

dr hab. inż. Ewa Szpunar-Krok, prof. UR
Uniwersytet Rzeszowski
Kolegium Nauk Przyrodniczych
Instytut Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. **Katarzyny Czopek**
**pt. „Reakcja wybranych gatunków roślin strączkowych na różne dawki
superabsorbentu**

wykonanej w: Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach, Zakład uprawy Roślin Pastewnych

Promotor: prof. dr hab. Mariola Staniak

Promotor pomocniczy: dr Jolanta Bojarszczuk

Podstawą opinii jest pismo Pana prof. dr hab. Janusza Podleśnego, Zastępcy Przewodniczącego
Rady Naukowej IUNG – PIB w Puławach z dnia 21.09.2021 r., nr sprawy RN.470.8.2018.BE.

Ocena ogólna – wybór tematu, teza badawcza, cel i zakres pracy

Globalny klimat zmienia się, a rolnictwo będzie musiało dostosować się do zmian, aby zapewnić zrównoważony rozwój i przetrwanie. Według danych Międzynarodowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (IPCC, <https://www.ipcc.ch/>), obserwowane zmiany klimatyczne już teraz wpływają na bezpieczeństwo żywnościowe poprzez rosnące temperatury, zmieniające się wzorce opadów i większą częstotliwość niektórych zjawisk ekstremalnych. W niektórych regionach (w tym w basenie Morza Śródziemnego, zachodniej Azji, wielu częściach Ameryki Południowej, znacznej części Afryki i północno-wschodniej Azji) zwiększyła się częstotliwość i intensywność susz, a w skali globalnej wzrosło nasilenie intensywnych opadów. Szczególnie istotne są zmiany natężenia opadów i ich rozkład, co ma znaczące konsekwencje dla produkcji roślinnej poprzez wpływ na głębokość infiltracji gleby, spływ, głęboki drenaż, mineralizację substancji organicznej w glebie i efektywność wykorzystania wody (WUE) przez rośliny uprawne. Susza jest jednym z najpoważniejszych stresów środowiskowych, które ograniczają rozwój roślin i wydajność upraw w warunkach polowych. Wpływa ona negatywnie na wiele procesów zachodzących w roślinie, takich jak synteza białek i akumulacja metabolitów. Niedobór wody zmniejsza intensywność procesu fotosyntezy, wywiera stres osmotyczny na roślinę i zakłóca dostępność składników odżywczych. Ponieważ woda ma podstawowe znaczenie dla utrzymania normalnej aktywności fizjologicznej i procesów transportu przez błony komórkowe, jej odpowiednie dostarczanie jest kluczowe dla uzyskania maksymalnej produktywności roślin, w tym różnych gatunków bobowatych grubonasiennych.

Obserwowane w Polsce w ostatnich latach zwiększenie zainteresowania rolników uprawą roślin bobowatych grubonasiennych, szczególnie soi, wynika między innymi z rosnących potrzeb paszowych zwierząt gospodarskich jak też włączenia w ramach Wspólnej Polityki Rolnej tej grupy roślin do płatności za praktyki rolnicze korzystne dla klimatu i środowiska. Rośliny bobowate grubonasienne są ważnym elementem zmianowania, szczególnie w zrównoważonym i ekologicznym systemie gospodarowania. Ich obecność

w płodozmianie, poza wartością paszową, jest uznawana za przyjazną dla środowiska, gdyż przeciwdziałają one degradacji gleb ornych spowodowanej uproszczeniami płodozmianów i często brakiem stosowania nawozów naturalnych. Są dobrym przedplonem dla roślin następczych. W tym kontekście wprowadzenie roślin bobowatych, w tym bobiku, grochu siewnego i soi, do płodozmianu ma kluczowe znaczenie. Rośliny bobowate grubonasiennne charakteryzują się jednak dużą zmiennością plonowania. O powodzeniu ich uprawy w dużej mierze decyduje przebieg pogody w okresie wegetacji. Duże wahania temperatury i wilgotności w poszczególnych latach powodują, że plony nasion mogą ulec znacznemu obniżeniu. Deficyt wody powoduje często zrzucanie kwiatów i strąków przez rośliny, co ogranicza liczbę strąków na roślinie i nasion w strąku oraz masę nasion, w konsekwencji powodując zmniejszenie plonu.

W dobie obserwowanych zmian klimatycznych przyczyniających się do powstawania niedoborów wilgoci w glebie, poszukuje się skutecznych sposobów na zatrzymanie oraz racjonalne gospodarowanie wodą. Jednym z rozwiązań mających na celu dostarczenie wody dla roślin uprawnych w okresach bezdeszczowych jest stosowanie superabsorbentu (hydrożelu). W powyższym kontekście, wybór przez mgr inż. Katarzynę Czopek tematu rozprawy doktorskiej uważam za uzasadniony. Wykonana przez Doktorantkę praca dostarcza nowych, interesujących elementów poznawczych z zakresu wpływu dogłębowego stosowania superabsorbentu na wzrost i rozwój trzech gatunków roślin bobowatych grubonasiennnych (bobik, groch siewny i soja), wybrane parametry fizjologiczne zachodzące w roślinach oraz wielkość plonu i skład chemiczny nasion. Problem badawczy jest ważny pod względem naukowym, ma również znaczenie użytkowe.

Brzmienie tytułu rozprawy doktorskiej jest adekwatne do zawartości zamieszczonej w opracowaniu. W pracy wyodrębniono szczegółowe cele badań (6), nie przedstawiono jednak hipotezy badawczej.

Podstawa metodologiczna badań

Przedstawiona do oceny dysertacja prezentuje wyniki sześciu ścisłych doświadczeń, w tym trzech doświadczeń polowych i trzech doświadczeń wazonowych realizowanych w warunkach laboratoryjnych. Badania polowe przeprowadzono w latach 2016-2018 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym należącym do Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach, zlokalizowanym w Grabowie nad Wisłą (woj. mazowieckie, powiat zwoleński), w oparciu o trzy doświadczenia dwuczynnikowe, w 4 powtórzeniach (odrębnie dla każdego gatunku). Celem badań było określenie reakcji wybranych gatunków i odmian roślin bobowatych grubonasiennnych: grochu siewnego (*Pisum sativum* L.) odmian Hubal i Batuta, bobiku (*Vicia faba* L. ssp. minor Beck) odmian Granit i Bobas oraz soi (*Glycine max* (L.) Merrill) odmian Aldana i Merlin na działanie różnych dawek superabsorbentu *Terra Hydrogel Aqua*® (0, 20, 30 kg·ha⁻¹). Określenie reakcji wybranych roślin na zróżnicowane dawki superabsorbentu przeprowadzono na podstawie oceny wielkości plonu i składu chemicznego nasion, wybranych cech morfologicznych roślin, wskaźników wymiany gazowej i fluorescencji chlorofilu oraz indeksu zieloności liścia (SPAD). W oparciu o uproszczony rachunek ekonomiczny wyliczono efektywność kosztową, ekonomiczną i techniczną stosowania superabsorbentu oraz wydajność i koszt produkcji 1 kg białka.

W 2018 r. w warunkach kontrolowanych (fitotron) przeprowadzono dodatkowe badania w oparciu o trzy dwuczynnikowe doświadczenia realizowane w układzie całkowicie losowym, w 4 powtórzeniach. Celem tych badań było określenie wpływu dawki superabsorbentu (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 g·kg⁻¹ podłoża) i częstotliwości podlewania do warunków optymalnych (60% polowej pojemności wodnej - co 1, 3, 6, 9 dni) na kształtowanie wybranych cech morfologicznych roślin bobiku (cv. Granit), grochu siewnego (cv. Hubal) i soi (cv. Aldana), parametrów fluorescencji chlorofilu i SPAD.

Stosowane przez Autorkę metody badawcze zostały odpowiednio dobrane. Mam zastrzeżenie jednak dotyczące nazwy układu doświadczenia polowego. Metodycznie uzasadniony był wybór układu split-block i zapewne w takim rozlosowaniu Doktorantka prowadziła doświadczenia. W podrozdziale 3.1.1. *Charakterystyka warunków prowadzenia doświadczeń* mylnie podała jednak polską nazwę „układ losowanych podbloków”, gdyż jest to układ split-plot.

Przeprowadzona analiza statystyczna wyników badań umożliwiła wykazanie zależności pomiędzy dawką zastosowanego superabsorbentu a kształtowaniem się cech morfologicznych roślin, wielkością plonu nasion oraz składem chemicznym nasion wybranych gatunków i odmian roślin bobowatych grubonasiennych. Do tego celu Doktorantka wykorzystała metodę analizy wariancji zgodną z układami doświadczeń, ponadto dla zależności pomiędzy plonem nasion a wybranymi cechami morfologicznymi i parametrami fizjologicznymi wyliczyła współczynniki korelacji prostej.

Ocena formalna pracy - struktura pracy oraz dokumentacja tabelaryczna i graficzna

Praca obejmuje 171 stron wydruku komputerowego (w tym 101 tabel i 8 rysunków). W pracy wydzielono 7 rozdziałów głównych: 1. *Wstęp*—4 strony, 2. *Przegląd literatury*—15 stron, 3. *Metodyka badań*—16 stron, 4. *Wyniki badań*—93 strony, 5. *Dyskusja*—12 stron, 6. *Wnioski*—3 strony, *Literatura*—19 stron, *Streszczenie / Summary* —5 stron (język polski i angielski). Przyjęty układ pracy ułatwia czytelnikowi orientację w treści i materiale wynikowym. Kolejność rozdziałów i podrozdziałów jest właściwa i wskazuje na przemyślaną koncepcję rozprawy doktorskiej.

Układ pracy jest logiczny i odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim. W strukturze pracy zachowano właściwe proporcje, przeznaczając zasadniczą część pracy na prezentację wyników badań. Zamieszczone w opracowaniu zestawienia tabelaryczne i rysunki korespondują z treścią pracy.

Rozprawa jest przejrzysto zredagowana i starannie opracowana, jednak przygotowując ją Autorka nie uchroniła się przed pewnymi uchybieniami. Uwagi szczegółowe:

- przygotowując pracę do druku proponuję ujednolicić nazwę: hydrożel lub superabsorbent.
- „rośliny strączkowe” to synonim używany w odniesieniu do roślin bobowatych grubonasiennych. przygotowując pracę do druku sugeruję używać określenia „rośliny bobowate grubonasienne”.
- w tekście pojawiają się stwierdzenia, wymagające korekty. sugeruję, by przygotowując pracę do druku określenie „zaprawa przeciwrzybicza” (tabele 86-88) zastąpić

stwierdzeniem „zaprawa nasienna” zgodnie z nomenklaturą stosowaną przez Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy.

- w podrozdziale 2.2. *Potrzeby wodne roślin strączkowych* brak odniesienia do literatury dla informacji dotyczących wymagań klimatycznych soi (str. 14, wiersz 9-22).
- w rozdziale 3. *Metodyka badań*, podrozdział 3.1.1. *Charakterystyka warunków prowadzenia doświadczeń* nie podano pełnych nazw handlowych oraz substancji czynnych środków ochrony roślin.
- Autorka przedstawia dane statystyczne, ale nie wskazuje źródła tych informacji, np. rys. 2 (str. 13).
- Nie podano autora fotografii 1-13.
- w pracy nie podano obsady roślin po wschodach na jednostce powierzchni jaką uzyskano w doświadczeniu polowym, a jest to ważna cecha kształtująca wielkość plonu nasion.
- pozycje literatury 203 i 204 (s. 163) autorstwa Staniak M., Baca E. zostały wydane w 2018 r. Brakuje ich podziału na 2018 a i 2018 b oraz wskazania, do których pozycji Autorka odwołuje się w tekście pracy na stronach 17 (wiersz 17-18 i 31-32 od góry) i 18 (wiersz 15 od góry).

Pragnę zaznaczyć, że wykazane w niniejszej recenzji uchybienia nie obniżają znacząco wartości naukowej przedstawionej do oceny rozprawy doktorskiej. Są to głównie uwagi natury redakcyjnej, które można łatwo skorygować na etapie przygotowywania publikacji.

Dobór oraz wykorzystanie piśmiennictwa

W rozdziale "Literatura" Autorka dysertacji zamieściła 233 pozycje piśmiennictwa, w tym 119 pozycji obcojęzycznych (51%). Dobór literatury jest bardzo bogaty, nie budzi zastrzeżeń i wskazuje na przygotowanie Autorki do prowadzenia prac badawczych. Spośród cytowanej literatury 117 pozycji (ok. 50%) zostało opublikowanych w ciągu 10 ostatnich lat, w tym 76 pozycji (ok. 33%) pochodzi z ostatnich 5 lat. Starsze publikacje są jednak kluczowe dla problematyki badań i świadczą o chęci poznania i wykorzystania wszelkich danych naukowych z tego zakresu. Rozdział ten jest przygotowany starannie, co wymagało od Doktorantki dużego nakładu pracy.

Ocena merytoryczna pracy

W rozdziale 1. *Wstęp i cel badań* mgr mgr inż. Katarzyna Czopek nakreśliła zagadnienia związane z treścią rozprawy wprowadzając tym samym stopniowo w problem badawczy i uzasadniła celowość podjęcia tematu badań.

Rozdział 2. *Przegląd literatury* został podzielony na cztery podrozdziały i jest tematycznie powiązany z zakresem badań. Autorka zaprezentowała w nim znaczenie gospodarcze roślin bobowatych grubonasiennych, wskazała na ich potrzeby wodne i rolę jaką woda odgrywa w przebiegu procesów fizjologicznych w roślinie, co znajduje później odzwierciedlenie w wielkości i jakości plonu. Naświetliła także zagadnienia dotyczące właściwości i możliwości stosowania superabsorbentów w uprawie roślin. Rozdział ten został napisany w oparciu o liczne

pozycje literatury zagranicznej oraz polskiej i prezentuje najnowsze osiągnięcia w zakresie przedmiotu badań. Należy go ocenić pozytywnie.

Rozdział 3. *Metodyka badań* prezentuje wykorzystywany w pracy materiał i metody badawcze. Autorka zaprezentowała w nim odrębnie metodykę dla doświadczeń polowych i dla badań uzupełniających prowadzonych w warunkach laboratoryjnych. Dla doświadczeń polowych, realizowanych odrębnie dla bobiku, grochu siewnego i soi, podała lokalizację, scharakteryzowała warunki glebowo – klimatyczne i agrotechniczne, metody badania materiału roślinnego, statystycznego opracowania wyników oraz sposób określenia ekonomicznej opłacalności stosowania superabsorbentu. Dane meteorologiczne scharakteryzowała w oparciu o średnie dekadowe temperatury powietrza i sumy opadów, a do charakterystyki warunków termiczno-opadowych wykorzystała wskaźnik hydrotermiczny Sielianińowa, zwany także współczynnikiem zabezpieczenia roślin w wodę. Przygotowując pracę do druku proponuję, by w tabelach 5 i 6 zamieścić średnie temperatury powietrza i sumy opadów atmosferycznych dla całego okresu realizacji doświadczenia, a nie tylko dla miesięcy od kwietnia do września.

W podrozdziale 3.2. *Badania uzupełniające* Doktorantka podała metodykę trzech doświadczeń wazonowych prowadzonych w fitotronie, odrębnie dla bobiku, grochu siewnego i soi, w których badała wpływ dawki superabsorbentu i częstotliwości podlewania na wybrane cechy morfologiczne roślin oraz kształtowanie parametrów fluorescencji chlorofilu i indeksu SPAD. Zastosowana metodyka prac polowych i laboratoryjnych świadczy o opanowaniu warsztatu badawczego. Analizy laboratoryjne wykonano powszechnie przyjętymi metodami. Należy podkreślić, iż badania wymagały znacznych nakładów pracy i zaangażowania Doktorantki.

Rozdział "4. Wyniki " stanowi trzon pracy. Bogaty materiał wynikowy zaprezentowano w 91 tabelach i na 8 czytelnym rycinach. W podrozdziale 4.1. *Doświadczenie polowe* Doktorantka przedstawiła oryginalne wyniki badań własnych nad wpływem zastosowania doglebowo różnych dawek superabsorbentu na cechy morfologiczne roślin badanych gatunków i ich odmian, wielkość plonu i skład chemiczny nasion, kształtowanie wybranych parametrów fluorescencji chlorofilu a (F_v/F_m - maksymalna wydajność PSII, PI – wskaźnik funkcjonowania PSII) i wymiany gazowej (intensywność fotosyntezy netto, intensywność transpiracji, WUE – efektywność wykorzystania wody) oraz indeksu zieloności liści (SPAD) mierzonych w liściu. Pomiarów parametrów fizjologicznych roślin dokonano kilkakrotnie w okresie wegetacji: u bobiku 5-krotnie w fazach rozwojowych BBCH 60, 65, 70, 75 i 82, u grochu siewnego 4-krotnie w fazach BBCH 51, 67 75 i 82 a u soi 7-krotnie w fazach BBCH 12, 14, 16, 51, 65, 70 i 77. Wskazała także na zależności korelacyjne pomiędzy plonem nasion a wybranymi cechami morfologicznymi roślin i parametrami fizjologicznymi zachodzącymi w roślinie.

Z kolei w badaniach uzupełniających opartych na doświadczeniu wazonowym Doktorantka wykazała zróżnicowanie niektórych cech morfologicznych roślin, suchej masy pędu i korzenia oraz parametrów fluorescencji chlorofilu (F_v/F_m i PI) i SPAD u bobiku, grochu siewnego i soi w zależności od dawki zastosowanego superabsorbentu oraz częstotliwości podlewania. Pomiarów fluorescencji chlorofilu i SPAD wykonywano na liściu roślin 4-krotnie.

Sposób przedstawienia danych w tabelach i na rysunkach oraz ich opis świadczą o znajomości zagadnienia i bardzo dobrym przygotowaniu Doktorantki do prowadzenia badań naukowych. W przypadku wykazania istotnych różnic pomiędzy średnimi obiektywnymi,

z naukową precyzją je opisała, natomiast tam, gdzie istotne różnice nie wystąpiły, trafnie wychwyciła rysujące się tendencje.

Na podstawie analizy wyników badań prezentowanych w pracy proszę o udzielenie odpowiedzi na następujące pytania.

1. Jakie kryteria przyjęto dokonując wyboru odmian do doświadczeń polowych i wazonowych.
2. Niedobór wody powoduje u roślin stres. Znanym zjawiskiem jest niska intensywność fotosyntetyczna liści w warunkach stresu wodnego związana z zamykaniem aparatów szparkowych i zakłóceniami w funkcjonowaniu aparatu fotosyntetycznego roślin oraz zahamowanie syntezy chlorofilu. W tym kontekście proszę o wyjaśnienie, dlaczego najwyższe wartości SPAD oraz wskaźnika funkcjonowania fotosystemu II (PI), u wszystkich badanych gatunków roślin, wykazano na obiektach podlewanych najrzadziej (co 9 dni), a wraz ze wzrostem częstotliwości podlewania wartości tych parametrów zmniejszały się.

Rozdział "5. Dyskusja" stanowi dyskusję nad wynikami badań własnych. W rozdziale tym Autorka ocenia uzyskane rezultaty swoich badań i konfrontuje wyniki badań z literaturą przedmiotu. Nie tylko potwierdziła znane z literatury zależności, ale podjęła się ich wyjaśnienia poprzez dogłębną analizę wyników.

Kończącą częścią pracy jest rozdział "6. Wnioski". Autorka formułuje 11 wniosków odnoszących się do przeprowadzonych badań i czyni to w sposób opisowy. Wnioski powinny mieć charakter uogólniający, dlatego przygotowując pracę do druku sugeruję ich przeredagowanie. Proszę także o wskazanie dla praktyki rolniczej, czy w uprawie bobiku, grochu siewnego i soi na glebie płowej należy zalecać stosowanie dogłębowo superabsorbentu oraz jakie dawki, zdaniem Doktorantki, można uznać za optymalne.

Ważnym osiągnięciem niniejszego opracowania jest wykazanie, że:

- zastosowanie na glebie płowej superabsorbentu w dawce $20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ istotnie zwiększyło intensywność fotosyntezy w liściu oraz wpłynęło na istotny wzrost plonu nasion bobiku (średnio o 16,6%), grochu siewnego (o 15,2%) i soi (o 17,7%), a zwiększenie dawki superabsorbentu do $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ nie powodowało dalszego wzrostu plonu;
- najwyższą wartość nadwyżki bezpośredniej u soi uzyskano po zastosowaniu superabsorbentu w dawce $20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, a u bobiku i grochu siewnego w wariancie bez jego aplikacji;
- skład chemiczny nasion badanych gatunków roślin bobowatych grubonasiennych zależał od odmiany, nie był natomiast różnicowany przez dawkę zastosowanego superabsorbentu;
- rośliny badanych odmian bobiku, grochu siewnego i soi podlewane codziennie cechowała wyższa maksymalna wydajność PS II, były one wyższe i wykształciły większą liczbę węzłów w porównaniu z roślinami podlewanymi co 3, 6 i 9 dni, miały również większą suchą masę części nadziemnej i podziemnej za wyjątkiem soi, u której masa części podziemnej była większa w wariancie podlewanym najrzadziej (co 9 dni).

Wniosek końcowy

Praca doktorska mgr inż. Katarzyny Czopek pt. „Reakcja wybranych gatunków roślin strączkowych na różne dawki superabsorbentu” stanowi ważny wkład w rozwój badań naukowych w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo, ma też znaczenie użytkowe.

Przedstawioną do oceny rozprawę oceniam bardzo wysoko i stwierdzam, iż spełnia ona wszystkie wymogi stawiane tego typu pracom określone ustawą z dnia 18 marca 2011 r. o zmianie ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym, ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz o zmianie niektórych innych ustaw (Dz.U. 2011 nr 84, poz. 455) z późn. zm. oraz Rozporządzeniem MNiSW z dnia 20 września 2018 r. (Dz. U. z 2018r. poz. 1818).

Wnoszę do Rady Naukowej Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie Pani mgr inż. Katarzyny Czopek ubiegającej się o stopień naukowy doktora w dziedzinie nauk rolniczych dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo do dalszego etapu, jakim jest publiczna obrona pracy doktorskiej.

Z uwagi na ogromny wkład pracy w przeprowadzone badania, ich duży zakres i kompleksowość a także aktualność problematyki badawczej, zwracam się z wnioskiem do Rady Naukowej Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach o wyróżnienie Pani mgr inż. Katarzyny Czopek stosowną nagrodą.

Rzeszów, 02 listopada 2021 r.

Szymon Krol