowego fosforanu sodowo-potasowego.

Przedstawione powyżej aspekty dowodzą, że wybór tematu rozprawy doktorskiej był uzasadniony, a problem niezmiernie ważny w skali naszego kraju, ale także całego świata.

Rozprawę doktorską stanowi pięć spójnych tematycznie manuskryptów, opublikowanych w latach: 2021(1), 2022(2), 2024(2) i szósty artykuł jest na etapie recenzji. Manuskrypty zostały opublikowane w międzynarodowych czasopismach naukowych (*Agriculture* – 1 artykuł, *Molecules* – 2 artykuły, i *Agronomy* – 2 artykuły), o sumarycznym współczynniku Impact Factor wynoszącym 19,208 i sumarycznej liczbie punktów 580. Wszystkie artykuły są oparte na wynikach, które uzyskano po przeprowadzeniu badań własnych (z wyjątkiem pierwszego przeglądowego manuskryptu).

1. **Paulina Bogusz**, Piotr Rusek, Marzena Sylwia Brodowska. Suspension Fertilizers: How to Reconcile Sustainable Fertilization and Environmental Protection. *Agriculture* 2021, 11, 1008. <https://doi.org/10.3390/agriculture11101008>
2. **Paulina Bogusz**. The Possibility of Using Waste Phosphates from the Production of Polyols for Fertilizing Purposes. *Molecules* 2022, 27, 5632. <https://doi.org/10.3390/molecules27175632>

3. **Paulina Bogusz**, Piotr Rusek, Marzena Sylwia Brodowska. Suspension Fertilizers Based on Waste Phosphates from the Production of Polyols. *Molecules* 2022, 27, 7916. <https://doi.org/10.3390/molecules27227916>
4. **Paulina Bogusz**, Marzena Sylwia Brodowska, Piotr Rusek. The Impact of Suspension Fertilizers Based on Waste Phosphorus Salts from Polyol Production on the Yield of Maize Intended for Green Fodder. *Agronomy* 2024, 14, 1054. <https://doi.org/10.3390/agronomy14051054>
5. **Paulina Bogusz**, Marzena Sylwia Brodowska, Paweł Muszyński. The Impact of Suspension Fertilizers Based on Waste Phosphorus Salts from Polyol Production on the Content of Macronutrients in Maize Grown for Green Fodder. *Agronomy* 2024, 14(9), 2079; <https://doi.org/10.3390/agronomy14092079>
6. **Paulina Bogusz**, Marzena Sylwia Brodowska, Paweł Muszyński. Content of Micronutrients in Maize Grown for Green Fodder Fertilized with Suspension Fertilizers Based on Waste Phosphorus Salts from the Production of Polyols. – w trakcie procesu recenzji

W skład rozprawy doktorskiej poza wymienionymi powyżej manuskryptami wchodzi: Streszczenie w języku polskim i angielskim oraz rozdziały: Wstęp; Problem badawczy; Cel pracy; Materiał i Metody; Omówienie wyników i dyskusja; Podsumowanie i wnioski; Bibliografia. Na końcu rozprawy doktorskiej Doktorantka zamieściła oświadczenia współautorów. Treści oświadczeń jasno określają, co było udziałem mgr inż. Pauliny Elżbiety Bogusz w realizacji badań towarzyszących dysertacji. Z oświadczeń wynika, że Doktorantka odgrywała dominującą rolę w opracowaniu koncepcji manuskryptów, zaplanowaniu i przeprowadzeniu badań, wykonaniu analiz chemicznych do 2 artykułów, opisie i interpretacji wyników badań, przygotowaniu i redagowaniu artykułów, wizualizacji, przesłaniu manuskryptów do wydawnictw, odpowiedziach na recenzje i korektach po recenzjach. Pomimo braku zamieszczenia % udziałów Doktorantki w powstawaniu manuskryptów, stwierdzam, że Jej udział był wysoce znaczący. We wszystkich artykułach była pierwszym i korespondencyjnym Autorem, a w jednym, wydanym w *Molecules* była jedynym Autorem.

W świetle przedstawionych danych chronologiczny dobór manuskryptów naukowych w taki sposób aby tworzyły rozprawę doktorską nie budzi moich zastrzeżeń. Zostały one bardzo dobrze zestawione, zaplanowane i zrealizowane. Pięć z sześciu artykułów stanowiących

rozprawę doktorską podlegały recenzjom angażującym recenzentów tematycznych i edytorów naukowych. Manuskrypty uzyskały pozytywne recenzje i zostały opublikowane.

Z zestawienia artykułów wynika, że Doktorantka rozpoczęła badania na potrzeby rozprawy doktorskiej od manuskryptu przeglądowego (1). Uważam, że to bardzo profesjonalne podjęcie decyzji o doktoracie.

W pierwszym manuskrypcie – Bogusz Paulina i in., 2021, *Agriculture*, 11,1008, przedstawiono informacje dotyczące nawozów zawieszonych w kontekście nowoczesnego i zrównoważonego rolnictwa, a także wymagań środowiskowych. Uwzględniono zalety i wady nawozów zawieszonych. Przedstawiono możliwości wykorzystania uwodnionych odpadów do produkcji płynnych nawozów zawieszonych. Wskazano również, że nowe rozporządzenia UE dają możliwości wykorzystania odpadów do produkcji nawozów i środków poprawiających właściwości gleby. Również względy ekonomiczne, wysokie ceny nieodnawialnych zasobów naturalnych surowców do produkcji nawozów fosforowych sprzyjają poszukiwaniu innych źródeł fosforu. Istotnym elementem wskazującym na wykorzystanie nawozów zawieszonych wyprodukowanych na bazie odpadów może też być gospodarka o obiegu zamkniętym.

W drugim manuskrypcie – Bogusz Paulina 2022, *Molecules*, 27, 5632 zostały przedstawione wyniki badań laboratoryjnych dotyczące możliwości wykorzystania odpadowego fosforanu sodowo-potasowego z produkcji polioli do celów nawozowych. Przeanalizowano ich skład chemiczny wykorzystując atomową spektrometrię emisyjną ze wzbudzeniem plazmą sprzężoną indukcyjnie (ICP-OES), atomową spektrometrię absorpcji z techniką amalgamacji, chromatografię jonową oraz analizę fluorescencji rentgenowskiej (XRF). Przeprowadzono pomiary XRD na dyfraktometrze proszkowym. Wykonane badania wykazały, że analizowane odpady nie zawierają związków szkodliwych dla roślin. Zawierają natomiast około 19% fosforu, około 8% potasu i około 4% sodu. Wykazano, że odpady jako surowce do produkcji nawozów zawieszonych nie wymagają oczyszczania, ani innych procesów przygotowawczych i w niezmienionej postaci mogą być wykorzystane w procesie technologicznym zgodnie z Rozporządzeniem UE 2019/1009 z dnia 5 czerwca 2019 roku.

W trzecim manuskrypcie – Bogusz Paulina i in., 2022, *Molecules*, 27, 7916, przedstawiono sześć formułacji nawozów zawieszonych dedykowanych pod kukurydzę uprawianą na paszę (zielonkę, kiszonkę). Do stabilizacji nawozów zawieszonych wykorzystano cztery rodzaje bentonitów. Kolejne typy formułacji nawozów zawieszonych zawierały azot w formie

płynnego nawozu azotowego, fosfor w formie odpadowego płynnego fosforanu sodowo-potasowego pozyskiwanego z produkcji polioli, potas w formie chlorkowego stałego nawozu potasowego, magnez i siarkę w formie stałego siarczanu magnezu oraz bor, cynk i mangan w formie stałych nawozów mikroelementowych. Przedstawiono także ocenę gęstości i lejności nawozów zawieszinowych.

W czwartym manuskrypcie – Bogusz Paulina i in., 2024, *Agronomy*, 14,1054, przedstawiono wpływ wieloskładnikowych nawozów zawieszinowych na plon kukurydzy uprawianej na paszę na podstawie 3-letniego doświadczenia polowego przeprowadzonego w latach 2021-2023. W doświadczeniu wykorzystano średnio wczesną odmianę kukurydzy P8244 firmy Pioneer. Badania wykazały, że plon świeżej masy kukurydzy utrzymywał się na wysokim poziomie (70 t ha^{-1}) i był mniejszy w porównaniu do plonu uzyskanego po zastosowaniu fosforu w formie mineralnego granulowanego nawozu fosforowego Fosdar 40.

W piątym manuskrypcie – Bogusz Paulina i in., 2024, *Agronomy*, 14, 2079, przedstawiono wpływ sześciu formułacji nawozów zawieszinowych wieloskładnikowych na bazie odpadu z produkcji polioli na zawartość makroskładników w kukurydzy uprawianej z przeznaczeniem na kiszonkę w 3-letnim doświadczeniu polowym. Analizy chemiczne potwierdziły skuteczność stosowania nawozów zawieszinowych. Uzyskane wyniki kształtowały na zbliżonym poziomie w porównaniu z wynikami uzyskanymi dla obiektów, na których uprawiano kukurydzę nawożoną nawozem Fosdar 40.

W szóstym manuskrypcie – Bogusz Paulina i in., 2024, który jest w trakcie procesu recenzji, Autorzy przedstawili zmiany zawartości wybranych mikroskładników: cynku, manganu, miedzi i żelaza w kukurydzy uprawianej na paszę pod wpływem nawożenia nawozami zawieszinowymi wieloskładnikowymi (sześć zróżnicowanych formułacji), otrzymanymi na bazie odpadowych soli fosforanowych uzyskanych z produkcji polioli. Zawartość mikroskładników w suchej masie kukurydzy kształtowała się na podobnym poziomie jak w przypadku stosowania nawozu mineralnego Fosdar 40. Przedstawiona w tym artykule zawartość mikroskładników wymaga uzupełnień. Opis uzyskanych wyników jest bardzo ogólny. Wnioski należy rozszerzyć i dodać kierunki dalszych badań w tym temacie.

Zakres osiągnięć naukowych w przedstawionej do recenzji rozprawie doktorskiej jest szeroki.

Do najważniejszych zaliczam:

- Stwierdzenie na podstawie certyfikowanych analiz chemicznych, że odpadowy fosforan sodowo-potasowy nie zawiera szkodliwych substancji dla roślin kukurydzy uprawianej na paszę.
- Odpadowy fosforan pozyskany przy produkcji polioli może być atrakcyjnym surowcem do produkcji nawozów zawieszinowych wieloskładnikowych zawierających znaczące ilości fosforu, potasu i sodu.
- Wykorzystanie odpadowego fosforanu sodowo-potasowego do celów nawozowych jest zgodne ze strategią UE gospodarki o obiegu zamkniętym i nowymi przepisami zawartymi w Rozporządzeniu UE 2019/1009.
- Forma zawieszinowa nawozu pozwala na szeroki zakres modyfikacji składu nawozowego.
- Przydatność bentonitów do stabilizacji nawozów zawieszinowych została potwierdzona w doświadczeniu polowym z kukurydzą uprawianą na paszę.
- Oznaczona zawartość metali ciężkich w glebie po zakończeniu 3-letniego doświadczenia polowego nie przekraczała dopuszczalnych wartości według Rozporządzenia Ministra środowiska z dnia 1 września 2016 roku.

Analizując dysertację Pani mgr inż. Pauliny Elżbiety Bogusz nasunęło mi się kilka pytań i wątpliwości, na które nie znalazłam odpowiedzi. W związku z tym proszę o ustosunkowanie się do nich i omówienie podczas publicznej obrony.

- Jaki był typ gleby, na której uprawiano kukurydzę na paszę?
- Czy kukurydza była uprawiana w monokulturze?
- Jaka była zasobność gleby w przyswajalny fosfor?
- Jakie przesłanki zdecydowały o wyborze kukurydzy jako rośliny testowej w doświadczeniu polowym?
- Jaki był cel przedstawienia w szóstym manuskrypcie zawartości żelaza w biomacie kukurydzy?

Uwagi techniczne i edytorskie:

Strona 7 – w streszczeniu nie dołączono wyników badań.

Strona 16 – błędnie podano numerację odniesień bibliograficznych.

Strona 31 – powinno być: Omówienie wyników i dyskusja.

Strona 61 i 63 – należy poprawić jednostkę zawartości cynku i manganu w tytułach wykresów 17 i 18.

Strona 67 – formalnie nie można pisać o mniejszych kosztach surowca odpadowego i konkurencyjnej alternatywie. Nie wykonywano analizy ekonomicznej.

Rozdział Bibliografia - należy poprawić błędy edytorskie i techniczne.

Powyższe uwagi nie obniżają dużej wartości naukowej recenzowanej rozprawy doktorskiej. Jest ona nowatorska i bardzo dobrze przygotowana.

W podsumowaniu stwierdzam, że przedstawione badania reprezentują wysoki poziom naukowy. Zostały wykonane w jednostkach naukowych o dużym doświadczeniu i uznaniu w zakresie chemii rolniczej i środowiskowej oraz nowych syntez chemicznych. Z analizy przeglądu literatury, treści artykułów naukowych, zebranego materiału dokumentacyjnego, wkładu pracy analitycznej wynika, że Autorka włożyła bardzo dużo pracy w powstanie manuskryptów stanowiących rozprawę doktorską. Uzyskane wyniki badań mają duże znaczenie w aspekcie możliwości wykorzystania odpadu w formie K_2HPO_4 i Na_2HPO_4 pozyskanego przy produkcji polioli do produkcji wieloskładnikowych nawozów zawieszinowych. Wskazują również na możliwość wykorzystania tych nawozów w nawożeniu kukurydzy uprawianej na paszę (zielonkę, kiszonkę).

Wniosek końcowy

Przedstawiona powyżej recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Pauliny Elżbiety Bogusz pt.: **„Badania nad technologią wytwarzania zawieszinowych nawozów wieloskładnikowych na bazie odpadowego fosforanu sodowo-potasowego z produkcji polioli oraz ich wpływ na plonowanie i parametry jakościowe roślin ”** upoważnia mnie do wysokiej oceny rozprawy doktorskiej. Dotyczy ona wyboru aktualnej problematyki oraz sposobu realizacji postawionych celów badań. Uzyskane oryginalne wyniki mają duże znaczenie poznawcze i aplikacyjne. Przeprowadzone badania są istotne dla dziedziny nauk rolniczych i dyscypliny *rolnictwo i ogrodnictwo*.

Wyniki badań laboratoryjnych i polowych dostarczają nowej wiedzy teoretycznej i praktycznej dotyczącej możliwości wykorzystania nawozów zawieszinowych wieloskładnikowych zawierających azot, fosfor, potas, sód, mangan, cynk i bor w nawożeniu

kukurydzy na paszę. Istotnym pozytywnym stwierdzeniem dla ochrony środowiska było wykazanie braku zagrożenia metalami ciężkimi.

Rozprawę doktorską mgr inż. Pauliny Elżbiety Bogusz **oceniam jednoznacznie pozytywnie** i uznaję ją - zgodnie z art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz.U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zmianami), **za oryginalne rozwiązanie problemu badawczego w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo.**

Wnoszę do Wysockiej Rady Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie o dopuszczenie mgr inż. Pauliny Elżbiety Bogusz do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie wnoszę do Rady Naukowej Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo o wyróżnienie rozprawy doktorskiej stosowną nagrodą.

Uzasadnienie:

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska prezentuje wysoki poziom merytoryczny, dużą wartość poznawczą, innowacyjną i nowoczesne metody zastosowane w analizach chemicznych nawozów, roślin i gleby. Artykuły naukowe wchodzące w skład Rozprawy doktorskiej zostały opublikowane w renomowanych i uznanych międzynarodowych wydawnictwach naukowych. Wykonane badania, analizy chemiczne nowych nawozów zawiesinowych wieloskładnikowych, badania gleby i roślin dały możliwość wykorzystania uzyskanych informacji w praktyce rolniczej.



Siedlce, 20.11.2024 rok

prof. dr hab. inż. Barbara Symanowicz