

Warszawa 20.07.2024r.

Prof. dr hab. Wojciech Stępień
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,
Instytut Rolnictwa,
Samodzielny Zakład Chemii Rolniczej i Środowiskowej

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Adama Podolskiego
nt. „Reakcja kukurydzy na wzrastające dawki azotu w dwóch systemach nawożenia
siarką na tle naturalnych warunków opadowych i deszczowania”
wykonanej na Wydziale Rolnictwa i Bioinżynierii
w Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu.

Wprowadzenie

Niniejsza opinia została przygotowana w odpowiedzi na pismo RNDRIO 016/4000/2024 Pana Prof. dr hab. Andrzeja Bleharczuka, Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu

1. Ocena problematyki badawczej pracy

Kukurydza jest rośliną o dużym znaczeniu gospodarczym. Jest jedną z najbardziej wydajnych roślin uprawnych w świecie, co powoduje, że jest jedną najważniejszych upraw. Kukurydza może być wszechstronnie użytkowana, np. na kiszonkę, na ziarno, na CCM (CCM – skrót od ang. *corn-cob-mix* i oznacza kiszonkę z rozdrobnionych kolb kukurydzy), do bezpośredniego spożywania (kukurydza cukrowa do celów spożywczych) czy jako surowiec do produkcji biopaliw (etanol, biogaz). Tak wszechstronne możliwości wykorzystania kukurydzy oraz jej wysoka produktywność powodują bardzo dynamiczny wzrost powierzchni jej uprawy kukurydzy w Polsce. Ponadto kukurydza może być uprawiana po kukurydzy (w monokulturze) a także na glebach lżejszych zaliczanych do kompleksu żytniego dobrego i żytniego słabego (klasa IV b). Duża produktywność kukurydzy oznacza jej wysokie potrzeby pokarmowe, a zwłaszcza zapotrzebowanie na azot. Stosowanie dużych dawek azotu w szczególności na glebach lekkich niesie ze sobą zagrożenia środowiskowe, ponieważ może prowadzić do koncentracji azotanów w glebie, skażenia wód gruntowych oraz eutrofizacji zbiorników wodnych. Z drugiej strony zbyt małe dawki azotu mogą uniemożliwić wykorzystanie potencjału produkcyjnego kukurydzy, co przekłada się na mniejsze plony. W

tej sytuacji kluczową rolę odgrywa efektywność pobierania azotu przez rośliny, co ma największe znaczenie zwłaszcza na glebach ubogich w azot. Racjonalne nawożenie kukurydzy azotem obejmuje właściwy dobór nawozu, ustalenie dawki nawozu oraz terminu jego zastosowania. Intensywny wzrost i budowa dużej biomasy nadziemnej powodują, że mimo względnie małego współczynnika transpiracji, kukurydza ma bardzo duże zapotrzebowanie na wodę. Uzyskanie dobrej jakościowo i satysfakcjonującej wielkości plonu zależy bezpośrednio od odżywienia i zaopatrzenia w wodę roślin w fazie 5-10 liści. Przed zakończeniem tej fazy zostaje zdeterminowany maksymalny, możliwy do osiągnięcia plon, tzn. liczba rzędów ziarniaków w kolbie i długość rzędów. W fazie 4-8 liści kukurydza często słabiej rośnie. Jest to spowodowane między innymi przez utrudnione pobieranie wody i składników pokarmowych przez często niedostatecznie rozwinięty system korzeniowy.

Ważnymi składnikami poprawiającymi efektywność nawożenia azotem obok fosforu i potasu są siarka i magnez. Wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych w Polsce jest niezadawalające. Jak podaje IUNG wynosi ono między 50 a 60 %. Jedną z przyczyn jest niezbilansowane nawożenie pozostałymi składnikami pokarmowymi takimi jak fosfor, potas, siarka, wapń i magnez. Niedobór siarki przyczynia się do gorszego pobrania azotu przez rośliny co prowadzi do mniejszej efektywności nawożenia tym składnikiem. W ostatnich latach saldo bilansowe siarki w Polsce jest ujemne dlatego zachodzi konieczność nawożenia tym składnikiem. Jednym w ostatnich latach pojawiającym się na polskim rynku źródłem siarki i wapnia jest odpadowy gips powstający w procesach odsiarczania spalin w zakładach energetycznych. Gips uzyskiwany z jako produkt uboczy ma lepsze właściwości rolnicze niż gips naturalny. Jest drobniejszy i lepiej rozpuszczalny. Rozpuszczalność tego produktu zależy od uwodnienia gleby. Wykorzystanie tych odpadów do produkcji nawozów wapniowo siarkowych wpisuje się w politykę UE dotyczącą gospodarki obiegu zamkniętego. Dlatego ocena i regulowanie stanu uwodnienia gleby przez nawadnianie jest coraz częściej stosowane w praktyce nie tylko ogrodniczej ale i rolniczej. Ocena jaki jest wpływ nawadniania na dostępność i pobieranie poszczególnych składników pokarmowych jest istotnym elementem badań dotyczących diagnostyki nawozowej. Coraz częściej podstawą ustalenia potrzeb nawozowych roślin jest ocena zawartości badanych składników pokarmowych w wybranych fazach rozwojowych. Do badań pobiera się całe rośliny lub poszczególne jej części jak liście łodygi itp.. Ważnym elementem doradztwa nawozowego dotyczącego azotu jest ocena nieinwazyjna stanu zieloności przy pomocy chlorofilometrów i opracowanie wskaźników dla wybranych faz rozwojowych.

Podjęty przez Autora pracy problem badawczy, związany z oceną wpływu różnych

form nawozów siarkowych na efektywność działania azotu w warunkach nawadniania lub bez deszczowania jest uzasadniony zarówno ze względów poznawczych jak i praktycznych. Dużym walorem naukowym i praktycznym tej pracy jest próba ustalenia wskaźników diagnostycznych oceniających stan odżywienia azotem i innymi składnikami pokarmowymi kukurydzy.

2. Formalna analiza rozprawy

Przedstawiona do oceny praca ma typowy układ dla tego typu opracowań, opartych na wynikach badań eksperymentalnych. Jest opracowaniem obszernym, liczącym 306 stron znormalizowanego komputeropisu łącznie z literaturą, która obejmuje 209 pozycje i 60 stron załączników. W pracy Autor zamieścił 34 tabel i 71 rysunków.

Tytuł pracy jest komunikatywny i kompatybilny z treścią recenzowanej dysertacji. Układ pracy Autor opracował w sposób logiczny z zachowaniem właściwych proporcji między rozdziałami, a tym samym odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim.

Zasadniczą treść opracowania przedstawiono w następujących rozdziałach: **Wstęp**, **Materiały i metodyka**, **Pomiary i oznaczenia**, **Wyniki badań**, **Omówienie i dyskusja wyników**, **Podsumowanie i wnioski**, **Literatura**. Poszczególne rozdziały pracy ściśle się zająwiają i stanowią kompendium wiedzy na temat wpływu badanych nawozów na plon ziarna i słomy, elementy struktury, efektywność nawożenia, zawartość makro i mikroelementów w ziarnie i słomie oraz właściwości chemiczne gleby. Praca napisana jest na dobrym językiem, a przedstawione w niej zagadnienia zostały omówione wyczerpująco.

3. Merytoryczna analiza pracy

Doktorant w latach 2020–2022 przeprowadził badania w gospodarstwie rolnym w Lutomku w powiecie międzychodzkiem, na podstawie których dokonał kompleksowej oceny współdziałanie wzrastających dawek azotu z dwoma formami nawozów siarkowych w warunkach nawadniania lub nie na plonowanie i jakość roślin kukurydzy. Doświadczenie założono na glebie płowej wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego, zaliczonej do klasy bonitacyjnej IVb kompleksu żytniego dobrego. Przed rozpoczęciem badań co rok pobrano próbki gleby z 3 warstw 0-30, 30-60 i 60-90 cm i oznaczone odczyn oraz zawartość podstawowych makro i mikroelementów metodą Melicha III.

Rozdział pierwszy stanowi wstęp, w którym Autor zarysowuje problematykę badawczą. wstęp kończy się dobrze sformułowaną hipotezą badawczą. W celu realizacji

postawionej hipotezy autor postawił 5 pytań oraz sformułował 4 cele badawcze umożliwiające opracowanie postawionej hipotezy. Postawiona w sposób prawidłowy hipoteza badawcza stara się rozwiązać istniejące problemy związane z gospodarką azotem przez kukurydzę z jednoczesnym opracowaniem odpowiednich wskaźników, które można będzie wykorzystywać w diagnostyce nawozowej. W rozdziale tym autor zamieścił podrozdział Przegląd literatury, w którym Doktorant omówił problematykę obejmującą najważniejsze zagadnienia wchodzące w zakres badań własnych rozpoczynając od charakterystyki gatunku, aż do wpływu nawożenia na plonowanie i jakość kukurydzy. Rozdział ten obejmuje 22 strony. Według mojej wiedzy Autor prezentuje obecny stan wiedzy oraz dorobek krajowych i licznych zagranicznych ośrodków naukowych związany z tematem dysertacji, dotyczący wyżej wymienionych zagadnień.

drugi rozdział rozprawy obejmuje zawarty na 6 stronach opis przeprowadzonych badań i zastosowanej **metodyki**. W tej części pracy Autor podaje charakterystykę gleby, na której przeprowadzono eksperyment polowy, schemat doświadczenia oraz opis zabiegów agrotechnicznych. Omawiając trzyletnie doświadczenie polowe Autor podaje, że przedplonem w każdym roku była pszenica ozima. Gleba na poszczególnych polach w kolejnych latach badań charakteryzowała się podobną zasobnością w podstawowe składniki pokarmowe. Przeprowadzono badania w dwuczynnikowym doświadczeniu polowe w układzie losowanych bloków w czterech powtórzeniach. Schemat doświadczenia obejmuje 18 wariantów: 3 systemy nawożenia siarką i 6 dawek azotu zastosowane w warunkach bez nawadniania i z nawadnianiem. Rośliną testową była kukurydza odmiany Es Cirrus (FAO 230), którą uprawiano na glebie płowej wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego. We wszystkich latach badań zabiegi agrotechniczne wykonywano zgodnie z wymaganiami dla tego gatunku.

W rozdziale 3 **pomiary i oznaczenia** autor opisuje metody pobrania próbek do badań, metody chemiczne użyte do analiz zawartości wybranych pierwiastków w glebie jak i w roślinie. Dodatkowo w tabeli 2.3 przedstawił jakie w jaki sposób obliczone indeksy gospodarki azotem przez kukurydzę. Opis tego rozdziału wskazuje, że zastosowane metody badawcze są właściwie dobrane z punktu widzenia celów i zakresu proponowanych w pracy badań. Dużą wartością ocenianej pracy jest bardzo szeroki zakres badań laboratoryjnych uwzględniający tak parametry oceniające jakość roślin jak i analizy próbek glebowych z 3 warstw. Autor wykazał należyłą dbałość o zapewnienie statystycznej poprawności wnioskowania poprzez poprawne zaplanowanie eksperymentów.

W odniesieniu do opisu metodycznego mam kilka uwag, które podaję pod rozwagę Autorowi:

- Proponuje aby przy charakterystyce gleby podać jaką metodą oznaczono skład chemiczny gleby. Autor podaje te informacje dopiero w następnym rozdziale.
- W tabeli 2.3 indeksy we wzorach należy sprawdzić i skorygować: pkt 3 jest N_{g65} N_{gr61} , pkt 5 powinno być N_{14} . W opisie dolnej części tabeli winno być po kwitnieniu a nie przed kwitnieniem.
- W opisie obliczeń statystycznych przy przygotowaniu publikacji proponuje rozszerzyć opis o krótką charakterystyką jak oceniano wartości predykcyjne, które są bardzo ważnym elementem tej pracy.
- Brakuje w pracy charakterystyki warunków pogodowych w poszczególnych latach. Autor w dyskusji odnosi się do nich. Np. na str 174 podaje nr tabeli 3.1, której nie ma w tekście.

W rozdziale 4 liczącym 127 stron Doktorant przedstawił wyniki badań. Podzielono go na dwanaście podrozdziałów: 1) pierwszy – opisuje plon ziarna i strukturę plonu w doświadczenie nienawadnianym i nawadnianym; 2) drugi - analizuje wpływ nawożenia na plony biomasy w 3 fazach rozwojowych kukurydzy; 3) trzeci – ocenia zawartość składników pokarmowych w roślinach pobranych w fazie BBCH 14; 4) czwarty – ocenia skład chemiczny liścia podkolanowego na początku kwitnienia; 5) piąty – ocenia skład chemiczny pędu kukurydzy; 6) szósty – analizuje wpływ różnych czynników na skład chemiczny ziarna a siódmy słomy, podrozdziały 8, 9 i 10 oceniają zawartość azotu mineralnego w glebie pobranej w poszczególnych fazach rozwojowych kukurydzy, 11) jedenasty- opisuje wpływ badanych nawozów na akumulację azotu przez kukurydzę a 12) dwunasty – ocenia gospodarkę azotem przez kukurydzę na podstawie wyliczonych wskaźników.

Prezentację wyników Autor przedstawił poprawnie, zarówno pod względem merytorycznym jak i statystycznym. Dokonał starannej, logicznej analizy i interpretacji uzyskanych wyników badań z wykorzystaniem metod statystycznych. Tekst tego rozdziału może być jednak „trudny” dla mniej zorientowanego odbiorcy, co wynika z przyjętej przez Autora analitycznej metody opisywania wyników i dużej ilości danych liczbowych. Interesującym efektem tej pracy jest wyliczenie jak poszczególne badane parametry wpływają na plony i jakość roślin kukurydzy. Autor przedstawił wpływ wybranych parametrów w formie równań co pozwala wykorzystać te wzory w doradztwie nawozowym. Ważnym

osiągnięciem tej pracy jest przedstawienie skali wpływu poszczególnych czynników w formie predykcji.

. W rozdziale 5 **Omówienie i dyskusja wyników** liczącym 30 stron w trzech podrozdziałach (plony, stan odżywienia, bilans azotu) Doktorant dokonał dyskusji uzyskanych wyników szeroko ukazując złożoność tematyki badawczej stanowiącej przedmiot pracy. Dodatkowo w tym rozdziale doktorant przedstawił wybrane wyniki badań w formie zagregowanej co pozwala na wyciągnięcie bardziej ogólnych wniosków. Odniesienie do literatury i dyskusja są trafnie dobrane, co świadczy o dobrym rozpoznaniu przez Autora, tak w literaturze krajowej, jak i międzynarodowej problemu badawczego będącego przedmiotem pracy. Zawiera ona poprawnie przeprowadzoną interpretację badań własnych na tle wyników uzyskanych przez innych autorów. Wszystkie wyniki własnych badań są porównane z danymi literaturowymi. Analiza tego rozdziału wskazuje, że doktorant umiejętnie wykorzystał wiedzę zdobytą w czasie czytania literatury do interpretacji własnych wyników.

W odniesieniu do rozdziału 4 i 5 mam kilka uwag, które podaję pod rozwagę Autorowi:

- Są nieścisłości w podawaniu nr faz rozwojowych zamiast BBCH 14 podawane jest 15 str. 65, a zamiast BBCH 61 65 str 80, 60 wniosek 2
- Str 65 12 wiersz od góry: jest „plon ziarna ogranicza niedobór azotu” myślę, że autor miał na myśli, że wzrastające plony zmniejszają zawartość azotu mineralnego w glebie?
- Str 66 tab.4.9 zawartość azotu nie w % s.m. tylko w g/kg
- Proponuje aby w równaniach podawanych w pracy (w publikacjach) podawać jednostki (N, K podawane jest w kg/kg a Mg w mg) podobnie plon i in. - będą lepiej czytelne.
- Str 249 zał. 4.12 w opisie jest zawartość magnezu powinno być zaw. potasu.

Przedstawione **Wnioski** (w liczbie 14) są uprawnione i wynikają z postawionego celu, analizy wyników oraz z całości opracowania. W mojej opinii wnioski 4 i 10 są mało czytelne i wymagają uściślenia.

Poszczególne rozdziały ściśle się zająbiają i stanowią ciekawe kompendium wiedzy na temat oceny różnych form siarki plonowanie kukurydzy i efektywność azotu na glebie nawadnianej i bez nawadniania. Pod względem metodycznym praca została zrealizowana bardzo dobrze. Analizując wyniki rozprawy doktorskiej ma stwierdzić, że wyniki badań zaprezentowane w recenzowanej pracy:

wskazują, że największy wpływ na plon ziarna miała gęstość ziarniaków i masa 1000 ziaren kukurydzy oraz, że nawożenie siarką w formie siarczanu wapnia poprawia działanie azotu przy niższych dawkach tego składnika;

dowodzą, że azot na obiektach nawadnianych był uruchamiany z gleby głównie od fazy BBCH 14 do BBCH 61 natomiast na obiektach nienawadnianych jeszcze między BBCH 61 do BBCH 89;

pozwalają określić, że faza początku kwitnienia (BBCH 61) kukurydzy najlepiej nadaje się do oceny stanu odżywienia tego gatunku. Dodatkowo stwierdzono, że głównym źródłem azotu dla ziarniaków w kukurydzy nawadnianej był pęd a w nienawadnianej gleba.

Studiując tę bardzo ciekawą dysertację nasunęły mi się następujące sugestie i uwagi, z którymi z obowiązku opiniodawcy chciałbym się podzielić z Doktorantem oraz prosić o wyjaśnienie. Pragnę w tym miejscu podkreślić, że mają one jedynie charakter porządkujący i w żaden sposób nie umniejszają wartości merytorycznej tej pracy:

- ❁ Czy tłumaczy Pan, że składnikiem limitującym plon na obiekcie nienawadnianym jest mangan a na nawadnianym jest miedź str 208.
- ❁ Jaka mogła być przyczyna wyższej zawartości potasu w fazie BBCH 14 w roślinach kukurydzy w 2022 roku w stosunku do pozostałych lat.
- ❁ Czy tłumaczy Pan wyższą zawartość azotu mineralnego na obiektach bez siarki w stosunku do nawożonych siarką na obiektach nienawadnianych Rys.4.43

Wniosek końcowy

Przedstawiona powyżej recenzja rozprawy doktorskiej **mgr inż. Adama Podolskiego** nt. „Reakcja kukurydzy na wzrastające dawki azotu w dwóch systemach nawożenia siarką na tle naturalnych warunków opadowych i deszczowania” zawiera duży materiał eksperymentalny, który został wszechstronnie opracowany z zastosowaniem metod statystycznych i nie budzi zastrzeżeń ani od strony merytorycznej ani pod względem metodyki przeprowadzonych eksperymentów. Analiza uzyskanych wyników badań, przeprowadzona dyskusja, a także trafnie dobrana literatura w całej rozciągłości odpowiadają na postawione cele badawcze. Uzyskane wyniki są wartościowe pod względem naukowym a wykazane niedociągnięcia są stosunkowo łatwe do usunięcia w toku procesu redakcyjnego przygotowującego pracę do publikacji. Uzyskane oryginalne wyniki mają duże znaczenie poznawcze i aplikacyjne. Przeprowadzone badania są istotne dla dyscypliny rolnictwo i

ogrodnictwo, pogłębiają i rozszerzają dotychczasową wiedzę dotyczącą odżywiania kukurydzy głównego gatunku roślin uprawianych w naszym kraju.

Rozprawę doktorską mgr inż. Adama Podolskiego 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 2017 r. poz. 1789 ze zmianami, 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) za oryginalne rozwiązanie problemu badawczego w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo. Wniosuję do Wysokiej Rady Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo **Wydziału Rolnictwa i Bioinżynierii w Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu** o dopuszczenie Pana mgr inż. Adama Podolskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Ze względu na bardzo dobrze i na wysokim poziomie wykonane badania oraz wysokie walory naukowe i praktyczne zawarte w pracy wniosuję do rady dyscypliny o jej wyróżnienie.

Wojciech Stępień

