

Puławy, 05.09.2022 r.

dr hab. Dorota Piкуła, adiunkt  
Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia  
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa  
Państwowy Instytut Badawczy w Puławach  
ul. Czartoryskich 8  
24-100 Puławy

## **Recenzja**

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Pruskiej  
nt. „Wpływ tradycyjnego i punktowego sposobu aplikacji nawozów  
azotowych na rozwój systemu korzeniowego, plon i jakość kukurydzy  
uprawianej na ziarno i kiszonkę”  
wykonanej w Samodzielnym Zakładzie Chemii Rolniczej, Instytutu Rolnictwa  
w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.**

### **Wprowadzenie**

Niniejsza opinia została przygotowana w odpowiedzi na pismo Pana dr hab. Łukasza Uzarowicza, prof. SGGW, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo, Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, z dnia 04.08.2022 roku wraz z informacją, że decyzją Rady Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo SGGW w Warszawie powołano mnie na recenzentkę rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Pruskiej wykonanej pod kierunkiem Pana Prof. dr hab. Wojciecha Stępnia.

### **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 wiodącą rośliną na światowym rynku płodów rolnych. Dynamiczny wzrost powierzchni uprawy kukurydzy w Polsce wynika z dużej jej produktywności i możliwości wszechstronnego użytkowania, 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). W Polsce według GUS powierzchnia kukurydzy uprawianej na ziarno w 2021 roku wyniosła prawie 1 mln ha, co oznacza wzrost o ponad 60 proc. w stosunku do 2020 r. Jednym z głównych czynników plonotwórczych w uprawie kukurydzy jest nawożenie azotem, które wpływa nie tylko na wielkość plonu, ale i jego jakość. Racjonalne nawożenie kukurydzy azotem obejmuje właściwy dobór nawozu, ustalenie dawki nawozu, terminu i technologii jego zastosowania. 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 uniemożliwiać wykorzystanie potencjału produkcyjnego kukurydzy, co przekłada się na niższe plony.

Dynamiczny postęp w zakresie nowych nawozowych technik rolniczych stwarza nowe możliwości poprawy efektywności tego zabiegu poprzez precyzyjną aplikację nawozów, bezpośrednio pod pojedynczą roślinę, zwłaszcza, że wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych w Polsce jest niezadawalające. Według IUNG-PIB oscyluje ono między 50 a 60 %. Badania naukowe dotyczące roślin uprawnych powinny zatem wyprzedzać zmiany w nawożeniu i technice rolniczej i dostarczać nowej wiedzy, które umożliwi ich implementację w praktyce.

Przedmiotem pracy doktorskiej jest ocena wpływu wglębnego nawożenia mineralnego na rozwój systemu korzeniowego, plon i jakość kukurydzy uprawianej na ziarno i kiszonkę w porównaniu do tradycyjnej powierzchniowej aplikacji nawozów. W badaniach wykorzystano nowy nawóz o roboczej nazwie UreaPhoS(Micro). Cel pracy realizowano w oparciu o trzy dwuletnie doświadczenia wegetacyjne: wazonowe w rizoboksach, mikropoletkowe i polowe. Celem pierwszego była ocena rozwoju systemu korzeniowego i ustalenie optymalnej głębokości aplikacji nowego nawozu. W drugim doświadczeniu przeprowadzono ocenę plonu oraz jakości roślin kukurydzy. Trzecie doświadczenie polowe łąkowe obejmowało ocenę działania nowego nawozu zastosowanego w technologii aplikacji pasowej w porównaniu do tradycyjnej uprawy płużnej. Zatem przeprowadzenie kompleksowych badań dotyczących wpływu wglębnej aplikacji nawozów azotowych uważam za aktualne i bardzo interesujące, zwłaszcza w kontekście ich efektywności oraz odżywiania roślin, jak również skutków środowiskowych.

Podjęty przez Autorkę pracy problem badawczy, związany z oceną wpływu tradycyjnego i punktowego sposobu aplikacji nawozów azotowych na rozwój systemu korzeniowego, plon i jakość kukurydzy uprawianej na ziarno i kiszonkę, jest uzasadniony zarówno ze względów poznawczych jak i praktycznych.

## 2. Formalna analiza rozprawy

Przedstawiona do oceny praca doktorska ma typowy układ dla opracowań, opartych na wynikach badań eksperymentalnych. Jest opracowaniem liczącym 106 stron łącznie z literaturą, spisem tabel oraz opisem rycin. Literatura obejmuje 213 pozycji, w tym 58 % to opracowania obcojęzyczne. W pracy Autorka zamieściła 30 tabel, 15 rycin oraz 1 stronę Spisu stosowanych skrótów.

Tytuł pracy jest komunikatywny i kompatybilny z treścią recenzowanej dysertacji. Układ pracy Autorka opracowała w sposób logiczny z zachowaniem właściwych proporcji między rozdziałami, który odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim.

Zasadniczą treść opracowania przedstawiono w następujących rozdziałach: **Wstęp, Cel pracy, Przegląd literatury, Materiały i metody, Wyniki i dyskusja, Wnioski, Literatura, Spis tabel, Spis rycin**. Poszczególne rozdziały pracy uzupełniają się i stanowią kompendium wiedzy na temat technologii uprawy kukurydzy uprawianej na ziarno i kiszonkę z uwzględnieniem tradycyjnej i punktowej aplikacji nawozów mineralnych w kontekście oceny efektywności nawożenia i plonowania kukurydzy w stosunku do tradycyjnej aplikacji powierzchniowej. Praca napisana jest na ogół poprawnym językiem, a przedstawione w niej zagadnienia zostały omówione wyczerpująco. Na podkreślenie zasługuje staranne opracowanie wyników badań w formie tabel i rycin.

## 3. Merytoryczna analiza pracy

Doktorantka w latach 2013–2015 w ramach projektu badawczego NCBiR „AZOMAS” przeprowadziła badania, na podstawie których dokonała kompleksowej oceny tradycyjnego i punktowego sposobu aplikacji nawozów azotowych na rozwój systemu korzeniowego, plon i jakość kukurydzy uprawianej na ziarno i kiszonkę. Już we **Wstępie i Celu Pracy** Autorka wprowadza czytelnika w temat pracy i formułuje cel główny i cele szczegółowe, oraz podaje hipotezę badawczą. Są one wielowątkowe, sformułowane logicznie i przejrzyste oraz korespondują z tematem pracy zawartym w tytule. Dotyczą weryfikacji wpływu wglębnego nawożenia mineralnego na rozwój systemu korzeniowego, plon i jakość kukurydzy uprawianej na ziarno i kiszonkę w porównaniu do tradycyjnej powierzchniowej aplikacji nawozów. Ponadto Pani mgr inż. Katarzyna Pruska oceniła wpływ stosowanego nawożenia na dynamikę nagromadzania biomasy i składników mineralnych przez kukurydzę ziarnową i kiszonkową, ich dystrybucji do części nadziemnych i korzeni. W rozdziale **Przegląd literatury** Doktorantka omawia aktualny stan badań odnośnie zagadnień wchodzących w zakres badań własnych, jasno

i jednoznacznie implikując ich aktualność i potrzebę wglębnej aplikacji nawozów azotowych. Wskazuje na konieczność stosowania w produkcji kukurydzy uprawianej na ziarno i kiszonkę technologii zwiększających efektywność nawożenia, z uwzględnieniem nawozów o spowolnionym działaniu. Zestawia wiedzę literaturową polską i zagraniczną na temat znaczenia gospodarczego kukurydzy, uwarunkowań produkcji kukurydzy w Polsce, jej potrzeb pokarmowych oraz różnych technik aplikacji nawozowych, a zwłaszcza technologii nawożenia CULTAN w kontekście wymagań pokarmowych, dynamiki pobierania składników odżywczych oraz wielkości i jakości plonu kukurydzy. Omawia także wpływ zasobności gleby w składniki mineralne na rozwój systemu korzeniowego kukurydzy. Według mojej wiedzy Autorka prezentuje obecny stan wiedzy oraz dorobek krajowych i licznych zagranicznych ośrodków naukowych związany z tematem dysertacji, dotyczący wyżej wymienionych zagadnień.

Autorka w rozdziale **Materiały i metody** opisała szerokie spektrum przeprowadzonych badań i zastosowanej metodyki. Dokładnie podaje opis zastosowanych metod chemicznych oraz omawia przeprowadzone doświadczenia. Autorka przedstawia charakterystykę gleby, na której przeprowadzono eksperymenty, schematy doświadczenia oraz opis zabiegów agrotechnicznych i daty poszczególnych faz rozwojowych kukurydzy. Przeprowadziła dwuletnie doświadczenie wazonowe w rizoboksach, w którym dokonała analizy rozwoju systemu korzeniowego metodą skaningu komputerowego. Przeprowadziła również 2-letnie doświadczenie mikropoletkowe oraz 2-letnie doświadczenie polowe, w trakcie których badała wpływ dawki oraz głębokości umieszczania nawozów w glebie na plon kukurydzy w warunkach zbliżonych do naturalnych (mikropoletka założone w kamionkach) oraz oceniła efekty produkcyjne nowej technologii nawożenia i siewu kukurydzy w doświadczeniach łanowych. Przetestowała następujący nawóz: i) UreaPhoS(Micro) (duże granule o średnicy 8-10 mm), ii) UreaPhoS(Micro) (małe granule o średnicy 2-5 mm).

Rośliną testową była kukurydza średnio wczesnej odmiany SL Magello, którą uprawiano ziarno i na kiszonkę, na glebie zaklasyfikowanej do grupy granulometrycznej piasku gliniastego lekkiego. We wszystkich latach badań zabiegi agrotechniczne wykonywano zgodnie z wymaganiami dla tego gatunku. Autorka wykazała należytą dbałość o zapewnienie statystycznej poprawności wniosku poprzez poprawne zaplanowanie eksperymentów.

**W odniesieniu do opisu metodycznego mam następujące uwagi, które podaję pod rozwagę Autorce:**

- W rozdziale 4.1 Materiał badawczy

Zamiast użytego sformułowania „Wśród pierwiastków wchodzących w skład nawozu stwierdzono...” powinno się użyć sformułowania: W badaniach zastosowano nawóz w postaci dużych i małych granul, o średnicy odpowiednio 8-10 mm i 2-5 mm (Ryc. 4).o następującym składzie pierwiastków... (str.34).

- W rozdziale 4.2. Metodyka badań należałoby podać w nawiasach lata badań (str.35).
- W tabeli 3. Schemat kombinacji nawozowych w doświadczeniu mikropoletkowym powinno się stosować pojęcie: wielkość głównej dawki nawozów azotowych ( $\text{g} \cdot \text{kamionka}^{-1}$ ) zamiast wysokość głównej dawki nawożenia azotowego (str.40).
- W rozdziale 4.2.3. Doświadczenia polowe powinno się użyć sformułowania: Oznaczono ich masę, a nie zważono ich masę (str.43).
- W tabeli 4. Odczyn, zawartość przyswajalnego fosforu oraz kationów wymiennych w glebie przed założeniem doświadczeń, w kolumnie Dawki azotu w  $\text{kg/ha}$  należałoby podać dawki lub wprowadzić opis poziomy/obiekty nawożenia azotem. Należy stosować prawidłowe jednostki, np.  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  (str.45).

Zasadniczą część pracy stanowi rozdział **Wyniki i dyskusja**, który został opracowany na podstawie uzyskanych rezultatów z przeprowadzonych eksperymentów. Podzielono go na trzy główne podrozdziały: i) pierwszy - prezentuje statystyki opisowe oceny zróżnicowanej dawki i głębokości umieszczenia dawki podstawowej nawozu oraz miejsca aplikacji dawki startowej nawozu na wzrost i rozwój części nadziemnej i korzeni roślin kukurydzy w doświadczeniu wazonowym; ii) drugi - analizuje w warunkach zbliżonych do naturalnych, wpływ aplikacji dawki podstawowej nawozu w sposób punktowy, wglębny z zastosowaniem dużych granul nowego nawozu UreaPhoS(Micro) oraz aplikacji rzutowej z zastosowaniem mocznika. W tym podrozdziale oceniono także zasadność stosowania dawki startowej nawozu; iii) trzeci – weryfikuje w badaniach polowych oddziaływanie wzrastających dawek nawożenia ( $80, 120, 160 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) oraz sposobu aplikacji nawozu (powierzchniowo, wglębnie) na dynamikę nagromadzania suchej masy i składników mineralnych przez kukurydzę uprawianą na ziarno oraz kukurydzę uprawianą na kiszonkę. Podrozdział zawiera także ocenę plonu końcowego, efektywność nawożenia i jego jakość. Prezentację wyników Autorka przedstawiła poprawnie, zarówno pod względem merytorycznym jak i statystycznym. Dokonała starannej, logicznej analizy i interpretacji uzyskanych wyników badań z wykorzystaniem metod statystycznych. Należy podkreślić, że dobór materiału analitycznego oraz zastosowane metody

chemiczne i statystyczne świadczą o dobrym opanowaniu przez Doktorantki nowoczesnego warsztatu badawczego. Ponadto Doktorantka w umiejętny sposób konfrontuje wyniki badań własnych z rezultatami innych autorów i dotychczasowym stanem wiedzy. W tej części pracy powołuje się na 83 publikacje naukowe, tj. około 39 % podanych w Spisie literatury. Rozdział ten napisany jest dobrze. Na uwagę zasługuje również czytelna konstrukcja tabel i rycin, co przenosi się na łatwe śledzenie zawartych w nich informacji.

Przedstawione **Wnioski** (w liczbie 13) są uprawnione i wynikają z postawionego celu, analizy wyników oraz z całości opracowania. W mojej opinii są jednak zbyt szczegółowe i wymagają dopracowania oraz przerehabilitacji w czasie przygotowywania pracy do druku. Należy jednak wyraźnie podkreślić, że Autorka udokumentowała na podstawie przeprowadzonych badań, iż stosowanie wglębnej aplikacji nawozów mineralnych w uprawie kukurydzy zwiększa plony oraz poprawia efektywność nawożenia, w stosunku do tradycyjnego nawożenia powierzchniowego.

W rozdziale **Literatura** powtarza się pozycja literatury: Kulczycki G. 2004 (pozycja 102 i 104 str. 94).

Studiując tę ciekawą dysertację nasunęły mi się następujące sugestie i uwagi, z którymi z obowiązku opiniodawcy chciałbym się podzielić z Doktorantką 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:

- **po pierwsze:** Przeprowadziła Pani badania wazonowe w rizoboksach, mikropoletkowe, polowe. Które w Pani opinii były najtrudniejsze i najbardziej pracochłonne w testowaniu nowego nawozu UreaPhoS(Micro)?
- **po drugie:** Czym może Pani wytłumaczyć zasadność stosowania startowej dawki nawożenia w kukurydzy? Zakładała Pani doświadczenia z obiektami z aplikacją z ziarniakami dawki startowej w postaci granul małych nawozu UreaPhoS(Micro).
- **po trzecie:** Proszę ustosunkować się, czym można wytłumaczyć spektakularne różnice w nagromadzeniu biomasy przez kukurydzę nawożoną nowym nawozem UreaPhoS(Micro) w fazie IV?
- **po czwarte:** Optymalne dawki nawożenia kukurydzy azotem mieszczą się w przedziale od 90 do 150 kg N·ha<sup>-1</sup>, a średnie plony ziarna kukurydzy pod wpływem nawożenia azotem wzrastają regularnie do dawki 150 kg N·ha<sup>-1</sup>. Zaś po przekroczeniu optymalnej dawki 150 kg N·ha<sup>-1</sup> następuje załamanie plonu ziarna kukurydzy. Czy w badaniach własnych zaobserwowała Pani taki trend?

- **po piąte:** W początkowym okresie rozwoju kukurydzy (4 liście) korzenie kukurydzy sięgają około 15 cm do 20 cm w głąb gleby. Czy zatem punktowa aplikacja azotu sprawdza się w okresie suszy? Taka sytuacja wytyępiła w Pani badaniach w 2015 roku, który charakteryzował się niedoborem wody.

W podsumowaniu pragnę nadmienić, że treść rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Katarzyny Pruskiej kwalifikuje Kandydatkę do ubiegania się o stopień doktora nauk rolniczych w Dyscyplinie Rolnictwo i Ogrodnictwo.

#### **4. Wniosek końcowy**

Reasumując, przedłożona mi do oceny dysertacja jest wartościowym opracowaniem o walorach poznawczych i aplikacyjnych, których nie umniejszają uwagi zawarte w powyższej recenzji. Doktorantka w przeprowadzonych badaniach potwierdziła, że nowy nawóz UreaPhoS(Micro) charakteryzuje się spowolnionym uwalnianiem składników pokarmowym dostosowanym do zapotrzebowania kukurydzy. Dzięki temu nowa metoda nawożenia kukurydzy nie tylko nie obniża wartości użytkowej tak kiszonki jak i ziarna kukurydzy, ale zwiększając zawartość azotu, siarki cynku i miedzi prowadzi do poprawy jakości plonu. Tym samym stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani mgr inż. Katarzyny Pruskiej pt.: „Wpływ tradycyjnego i punktowego sposobu aplikacji nawozów azotowych na rozwój systemu korzeniowego, plon i jakość kukurydzy uprawianej na ziarno i kiszonkę” wykonana pod kierunkiem Prof. dr hab. Wojciecha Stępnia spełnia warunki określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 r. nr 65 poz. 595 z późn. zm.). W związku z powyższym przedkładam Przewodniczącemu Rady Naukowej Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo – Instytutu Rolnictwa Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie wniosek o dopuszczenie mgr inż. Katarzyny Pruskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie z uwagi na zawarte w pracy elementy nowatorskie, szeroki zakres badań, wkład w rozwój dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo, dużą wartość poznawczą i użyteczną rozprawy doktorskiej wnioskuję o jej wyróżnienie.

Dorota Pikuła