

dr hab. inż. Roman Waławowicz, prof. nadzw.
Instytut Agroekologii i Produkcji Roślinnej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Wrocław, 31.01.2025 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Wojciecha Pilarskiego, pt.:

„Wpływ gęstości siewu i nawożenia na cechy morfologiczne roślin, plon nasion i właściwości chemiczne komosy ryżowej (*Chenopodium quinoa* Willd)”

wykonanej pod kierunkiem:

Promotora: dr. hab. inż. Krzysztofa Gęsińskiego, prof. PBŚ

Promotora pomocniczego: dr hab. inż. Małgorzaty Tańskiej, prof. UWM

Recenzję przygotowano na zlecenie Pani dr hab. inż. Anny Baturo-Cieśniewskiej, prof. PBŚ, Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich z dnia 13.11.2024 roku (1/RNCS.520.17.2024).

1. Ocena zasadności przeprowadzonych badań

Struktura zasiewów roślin rolniczych w Polsce jest niekorzystna, co wynika przede wszystkim z dominacji zbóż w płodozmianie. Od wielu lat stanowią one główny element upraw, co prowadzi do szeregu negatywnych konsekwencji. Nadmierna przewaga zbóż sprzyja występowaniu zagrożeń fitosanitarnych. Pogorszeniu ulegają także właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleb, co w dłuższej perspektywie skutkuje obniżeniem jej żyzności i ograniczeniem potencjału plonotwórczego roślin. Jednym ze sposobów przeciwdziałania tym negatywnym skutkom jest zwiększenie bioróżnorodności w płodozmianie poprzez wprowadzanie do uprawy większej liczby gatunków roślin należących do różnych grup botanicznych. Jedną z alternatywnych roślin, które mogą pełnić tę rolę, jest komosa ryżowa.

W przedłożonej rozprawie doktorskiej mgr inż. Wojciech Pilarski ocenił możliwość uprawy tej rośliny w umiarkowanym klimacie Polski. Szczególną uwagę poświęcił kluczowym zabiegom agrotechnicznym, takim jak gęstość siewu oraz nawożenie mineralne, podejmując próbę optymalizacji technologii uprawy i uzyskania wysokiego plonu zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym. Autor, wskazując na podobieństwo nasion komosy ryżowej do

ziarna zbóż, zwraca uwagę na brak białek glutenowych, co czyni tę roślinę cennym surowcem dla przemysłu piekarniczego, zwłaszcza w produkcji wyrobów bezglutenowych.

Przedstawione w rozprawie wyniki badań stanowią istotne i wieloaspektowe opracowanie dotyczące uprawy komosy ryżowej. Mają one zarówno znaczenie poznawcze, jak i aplikacyjne. Praca wnosi istotny wkład w poszerzenie wiedzy z zakresu rolnictwa, a podjęta tematyka jest aktualna i wpisuje się w globalny trend zwiększania bioróżnorodności w środowisku przyrodniczym.

Korzyścią wynikającą z uprawy komosy ryżowej jest jej podwyższona w stosunku do zbóż zawartość białka o dobrze zbilansowanym profilu aminokwasowym. Nasiona tej rośliny zawierają również znaczne ilości lipidów o korzystnym profilu kwasów tłuszczowych oraz są bogate w witaminy z grupy B, E, C, kwas foliowy i fitozwiązki o właściwościach prozdrowotnych. Mgr inż. Wojciech Pilarski wykazał, że skład chemiczny nasion komosy ryżowej zależy od stosowanej agrotechniki. W literaturze naukowej można znaleźć badania nad wpływem gęstości wysiewu i nawożenia na ilość i jakość fitozwiązków, jednak dotychczas były one prowadzone głównie poza Europą. Brakuje natomiast doniesień dotyczących tego zagadnienia w warunkach europejskich, gdzie warunki glebowe i klimatyczne są odmienne. Autor podjął udaną próbę wyjaśnienia wpływu gęstości siewu oraz poziomu nawożenia mineralnego na wzrost, rozwój i plonowanie komosy ryżowej, zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym.

Podsumowując, wysoko oceniam trafność wyboru tematyki badawczej podjętej przez mgr inż. Wojciecha Pilarskiego. W przedłożonej rozprawie doktorskiej omówiono istotne zagadnienia zarówno z naukowego, jak i praktycznego punktu widzenia, które mogą przyczynić się do popularyzacji uprawy komosy ryżowej w Polsce. Opracowanie agrotechniki tej rośliny w warunkach klimatu umiarkowanego stwarza możliwość uzyskania surowca o pożądanych parametrach technologicznych.

2. Struktura pracy i ocena formalna

Rozprawa doktorska liczy łącznie 147 stron i składa się z siedmiu głównych rozdziałów: Wstęp, Charakterystyka komosy ryżowej, Metodyka badań, Wyniki, Dyskusja wyników, Wnioski oraz Bibliografia. Dodatkowo w pracy wydzielono streszczenie w języku polskim i angielskim. Pierwsze cztery rozdziały zawierają podrozdziały pierwszego i drugiego rzędu, co nadaje opracowaniu logiczną i czytelną strukturę oraz świadczy o dobrym opanowaniu przez Doktoranta umiejętności pisania prac naukowych. Dysertacja zawiera 30 rysunków i 25 tabel, które ilustrują warunki oraz wyniki przeprowadzonych badań. Bibliografia obejmuje 212 pozycji literatury fachowej, starannie dobranej do tematyki pracy. Układ rozprawy jest przejrzysty, a kolejność rozdziałów poprawna i zgodna z typowymi standardami opracowań naukowych.

3. Merytoryczna ocena pracy

Tytuł pracy – „Wpływ gęstości siewu i nawożenia na cechy morfologiczne roślin, plon nasion i właściwości chemiczne komosy ryżowej (*Chenopodium quinoa* Willd)” – trafnie odzwierciedla istotę i zakres przeprowadzonych badań.

Wstęp – Rozdział ten wprowadza czytelnika w zagadnienia poruszane w dysertacji. Autor, wskazując na niekorzystną strukturę zasiewów, a przede wszystkim na liczne monokultury zbożowe ograniczające bioróżnorodność w środowisku rolniczym, proponuje zwiększenie liczby uprawianych gatunków m.in. o komosę ryżową. W tej części pracy Doktorant zwraca uwagę na liczne zalety tego pseudozboża, szczególnie na brak białek glutenowych oraz korzystny pod względem żywieniowym skład chemiczny nasion. Podkreśla również potrzebę opracowania agrotechniki uprawy komosy ryżowej, ze szczególnym uwzględnieniem nawożenia i optymalnej obsady roślin.

Ta część pracy zakończona jest określeniem **celu pracy** oraz wyartykułowaną **hipotezą badawczą**, co ułatwia sporządzenie wniosków końcowych zawartych w dysertacji. W celach pracy zabrakło jednak odniesienia do wpływu badanych czynników na plon nasion. W hipotezie i celach badawczych brakuje również uwzględnienia warunków pogodowych, które w dużej mierze decydują o stabilności plonowania oraz składzie chemicznym nasion. Zagadnienia te zostały natomiast mocno zaakcentowane w opisie wyników oraz we wnioskach.

W pracy nie wyróżniono rozdziału o nazwie „**Przegląd piśmiennictwa**” – zamiast tego znajduje się rozdział **Charakterystyka komosy ryżowej**, który liczy 12 stron znormalizowanego tekstu. Treści w nim zawarte nawiązują do tematyki badań własnych, co oznacza, że spełnione zostały metodologiczne założenia pracy naukowej. Ta część dysertacji świadczy o syntetycznym i dobrym rozpoznaniu tematu. Informacje przedstawione w rozdziale wynikają z dogłębnie przeprowadzonego studium literaturowego, a liczne i poprawnie cytowane źródła potwierdzają rzetelność analizy. Rozdział ten zapoznaje czytelnika z tematyką podjętych badań. Autor przedstawił historię uprawy komosy ryżowej na świecie, omówił jej zdolność do adaptacji w różnych warunkach klimatycznych i glebowych oraz zwrócił uwagę na rosnące zainteresowanie tą rośliną w Europie. Doktorant opisał morfologię i wymagania siedliskowe badanej rośliny, wskazując na jej niewielkie wymagania glebowe oraz dobrą adaptację do ekstremalnych warunków pogodowych, szczególnie suszy.

Znaczną część tego rozdziału zajmuje analiza agrotechniki uprawy komosy ryżowej. Autor skupił się na warunkach wysiewu nasion, roli nawożenia mineralnego, szczególnie azotem, oraz zagrożeniach fitosanitarnych. Moim zdaniem, w tej części pracy Autor powinien poświęcić nieco więcej uwagi analizie wpływu obsady roślin (wynikającej m.in. z gęstości

siewu), na wzrost i rozwój roślin, ponieważ jest to jeden z kluczowych czynników uwzględnionych w badaniach. W tej części pracy, na podstawie licznej literatury, Autor szczegółowo scharakteryzował skład chemiczny nasion, szczególną uwagę zwracając na zawartość kwasów tłuszczowych, fitosteroli, skwalenu, tokoli, karotenoidów i związków fenolowych.

Metodyka badań – Zgromadzony materiał badawczy umożliwił Doktorantowi prawidłowe zaplanowanie i realizację doświadczenia oraz przeprowadzenie szczegółowych analiz. Rozdział ten zawiera 24 podrozdziały pierwszego i drugiego rzędu, co ułatwia poruszanie się po pracy i pozwala na dokładną analizę zastosowanych metod oraz zebranego materiału. Badania oparte były na doświadczeniu polowym przeprowadzonym w Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian w Chrzastowie, realizowanym przez trzy sezony wegetacyjne, w latach 2020–2022. Dwuczynnikowy eksperyment założono w układzie split-plot w trzech powtórzeniach. W doświadczeniu uprawiano komosę ryżową odmiany Titicaca, wyhodowaną w Danii.

W doświadczeniu polowym uwzględniono 2 czynniki:

1. Poziom nawożenia:

- N0 – kontrola (bez stosowania nawozów NPK i siarki)
- N1 – 60 kg·ha⁻¹ N, 21 kg·ha⁻¹ P, 60 kg·ha⁻¹ K, 40 kg·ha⁻¹ S
- N2 – 120 kg·ha⁻¹ N, 42 kg·ha⁻¹ P, 120 kg·ha⁻¹ K, 40 kg·ha⁻¹ S
- N3 – 180 kg·ha⁻¹ N, 63 kg·ha⁻¹ P, 180 kg·ha⁻¹ K, 40 kg·ha⁻¹ S

2. Gęstość siewu:

- G1 – 0,5 g·m⁻²
- G2 – 0,9 g·m⁻²
- G3 – 1,3 g·m⁻²

W opisie doświadczenia Pan mgr inż. Wojciech Pilarski szczegółowo scharakteryzował warunki prowadzenia badań, w tym warunki pogodowe podczas realizacji doświadczenia. Dokonał tego na podstawie sum miesięcznych opadów oraz średniej miesięcznej temperatury powietrza, określonych na podstawie danych ze stacji meteorologicznej w Chrzastowie. Dodatkowo, w celu dokładniejszego zobrazowania warunków klimatycznych, obliczył współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa. Na szczególną uwagę zasługuje szeroki zakres badań zaproponowany przez Autora, który koresponduje z założeniami postawionymi w pracy. Problematyka badawcza obejmowała m.in. obserwacje faz rozwojowych komosy ryżowej, ocenę wschodów, określenie obsady, pomiar cech morfologicznych oraz oszacowanie plonu nasion. Ponadto, Doktorant oznaczył cechy morfologiczne i fizyczne badanej rośliny, takie jak MTN, cechy geometryczne oraz barwę nasion. Dodatkowo przeprowadzono analizę składu

chemicznego nasion komosy ryżowej oraz ocenę potencjału przeciwutleniającego tych nasion. Na szczególną uwagę zasługuje szczegółowy opis zastosowanej metodologii, co świadczy o dużej dojrzałości naukowej autora.

Wyniki badań zostały poddane analizie statystycznej. Do testowania hipotezy zerowej H_0 zastosowano analizę wariancji (ANOVA). Istotność różnic oceniano testem Tukeya, który posłużył do wyznaczenia grup jednorodnych w analizie post-hoc. Dodatkowo przeprowadzono analizę kanoniczną (CCA) w celu określenia zależności między zmiennymi oraz zastosowano współczynnik korelacji Pearsona do oceny siły i kierunku zależności pomiędzy wybranymi parametrami.

Wyniki badań – Ta część pracy jest szczególnie rozbudowana, co znajduje uzasadnienie w liczbie prezentowanych wyników. Składa się ona z 7 podrozdziałów pierwszego rzędu oraz 23 drugiego rzędu, które zostały uporządkowane w logicznej kolejności. W pierwszym z nich Autor omówił wschody roślin, które oceniono przy użyciu 9-stopniowej skali. Czy przed przeprowadzeniem analizy wariancji dokonano transformacji wyników? W kolejnych podrozdziałach, które są zarówno poznawczo, jak i praktycznie interesujące, Doktorant ocenił wpływ nawożenia, gęstości siewu, roku badań oraz interakcji między efektami głównymi na obsadę, cechy morfologiczne i plonowanie roślin. Doktorant wykazał, że warunki meteorologiczne w istotny sposób modyfikowały cechy morfologiczne oraz plon nasion. Istotny wpływ na te parametry miało również nawożenie mineralne oraz gęstość wysiewu. W piątym podrozdziale mgr inż. Wojciech Pilarski scharakteryzował cechy morfologiczne i fizyczne nasion. Stwierdził, że badane elementy agrotechniki nie kształtują właściwości geometrycznych nasion, ale mają wpływ na ich barwę. Ciekawą i szczegółową analizę składu i właściwości chemicznych nasion zaprezentował Doktorant w szóstym podrozdziale. Autor udowodnił, że zwiększone opady w czasie wegetacji komosy sprzyjają syntezie wybranych związków bioaktywnych oraz koncentracji kwasu α -linolenowego, podczas gdy wyższa temperatura powietrza prowadzi do wzrostu zawartości steroli w nasionach. Wpływ na parametry jakościowe nasion miało także nawożenie mineralne. Na podstawie przeprowadzonych analiz możliwe było wskazanie kierunku zmian właściwości chemicznych nasion w zależności od zastosowanej dawki nawozów.

Dyskusja – W tym rozdziale, który liczy aż 15 stron, wyniki badań własnych zostały zestawione z wcześniejszymi doniesieniami krajowymi i zagranicznymi. Autor dokonał tej analizy w sposób umiejętny, wykazując się dużą znajomością omawianej tematyki. Dysponując obszernym materiałem badawczym oraz bogatą literaturą przedmiotu, przeprowadził ją w sposób zarówno płynny, jak i precyzyjny. Na szczególną uwagę zasługują fragmenty dotyczące analizy składu chemicznego nasion, które są obszerne, dobrze opracowane i wnoszą istotny wkład w istniejący dorobek naukowy. W mojej ocenie Doktorant poświęcił jednak nadmiernie dużo uwagi porównaniu właściwości chemicznych badanej odmiany (Titicaca)

z innymi odmianami, analizowanymi w badaniach innych autorów. Choć temat ten jest interesujący, nie stanowił on kluczowego celu niniejszej rozprawy.

Wnioski – Zasadniczą część rozprawy doktorskiej konkluduje 17 wniosków, które są zgodne z tematem, hipotezą badawczą oraz celami badań. Na ogół zostały one sformułowane poprawnie, w oparciu o uzyskane wyniki, i stanowią solidną konkluzję obszernych oraz wieloaspektowych badań. Aby zwiększyć walory pracy, szczególnie w kontekście jej przygotowania do publikacji, warto rozważyć połączenie wniosków 4-6, w których Autor odnosi się do wpływu warunków pogodowych na właściwości chemiczne ziarna. W tej części pracy brakuje natomiast odniesienia do wpływu badanych czynników na właściwości fizyczne nasion, co było jednym z założonych celów badawczych. Cenną wartość praktyczną mają wnioski 16 i 17, które wskazują na konkretne rozwiązania agrotechniczne, zależne od celu produkcji, tj. uzyskania wysokiego potencjału plonowania lub wartości żywieniowej nasion komosy ryżowej.

Bibliografia – Dobór literatury jest właściwy. Bibliografia zawiera 212 pozycji, z czego aż 198 (93%) to artykuły obcojęzyczne. Publikacje z ostatnich 10 lat stanowią 59%. Piśmiennictwo odzwierciedla aktualny stan wiedzy dotyczący podjętej problematyki. Z satysfakcją należy stwierdzić, że wszystkie pozycje wymienione w spisie literatury są cytowane w pracy. Niemniej jednak cztery publikacje, które przytoczono w pracy, zostały pominięte w zestawieniu piśmiennictwa. Literatura jest zestawiona poprawnie i zgodnie z przyjętymi zasadami, choć stwierdzono pewne drobne uchybienia, głównie natury technicznej. Dla łatwego ich usunięcia w trakcie przygotowywania publikacji lub prezentacji pracy, pozwoliłem sobie wskazać niektóre z nich:

- W bibliografii pominięto następujące pozycje: (Manjarres-Hernández i wsp. 2021) – str. 111, (Van Minh i Nguyen, 2021) – str. 111, (Beltran i wsp. 2019) – str. 111, (Schen i wsp. 2022) – str. 115.
- Pozycja 189 i 190 to ta sama publikacja.
- Str. 120 jest Ibrahim i wsp. (2020), brak litery a lub b – czy ten artykuł odnosi się do pozycji 80 czy 81?
- Str. 23 i 111, jest (Bendvis i wsp., 2014) natomiast w spisie literatury (poz. 17) jest Bendevis 2014.
- Str. 8, jest (Gomez-Panado i wsp., 2019), natomiast w spisie literatury (poz. 67) Gomez-Pando.
- W bibliografii tytuły czasopism są zazwyczaj podawane w wersji skróconej – poz. 78 występuje pełna nazwa czasopisma.
- Str. 12 jest (Jacobsen i wsp., 1993), powinno być Jacobsen i Stølen, 1993.

- Poz. 95 i 207 – nie wszyscy autorzy publikacji zostali wymienieni w spisie literatury.
- Str. 17 – nazwisko zapisane z błędem (Kuljananabhadgavad, 2008), brak zapisu „i wsp.” – powinno być Kuljanabhadgavad i wsp., 2008.
- Str. 17 jest (Miranda, 2014), powinno być (Miranda i wsp., 2014)
- Str. 22 jest (Santos-Buela i wsp., 2023), powinno być (Santos-Buelga i wsp., 2023).

4. Uwagi i wnioski końcowe

Na podkreślenie i wysoką ocenę zasługuje bardzo bogaty materiał badawczy oraz szeroki zakres przeprowadzonych badań. Pracę oceniam pozytywnie, jednak z racji pełnionej funkcji recenzenta nasuwają mi się pewne pytania i uwagi, które mogłyby wpłynąć na dalsze udoskonalenie pracy. Część z nich została już uwzględniona w tekście recenzji. Wymagają one wyjaśnienia i mogłyby być pomocne przy przygotowywaniu pracy do druku. Pozostałe pytania i uwagi z mojej strony są następujące:

- W przeglądzie literatury Doktorant wskazuje, że największymi producentami komosy ryżowej są Peru i Boliwia. Dlaczego średni plon nasion uzyskiwany w Peru jest ponad czterokrotnie niższy niż w Boliwii?
- Dlaczego gęstość siewu, która jest jednym z czynników badawczych, została wyrażona w $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$? Z uwagi na zmienność masy tysiąca nasion, zdolności kiełkowania oraz czystości, bardziej odpowiednie byłoby wyrażenie tej wartości w jednostkach szt $\cdot\text{m}^{-2}$.
- W metodyce badań, w rozdziale dotyczącym warunków meteorologicznych, Autor stwierdza, że najbardziej zbliżone do optymalnych warunki wzrostu i rozwoju komosy wystąpiły w latach 2021 i 2022. Z kolei analiza wariancji wykazała, że istotnie wyższe plony testowanej rośliny uzyskano w 2020 roku. Skąd wynikają te rozbieżności?
- Dlaczego w drugim i trzecim roku doświadczenia zbiór nasion komosy ryżowej przeprowadzono dopiero po trzech tygodniach od osiągnięcia przez rośliny fazy dojrzałości pełnej?
- W oparciu o uzyskane wyniki przeprowadzono analizę korelacji prostej, obliczając współczynnik Pearsona. Na podstawie danych zawartych w tabeli 22 ($r = 0,191$; $P = 0,0480$ – zależność pomiędzy masą liści a długością łodygi) można przypuszczać, że liczba wszystkich obserwacji (n) dla porównywanych par wynosi 108 (poziomy czynnika I \times poziomy czynnika II \times powtórzenia \times lata). Taką liczbę obserwacji można było uzyskać dla każdej badanej cechy. Moje pytanie brzmi: jak korelowano badane cechy z temperaturą, opadami lub współczynnikiem hydrotermicznym, skoro dla każdego roku dostępna jest tylko jedna obserwacja?
- Opis wyników badań prowadzony jest prawidłowo, jednak zauważyłem nieliczne błędy. Na przykład na str. 79: „Najniższym udziałem procentowym SFA (11,22%) charakteryzowały się nasiona z 2021 roku, jednak nie różnił się w sposób istotny

statystycznie od 2020 i 2022” – powinno być: „był istotnie niższy”. Na tej samej stronie: „Najwyższą wartością tej cechy (65,99%) charakteryzowały się nasiona z 2020 roku” – powinno być: „z 2022 roku”. Str. 80 – pierwsze zdanie podrozdziału jest powtórzone. Str. 91: „Najniższą zawartość karotenoidów odnotowano w nasionach z 2020 roku (0,172 mg·100 g⁻¹)” – powinno być: „z 2021 roku”

- Czy są Panu znane doniesienia o tym, że któraś z firm hodowlanych podjęła prace nad nową odmianą komosy ryżowej, dostosowaną do polskich warunków glebowo-klimatycznych?
- Praca na ogół napisana jest poprawnym językiem, niemniej jednak, szczególnie w rozdziale „Wyniki”, występują błędy stylistyczne, interpunkcyjne i gramatyczne, a także skróty myślowe. Proponuję unikać używania tytułu rozdziału „Dyskusja wyników” na rzecz „Dyskusja”, ponieważ wyniki same w sobie nie mogą dyskutować ze sobą. Niefortunne jest także sformułowanie, że komosa ryżowa toleruje suche warunki posuszne (str. 13).

Przedstawione uwagi nie umniejszają wartości recenzowanej pracy doktorskiej, którą uważam za bardzo dobrą, mają one często charakter dyskusyjny. Mam nadzieję, że posłużą one Autorowi do doskonalenia warsztatu badawczego i zostaną wykorzystane podczas publikowania wyników. Praca zawiera bogaty, oryginalny materiał dokumentacyjny i stanowi wartościową, a zarazem nowatorską pozycję naukową w zakresie badań nad wpływem wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie komosy ryżowej i jej skład chemiczny. Doktorant wykazał się dużą wiedzą w zakresie tematu pracy, umiejętnością zaplanowania, przeprowadzenia i opracowania problemu badawczego oraz bardzo dobrą znajomością piśmiennictwa.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr. inż. Wojciecha Pilarskiego pt.: „**Wpływ gęstości siewu i nawożenia na cechy morfologiczne roślin, plon nasion i właściwości chemiczne komosy ryżowej (*Chenopodium quinoa* Willd)**” kwalifikuje Doktoranta do ubiegania się o stopień doktora nauk rolniczych w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo. Stwierdzam również, że praca ta spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim wg ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024 r. poz. 1571).

Wniosuję zatem do Rady Naukowej Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie mgr. inż. Wojciecha Pilarskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



dr hab. Roman Waclawowicz, prof. uczelni