

Wrocław, 31.07.2024r.

Dr hab. inż. Grzegorz Kulczycki, prof. uczelni
Zakład Żywienia Roślin, Instytut Nauk o Glebie, Żywienia Roślin i Ochrony Środowiska
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
ul. Grunwaldzka 53, 50-375 Wrocław

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Adama Podolskiego

„Reakcja kukurydzy na wzrastające dawki azotu w dwóch systemach nawożenia siarką na tle naturalnych warunków opadowych i deszczowania”

Praca wykonana w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo pod kierunkiem promotora prof. dr hab. Witolda Grzebisza w Katedrze Chemii Rolnej i Biogeochemii Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Recenzję opracowano w odpowiedzi na pismo prof. dr hab. Andrzeja Bleharczyka, Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu nr *RNDRIO-014/4000/2024* z dnia 27.05.2024 roku.

Podstawowe dane Autora pracy doktorskiej:

Mgr inż. Adam Podolski ukończył w 2018 roku studia drugiego stopnia w trybie stacjonarnym na Wydziale Rolnictwa i Bioinżynierii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Jest współautorem artykułu naukowego o wskaźniku IF 2.6, ocenionego na 100 punktów według MNiSW. Obecnie kontynuuje karierę naukową jako Doktorant w Katedrze Chemii Rolnej i Biogeochemii Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Ocena problematyki badawczej

Podjęte zagadnienia w pracy doktorskiej są istotne z punktu widzenia badań naukowych i praktyki rolniczej. Szczególnie ważne są dwa aspekty związane z recenzowaną pracą:

- pierwszy związany jest z wzajemnymi relacjami azotu i siarki w odżywianiu roślin. Azot jest podstawowym składnikiem pokarmowym, bez którego większość roślin uprawnych nie jest w stanie wydać zadawalającego plonu, dlatego kluczowe jest podniesienie jego efektywności. Siarka odgrywa istotną rolę w zwiększaniu efektywności wykorzystania azotu, dlatego ważne jest dostarczenie jej w odpowiedniej ilości i formie dla roślin. Znaczenie siarki w rolnictwie na świecie ciągle wzrasta ze względu na pogłębiający się deficyt tego pierwiastka w glebie. W Polsce także niedobór tego pierwiastka w uprawach rolniczych stanowi coraz poważniejszy problem i wymaga odpowiednich działań. Dobre odżywienie roślin siarką przyczynia się do zwiększenia efektywności nawożenia azotem, dlatego określenie wzajemnych reakcji pomiędzy tymi składnikami pokarmowymi jest ważnym elementem zbilansowanego nawożenia roślin uprawnych.

- drugi aspekt dotyczy nawadniania roślin, w niektórych regionach prowadzenia upraw zabieg ten staje się koniecznością w związku z postępującymi zmianami klimatycznymi. Zmiany te wpływają na ilość i natężenie opadów, co może prowadzić do zmniejszenia dostępności wody dla uprawianych roślin. Przy nieregularnych opadach podczas sezonu wegetacyjnego roślin deszczowanie pomaga w eliminacji stresu suszy, co prowadzi do otrzymania większych i bardziej stabilnych plonów. Obecnie deszczowanie roślin uprawnych jest kluczowym elementem nowoczesnego rolnictwa, przyczyniając się do zwiększenia efektywności produkcji rolniczej.

W związku z powyższym recenzowana rozprawa doktorska dotyczy istotnych zagadnień zarówno w aspekcie naukowym, jak i praktycznym, a podjęty temat badań oceny reakcji kukurydzy na wzrastające dawki azotu w dwóch systemach nawożenia siarką na tle naturalnych warunkach opadowych i deszczowania, należy uznać za uzasadniony.

Formalna ocena rozprawy

Rozprawa doktorska została przygotowana w formie dysertacji liczącej 307 stron maszynopisu. Składa się z 10 rozdziałów: 1. Wstęp (31 stron), 2. Materiały i metodyka (6 stron), 3. Pomiary i oznaczenia (5 stron), 4. Wyniki badań (127 strony), 5. Omówienie i dyskusja wyników (33 strony), 6. Podsumowanie i wnioski (5 stron), 7. Literatura (15 stron), 8. Spis tabel i rycin (16 strony), 9. Ryciny załączniki (27 strony) oraz 10. Załączniki (36 stron). W pracy także zamieszczono streszczenie w języku polskim i angielskim (2 strony). Układ pracy jest logiczny i spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim. Rozprawa doktorska zawiera bogaty materiał dokumentacyjny w którym do prezentacji wyników badań wykorzystano 34 tabele w zasadniczej części pracy oraz 59 tabel w załączniku, 71 rycin w części zasadniczej pracy oraz 56 rycin w załączniku. W pracy zamieszczono również 4 fotografie. Bibliografia obejmuje 208 pozycji, które pod względem formalnym i merytorycznym cytowane są w sposób właściwy. Pozytywnie oceniam fakt, że 73% z nich stanowią artykuły angielskojęzyczne. Udział pozycji literatury opublikowanych po 2000 roku stanowi 20% bibliografii, pozostałe cytowania odnoszą się do starszych pozycji literaturowych, równie cennych, co świadczy także o dogłębnym studiowaniu przez doktoranta literatury dotyczącej tematu rozprawy. Praca napisana jest językiem zrozumiałym i poprawnym stylistycznie.

Merytoryczna ocena rozprawy

Streszczenie pracy

Pracę doktorską przygotowano w oparciu o oryginalne wyniki badań pochodzące z 3-letnich doświadczeń polowych z kukurydzą. Doświadczenia polowe w warunkach naturalnych opadów oraz deszczowania z nawożeniem azotem i siarką założono w czterech powtórzeniach w układzie bloków losowych. Pojedyncze doświadczenie obejmowało 18 obiektów badań. Ocena badanych czynników w uprawie kukurydzy przeprowadzono w dwóch terminach w czasie wegetacji roślin (BBCH 14, 61) oraz w pełnej dojrzałości roślin (BBCH 89/90). Scharakteryzowano także podstawowe i agrochemiczne właściwości gleby przed założeniem doświadczenia przed każdym sezonem wegetacyjnym oraz w trakcie sezonu wegetacji pobierano materiał glebowy w trzech terminach - stadia kukurydzy (BBCH 14, 61 i 89) do

oznaczania zawartość N_{min} . W pracy wykonano szereg oznaczeń polowych i analiz laboratoryjnych oraz przeprowadzono szczegółową analizę statystyczną otrzymanych wyników.

Tytuł pracy

Tytuł rozprawy doktorskiej został sformułowany w sposób jasny, zrozumiały i odzwierciedlający treści zawarte w pracy.

Rozdział „Wstęp”

W rozdziale tym przedstawiono problem badawczy oraz sformułowano poprawnie hipotezę badawczą i cel pracy. W ramach celów pracy przyjęto:

- określenie wpływu systemów nawożenia siarką na zasoby dostępnego azotu, stan odżywienia roślin w krytycznych fazach formowania plonu ziarna oraz na stopień wykształcenia elementów struktury plonu ziarna i jego wielkość.
- prognozowanie plonu ziarna na podstawie zawartości składników pokarmowych w całej roślinie w stadium BBCH 14 i BBCH 61, a także w liściu podkolbowym w stadium BBCH 61.
- określenie bilansu zasobów dostępnego azotu przed i po kwitnieniu kukurydzy.
- ocenę wartości diagnostycznej wskaźników gospodarki azotem przed i po kwitnieniu kukurydzy.

W podrozdziale „Przegląd literatury” omówiono znaczenie gospodarcze kukurydzy w rolnictwie oraz omówiono potencjał związany z plonowaniem tej rośliny uprawnej. W tej części pracy znaczną uwagę zwrócono na zagadnienia związane z potrzebami pokarmowymi kukurydzy oraz wskazano na czynniki środowiskowe prowadzące do powstania luki plonu w Polsce. Podkreślono także znaczenie azotu, siarki i wapnia w żywieniu kukurydzy ze szczególnym uwzględnieniem diagnozowania stanu zaopatrzenia kukurydzy w te pierwiastki.

Rozdział „Materiały i metodyka”

W rozdziale tym przedstawiono lokalizację oraz schemat doświadczenia. Wyszczególniono przeprowadzone zabiegi agrotechniczne oraz ochrony roślin łącznie z dawkami oraz terminami stosowania nawozów, siewu, pestycydów, deszczowania i zbioru. Scharakteryzowano także szczegółowo odmianę kukurydzy wykorzystaną w doświadczeniach polowych.

Rozdział „Pomiary i oznaczenia”

W tej części pracy omówiono metody poboru materiału roślinnego i glebowego do analiz laboratoryjnych oraz przyjętą metodykę analiz. Scharakteryzowano wykorzystane w pracy wskaźniki bilansowe i efektywności azotu oraz przedstawiono metody obliczeń statystycznych zastosowanych w pracy własnej. Przedstawiona metodologia badań pozwala stwierdzić, że doświadczenie zostało zaplanowane prawidłowo, pobrano oraz właściwie zanalizowano materiał roślinny i glebowy. Zastosowano także odpowiednie metody chemiczne wykorzystywane do analizy materiału roślinnego na zawartość makro i mikrośladników. Opis materiałów oraz metod spełnia kryterium weryfikowalności.

Rozdział „Wyniki badań”

W rozdziale tym scharakteryzowano otrzymane wyniki oraz przeprowadzono szeroką analizę zależności pomiędzy ocenianymi parametrami a wielkością plonu kukurydzy. W ramach przedstawienia wyników badań omówiono szczegółowo:

- plon i strukturę plonu ziarna,
- zawartość składników pokarmowych w ziarnie oraz w słomie,
- biomasę kukurydzy w sezonie wegetacyjnym,
- zawartości składników pokarmowych w stadium BBCH 15 oraz liściu podkolbowym,
- skład chemiczny pędu kukurydzy,
- azot mineralny w glebie (stadium BBCH 14, 61 i 89),
- akumulację azotu przez kukurydzę w sezonie wegetacyjnym,
- wskaźniki gospodarki kukurydzy azotem.

Dokumentacja wyników badań jest czytelna i nie wzbudza zastrzeżeń.

Rozdział „Omówienie i dyskusja wyników”

W dyskusji wyników Autor odniósł się do postawionych celów pracy oraz przeprowadził wnikliwą i szczegółową analizę uzyskanych wyników, uwzględniając zależności przyczynowo-skutkowe. Recenzowana praca, ze względu na wiele aspektów interakcyjnych, charakteryzuje się znaczną złożonością. Należy zatem podkreślić duży nakład pracy wniesiony przez Autora przy ocenie i interpretacji uzyskanych wyników. W tym rozdziale porównano i oceniono także uzyskane wyniki badań własnych do prac innych autorów koncentrując się na następujących zagadnieniach:

- ocenie plonu ziarna i jego struktury oraz zawartości w ziarnie składników pokarmowych
- ocenie stanu odżywienia kukurydzy w krytycznych stadiach formowania plonu
- bilansie azotu w okresie wegetacji kukurydzy

Dyskusja została przeprowadzona poprawnie, a interpretacja uzyskanych wyników właściwa wskazując na znaczną wiedzę Autora na temat efektywności i gospodarki składnikami pokarmowymi.

Rozdział „Podsumowanie i wnioski”

W podsumowaniu badań zwięźle przedstawiono najważniejsze otrzymane wyniki wraz z ich interpretacją. W rozdziale tym przedstawiono 14 wniosków. Wnioski te są właściwe, zwięźle i syntetycznie podsumowują rezultaty badań.

Uwagi krytyczne i sugestie:

Pomimo wielu zalet ocenianej rozprawy doktorskiej nasuwają się jednak pewne sugestie i uwagi krytyczne, które zostały wyszczególnione poniżej:

Warunki meteorologiczne

W pracy Autor nie przedstawił przebiegu pogody w okresie prowadzenia badań. Dane meteorologiczne pozwoliłyby na pełniejszą interpretację otrzymanych wyników zwłaszcza w aspekcie dostępności wody dla kukurydzy w okresie wegetacji.

Rozdział 3. Pomiary i oznaczenia

W rozdziale tym napisano, że ekstrahowano siarkę siarczanową w próbkach świeżej gleby, natomiast zgodnie z metodyką przyjętą w Stacjach Chemiczno-Rolniczych w Polsce ekstrahuje się w próbkach suchej gleby. Proszę o wyjaśnienie tej różnicy w metodyce, gdyż może to mieć wpływ na wyniki analizy zawartości siarczanów w glebie. Moim zdaniem ten rozdział pracy powinien być podrozdziałem w ramach rozdziału Materiały i metodyka.

Podrozdział 3.7. Obliczenia statystyczne

W tym podrozdziale należy uzupełnić i uściślić informacje, że przyjęto w obliczeniach statystycznych model doświadczenia wielokrotnego przeprowadzonego w 3 latach badań z zastosowaniem metody dwuczynnikowej analizy wariancji w układzie bloków losowych. Częściowo informacje te umieszczono w różnych rozdziałach pracy (2.1. Lokalizacja doświadczenia i warunki glebowe oraz 2.3. Schemat doświadczenia) dlatego pełny opis w tym rozdziale, jaki model, metody oraz układ doświadczenia przyjęto do statystycznego opracowania wyników znacznie ułatwiłby ich interpretację. Brakuje też informacji, czy i jakim testem przed wykonaniem analizy wariancji przeprowadzono test jednorodności wariancji w grupach oraz test zgodności zmiennych z rozkładem normalnym.

Rozdział 4. Wyniki badań

Pod tabelą nr 4.1. zamieszczono adnotację oznaczoną literą a, o treści „*ta sama litera w rzędzie oznacza brak istotnego zróżnicowania cechy w kolumnie dla danego czynnika*”. Należy uściślić tą adnotację, ponieważ porównywane są czynniki doświadczenia dla poszczególnych zmiennych w obrębie kolumny, a nie wierszy. Ta adnotacja powtarza się także pod innymi tabelami zamieszczonymi w pracy o podobnym układzie porównywalnych zmiennych.

Rozdział 7. Literatura - wskazanie brakujących cytowań pozycji ze spisu literatury:

- 2. Abdulaha-Al. Baquy, M.; Li J.-Y.; Mehmood, K.; Shi, R.-Y.; Xu, R.-K., 2017. Critical pH and exchangeable Al of four acidic soils derived from different parent materials for maize crops. *J. Soils Sediments* 18(2), 1490–1499.
- 26. Dontsova, K. Y. B.; Lee B.; K. Slater, J. M. Bigham. 2005. Gypsum for Agricultural Use in Ohio— Sources and Quality of Available Products. Ohio State University Extension Fact Sheet ANR-20-05.
- 30. Erenstein, O.; Jaleta, M.; Mottaleb, K.; Prasanna, B.M. 2022. Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. *Food Security* 14, 1295–1319.
- 48. Grzebisz, W. 2009. Nawożenie roślin uprawnych, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśnicze, Tom 2. 376 s.
- 49. Grzebisz, W.; Barłóg, P.; Szczepaniak, W.; Potarzycki, J. 2010. Effect of potassium fertilizing system on dynamics of dry matter accumulation by maize. *Fertil. Fert.* 40, 57–69.
- 80. Kaur, A.; Bedi, S. 2012. Nitrogen use Efficiency and Source-sink Relations in Maize. *J. Plant Sci. Res.* 28, 219, (5.3.3)
- 106. Maddonni, G.A.; Otegui, M.E.; Cirilo, A.G., 2001. Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation. *Field Crop. Res.* 71, 183–193.
- 112. Mercik, S. 2004. *Chemia rolna*. SGGW Warszawa. 287 s.

- 139. Potarzycki, J.; Grzebisz, W., 2009. Effect of zinc foliar application on grain yield of maize and its yielding components. *Plant Soil, Environ.* 55(12), 519–527.
- 146. Ranun, P.; Pena-Rosas, J.P.; Garcia-casal, M.N. 2014. Global maize production, utilization, and consumption. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1312, 105–112.
- 157. Scott, M.P.; Emery, M. 2016. Maize: Overview. Reference Module in Food Science. *PNAS* 97, 7008–7015.
- 183. USGS. 2013. Minerals commodity summaries. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/gypsum/mcs-2013-gypsum.pdf> (13.02.2023.)

Rozdział 7. Literatura - wskazanie niepoprawnie cytowanych pozycjami literatury (7 pozycji):

- pozycja 61 spisu literatury: pomyłka w dacie publikacji jest 2010 powinno być 2020.
- pozycja 88 spisu literatury: na str. 37 błąd w nazwisku jest Krasulski ma być bez Krasuski.
- pozycja 105 spisu literatury: błąd w nazwisku w spisie literatury jest Maddoni ma być Maddonni.
- pozycja 116 spisu literatury: na str. 30 pomyłka w dacie publikacji jest 2029 powinno być 2019.
- pozycja 130 i 131 spisu literatury: w pracy użyto cytowania COBORU zamiast jak jest w spisie literatury Piecuch.
- pozycja 149 spisu literatury: w pracy użyto cytowania GUS zamiast jak jest w spisie literatury Rocznik Statystyczny Rolnictwa.
- pozycja 200 spisu literatury: zastosowano odwołanie bezwzględne do pdf na lokalnym komputerze

Rozdział 10. Załączniki

- W tabelach tego rozdziału (np. Załącznik 4.1a) przy porównywaniu interakcji czynników doświadczenia dla wybranych zmiennych oprócz gwiazdek oznaczających poziom istotności zależność między badanymi czynnikami, wprowadzone są wartości liczbowe, proszę o wyjaśnienie jak były one obliczane i jak się je interpretuje.
- W tabeli Załącznik 4.1b. podano niewłaściwy tytuł: Plon i elementy struktury plonu kukurydzy, doświadczenie nienawadniane, n= 54, prawidłowy tytuł to Macierz korelacji dla elementów struktury plonu i plonu ziarna, doświadczenie nienawadniane, n= 54.

Uwagi o charakterze dyskusyjnym:

Porównując działanie nawozowe gipsu (siarczanu wapnia) i siarki elementarnej w recenzowanej pracy zasugerowano, że „czynnikiem sprawczym wzrostu plonu w warunkach naturalnej produkcji kukurydzy prawdopodobnie nie była siarka, lecz wapń”. Być może należało w schemacie doświadczenia uwzględnić (zbilansować) ilość wprowadzonego wapnia z gipsem w obiekcie z siarką elementarną, żeby można było lepiej ocenić efekty nawozowe tych dwóch form siarki.

Odnosząc się do stwierdzenia w recenzowanej pracy „Porównanie obu grup tych wyników jednoznacznie wskazuje na siarczan wapnia jako korzystną formę siarki, zwłaszcza w naturalnych warunkach opadowych”. Należałoby także zwrócić uwagę, że siarkę elementarną należy traktować jako nawóz o spowolnionym działaniu, a jego działanie nawozowe bardzo mocno związane jest z jej rozdrobnieniem. W warunkach nawadniania stosowanie siarki elementarnej może mieć tą zaletę w porównaniu do nawozów siarkowych zawierających formy siarczanowe, że wymywanie siarczanów powinno być zdecydowanie mniejsze.

W pracy główny nacisk położono na zasoby form mineralnych azotu w glebie, natomiast interesującym aspektem pracy byłaby również ocena zmian zasobności gleby w formy przyswajalne siarki, zwłaszcza na obiektach nawożonych tym pierwiastkiem.

Uprzejmie proszę Autora rozprawy o wyjaśnienie na publicznej obronie następujących kwestii:

1. Jak warunki pogodowe w latach badań (zwłaszcza ilość i rozkład opadów) wpływały na wegetację kukurydzy?
2. Czy większa produktywność azotu w warunkach nawadniania w porównaniu do warunków naturalnych rekompensuje nakłady poniesione na deszczowanie pola?
3. Jakie rekomendacje praktyczne dotyczące technologii nawożenia azotem i siarką kukurydzy wynikają z przeprowadzonych badań?

Podsumowanie

Podsumowując oceną rozprawę doktorską Pana mgr inż. Adama Podolskiego w świetle artykułu 13, pkt. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. Nr 65, poz. 595, ze zm. w Dz.U. z 2005 r. nr 164, poz. 1365) **stwierdzam, że przedłożona rozprawa spełnia wymogi ustawowe i w pełni uzasadnia nadanie stopnia naukowego doktora nauk rolniczych.** W związku z powyższym wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu zgodnie z artykułem 14 pkt. 2, ppkt. 3 w/wym ustawy o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Uzasadnienie

W przedstawionej do oceny rozprawie zakres badań obejmował istotne zagadnienia dotyczące reakcja kukurydzy na wzrastające dawki azotu w dwóch systemach nawożenia siarką. Efekt interakcyjny tych pierwiastków potwierdzano poprzez przeprowadzenie 3-letnich doświadczeń polowych w naturalnych warunkach opadowych oraz deszczowania w krytycznych fazach formowania plonu. Praca badawcza związana z przeprowadzeniem tak szerokiego zakresu badań wymagała dużego nakładu pracy, wiedzy oraz umiejętności związanych z przeprowadzeniem prac analitycznych jak i również zastosowania właściwych metod analizy uzyskanych wyników i ich interpretacji. Oceniana praca jest również cenna ze względu na możliwość zastosowania uzyskanych wyników badań w praktyce rolniczej. Mocną stroną pracy jest szczegółowa analiza uzyskanych wyników badań oraz wnikliwa analiza zależności przyczynowo skutkowych uzyskanych wyników badań. Do słabszych stron pracy zaliczam brak zamieszczenia w pracy warunków pogodowych w trakcie trwania doświadczeń wegetacyjnych, niedostateczny opis zastosowanych metod badawczych oraz niedoskonałości edycyjne. Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr inż. Adama Podolskiego stanowi istotny wkład do badań dotyczących oceny współdziałania azotu i siarki w naturalnych warunkach opadowych oraz deszczowania w uprawie kukurydzy. Wymienione uwagi oraz sugestie nie mają istotnego wpływu na jakość ocenianej rozprawy.

Biorąc pod uwagę wysoki poziom naukowy rozprawy wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Adama Podolskiego nagrodą.

Dr hab. Grzegorz Kulczycki, prof. uczelni

31.07.2024

Grzegorz Kulczycki