



Prof. dr hab. Renata Gaj
Katedra Chemii Rolnej i Biogeochemii Środowiska
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Poznań, 27 września 2021 r.

Recenzja

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Zajązkowskiej pt. „Wpływ nawożenia pszenicy krzemem na zmniejszenie stresu wywołanego zawartością metali ciężkich w glebie”

promotor: prof. dr hab. inż. Jolanta Korzeniowska,
promotor pomocniczy: dr inż. Urszula Sienkiewicz-Cholewa

Rozprawa doktorska została wykonana w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa- Państwowego Instytutu Badawczego, w Zakładzie Herbologii i Technik Uprawy Roli we Wrocławiu

Podstawa opracowania

Recenzja została przygotowana w odpowiedzi na pismo RN.470.15.2018.DM z dnia 21 września 2021r. skierowane przez z-cę Przewodniczącego Rady Naukowej Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa PIB w Puławach Prof. dr hab. Janusza Podleśnego

Ocena zasadności podjęcia tematu

Krzem (Si) wraz z sodem (Na) i kobaltem (Co) zaliczane są do składników korzystnych (*beneficial elements*). Pierwiastki te stymulują wzrost, ale nie są niezbędne dla rozwoju roślin bądź są niezbędne tylko dla niektórych gatunków uprawianych w specyficznych warunkach. W literaturze krajowej i zagranicznej najczęściej wykazywany jest wpływ korzystnego działania krzemu na plonowanie roślin. Wymieniona zależność przedstawiana jest najczęściej jako efekt pośredni działania krzemu, wyrażający się wzrostem tolerancji roślin poddanych stresom abiotycznym i biotycznym. W podjętych przez Doktorantkę badaniach, główna idea nie sprowadza się do oceny efektu produkcyjnego Si, ale przede wszystkim ograniczenia fitotoksycznego działania dwóch pierwiastków (Zn i Cu). Szeroki przegląd literatury wskazuje, że badania dotyczące ograniczania fitotoksycznego działania metali ciężkich w roślinach na skutek stosowania krzemu najczęściej przeprowadzane są w kulturach wodnych (hydroponice). W przedstawionej do recenzji pracy, Doktorantka podejmuje się natomiast rozwiązania

problemu łagodzenia stresu w roślinie wywołanego symulowanym skażeniem metalami ciężkimi w środowisku glebowym. Analizie poddana została nie tylko zróżnicowana dawka krzemu, ale również technika aplikacji tego pierwiastka. Przeprowadzone badania w hali vegetacyjnej, w których testowaną rośliną była pszenica rosnąca w glebie skażonej cynkiem i miedzią, jednoznacznie pokazały, że bardziej skuteczna w realizacji założonego celu jest doglebowa niż dolistna aplikacja krzemu. Mając na względzie powyższe rozważania uważam, że wybór tematu jest zarówno ważny ze względów poznawczych jak i użytecznych. Potwierdzam za w pełni zasadne podjęte przez Doktorantkę badania dotyczące oceny wykorzystania krzemu jako czynnika wpływającego na ograniczenie fitotoksycznego działania cynku i miedzi w uprawach roślin rolniczych. Z punktu widzenia środowiskowego ważne jest wykorzystanie rozwiązań, które gwarantują efektywności stosowanych produktów i jednocześnie nie stanowią dalszego zagrożenia dla zdrowia człowieka i zwierząt.

Charakterystyka rozprawy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Aleksandry Zajączkowskiej obejmuje 86 stron manuskryptu i składa się z dwóch części. Pierwsza, o objętości 32 stron prezentuje, w sposób klasyczny dla rozpraw naukowych, syntezę wyników badań z zakresu roli krzemu dla roślin oraz wpływu tego pierwiastka na zmniejszenie toksycznego działania cynku i miedzi w roślinach. Druga część manuskryptu jest dokumentacją rozprawy doktorskiej i zawiera trzy opublikowane prace naukowe.

W pierwszej części pracy zamieszczono: spis treści, wykaz oryginalnych prac twórczych składających się na cykl publikacji stanowiących rozprawę doktorską, wstęp, problem badawczy i cel badań, opis metodyki i zastosowanych metod statystycznych, syntetyczne omówienie wyników badań wraz z dyskusją oraz wnioski, podsumowanie i streszczenie pracy w języku polskim i angielskim. Zasadniczą część rozprawy doktorskiej stanowi rozdział 11, zawierający kopie 3 monotematycznych prac stanowiących rozprawę doktorską. W rozdziale 12 i 13 zawarto oświadczenia promotora, promotora pomocniczego i autora rozprawy doktorskiej określające indywidualny udział każdego z autorów w powstaniu prac. Dobór cytowanych prac do poruszanych aspektów merytorycznych pracy uznaję za odpowiedni i poprawny. Praca doktorska napisana jest w sposób jasny i zwięzły, chociaż zdarzają się nieliczne błędy stylistyczne i językowe, które zaznaczyłam na marginesie przedłożonego manuskryptu.

Formalna ocena pracy

Osiągnięciem naukowym Pani mgr inż. Aleksandry Zajączkowskiej, które jest podstawą



ubiegania się o tytuł naukowy doktora są trzy monotematyczne prace naukowe zamieszczone w kolejności:

1. **Zajączkowska A.**, Korzeniowska J., Sienkiewicz-Cholewa U. 2020. *Effect of soil and foliar silicon application on the reduction of zinc toxicity in wheat. Agriculture, 10(11): 522*
2. **Zajączkowska A.**, Korzeniowska J. 2020. *Wpływ nawożenia krzemem na zmniejszenie szkodliwego wpływu metali ciężkich dla roślin. Studia i Raporty IUNG-PIB, 63(17): 179-197, DOI: 10.26114/SIR.IUNG.2020.63.12.*
3. **Zajączkowska A.**, Korzeniowska J. 2021. *Reakcja pszenicy rosnącej na glebie zanieczyszczonej miedzią na dogłębowe nawożenie krzemem. Progress in Plant Protection, 61(1): 31-39, DOI: 10.14199/PPP-2021-004.*

Dwie spośród załączonych prac (1,3) przedstawiają wyniki badań własnych, natomiast trzecia jest pracą o charakterze przeglądowym. Wyniki badań opublikowano w czasopiśmie: *Agricultura* (wymienionym w liście A wykazu czasopism Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego posiadającym współczynnik wpływu Impact Factor (If = 3,05) i znajdującym się w bazie Journal Citation Report (JCR) oraz *Progress in Plant Protection* (lista B wykazu MNiSW). Natomiast pracę o charakterze przeglądowym Doktorantka wspólnie z Panią Promotor opublikowała w *Studiach i Raportach IUNG-PIB*.

W przedstawionym do oceny cyklu publikacji, które stanowią rozprawę doktorską należy wyróżnić bardzo staranne przygotowanie wszystkich artykułów. Za szczególnie cenne uważam merytoryczne wprowadzenie w analizowany temat przeprowadzone zarówno w przeglądzie literatury, dyskusji wyników jak również w pracy przeglądowej. Stanowi ono kompendium wiedzy na temat wieloaspektowej roli krzemu. W sumie cytowana literatura obejmuje łącznie 289 pozycji bibliograficznych, z czego 109 przegląd literatury w części stanowiącej wprowadzenie do problematyki stanowiącej przedmiot rozprawy doktorskiej oraz literatura cytowana w załączonych publikacjach: praca 1 (60) + praca 2 (64) + praca 3 (56). Przegląd piśmiennictwa we wszystkich publikacjach jest obszerny, wieloaspektowy, niektóre cytowane prace powtarzają się w załączonych publikacjach. Większość cytowanych prac została opublikowana w języku angielskim.

Wkład Pani mgr inż. Aleksandry Zajączkowskiej w przygotowanie publikacji określony w tabeli 1, jest niespójny z informacjami zawartymi w załączniku pracy (12), zawierającym oświadczenia autorów (doktorantki, promotora i promotora pomocniczego). W tabeli 1 Doktorantka wykazała, że Jej udział w każdej publikacji wynosił 70%, natomiast w załączonych oświadczeniach w 2 artykułach uwzględniała swój wkład na poziomie 75%. W pracach prezentujących wyniki badań własnych udział Doktorantki polegał na opracowaniu

koncepcji i metodyki badań, prowadzeniu doświadczeń w hali wegetacyjnej, zebraniu materiału badawczego, wykonaniu analiz laboratoryjnych, napisaniu maszynopisu oraz odpowiedzi na recenzje. W podsumowaniu stwierdzam, że zaprezentowany cykl publikacji stanowiący podstawę rozprawy doktorskiej **spełnia wymogi formalne stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk rolniczych, w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo.**

Merytoryczna ocena pracy

Wstęp i cel badań

Istotą podejmowanych badań naukowych jest umiejętność trafnego wyboru problemu badawczego, którą doktorant formułuje na podstawie stanu wiedzy w zakresie interesującej problematyki badawczej, wiedzy własnej, a zwłaszcza umiejętności stawiania pytań. Dopiero na tej bazie można przystąpić do formułowania hipotezy i celu pracy. Hipoteza główna została przedstawiona w sposób jednoznaczny i wskazuje na przeprowadzenie przez Autorkę wnikliwej oceny aktualnego stanu wiedzy, dotyczącej wieloaspektowej roli krzemu. Mając na względzie powyższe, potwierdzam poprawności postawionej hipotezy i celu głównego badań.

Główny problem badawczy podjęty przez Doktorantkę rozprawy sprowadza się do oceny przydatności krzemu do detoksykacji metali ciężkich. Problem badawczy został jasno określony i dobrze udokumentowany przez Doktorantkę w opublikowanych pracach w stopniu koniecznym do swej wagi. Szkoda, że nie zostały określone cząstkowe problemy badawcze, a następnie sformułowane dla nich rozwiązania zadań badawczych. Taki tok postępowania ułatwia i porządkuje realizację założonego celu pracy i znacznie ułatwia wnioskowanie. Podczas obrony pracy będę oczekiwała od Doktorantki sformułowania cząstkowych celów badawczych.

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska zawiera wymagane elementy, które z formalnego punktu widzenia powinny być uwzględnione w rozprawie doktorskiej, w tym; wstęp, przegląd literatury, cel pracy i hipoteza (-y) badawcze, materiał i metody, wyniki badań, dyskusja z literaturą, stwierdzenia i wnioski.

Treść pracy jest zbieżna z tytułem, a przyjęte rozdziały nie budzą moich zastrzeżeń, jeśli chodzi o meritum, natomiast sugerowałabym zmianę nazewnictwa podrozdziałów: Doświadczenie z Zn, doświadczenie z Cu na odpowiednio: Charakterystyka doświadczeń wazonowych z cynkiem i miedzią.

Przegląd literatury

Rozdział „Przegląd literatury” został przygotowany w sposób obszerny i wyczerpujący potrzebę merytorycznego uzasadnienia podjętej tematyki pracy. Autorka ujęła najważniejsze



publikacje związane z tematem dysertacji i w pierwszej dysertacji w bibliografii zamieściła 109 pozycji literaturowych, na które składają się głównie artykuły zamieszczone w fachowych czasopismach naukowych o zasięgu światowym.

Autorka pracy doktorskiej Pani mgr inż. Aleksandra Zajączkowska podjęła się zagadnienia wykazania roli krzemu, który może być wykorzystany jako antidotum w ograniczeniu pobierania metali ciężkich przez rośliny zbożowe uprawiane na terenach zanieczyszczonych bądź skażonych. Doktorantka zaproponowała dwa rozwiązania aplikacji krzemu: doglebowo oraz dolistnie. Do gleby metale zostały wprowadzone w formie soli w ilościach wielokrotnie przekraczających dopuszczalne wartości normatywne. Przed siewem pszenicy doglebowo zastosowano także krzem różnicując jego dawki (200 i 400 mg kg⁻¹ Si) i technikę aplikacji - jako czynnik zmniejszający negatywną reakcję roślin na stres wywołany toksycznym działaniem cynku i miedzi w uprawie pszenicy. Analiza porównawcza metod stosowania krzemu przedstawiona na przykładzie doświadczenia z glebą skażoną cynkiem wykazała, że doglebowa technika aplikacji krzemu ma zdecydowanie większy wpływ na ograniczenie koncentracji Zn w roślinie oraz transport tego metalu z korzeni do pędów niż aplikacja dolistna. Wybór problematyki badawczej Doktorantka dobrze dokumentuje w rozdziale „Przegląd literatury”.

Metodyka badań

W celu uzyskania odpowiedzi na sformułowany cel pracy Doktorantka wykonała 4 doświadczenia wazonowe, sprowadzające się do oceny: (1) zawartości metali (cynk i miedź) i krzemu w roślinach (2) analizy wskaźników translokacji składników z korzeni do organów nadziemnych (3) analizy współczynników bioakumulacji (BF) metali w pędach i korzeniach. Badania szklarniowe zostały przeprowadzone w latach 2018 -2019 i łącznie obejmowały 6 serii doświadczeń wazonowych, dwa doświadczenia dla gleb skażonych cynkiem i 4 dla miedzi.

Z obowiązku recenzenta muszę wskazać na drobne uchybienia metodyczne pracy, a mianowicie:

- (1) dlaczego nie zostały obliczone całkowite pobrania cynku, miedzi i krzemu? Doktorantka dysponowała wszystkimi danymi biomasy nadziemnej i korzeni oraz zawartościami składników.
- (2) badania prowadzone były w warunkach szklarniowych przez okres 60 dni. Bardzo proszę o uzupełnienie w czasie obrony pracy informacji dotyczących faz rozwojowych pszenicy wg skali BBCH w których aplikowano krzem;
- (3) w jakiej fazie rozwojowej (BBCH) ostatecznie zbierane były rośliny?

W mojej ocenie Doktorantka słabo wykorzystwała metody analizy statystycznej prezentacji wyników, które znacząco podniosłyby wartość opublikowanych prac.

Wyniki badań

Opis rezultatów badań Doktorantka przedstawiła w 2 dwóch podrozdziałach: *Wpływ dogłębowego i dolistnego stosowania Si na zmniejszenie toksyczności Zn dla pszenicy oraz Wpływ dogłębowego stosowania Si na zmniejszenie toksyczności Cu dla dwóch odmian pszenicy*. Syntetyczne omówienie wyników 3 prac stanowiących przedmiot rozprawy doktorskiej zostało przedstawione w formie skróconego opisu na 4 stronach (18-21) i obejmowało interpretację wpływu czynnika doświadczalnego na wytworzoną biomasę roślin, zawartość cynku, miedzi i krzemu zarówno w roślinie jak i w glebie oraz zmiany odczynu gleby. W kolejnym etapie Doktorantka dokonała analizy wyznaczonych wskaźników translokacji i skomentowała wyniki badań własnych w oparciu o dostępną literaturę. Prezentowane wyniki są wiarygodne i wartościowe, nakierowane na poznanie reakcji pszenicy ozimej i jarej rosnącej na glebach skażonych w warunkach stosowania zróżnicowanych dawek i sposobu aplikacji krzemu.

W moim przekonaniu zaplanowane badania szklarniowe z wykorzystaniem pszenicy ozimej i jarej miały wyłącznie charakter badań modelowych i nie mogą być w pełni przeniesione na płaszczyznę aplikacyjną i wymagają dalszych badań w skali poletkowej oraz produkcyjnej.

Wnioski

Wnioski z przeprowadzonych badań zostały ujęte w 11 punktach. Zgodnie w wcześniejszymi uwagami dotyczącymi sformułowania problemów cząstkowych, uważam, że powinny być odpowiedzią na postawione cele szczegółowe badań i ujęte w zwięzłej formie, bez potrzeby wnikania w opisy wyników.

Wniosek końcowy

Stwierdzam, że przedstawiona do oceny praca doktorska **mgr inż. Aleksandry Zajączkowskiej pt. „Wpływ nawożenia pszenicy krzemem na zmniejszenie stresu wywołanego zawartością metali ciężkich w glebie”** spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim w myśl art. 13 p. 1 „Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach naukowych i tytule w zakresie sztuki” z dnia 14 marca 2003 roku (Dz.U. nr 65 poz. 595, z późniejszymi zmianami w brzmieniu z dn. 15 września 2017r. (Dz.U. 2017 poz. 1789) , zgodnie z art. 179 ust. 1 Ustawy z dn. 3 lipca 2018r. – Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1669).

Podjęta problematyka badawcza przez Panią mgr inż. Aleksandrę Zajączkowską stanowi ważny wkład w rozwój dyscypliny nauki rolnictwo i ogrodnictwo.

Popełnione błędy, czy niedociągnięcia nie dyskwalifikują przedłożonej do recenzji



Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 71f
60-625 Poznań
tel. +48 61 848 77 94
e-mail: renata.gaj@up.poznan.pl

pracy doktorskiej. W związku z powyższym, kieruję do Rady Naukowej wniosek o dopuszczenie mgr inż. Aleksandry Zajączkowskiej do dalszych etapów postępowania w przewodzie doktorskim.

Poznań, 27.09.2021

Prof. dr hab. Renata Gaj