

Prof. dr hab. inż. Barbara Symanowicz  
Dyscyplina: *rolnictwo i ogrodnictwo*  
Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach  
Wydział Agrobiotechnologii i Nauk o Zwierzętach  
Instytut Rolnictwa i Ogrodnictwa

### Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Radawiec  
pt.: **„Biofortyfikacja agrotechniczna jako metoda zwiększania zawartości selenu  
w ziarnie pszenicy jarej – *Triticum aestivum* L.”**

#### Podstawa opracowania recenzji

Pismo od Pana dr hab. Łukasza Uzarowicza, prof. SGGW, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (PW.IR.2.2022) z dnia 14 lutego 2022 roku, z informacją o powołaniu mnie na recenzentkę pracy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Radawiec pt.: **„Biofortyfikacja agrotechniczna jako metoda zwiększania zawartości selenu w ziarnie pszenicy jarej – *Triticum aestivum* L.”**.

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr inż. Aleksandry Radawiec, została wykonana pod kierunkiem Pana prof. dr hab. Wiesława Szulca, w Samodzielnym Zakładzie Chemii Rolniczej i Środowiskowej Instytutu Rolnictwa Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy oceny wpływu różnych sposobów biofortyfikacji selenu (donasiennie, doglebowo i dolistnie) na plon pszenicy jarej (*Triticum aestivum* L), zawartość selenu w ziarnie oraz cechy jakościowe ziarna. W pracy dodatkowo weryfikowano hipotezę badawczą dotyczącą wpływu nawożenia selenem na akumulację wybranych mikrośladków.

Selen jako pierwiastek śladowy ma istotne znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania świata roślinnego i zwierzęcego. Naukowe wydawnictwa medyczne wskazują na niedobór selenu w populacjach wielu krajów europejskich, w tym również w Polsce. Niedobory selenu w organizmach ludzkich prowadzą do zmniejszenia ochrony przed stresem oksydacyjnym, do zaburzeń układu immunologicznego, a także zwiększają ryzyko rozwoju chorób nowotworowych i układu krążenia, mogą również zwiększać powikłania po infekcjach wirusowych. Niedobory selenu w żywieniu są też przyczyną zwiększonej zachorowalności na choroby tarczycy i mogą powodować nasilenie zaburzeń psychicznych.

Przedstawione powyżej aspekty dowodzą, że wybór tematyki rozprawy doktorskiej i rośliny testowej był uzasadniony, a problem niezmiernie ważny w skali naszego kraju i całego świata.

Rozprawę doktorską stanowi kompilacja czterech spójnych tematycznie artykułów, opublikowanych w 2021 roku. Manuskrypty zostały wydane w międzynarodowych czasopismach naukowych (Agriculture, Agronomy i Journal of Elementology) o sumarycznym współczynniku Impact Factor wynoszącym 10,708 i sumarycznej liczbie punktów 370. Wszystkie artykuły są oparte na wynikach, które uzyskano po przeprowadzeniu doświadczeń polowych.

- 1) Radawiec A., Szulc W., Rutkowska, B., 2021. Selenium Biofortification of Wheat as a Strategy to Improve Human Nutrition. Agriculture 11(2), 144. IF = 2,925
- 2) Radawiec A., Szulc W., Rutkowska, B., 2021. Agrotechnical Biofortification as a Method to Increase Selenium Content in Spring Wheat. Agronomy 11(3), 541. IF = 3,417
- 3) Radawiec A., Rutkowska B., Tidaback J. A., Gozdowski D., Knapowski T., Szulc W., 2021. The Impact of Selenium Fertilization on the Quality Characteristics of Spring Wheat. Agronomy 11(11), 2100. IF = 3,417
- 4) Radawiec A., Szulc W., Rutkowska, B., 2021. Effect of fertilization with selenium on the content of selected microelements in spring wheat. Journal of Elementology 26(4), 1025-1036. IF = 0,949

W skład rozprawy doktorskiej poza wymienionymi powyżej artykułami wchodzi: spis rycin (5), spis tabel (5), streszczenie w języku polskim oraz angielskim i rozdziały: Wprowadzenie, Cel pracy, Hipotezy badawcze, Przegląd literatury, Materiały i metody, Wyniki badań, Wnioski, Literatura, Załączniki.

Rozprawie towarzyszy pełen zestaw oświadczeń współautorów artykułów składających się na rozprawę. Treści oświadczeń jasno określają, co było udziałem Doktorantki w realizacji badań towarzyszących dysertacji. Z oświadczeń wynika, że mgr inż. Aleksandra Radawiec odgrywała dominującą rolę w przeprowadzeniu części eksperymentalnej opisanych badań, a także uczestniczyła w pełnym przygotowaniu manuskryptów do druku. Należy zaznaczyć, że Doktorantka jest pierwszym Autorem we wszystkich artykułach, co na podstawie oświadczeń współautorów stanowi Jej udział na poziomie 75-80%.

W świetle przedstawionych danych, dobór artykułów naukowych w taki sposób aby tworzyły rozprawę doktorską nie budzi moich zastrzeżeń. Prace stanowiące rozprawę, przed opublikowaniem w wydawnictwach naukowych, podlegały wnikliwym i rygorystycznym recenzjom (peer-review) angażującym specjalistów i edytorów naukowych. Artykuły uzyskały pozytywne opinie. Nie widzę zatem konieczności omawiania strony merytorycznej i edytorskiej tych prac w dalszej części mojej oceny.

Podstawą przedstawionej do oceny rozprawy doktorskiej było przeprowadzone trzyletnie dwuczynnikowe doświadczenie polowe założone w układzie całkowicie losowym na glebie płowej. Selen stosowano w formie selenianu sodu ( $\text{Na}_2\text{SeO}_4$ ), donosiennie, doglebowo i dolistnie. Rośliną

testową była pszenica jara (*Triticum aestivum* L.). W każdym roku badań określano plon ziarna. W ziarnie, mące i otrębach oznaczano zawartość selenu, cynku, żelaza, miedzi i manganu; określono cechy jakościowe ziarna (liczba opadania Hagberga, gęstość ziarna w stanie usypowym, zawartość białka ogólnego, wydajność glutenu mokrego, zawartość skrobi, współczynnik sedymentacji Zeleny'ego).

Zastosowane przez Doktorantkę doświadczalne podejścia do biofortyfikacji selenu są nowatorskie, kompleksowe i atrakcyjne z punktu widzenia wiedzy podstawowej.

W pierwszej z prac (Radawiec i in., 2021 Agriculture 11(2), 144) weryfikowano stosowanie zróżnicowanych dawek i sposobów biofortyfikacji selenu w uprawie pszenicy jarej (*Triticum aestivum* L.). Autorzy stwierdzili, że stosowanie selenu nie miało wpływu na plony ziarna pszenicy jarej. Badania wykazały, że aplikacja dolistna selenu w fazie rozwojowej pszenicy jarej BBCH 30-39, w dawce  $10 \text{ g ha}^{-1}$  Se była skuteczną metodą zwiększania zawartości selenu w ziarnie pszenicy jarej. Wskazano również, że biofortyfikacja jest skutecznym sposobem na zwiększenie wartości odżywczej ziarna pszenicy jarej. Jest to niezwykle ważny aspekt w strategii poprawy jakości żywności. Według Autorów wykorzystanie pszenicy jarej wzbogaconej w selen przyczyni się do zwiększonego spożycia tego składnika przez ludzi i uzupełni jego niedobory w diecie.

W drugiej z prac składających się na dysertację (Radawiec i in., 2021 Agronomy 11(3), 541) badano jak agrotechniczna biofortyfikacja wpływa na zwiększenie zawartości selenu w pszenicy jarej. Badania wykazały, że kumulacja selenu w pszenicy jarej zależała od sposobu nawożenia i terminu jego stosowania. Najlepszą metodą wprowadzenia selenu do rośliny okazała aplikacja donasiennogłębowa połączona z aplikacją dolistną ((G+S+F1-2).

W trzecim manuskrypcie (Radawiec i in., 2021 Agronomy 11(11), 2100) określono wpływ nawożenia selenem na charakterystykę jakościową ziarna pszenicy jarej (*Triticum aestivum* L.). Wykazano, że nawożenie selenem poprawia zawartość białka ogólnego w ziarnie i liczbę opadania Hagberga. Może to przyczynić się do zwiększenia technologicznej jakości ziarna i jego wartości odżywczej.

W czwartej pracy (Radawiec i in., 2021 Journal of Elementology 26(4), 1025-1936) wykazano, że nawożenie selenem nie wpłynęło na zwiększenie zawartości cynku, żelaza, miedzi i manganu w ziarnie pszenicy jarej. Autorzy wskazali, że wybrane techniki biofortyfikacji selenu (G+S+F1-2, S+F1-2 i S+F2) były najbardziej skuteczne. Stwierdzono, że zawartość oznaczanych mikroskładników w ziarnie kształtowała się na neutralnym poziomie.

Analizując dysertację Pani mgr inż. Aleksandry Radawiec 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:

- 1) Jakie przesłanki zdecydowały o wyborze formy jarej pszenicy jako rośliny testowej?

- 2) Czy mając dzisiejszą wiedzę i doświadczenie, Doktorantka zdecydowałaby się na wybór takich samych sposobów biofortyfikacji selenu dla innych roślin uprawnych?
- 3) W jakich proporcjach stosowano mieszaninę  $\text{HNO}_3$  i  $\text{HClO}_4$  do mineralizacji?

Uwagi techniczne i edytorskie:

Strona 14 – powinno być: nawożenie selenem nie wpływa na akumulację wybranych mikrośladników.

Strona 15 – powinno być: Sharma i in. 2015.

Strona 22 tabela 2 – w tabeli 2 przedstawiono właściwości chemiczne gleby. Należy więc zmienić tytuł tabeli, a może właściwości agrochemiczne?

Strona 27 – Rozdział 4, tytuł należy zapisać: Wyniki badań i dyskusja.

Strona 28 – rycina 3, strona 29 – rycina 4, strona 34 – rycina 5, brakuje jednostek na wykresach i przy tytułach.

Strona 31 – tabela 4, nie podano jednostek dotyczących zawartości mikrośladników. Tytuł tabeli 4 należy poprawić, ponieważ Zn, Cu, Mn i Fe to mikrośladniki, a nie pierwiastki śladowe. Pod tabelą 4 i 5 należy zamieścić objaśnienia dotyczące znaków i liter zamieszczonych wewnątrz tabel.

Strona 40 – Wnioski. Należy zmienić pierwiastki śladowe na mikrośladniki.

Strona 41 i 44 – pozycje literatury 7 i 38 nie są cytowane w tekście opracowania.

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 jednostce naukowej o dużym doświadczeniu i uznaniu, zarówno w Polsce jak i na świecie w zakresie chemii rolniczej i środowiskowej. Z analizy przeglądu literatury, treści artykułów naukowych, obszerności zebranego materiału dokumentacyjnego, dużego wkładu pracy analitycznej wynika, że Autorka włożyła bardzo dużo pracy w powstanie manuskryptów stanowiących rozprawę doktorską. Uzyskane wyniki mają duże znaczenie w aspekcie możliwości wykorzystania selenu w nawożeniu pszenicy jarej. Wnoszą nowe i ważne treści do ogólnej wiedzy na temat biofortyfikacji agrotechnicznej jako metody zwiększania zawartości selenu w ziarnie pszenicy jarej (*Triticum aestivum* L.). Są istotnym rozwiązaniem problemu niedoboru selenu, nie tylko w Polsce, ale również w skali globalnej.

#### **Wniosek końcowy**

Przedstawiona powyżej recenzja rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Aleksandry Radawiec pt.: **„Biofortyfikacja agrotechniczna jako metoda zwiększania zawartości selenu w ziarnie pszenicy jarej – *Triticum aestivum* L.”** 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 dyscypliny *rolnictwo i ogrodnictwo*, pogłębiają i rozszerzają dotychczasową wiedzę dotyczącą mineralnego nawożenia zbóż ozimych o stosowanie także selenu, wnoszą bezpośrednie wskazania dla praktyki rolniczej.

Rozprawę doktorską mgr inż. Aleksandry Radawiec oceniam jednoznacznie pozytywnie i uznaję ją - zgodnie z Ustawą z dnia 14.03.2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2003 r. Nr 65 poz. 595 z późn. zm.) za oryginalne rozwiązanie problemu badawczego w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo.

Wnioskuję do Wysockiej Rady Dyscypliny Rolnictwo i Ogródnictwo Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie o dopuszczenie Pani mgr inż. Aleksandry Radawiec do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny Rolnictwo i Ogródnictwo o wyróżnienie jej stosowną nagrodą.

Uzasadnienie:

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska prezentuje wysoki poziom merytoryczny, dużą wartość poznawczą, innowacyjność, nowoczesne metody zastosowane w analizach chemicznych. Rozprawa doktorska została opublikowana w renomowanych i uznanych wydawnictwach naukowych. Wykonane badania, analizy chemiczne gleby i roślin dają możliwość wykorzystania uzyskanych wyników w praktyce rolniczej.

Siedlce, 03.03.2022 rok



prof. dr hab. inż. Barbara Symanowicz