

**Recenzja**  
**pracy doktorskiej Pani mgr inż. Alicji Siudy**

pt. „WPŁYW APLIKACJI DOLISTNEJ KRZEMU NA PLON I JAKOŚĆ  
TECHNOLOGICZNĄ KORZENI BURAKA CUKROWEGO”

Recenzję wykonano na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie prof. dr hab. Łukasza Uzarowicza na podstawie uchwały z dnia 05 maja 2022 roku.

Praca doktorska została przygotowana na Wydziale Rolnictwa i Biologii pod kierunkiem dr hab. Arkadiusza Artyszaka prof. SGGW w Warszawie.

Zagadnienie występowania oraz roli krzemu jest ważnym i interesującym tematem w biogeochemii pierwiastków śladowych. Krzem (Si) jest pierwiastkiem powszechnie występującym w przyrodzie, a ze względu na swoje właściwości znajduje szerokie zastosowanie w licznych dziedzinach życia, m.in. w przemyśle, budownictwie i w medycynie. Właściwości krzemu zdecydowały również o możliwości wykorzystania tego pierwiastka w rolnictwie, a zwłaszcza w polowej uprawie roślin rolniczych. Dla roślin głównym źródłem krzemu jest gleba, z której rocznie w skali globu rośliny uprawne pobierają około 210 – 224

mln ton, wbudowując go w swoje tkanki i organy. Koncentracja krzemu w roślinach jest wyraźnie zróżnicowana w zależności od gatunku oraz części roślin i może wahać się od 0,1 do 10%. Zdaniem fizjologów krzem, pomimo braku pełnej wiedzy o jego oddziaływaniu na procesy życiowe roślin, jest on pierwiastkiem niezbędnym dla ich wzrostu i rozwoju. Szczególnie ważną rolę odgrywa krzem w gospodarce wodnej roślin oraz w ograniczaniu i łagodzeniu ujemnych skutków czynników stresowych podczas wegetacji. W celu wzbogacenia wiedzy o wpływie krzemu na rośliny uprawne podjęto interesujące i ważne, zarówno z poznawczego jak i utylitarnego punktu widzenia, badania ukierunkowane na buraka cukrowego, który zaliczany jest do gatunków roślin o najwyższych wymaganiach środowiskowych.

### **Ocena formalna pracy**

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska pt. „Wpływ aplikacji dolistnej krzemu na plonowanie i jakość technologiczną buraka cukrowego” składa się z dziesięciu, łącznie ze spisem literatury oraz wykazem rysunków i tabel, logicznie ułożonych rozdziałów. Struktura pracy i sekwencja rozdziałów są poprawne i typowe dla prac przyrodniczych o charakterze eksperymentalnym. Po wstępie, dobrze wprowadzającym w problematykę zagadnienia, Pani Doktorantka dokonuje wnikliwego przeglądu literatury przedmiotu, na bazie którego wytycza cel i nakreśla założenia badań. W dalszej części omawia warunki, metodykę i zakres eksperymentów polowych oraz badań laboratoryjnych, a w kolejnym rozdziale zamieszcza otrzymane i opracowane statystycznie, wieloletnie wyniki badań. Uzyskane rezultaty badań własnych, zgodnie z chronologią ich prezentowania i omawiania w poprzednim rozdziale, w części zatytułowanej dyskusja konfrontuje z opublikowanymi badaniami innych autorów. Finalną częścią pracy jest weryfikacja uzyskanych wyników z założonymi hipotezami roboczymi i sformułowane konkluzje. Maszynopis zawiera 162 strony łącznie ze spisem literatury oraz zestawieniem rysunków i tabel.

### **Ocena merytoryczna rozprawy**

We **Wstępie** (str.9) Autorka omawia rolę krzemu w przyrodzie, podkreślając jego oddziaływanie na plonowanie roślin uprawnych. Wskazuje również na zasadność prowadzenia dalszych badań nad tym zagadnieniem. W kolejnym rozdziale zatytułowanym **Przegląd literatury** (str.10-26), Pani Doktorantka szeroko i wnikliwie omawia publikacje tematyczne bazując na 252 pozycjach, w dominującej liczbie międzynarodowych. W

rozdziale tym Autorka wyodrębnia pięć podrozdziałów, opisując w jednym z nich występowanie krzemu w glebie, a w kolejnym rolę krzemu w roślinach. W rozdziale dotyczącym roślin podkreśla zróżnicowanie gatunków roślin pod względem pobierania i akumulacji krzemu oraz jego oddziaływanie na procesy fizjologiczne. Szczególnie szeroko w wyodrębnionych podrozdziałach opisuje rolę krzemu w ograniczaniu negatywnych wpływów stresowych warunków wegetacji powodowanych przez czynniki abiotyczne i biotyczne. Spośród czynników abiotycznych Autorka koncentruje się przede wszystkim na problemie niedoborów opadów i występowaniu suszy. Nie pomija również wpływu krzemu w ograniczaniu stresów biotycznych, podkreślając rolę tego pierwiastka w redukcji negatywnych skutków infekcji wywołanych przez patogeny wirusowe, bakteryjne i grzybowe oraz żerowania szkodników. Przegląd literatury przedmiotu świadczy o szerokiej i gruntownej znajomości analizowanego zagadnienia i zasługuje na wyróżnienie. Bazując na obszernej literaturze Autorka rozprawy w kolejnym rozdziale sformułowała **Cel badań i hipotezy badawcze** (str.34). Badania ukierunkowała na oddziaływanie produktów zawierających krzem na zmiany wybranych parametrów fizjologicznych roślin i skład chemiczny liści, oraz plonowanie i jakość technologiczną korzeni, a w konsekwencji na efekt ekonomiczny stosowania ocenianych preparatów w produkcji buraka cukrowego. W założeniach hipotez badawczych ujęła także poszukiwanie optymalnego terminu ich stosowania.

W rozdziale pt. **Materiał i metody** (str.35-49) Autorka opisała warunki glebowe i klimatyczne eksperymentów polowych przeprowadzonych w latach 2017–2019. W opisie warunków glebowych zamieściła definicję gleby i jej skład granulometryczny, wartość pH, zawartość substancji organicznej oraz zasobność gleby w makro i mikroelementy. Opis warunków glebowych wskazuje na poprawny wybór stanowiska i rodzaju gleby do prowadzenia badań nad burakiem cukrowym. W omawianym rozdziale zamieściła także czynniki klimatyczne, bazując na sumie opadów i średnich temperaturach oraz liczbie godzin usłonecznienia dla poszczególnych miesięcy wegetacji. W celu wykazania zależności między czynnikiem termicznym i ilością opadów wyliczyła współczynnik Selianinowa, za pomocą którego wykazała występowanie okresów z niewystarczającą ilością opadów. W rozdziale tym zamieściła również bardzo starannie przygotowaną agrotechnikę zastosowaną w uprawie buraka cukrowego. Integralną częścią rozdziału pt. materiał i metody jest metodyka założenia i przeprowadzenia eksperymentów polowych i badań laboratoryjnych. Doświadczenia polowe przeprowadzono metodą losowanych bloków analizując cztery produkty zawierające krzem, a mianowicie Agriker Silicium (w formie krzemianu potasu), Optysil (w formie krzemianu

sodu), SmartSil S.C. (w formie krzemianu sodu) i YaraVita Actisil, (w formie kwasu ortokrzemowego, które aplikowano w trzech terminach, w odstępach tygodniowych, rozpoczynając od fazy BBCH 16. Wpływ zastosowanych preparatów analizowano na podstawie parametrów fizjologicznych: wskaźnika powierzchni asymilacyjnej liści (LAI), wskaźnika fotosyntetycznie aktywnej radiacji (PAR) i znormalizowanego zróżnicowanego współczynnika wegetacji (NDVI). Ponadto, w liściach czterokrotnie analizowano zawartość mineralnych makro i mikro elementów. Podczas zbioru określano również obsadę roślin, plon korzeni i liści, na podstawie których wyliczono współczynniki plonowania i ulistnienia, a także w korzeniach zawartość cukru i melasotworów - N  $\alpha$ -aminowego oraz kationów potasu i sodu. Wyliczono również standardowe straty melasy, zawartość cukru oczyszczonego i straty wydajności cukru a na podstawie tych analiz określono plon biologiczny i technologiczny cukru. W metodyce badań podano także sposób wyliczenia opłacalności ekonomicznej. W rozdziale materiał i metody podano również zasady opracowania wyników wykorzystując w tym celu program Statistica 13. W ramach opracowania statystycznego wykonano analizę wariancji, a dla porównania średnich zastosowano test Tukey'a. Ponadto wyznaczono wartości minimalne, maksymalne, odchylenie standardowe i współczynnik zmienności. Ocenę współzależności między badanymi cechami wykonano na podstawie wartości współczynników korelacji prostej Pearsona. Istotność współzależności oceniono przy  $P \leq 0,05$  oraz  $P \leq 0,01$ . Ten rozdział rozprawy doktorskiej świadczy o szerokiej i wnikliwej znajomości warsztatu badawczego.

Najobszerniejszą częścią pracy jest rozdział **Wyniki badań** (str. 50 – 117) zawierający oryginalny materiał dowodowy w postaci licznych rysunków i tabel. W rozdziale tym Pani Doktorantka omawia wpływ zastosowanych preparatów zawierających krzem, aplikowanych w trzech terminach, na wszystkie cechy i parametry wyszczególnione w metodyce badań. Analizując omawiane cechy i parametry Autorka omówiła ich zmienność pod wpływem oddziaływania warunków wegetacji w latach badań, oraz czynników badawczych i wzajemnej interakcji. Na podkreślenie zasługuje wykazanie udowodnionego statystycznie oddziaływania dolistnej aplikacji preparatami zawierającymi krzem stosowanymi w różnych terminach na parametry fizjologiczne: wskaźnik powierzchni liści (LAI), absorpcję fotosyntetycznie aktywnej radiacji (PAR), znormalizowany różnicowy wskaźnik wegetacji (NDVI) oraz skład chemiczny liści. Stwierdzone zmiany wartości ocenianych parametrów fizjologicznych i składu chemicznego liści pod wpływem zastosowanych produktów zawierających krzem

stosowanych w różnych terminach zostały uzewnętrznione w poziomie plonowania oraz w wydajności cukru i opłacalności stosowania dolistnej aplikacji.

W rozdziale **Dyskusja** (str.123 – 132) Pani Doktorantka, zgodnie z chronologią omawiania wyników w poprzednim rozdziale, porównuje wyniki własne z literaturą. Poprawnie wskazuje na różnice bądź podkreśla zbieżny kierunek oddziaływania krzemu aplikowanego w innych produktach i formach chemicznych oraz w innych warunkach wegetacji. Rozdział dyskusja potwierdza wnikliwą znajomość przez Doktorantkę literatury i wskazuje na umiejętność analitycznego porównywania wyników własnych z badaniami innych autorów, czego potwierdzeniem jest zwrócenie uwagi na różnice w poziomach zawartości krzemu wynikające z różnic metodycznych jego oznaczania. Rozdział dyskusja jest kolejną częścią pracy świadcząca o znajomości zagadnienia i opanowaniu warsztatu.

Zwieńczeniem pracy jest **rozdział 7 pt. Weryfikacja hipotez roboczych i wnioski** (str.134 – 137). W weryfikacji wyników z hipotezami badawczymi założonymi przed rozpoczęciem badań Autorka stwierdza, że dokarmianie dolistne buraka cukrowego preparatami zawierającymi krzem modyfikuje parametry fizjologiczne wyrażone współczynnikami LAI, PAR, NDVI oraz skład chemiczny liści, a ponadto kształtuje plon korzeni oraz biologiczny i technologiczny plon cukru. Wyniki wskazują również, że oprócz aplikacji krzemu w różnych formach i różnych produktach, ważny jest także termin ich stosowania, a połączenie obu tych czynników wpływa na wartość produkcji brutto i netto oraz opłacalność ekonomiczną. Wyniki pracy nie potwierdziły natomiast wpływu analizowanych czynników na jakość technologiczną korzeni.

We wnioskach sformułowanych na podstawie wieloletnich badań Autorka podjęła próbę wskazania najkorzystniejszych spośród porównywanych czterech produktów zawierających różne formy krzemu, w połączeniu z terminem ich aplikacji na wszystkie analizowane parametry.

### **Uwagi i wątpliwości**

Podczas czytania pracy nasunęły mi się spostrzeżenia i uwagi, w niczym nie obniżające poziomu jej wartości, ale korzystając z przywileju recenzenta bardzo Panią Doktorantkę proszę o ich wyjaśnienie.

- Proszę zatem o uzasadnienie stosowania określenia *produkt* a nie *preparat* bądź *nawóz* lub *mieszanina*. Jakie jest Pani zdanie na stosowanie nazwy handlowej a nie formy chemicznej pierwiastka bądź podawania składu chemicznego preparatów.

- Czy wprowadzenie, oczywiście przed rozpoczęciem badań, obiektu kontrolnego nie zawierającego krzemu, nie byłoby korzystniejsze dla porównania analizowanych czynników, omówienia wyników i wnioskowania?
- Na str.38 w opisie warunków klimatycznych określa Pani jako stosunkowo duże wymagania cieplne buraka cukrowego a zasięg uprawy tego gatunku obejmuje przede wszystkim strefę klimatu umiarkowanego.
- Zastosowane produkty (preparaty) różniły się składem chemicznym (zawartością K, Mg, Fe i Ca) oraz formą krzemu i jego stężeniem, a ponadto zastosowane były w różnych dawkach a mianowicie preparaty Agriker Silicium, Optysil, YaraVita Actisil stosowano w dawkach 0,5 dm ha<sup>-1</sup>, a produkt SmartSil S.C. 1 dm ha<sup>-1</sup> dostarczając roślinom różne ilości krzemu. Proszę o uzasadnienie wyboru zastosowanych produktów.
- Przy prezentacji w tabelach można było zrezygnować z zamieszczania identycznych wyjaśnień pod licznymi tabelami, odwołując się do pierwszej w której je zastosowano.
- Dlaczego we wnioskach pominięto wpływ warunków wegetacji w latach badań.
- We wniosku 8 podkreślony jest wpływ terminu aplikacji na jakość technologiczną korzeni - zawartość cukru oraz kationów potasu i sodu czego nie stwierdza Autorka w weryfikacji hipotez roboczych.
- Przy przygotowaniu rozprawy do publikacji sugeruję doprecyzowanie językowe i zastąpienie określeń typu *wpływ lat badań* wyrażeniami *warunki wegetacji w latach*. Ponadto zalecam ograniczenie stosowania nieprecyzyjnych określeń jak na przykład *niektóre parametry, niektóre terminy, niektóre preparaty* (wniosek 2).

### **Podsumowanie i ocena pracy**

W podsumowaniu podkreślam wagę podjętej przez Doktorantkę problematyki badawczej i ukierunkowanie badań nad tym zagadnieniem. Do realizacji wytyczonych przez Autorkę celów przeprowadzono wieloletnie i wielowątkowe badania polowe oraz laboratoryjne materiału roślinnego, starannie opracowano wyniki, a także poprawnie je zinterpretowano. Na każdym z etapów realizacji doktoratu Pani mgr Alicja Siuda wykazała wysoki profesjonalizm przejawiający się w gruntownej znajomości zagadnienia i warsztatu metodycznego, umiejętności opracowania wyników i ich poprawnej interpretacji. Uzyskane wyniki eksperymentów polowych i analiz laboratoryjnych są niezaprzeczalnym osiągnięciem naukowym Autorki, a zarazem cennym źródłem oryginalnej wiedzy. Przedłożona do oceny rozprawa doktorska wnosi znaczący wkład w pogłębianie nauki rolniczej, a także jest cennym źródłem wiedzy praktycznej. Dlatego też wnioskuję do Wysokiej Rady Dyscypliny Rolnictwo

i Ogrodnictwo Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie o wyróżnienie niniejszej rozprawy.

#### **Wniosek końcowy**

Reasumując stwierdzam, że przedłożona do oceny rozprawa doktorska Pani mgr inż. Alicji Siudy pt. „Wpływ aplikacji dolistnej krzemu na plon i jakość technologiczną korzeni buraka cukrowego” w pełni odpowiada wymogom stawianym rozprawom doktorskim określonym w art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14. marca 2003 r. (z późniejszymi zmianami) o stopniach i tytule naukowym oraz stopniach i tytule z zakresu sztuki (tekst jednolity Dz. U. z 2017 roku poz. 1789) i w związku z art. 179 ustawy z dnia 3 lipca 2018 roku - przepisy wprowadzające ustawę prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 roku poz. 1669) - może stanowić podstawę do nadania stopnia doktora nauk rolniczych.

Dlatego też wnioskuję o dopuszczenie Pani mgr Alicji Siudy do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

