

prof. dr hab. Wiesław Szulc
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Instytut Rolnictwa
Samodzielny Zakład Chemii Rolniczej i Środowiskowej

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Małgorzata Moskal

**OCENA ZAWARTOŚCI PIERWIASTKÓW W UKŁADZIE GLEBA – ROŚLINA
W WIELOLETNIM DOŚWIADCZENIU NAWOZOWYM**

Wykonanej na Politechnice Bydgoskiej im. J.J. Śniadeckich

Wprowadzenie

Niniejsza recenzja została przygotowana w odpowiedzi na pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo prof. dr hab. Inż. Mirosława Kobierskiego wraz z informacją, że uchwałą nr 39/2023/2024 Rady Naukowej Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich zostałem powołany na recenzenta rozprawy doktorskiej Pani mgr. Inż. Małgorzaty Moskal.

Ocena problematyki rozprawy

Trwałe doświadczenia nawozowe to długoterminowe eksperymenty prowadzone w rolnictwie, mające na celu zrozumienie wpływu różnych strategii nawożenia na plonowanie roślin, zdrowie gleby oraz środowisko. Tego rodzaju badania są kluczowe dla rozwijania zrównoważonych praktyk rolniczych, umożliwiając naukowcom i rolnikom ocenę długofalowych efektów stosowania nawozów mineralnych, organicznych jak i innych środków poprawiających jakość gleby.

Pierwsze trwałe doświadczenia nawozowe datuje się na XIX wiek. Najbardziej znanym przykładem są eksperymenty prowadzone w Rothamsted w Anglii, które rozpoczęły się w 1843 roku i trwają w niezmiennym układzie do dnia dzisiejszego. Dzięki takim długoterminowym badaniom możliwe było zgromadzenie danych na temat zmian

zachodzących w glebie i plonach przez dekady, a nawet stulecia. Wyniki trwałych eksperymentów nawozowych są wykorzystywane obecnie do modelowania przemian pierwiastków w glebie, oceny plonowania roślin i do próby odpowiedzi na pytanie, czy ważniejsze są wysokie plony, czy stabilne. Wartość trwałych doświadczeń nawozowych jest tym większa, że były one zakładane na różnych glebach i w różnych warunkach klimatycznych. W zasadzie każda Uczelnia rolnicza posiadała lub posiada swoje trwałe eksperymenty naukowe. Pozwalają one na zrozumienie długoterminowych efektów nawożenia. Jednocześnie na ich podstawie można zidentyfikować zmiany właściwości fizycznych gleby, zawartości materii organicznej, zawartości mikro- i makroelementów oraz aktywności mikrobiologicznej. Trwałe doświadczenia pozwalają również ocenić wpływ nawożenia na emisję gazów cieplarnianych, wymywanie składników odżywczych do wód gruntowych oraz inne aspekty ekologiczne.

Trwałe doświadczenia nawozowe odgrywają kluczową rolę w rozwoju zrównoważonego rolnictwa. Dostarczają one nieocenionych danych, które pomagają zrozumieć długofalowe efekty różnych sposobów nawożenia. Dzięki nim możliwe jest nie tylko zwiększenie wydajności produkcji rolniczej, ale także ochrona środowiska i zasobów naturalnych dla przyszłych pokoleń. Jednocześnie eksperymenty te pozwalają weryfikować poprawność tworzonych na nowo programów komputerowych np. z zakresu nawożenia roślin.

W związku z tym uzyskane w ocenianej rozprawie wyniki mogą być istotne zarówno z poznawczego jak i użytkowego punktu widzenia i mogą posłużyć do formułowania zaleceń nawozowych w określonych warunkach glebowo-klimatycznych.

Formalna analiza rozprawy

Niniejsza rozprawa ma postać klasycznej monotematycznej dysertacji. Składa się ze 159 stron i zawiera 38 tabel i 28 rysunków. Tytuł pracy jest czytelny (choć mógł być sformułowany w bardziej atrakcyjny sposób), komunikatywny i adekwatny do treści dysertacji dotyczącej oceny zawartości pierwiastków w układzie gleba – roślina w wieloletnim doświadczeniu nawozowym.

Treść rozprawy została szczegółowo podzielona na rozdziały i liczne podrozdziały wyodrębnione w spisie, co nadaje jej dużą przejrzystość. Układ pracy jest zbliżony do klasycznego schematu. Rozdział pierwszy stanowi wstęp, w którym Autorka zarysowuje problematykę badawczą. W rozdziale drugim Doktorantka dokonała przeglądu literatury, w którym omówiła problematykę obejmującą najważniejsze zagadnienia wchodzące w zakres

badania własnych rozpoczynając od charakterystyki trwałych pól doświadczalnych w UE oraz w Polsce, poprzez omówienie wpływu nawożenia na wybrane właściwości edaficzne gleby oraz źródeł i toksyczności metali ciężkich, a kończąc na omówieniu roli makro i mikroelementów w roślinie. Rozdział ten obejmuje 25 stron. Rozdział trzeci to hipoteza badawcza, cel i zakres badań. W rozdziale tym postawiono hipotezę badawczą w następujący sposób: " stosowane systematycznie przez 44 lata, nawożenie obornikiem, mineralne - NPK oraz łączne (obornik + NPK) mogą **korzystnie lub negatywnie** oddziaływać i kształtować podstawowy skład mineralny gleby, a tym samym wpływać na wielkość plonu i determinować jego jakość, w tym skład chemiczny (pierwiastkowy). Zakładała również, że **może** decydować o zawartości metali ciężkich w glebie, a tym samym w plonie głównym testowanych roślin i negatywnie determinować przydatność uzyskanego surowca roślinnego w kontekście bezpieczeństwa dla przemysłu rolno-spożywczego". Zarówno pierwsza jak i druga hipoteza zostały postawione w sposób niejednoznaczny. Oznacza to, że poprzez wprowadzenie słów „korzystnie lub negatywnie” oraz „że może”, nie można jednoznacznie przyjąć lub odrzucić hipotezy badawczej. W mojej opinii prawidłowo sformułowana hipoteza badawcza powinna brzmieć w sposób następujący „stosowane systematycznie przez 44 lata, nawożenie obornikiem, mineralne - NPK oraz łączne (obornik + NPK) **oddziałują i kształtują korzystnie** podstawowy skład mineralny gleby, a tym samym wpływać na wielkość plonu i determinować jego jakość, w tym skład chemiczny (pierwiastkowy).” Taką hipotezę można w sposób jednoznaczny przyjąć lub odrzucić. Postawienie w sposób prawidłowy hipotezy badawczej zawsze stanowi pewne wyzwanie dla doktorantów. W rozdziale tym jednocześnie Doktorantka postawiła prawidłowo cel badań oraz wyodrębniła pięć celów pomocniczych.

W rozdziale 4 liczącym razem 15 stron Doktorantka przedstawia warunki glebowe i pogodowe związane z miejscem prowadzenia doświadczeń oraz omówiła odmiany roślin występujących w zmianowaniu czteropolowym. W rozdziale 5 liczącym 77 stron przedstawiono wyniki uzyskanych badań wraz z ich dyskusją. W rozdziale tym Autorka szeroko ukazała złożoność tematyki badawczej stanowiącej przedmiot pracy. Odniesienie do literatury i dyskusja są trafnie dobrane, co świadczy o dobrym rozpoznaniu przez Autorkę, tak w literaturze krajowej, jak i międzynarodowej problemu badawczego będącego przedmiotem pracy. Rozdział ten jak również dyskusja wyników zostały napisane w oparciu o 240 pozycji literatury, z czego 65 pozycji (27%) stanowią opracowania obcojęzyczne. Literatura najnowsza, opublikowana po 2015 stanowi około 47% (114 pozycji). Poszczególne rozdziały ściśle się zająają i stanowią ciekawe kompendium wiedzy na temat wpływu wieloletniego

zróznicowanego nawożenia na plonowanie roślin ich skład chemiczny oraz na zmiany właściwości chemicznych i biologicznych gleby. Praca została napisana poprawnym językiem naukowym, przejrzystie, a przedstawione w pracy zagadnienia zostały omówione w sposób wyczerpujący, logiczny i zrozumiały.

Pod względem metodycznym praca została zrealizowana poprawnie. Szczegółowy opis zakresu i metodyki badań przedstawiono w rozdziale czwartym. Doktorantka przeprowadziła badania w latach 2014-2017 na doświadczeniu nawozowym zlokalizowanym w Stacji Badawczej Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii Politechniki Bydgoskiej (poprzednio Wydziału Rolniczego Akademii Techniczno-Rolniczej) w Wierzchucinku (gmina Sicienko). Miło, że Doktorantka zwróciła uwagę, że korzystała z doświadczenia założonego w 1973 roku przez prof. dr hab. inż. Wojciecha Cwojdzńskiego – jednego z kierowników Katedry Chemii Rolnej. Doktorantka udzieliła w sposób jasny i czytelny wiele informacji na jakich typach gleb były prowadzone doświadczenia. Przedstawiła skład granulometryczny gleby i poprawnie skwalifikowała typ gleby powołując się na systematykę gleb zalecaną przez Polskie Towarzystwo Gleboznawcze.

Badania prowadzono w latach w latach 2014 - 2017. Poletka doświadczalne miały powierzchnię 50 m², na których stosowano nawożenie: organiczne w postaci obornika w dawce 40 t·ha⁻¹, mineralne oraz organiczno-mineralne. Doktorantka szczegółowo opisała dawki stosowanych składników pokarmowych pod poszczególne rośliny. Doktorantka mogła jeszcze podać w jakich formach (nawozach) wnoszono te składniki pokarmowe do gleby. Wyniki badań własnych odnotowane w 11 rotacji zmianowania dotyczące próbek glebowych i roślinnych, porównywano odpowiednio do: zawartości oznaczonych przed założeniem doświadczenia, po zakończeniu 6. i 10. rotacji zmianowania. Wydaje się, że Doktorantka zbyt często pobierała próbki gleby do analiz chemicznych. Zmiany właściwości chemicznych i fizycznych zachodzą w glebie wolno i takie częste pobieranie i analizowanie próbek glebowych nie było uzasadnione. Wystarczającym by było pobranie próbek glebowych po ostatniej roślinie zmianowania. Próbki glebowe pobrano z warstwy 0-20 cm. W pobranych próbkach gleby oznaczono następujące parametry: W zgromadzonym materiale glebowym oznaczono: kwasowość hydrolityczną (Hh) - zmodyfikowaną metodą Kappena, pH w 1 M KCl-dm³, zawartość azot ogółem przy użyciu analizatora Vario Max NCS, zawartość węgla organicznego przy użyciu analizatora Vario Max, zawartości przyswajalnych form fosforu i potasu – metodą Egnera–Riehma (DL) oraz magnezu – metodą Schachtschabela metodą ASA, zawartość przyswajalnych form wapnia i sodu, zawartość przyswajalnych form miedzi,

cynku, manganu i żelaza po ekstrakcji w 1 M HCl·dm⁻³ (wg PN-ISO 11047:2001), metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej przy użyciu aparatu Varian AA240FS, zawartość

metali ciężkich (Pb, Cd, Cr, Ni) po mineralizacji w wodzie królewskiej. W próbkach materiału roślinnego oznaczono: azotu ogółem metodą Kjeldahla, fosforu metodą na niebiesko, zawartość potasu, wapnia, sodu i magnezu metodą fotometrii płomieniowej po uprzedniej mineralizacji materiału roślinnego w stężonym kwasie H₂SO₄, zawartość miedzi, manganu, cynku i żelaza metodą ASA po mineralizacji materiału roślinnego w mieszaninie stężonych kwasów HNO₃ i HCl w stosunku 3:1 oraz metali ciężkich takich jak Pb, Cd, Cr, Ni po mineralizacji w wodzie królewskiej. Wszystkie wyniki eksperymentu poddano jednoczynnikowej analizie wariancji w układzie właściwym dla sposobu założenia eksperymentów w polu. Do oceny różnic między średnimi obiektowymi stosowano wielokrotny test rozstępu Tukey'a. Wszystkie obliczenia wykonano z wykorzystaniem pakietu programów statystycznych STATISTICA oraz MS Excel.

Wyniki badań, od strony formalnej są poprawnie omówione. Autorka zestawiając dane eksperymentalne dokonała ich właściwej interpretacji. Praca zawiera bardzo duży materiał doświadczalny, wyniki zostały opracowane wszechstronnie z zastosowaniem dobrze dobranych metod statystycznych i nie budzą zastrzeżeń ani od strony merytorycznej ani pod względem metodyki wykonanych badań.

Przeprowadzona w pracy dyskusja wyników połączona z omówieniem syntezy własnych danych empirycznych jest bardzo dobrze napisaną częścią pracy. Autorka wykazała się w niej dużą umiejętnością powiązania wyników własnych badań z danymi literaturowymi co wskazuje na dużą jej wiedzę w zakresie problematyki będącej przedmiotem rozprawy. Praca kończy się 10 szczegółowymi wnioskami, które odpowiadają postawionym na początku dysertacji celom badawczym.

Uwagi dotyczące części formalnej pracy są następujące:

- W całej pracy Doktorantka powinna ujednolicić nazewnictwo dotyczące zawartości pierwiastków w glebie i w roślinie. Raz Doktorantka pisze raz o zawartości, raz o ilości a raz o stężeniu.
- Moim zdaniem w rozdziale 2.3. pierwszy akapit należałoby usunąć, ponieważ nie jest tematycznie związany z tym rozdziałem ponieważ dotyczy kwaśnych deszczy, a nie metali ciężkich.
- Na stronie 22 powołując się na Górka i in. (2017) Doktorantka wyraziła zawartość kadmu w mg/l a powinno być w mg·kg⁻¹. Podobnie jest w przypadku zawartości metali

ciężkich. Raz wyraża ich zawartość w ppm raz w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Ponieważ praca ma być dostępna dla ogółu społeczeństwa to skłaniałbym się do wyrażania tych zawartości w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

- W rozdziale Materiał i Metody Doktorantka powinna usunąć opis powstawania i właściwości gleb pływych. Rozdział metodyczny jest rozdziałem hermetycznym i powinien koncentrować się na opisie metod jakie zastosowano w prowadzeniu eksperymentów oraz do analiz chemicznych.
- Doktorantka oznaczała zawartość metali ciężkich w roślinie takich jak Pb, Cd, Cr, Ni po mineralizacji w wodzie królewskiej. Dlaczego?? Metoda ta dotyczy oznaczania form całkowitych metali ciężkich w glebie, a nie w roślinie. Zazwyczaj materiał roślinny mineralizuje się w mieszaninie kwasów $\text{HNO}_3:\text{HClO}_4:\text{H}_2\text{SO}_4$ przy różnym stosunku objętościowym. W efekcie końcowym oznaczy się i tak te same formy pierwiastków w roślinie. Różnica polega jednak na ogromnym nakładzie pracy w przypadku mineralizacji roślin w wodzie królewskiej.
- W tabelach 14-17 Doktorantka przedstawiła tylko zawartość metali bez analizy statystycznej wyników.
- Szkoda, że Doktorantka przeprowadziła tylko analizę wariancji jednoczynnikowej. Przeprowadzenie analizy wariancji dwuczynnikowej (nawożenie i lata) pozwoliłoby na głębsze wnioskowanie dotyczące wpływu lat na badane parametry.
- W opisie wyników badań dotyczących zasobności gleby w przyswajalne formy makro i mikroelementów Doktorantka powinna posługiwać się nazwami np. niska, bardzo niska, wysoka, a nie numerami klas I, III czy IV. Wtedy dysertacja byłaby bardziej zrozumiała przez osoby nie zajmujące się rolnictwem.
- Doktorantka powinna ujednoczyć nazewnictwo związane z metalami ciężkimi. Używa Ona bowiem naprzemiennie słów skażenie i zanieczyszczenie gleby. Słowa te jednak oznaczają dwa różne obszary.
- Doktorantka omawiając wyniki badań dotyczących zawartości makro, mikroelementów i metali ciężkich w roślinie (od strony 87) podaje w tabelach np. zawartość fosforu całkowitego, lub zawartość kadmu całkowitego w roślinie. Nie ma takich form w roślinie. Nazewnictwo to dotyczy wyłącznie gleby, a nie rośliny i powinno zostać poprawione podczas przygotowywania prac do druku w pismach naukowych.
- Doktorantka w tabeli 18 uśredniła otrzymane wyniki poprzez kombinacje nawozowe. Moim zdaniem nie można tak dalece uśrednić tych wyników ponieważ zupełnie inaczej działa samo nawożenie organiczne, a zupełnie inaczej wyłączone nawożenie mineralne.

Podobnie uwaga dotyczy tabel 36-38, gdzie wyciągnięto średnią dla gatunku poprzez zróżnicowane nawożenie.

- W pracy w rozdziale Literatura znaleziono 27 pozycji, które były nie cytowane w tekście pracy (numer 3, 12, 25, 26, 31, 40, 42, 43, 50, 58, 59, 74, 94, 119, 133, 134, 135, w pozycji 146 brakuje roku, 156, 158, 163, 164, 184, 185, 191, 192, 236, 239). W sześciu pracach cytowanych w tekście pracy znaleziono błędy redakcyjne np. str. 12 Kalinowski 2018ab, a powinno być Kalinowski 2018 a,b; podobnie str. 38 jest COBORU 2019ab, a powinno być COBORU 2019a, b; str. 111 Mierek-Adamska i in. 2012 powinno być Mierek-Adamska 2009; str. 25 Astel i in. 2019 a powinno być Astel i in. 2014; str. 29 Jest Gaj 2013, a powinno być Gaj 2014, str. 100 Kulczycki i Grocholska 2004, a powinno być Kulczycki i Grocholski 2004.

W tekście pracy znaleziono również 30 pozycji literatury, które nie zostały uwzględnione w spisie literatury (Staszewski 2011, Rutkowska i in. 2015, Kaczyńska i in. 2015, Pikula 2017, 2020 2023, Rutkowska i Rusak 2020, Ochal 2021, Kopcewicz i Lewak 2007, RSR 2011, Doloszyński 2013, geoportal.gov.pl 2022, Krawczyk 2016, Cwojdziniński i Nowak 2000a, b, w rozdziale metodycznym Doktorantka zacytowała wiele norm, których nie odnaleziono w rozdziale Literatura, Szewczyk 2022, Kobuzx 2021, Nowak i Zbroszczyk 2004, Makarewicz i in. 2012, Wierzbicka i Wierzbicki 2017, Stankowski i in. 2015, Wyszowski i in. 2001, Prośba-Białczyk 2003, Nowak 2000, Roszko i in. 2022, Staniak 2014, Mercik i in. 2000, Cubała 2000, Jasiewicz i in. 1997, Kruk 2008).

Ponadto w tekście pracy występują nieliczne błędy natury stylistycznej i gramatycznej.

- Szkoda, że przy tak dużej liczbie wyników Doktorantka nie pokusiła się o sformułowanie wniosku skierowanego do praktyki rolniczej.

Pozostałe uwagi redakcyjne zostały naniesione w tekście pracy.

Ocena merytoryczna rozprawy

Analizując wyniki rozprawy doktorskiej daje się wyraźnie wyodrębnić pięć głównych problemów badawczych: (i) ocena wpływu zróżnicowanego nawożenia na zmiany zakwaszenia gleby (ii) ocena wpływu zróżnicowanego nawożenia na zawartości N-ogółem i C-organicznego w glebie (iii) ocena wpływu zróżnicowanego nawożenia na zawartość

makro- i mikroelementów oraz metali ciężkich w glebie (iv) ocena wpływu zróżnicowanego nawożenia na plon roślin i (v) ocena wpływu zróżnicowanego nawożenia na

skład chemiczny roślin czterech roślin tj. ziemniaka, jęczmienia jarego, rzepaku ozimego i pszenicy ozimej.

Wyniki badań zaprezentowane w recenzowanej pracy:

wskazują, że po zastosowaniu samego obornika obserwowano najwyższe wartości pH w porównaniu do innych kombinacji nawozowych. Jednak w układzie dynamicznym niezależnie od stosowanego nawożenia, odnotowano spadek odczynu gleby z obojętnego do kwaśnego lub bardzo kwaśnego.

dowodzą, że zawartości azotu ogółem oraz węgla organicznego w glebie były najwyższe po aplikacji obornika w stosunku do pozostałych kombinacji nawozowych.

pozwalają określić, że zawartości przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu oraz przyswajalnych form miedzi, cynku i manganu w glebie były na ogół najwyższe po zastosowaniu wyłącznego nawożenia organicznego.

świadczą o tym, że po 44 latach stosowania nawożenia zawartość metali ciężkich w glebie była bardzo niska i spełniała standardy dla gleb użytkowanych rolniczo.

wskazują, że najwyższy plon roślin uzyskiwano w warunkach łącznej aplikacji nawozu naturalnego i nawożenia mineralnego, w porównaniu do pozostałych kombinacji nawozowych.

dowodzą, że zawartości badanych metali ciężkich w roślinach nie przekraczały wartości granicznych, które bez ograniczeń mogą zostać wykorzystane dla przemysłu rolno-spożywczego.

Wniosek końcowy

W podsumowaniu pragnę podkreślić, że praca zawiera bardzo duży materiał eksperymentalny. Uzyskane wyniki są wartościowe pod względem naukowym, a wykazane uchybienia są stosunkowo łatwe do usunięcia w toku procesu redakcyjnego przygotowującego pracę do publikacji. Pani mgr inż. Małgorzata Moskal zrealizowała zarówno poznawczy jak i praktyczny cel dysertacji wnosząc nowe elementy do wiedzy na temat wpływu zróżnicowanego nawożenia organiczno-mineralnego na wybrane właściwości fizyko-chemiczne gleby oraz plonowanie wybranych roślin w warunkach wieloletnich statycznych doświadczeń nawozowych. Rozprawa ma charakter oryginalny i jest dobrze zaplanowana i wykonana. Doktorantka wykazała się dociekliwością w interpretacji wyników jak również dużą umiejętnością w zakresie prac laboratoryjnych i techniki analitycznej. Moim zdaniem stanowi to dowód dobrego przygotowania Doktorantki do dalszej pracy naukowej.

Przedstawiona powyżej recenzja rozprawy doktorskiej Pani mg inż. Małgorzaty Moskal pt.: „Ocena zawartości pierwiastków w układzie gleba – roślina w wieloletnim doświadczeniu nawozowym” upoważnia mnie do pozytywnej oceny rozprawy doktorskiej. Uzyskane oryginalne wyniki mają duże znaczenie poznawcze i aplikacyjne. Przeprowadzone badania są istotne dla dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo. Rozszerzają one dotychczasową wiedzę dotyczącą na temat plonowania roślin, zmienności ich składu chemicznego, przemian środowiskowych makro, mikroelementów oraz wybranych metali ciężkich w glebie oraz wnoszą bezpośrednie wskazania dla praktyki rolniczej.

Rozprawę doktorską mgr inż. Małgorzaty Moskal oceniam pozytywnie i uznaję ją - zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.) za oryginalne rozwiązanie problemu badawczego w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo.

Wnioskuje do Wysokiej Rady Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Politechniki Bydgoskiej o dopuszczenie Pani mgr inż. Małgorzaty Moskal do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Treść i zakres rozprawy doktorskiej kwalifikuje Doktorantkę do ubiegania się o stopień doktora w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie Rolnictwo i Ogrodnictwo.

Warszawa dnia 19.08.2024



prof. dr hab. Wiesław Szulc