

Prof. dr hab. inż. Jacek Antonkiewicz  
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie  
Wydział Rolniczo-Ekonomiczny  
Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej  
PL 31-120 Kraków, Al. Mickiewicza 21,  
Tel.+48 12 662 43 45, Tel/fax +48 12 662 43 41  
e-mail: [jacek.antonkiewicz@urk.edu.pl](mailto:jacek.antonkiewicz@urk.edu.pl)

Kraków, 04.10.2021 r.

## **Recenzja**

### **rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Zajączkowskiej pt. „Wpływ nawożenia pszenicy krzemem na zmniejszenie stresu wywołanego zawartością metali ciężkich w glebie”**

#### **1. Wprowadzenie**

Niniejsza ocena rozprawy doktorskiej została przygotowana w odpowiedzi na pismo Pana prof. dr hab. Janusza Podleśnego zastępcy Przewodniczącego Rady Naukowej IUNG-PIB w Puławach z dnia 21.09.2021 roku wraz z informacją, że zgodnie z uchwałą Rady Naukowej IUNG-PIB w Puławach w dniu 09.09.2021 roku powołano mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej pt. „Wpływ nawożenia pszenicy krzemem na zmniejszenie stresu wywołanego zawartością metali ciężkich w glebie” mgr inż. Aleksandry Zajączkowskiej. Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska została wykonana w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, w Zakładzie Herbologii i Technik Uprawy Roli we Wrocławiu pod kierunkiem promotora prof. dr hab. inż. Jolanty Korzeniowskiej i promotora pomocniczego dr inż. Urszuli Sienkiewicz-Cholewy.

#### **2. Znaczenie podjętej problematyki badawczej**

Krzem jako pierwiastek wykazuje charakter amfoteryczny w środowisku, ma skłonność do tworzenia tlenków i wodorotlenków, które są słabo rozpuszczalne w wodzie, stąd jest mało dostępny dla roślin. Na ogół rozpuszczalność krzemu wzrasta wraz z wartością pH gleby i jest największa w zakresie odczynu alkalicznego, natomiast metale ciężkie w glebie, środowisku odczynu obojętnego, ulegają często immobilizacji i występują w formach mało dostępnych dla roślin. Dlatego rola ‘dostępnego’ krzemu w glebie, może być kluczowa dla roślin uprawnych w łagodzeniu stresu roślin wywołanego nadmiarem metali ciężkich w podłożach. Zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi wynika często z niekontrolowanego

rozwoju przemysłu ciężkiego, stąd należy zanieczyszczone gleby remediować, podczas lub przed rolniczym użytkowaniem. Wiele obszarów zanieczyszczonych metalami ciężkimi zostaje włączone do produkcji pierwotnej, dlatego należy podjąć działania i zabiegi ograniczające oddziaływanie wyżej wymienionych zanieczyszczeń na wielkość i jakość produktów roślinnych.

Podjęta problematyka dotycząca łagodzenia stresu fizjologicznego roślin wydaje się ważnym problemem naukowym, tym bardziej że w literaturze światowej spotkać można rozwiązania z zakresu łagodzenia stresu ryżu uprawianego na glebach zanieczyszczonych metalami ciężkimi, które dostały się w wyniku niekontrolowanego lub świadomego zrzutu ścieków komunalnych i przemysłowych. Rozprawa doktorska mgr inż. Aleksandry Zajączkowskiej pt. „Wpływ nawożenia pszenicy krzemem na zmniejszenie stresu wywołanego zawartością metali ciężkich w glebie” jest ważnym elementem i wkładem w poznanie fizjologicznej roli krzemu w roślinach uprawnych.

Rozprawa doktorska obejmuje również elementy aplikacyjne, badania prowadzone z użyciem materiału glebowego i sposobami aplikacji krzemu. A na podstawie doświadczeń wazonowych będzie można podjąć dalsze kroki zmierzające do ograniczenia lub wyeliminowania toksycznych metali ciężkich, poprzez odpowiednią aplikację krzemu (doglebowo lub nalistnie). W powyższym świetle, bardzo wysoko należy ocenić trafność wyboru tematyki badań, ich realizację oraz uzyskane wyniki przedstawione do oceny niniejszej rozprawy doktorskiej.

### **3. Formalna analiza rozprawy**

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska została przygotowana w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych, zgodnie z art. 13 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65 poz. 595 z późniejszymi zmianami).

Przygotowana dysertacja do recenzji obejmuje następujące rozdziały: 1. Spis publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej; 2. Wstęp; 3. Hipoteza i cel badań; 4. Przegląd literatury; 5. Metodyka badań; 6. Wyniki badań i dyskusja; 7. Wnioski; 8. Podsumowanie; 9. Literatura; 10. Streszczenie polskie i angielskie; 11. Kopie publikacji wchodzących w skład rozprawy; 12. Oświadczenia doktoranta i współautorów dotyczące wkładu w przygotowanie publikacji; 13. Oświadczenia promotora i autora rozprawy doktorskiej.

Oceniana rozprawa doktorska Pani mgr inż. Aleksandry Zajączkowskiej obejmuje 3 publikacje naukowe, zestawione poniżej:

1. 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, [http://www.iung.pl/sir/zeszyt63\\_12.pdf](http://www.iung.pl/sir/zeszyt63_12.pdf)
2. 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. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10110522>
3. Zajączkowska A., Korzeniowska J. 2021. Reakcja pszenicy rosnącej na glebie zanieczyszczonej miedzią na dogłębne nawożenie krzemem. *Progress in Plant Protection*, 61, 1, 31-39. DOI: <http://dx.doi.org/10.14199/ppp-2021-004>

Spójny tematycznie zbiór artykułów naukowych przedstawiony w formie rozprawy doktorskiej obejmuje 3 publikacje, w których Autorka jest na pierwszym miejscu. Łączna suma punktów, za publikacje wchodzące w skład rozprawy doktorskiej, według obowiązujących wykazów czasopism naukowych podawanych przez MNiSW w roku ich wydania, wynosi 160. Kandydatka do stopnia naukowego doktora podjęła się przygotowania rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopiśmie naukowych, będących w wykazach Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego wydanych w 2020 i 2021 roku. Pierwszy artykuł ukazał się w czasopiśmie *Studia i Raporty IUNG-PIB* (wycenianym za 20 pkt.). Drugi artykuł ukazał się w czasopiśmie *Agriculture* (wycenianym za 100 pkt.). Trzeci artykuł ukazał się w czasopiśmie „*Progress in Plant Protection*” (wycenianym za 40 pkt.). Artykuł opublikowany w ‘*Agriculture*’ ukazał się w czasopiśmie indeksowanym w *Journal Citation Reports (JCR)*, które są indeksowane w bazie *Web of Science Core Collection*. W rozprawie doktorskiej zamieszczono streszczenie w języku polskim i angielskim - co jest zgodne z art. 13 pkt 6 ustawy z dnia 14 marca 2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 Nr 65, poz. 595).

#### **4. Merytoryczna analiza pracy**

Przedstawiona do recenzji dysertacja została przygotowana w formie cyklu 3 publikacji naukowych w oparciu o oryginalne wyniki badań, analiz laboratoryjnych przeprowadzonych na próbkach gleb i materiału roślinnego. Materiał badawczy był niezbędny do przeprowadzenia wyводу zgodnego z koncepcją Autorki. Tytuł rozprawy doktorskiej odzwierciedla jej treści merytoryczne zaprezentowane w niniejszej rozprawie.

W rozdziale 2 „Wstęp” Autorka wykazała aktualny stan badań nad wpływem krzemu na łagodzenie stresu oksydacyjnego roślin uprawnych, oraz na podstawie dostępnych baz danych wykazała, że niewiele jest informacji dotyczących aplikacji krzemu do gleby w celu ograniczenia stresu wywołanego nadmierną zawartością metali ciężkich.

W rozdziale 3 „Hipoteza i cel badań” Autorka przedstawiła jasno hipotezę badawczą i główny cel badań, który korespondował z wynikami badań i wnioskami.

W rozdziale 4 „Przegląd literatury” Autorka przedstawiła chemiczną charakterystykę krzemu w środowisku, formy występowania, zawartości, formy pobierania tego pierwiastka przez rośliny. Autorka opisała także mechanizmy pobierania krzemu przez rośliny. W tym rozdziale znajdują się informacje o formach aplikacji krzemu dla roślin, poprzez glebę, nalistne opryski i stosowanie nanocząstek. Zaprezentowano również zmniejszenie szkodliwego wpływu Zn i Cu na skutek aplikacji krzemu zwłaszcza w warunkach doświadczeń hydroponicznych.

W rozdziale 5 „Metody badań” Autorka scharakteryzowała glebę użytą do doświadczeń wazonowych. Dla cynku Autorka przeprowadziła dwa doświadczenia wazonowe, w którym aplikowała oprócz cynku, krzem w formie nalistnej i doglebowej. Natomiast dla Cu Autorka przeprowadziła 4 doświadczenia wazonowe, po 2 w każdym roku, w których stosowano oprócz miedzi, krzem ale tylko w formie doglebowej. Opisano metody badań, właściwości fizykochemiczne gleby oraz podała metodykę poszczególnych oznaczeń właściwości gleby i roślin. W dysertacji dla przyjęcia lub odrzucenia hipotezy badawczej zaprezentowano analizę statystyczną uzyskanych wyników.

W rozdziale 6 „Wyniki badań i dyskusja” w doświadczeniach wazonowych stwierdzono, że dolistna aplikacja Si miała wyraźnie mniejszy wpływ na zawartość Zn w tkankach pszenicy niż aplikacja doglebowa. Ponadto Autorka stwierdziła, że mniejsza dawka doglebowego Si była wystarczająca dla uzyskania odpowiedniej ilości biomasy. Autorka zwróciła także na efekt wpływu siarczanu cynku na wartość pH gleby i pobieranie Zn i Si przez testowaną roślinę. Ponadto aplikacja Si w formie krzemianu sodu przeciwdziałała obniżeniu wartości pH gleby, co może ograniczyć proces pobierania Zn przez rośliny.

W doświadczeniach wazonowych z Cu Autorka wykazała, że doglebowa aplikacja Si ograniczyła również toksyczny wpływ Cu na odmiany pszenicy (ozimej i jarej). Odmiana pszenicy Lindbergh gromadziła Cu poniżej ilości dopuszczalnych, w granicach bezpiecznego poziomu, natomiast odmiana Kandela gromadziła Cu powyżej granicy toksyczności dla młodych roślin pszenicy.

W rozdziale 7 Autorka zaprezentowała wnioski wynikające z przeprowadzonych doświadczeń wazonowych z aplikacją form krzemu nad detoksykacją Zn i Cu w pszenicach.

## 1. Uwagi do dysertacji

Pomimo wielu zalet rozprawy doktorskiej – po jej dokładnym przestudiowaniu – nasunęły mi się pewne uwagi krytyczne, nie obniżająca wartości naukowej, często natury dyskusyjnej, którą przedstawiam poniżej:

W rozdziale 5 „Metody badań zabrakło informacji czy były stosowane certyfikowane materiały odniesienia (CRM) ?, oraz jaki był standardowy materiał referencyjny ? dla Zn i Cu i ewentualnie dla Si ?

Proszę uzasadnić wielkość dawek Zn (600 mg/kg) i Cu (200 mg/kg) zaaplikowanych do gleby jako forma sztucznego zanieczyszczenia.

Proszę podać lub zaproponować optymalne dawki krzemu aplikowane do gleby w przeliczeniu na 1 ha dla uprawianej pszenicy na cele konsumpcyjne.

Proszę o wyjaśnienie różnic w zawartości Cu w glebie po przeprowadzonym doświadczeniu dla dwóch odmian pszenicy. Czy różnice te wynikały z ilości pobrania tego pierwiastka (iloczyn plonu i zawartości), czy też z innych czynników np. glebowych. Czy Autorka dysertacji wyliczała pobranie dla tego pierwiastka, czy było to tylko przypuszczenie ?

W badaniach na przyszłość ? - Dlaczego nie podjęto badań nad wpływem krzemu w łagodzeniu stresu roślin wywołanego zanieczyszczeniem Zn i Cu jednocześnie, ponieważ w naturalnych warunkach bardzo często spotyka się zanieczyszczenie wielopierwiastkowe np. Zn, Cd i Pb, oraz inne kombinacje metalowe. Interesujące byłyby także interakcje pomiędzy pierwiastkami w glebie i roślinie.

Czy dodatek krzemu do gleby może wpłynąć na immobilizację metali ciężkich, w tym Zn i Cu w glebie ? A tym samym wpłynąć na ograniczenie procesu pobierania metali ciężkich przez rośliny ?

Czy znany jest jakiś mechanizm ograniczający toksyczność metali ciężkich w roślinach na skutek oprysku nalistnego związkami krzemu ? Na przykład synteza kompleksów metalowych z krzemem (Me-Si) w mniej aktywnych tkankach roślin ?

W mojej ocenie Kandydatka na stopień naukowy doktora wykazała się dużą znajomością problemu badawczego, czego wyrazem było trafnie postawiona hipoteza badawcza i główny cel badań, ponadto dobre rozpoznanie literatury światowej z zakresu

podjętej problematyki, a także umiejętnością naukowej interpretacji uzyskanych wyników, co świadczy o Jej dojrzałości naukowej.

## **6. Wniosek końcowy**

Biorąc pod uwagę wymogi określone w ustawie z dnia 3 lipca 2018 r. – Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 r., Poz. 1669), a także zakres badań, przyjętą metodologię i zastosowane metody badawcze oraz sposób opracowania i przedstawienia wyników, rozprawę doktorską mgr inż. Aleksandry Zajączkowskiej pt. „Wpływ nawożenia pszenicy krzemem na zmniejszenie stresu wywołanego zawartością metali ciężkich w glebie” uznaję za w pełni spełniającą wymogi stawiane tego typu opracowaniom. Po analizie przedłożonej mi do recenzji rozprawy doktorskiej stwierdzam, że stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz mieści się w dziedzinie „nauk rolniczych”, dyscyplinie „rolnictwo i ogrodnictwo”.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami prawnymi dotyczącymi szczegółowego trybu przeprowadzenia czynności w przewodach doktorskich, składam formalny wniosek do Rady Naukowej IUNG-PIB w Puławach o dopuszczenie mgr inż. Aleksandry Zajączkowskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Prof. dr hab. inż. Jacek Antonkiewicz