

Siedlce, 12 grudnia 2022r.

Dr hab. Beata Kuziemska, prof. uczelni  
Instytut Rolnictwa i Ogrodnictwa  
Wydział Agrobiotechnologii i Nauk o Zwierzętach  
UPH w Siedlcach

### **Ocena**

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Łukasza Bińka**  
**pt. „Wpływ drugoplanowych składników mineralnych na efektywność azotu w**  
**kukurydzy na tle nawożenia siarczanem wapnia ”**  
**wykonanej w Katedrze Chemii Rolnej i Biogeochemii Środowiska**  
**na Wydziale Rolnictwa, Ogrodnictwa i Bioinżynierii**  
**Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu**  
**Promotor: dr hab. Jarosław Potarzycki, prof. UPP**  
**Promotor pomocniczy: dr hab. Witold Szczepaniak, prof. UPP**

#### **1. Wprowadzenie**

Niniejsza recenzja została przygotowana w odpowiedzi na pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Pana prof. dr hab. Andrzeja Bleharczyka wraz z informacją, że decyzją Rady Wydziału Rolnictwa i Bioinżynierii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu z dnia 15 kwietnia 2016 roku zostałam powołana na opiniodawcę w przedmiotowej sprawie.

#### **2. Ocena problematyki badawczej pracy**

W skali globalnej ziarna zbóż są najważniejszym źródłem składników pokarmowych dla człowieka. Wynika to zarówno ze spożycia bezpośredniego, jak i pośredniego, rozumianego jako wykorzystanie w formie paszy dla zwierząt gospodarskich. Kukurydza jest zaliczana do najważniejszych zbóż paszowych na świecie. Stanowi cenne źródło surowca dla przemysłu spożywczego, spirytusowego i chemicznego oraz doskonałą paszę dla zwierząt. Dynamicznie rozwijającym się kierunkiem wykorzystania kukurydzy jest również jej przeznaczenie na cele

energetyczne. W okresie ostatniego dwudziestolecia produkcja kukurydzy w skali globalnej wzrosła dwukrotnie. W Polsce w 2021 roku powierzchnia zasiewów tego gatunku przekroczyła 1,7 miliona hektarów i była o 20% wyższa niż w roku poprzednim. Kukurydza należy do roślin o umiarkowanych wymaganiach glebowych i wykazuje silną reakcję na nawożenie mineralne i organiczne. Podstawą dobrego plonowania kukurydzy jest odpowiednie nawożenie azotem i optymalne wykorzystanie tego pierwiastka. Efektywność nawożenia kukurydzy tym składnikiem pokarmowym zależy od wielu czynników, wśród których wymienia się między innymi: dawki i formę zastosowanych nawozów, odczyn i aktywność biologiczną gleby oraz ilość opadów. Przy omawianiu efektywności azotu nie należy pominąć też roli drugoplanowych składników mineralnych (siarki, magnezu i wapnia), gdyż pierwiastki te kształtują dynamikę jego pobierania z gleby.

W związku z powyższym podjęcie przez Pana mgr inż. Łukasza Bińka badań dotyczących wpływu drugoplanowych składników mineralnych na efektywność wykorzystania azotu przez kukurydzę na tle nawożenia siarczanem wapnia, należy uznać za interesujące, aktualne i jednocześnie nowatorskie. Wybór tematu recenzowanej pracy jest moim zdaniem w pełni uzasadniony, a uzyskane wyniki mogą być istotne zarówno z poznawczego jak i użytkowego punktu widzenia.

### **3. Formalna ocena pracy**

Przedłożona do oceny praca obejmuje 151 stron maszynopisu, w tym 37 tabel, 63 ryciny i 4 fotografie zamieszczone w tekście pracy. Wykaz piśmiennictwa stanowią 203 pozycje, w większości obcojęzyczne oraz stosowne akty prawne. Przed właściwym tekstem dysertacji zamieszczono streszczenie w języku polskim i angielskim. Zasadnicza część rozprawy doktorskiej została przedstawiona w 7 następujących rozdziałach, z licznymi podrozdziałami: 1. Wstęp (2 podrozdziały I rzędu); 2. Przegląd literatury (6 podrozdziałów I rzędu); 3. Metodyka badań (6 podrozdziałów I rzędu i 8 II rzędu); 4. Omówienie wyników (3 podrozdziały I rzędu i 12 II rzędu); 5. Dyskusja; 6. Wnioski i stwierdzenia; 7. Literatura. Kolejne rozdziały pracy ściśle się ze sobą łączą, tworząc logiczną całość. Świadczy to o przemyślanej koncepcji opracowania, które w przedłożonej formie stanowi bardzo ciekawe kompendium wiedzy na temat wpływu drugoplanowych składników mineralnych (Ca, Mg i S) oraz zróżnicowanych dawek azotu stosowanych na tle siarczanu wapnia na efektywność azotu, która warunkuje realizację potencjału plonotwórczego kukurydzy. Na wysoką ocenę zasługuje obszerny i dobrze zredagowany przegląd piśmiennictwa oraz starannie przygotowane tabele i ryciny, które rzutują na przejrzystość pracy. Godne podkreślenia jest też zastosowanie przy

opracowywaniu wyników analizy ścieżek, która jest zaawansowaną metodą statystyczną i stanowi rozszerzenie modelu wielokrotnej regresji.

#### 4. Merytoryczna ocena pracy

Doktorant przeprowadził trzyletnie doświadczenie polowe. W każdym roku badań rośliną testową była kukurydza odmiany ES Fortran (FAO 210-220), którą uprawiono po przedplonie z kukurydzy. Doświadczenie przeprowadzono na glebie płowej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego, Gleba miała odczyn kwaśny (pH w mol·dm<sup>-3</sup> KCl 4,58) i charakteryzowała się średnią zawartością przyswajalnego fosforu oraz niską zawartością przyswajalnego potasu i magnezu. Zawartość węgla organicznego kształtowała się na poziomie 4,5 g·kg<sup>-1</sup> gleby.

Badania przeprowadzono w układzie trzyczynnikowym (split-split-plot), w trzech powtórzeniach. Wielkość poletka wynosiła 40 m<sup>2</sup>.

W schemacie doświadczenia uwzględniono następujące czynniki:

- I. Stosowanie siarczanu wapnia :
  1. bez siarczanu wapnia;
  2. z siarczanem wapnia.
- II. Rodzaj nawozu azotowego:
  1. nawóz zawierający tylko azot;
  2. nawóz zawierający oprócz azotu także Ca i Mg;
  3. nawóz zawierający oprócz azotu także Ca, Mg i S.
- III. Dawka azotu:
  1. 0 (bez aplikacji azotu);
  2. 60 kg N·ha<sup>-1</sup>;
  3. 120 kg N·ha<sup>-1</sup>;
  4. 180 kg N·ha<sup>-1</sup>.

Siarczan wapnia wprowadzono do gleby wczesną wiosną, około 4-5 tygodni przed siewem kukurydzy, w formie nawozu AgroSulca w dawce 500 kg·ha<sup>-1</sup>. Pozostałe nawozy stosowano bezpośrednio przed siewem kukurydzy. Nośnikami azotu były: saletra amonowa (N), CAN 27 (N+CaMg) i Sulfan (N+CaMg+S). Na wszystkie poletka (włącznie z kontrolą) przedsięwzięcie stosowano nawozy fosforowe i potasowe w dawkach wynoszących odpowiednio 70 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>·ha<sup>-1</sup> (w formie superfosfatu wzbogaconego) oraz 140 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup> (w formie soli potasowej 60%).



W każdym roku badań w glebie na której przeprowadzono doświadczenie polowe oznaczono odczyn w 1M KCl, zawartość fosforu i potasu w formach przyswajalnych metodą Egnera-Riehma oraz zawartość magnezu przyswajalnego metoda Schachtschabela. Ponadto każdego roku w świeżych próbkach gleby oznaczono zawartość azotu mineralnego (test  $N_{min}$ ) metodą kolorymetrii przepływowej na urządzeniu FIAstar5000 po wcześniejszej ekstrakcji prób roztworem 0,01 M  $CaCl_2$  (stosunek roztwór/gleba 5:1).

Próbki materiału roślinnego, w każdym roku badań, pobierano w trzech stadiach rozwojowych:

- 5 liści (BBCH 15)
- pełni kwitnienia (BBCH 65)
- zbioru (BBCH 89)

W materiale roślinnym oznaczono:

- zawartość azotu ogółem metodą Kjeldahla po wcześniejszej mineralizacji próbek „na mokro” w stężonym kwasie siarkowym (VI) w obecności katalizatora ( $CuSO_4 + K_2SO_4$ );
- zawartość magnezu, miedzi, cynku, manganu i żelaza metodą ASA oraz potasu i wapnia metodą fotopłomieniową po wcześniejszej mineralizacji próbek „na sucho” w piecu muflowym w temperaturze ok. 600 °C i rozpuszczeniu popiołu w rozcieńczonym kwasie azotowym (V).

Ponadto w liściu podkolbowym w stadium BBCH 65 oraz w biomacie w stadium BBCH 15 określono indeks zieloności liścia (SPAD) z wykorzystaniem N-testera firmy Yara.

Na podstawie uzyskanych wyników wyliczono:

- w okresie zbioru (BBCH 89): indeks ziarna i kolb, akumulację i indeksy azotu, wskaźniki efektywności azotu (efektywność agronomiczną, efektywność fizjologiczną, wskaźnik efektywności, współczynnik wykorzystania);
- w okresie kwitnienia (BBCH 65): indeks łodyg, liści i kolb, akumulację i indeksy akumulacji azotu, indeksy DRIS i sumę bezwzględną w liściu podkolbowym (N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, Fe);
- w stadium 5 liści (BBCH 15): akumulację makroelementów - N, P, K, Ca, Mg oraz mikroelementów- Zn, Cu, Mn i Fe.

Opracowując wyniki posłużono się analizą ścieżkową w oparciu o program STAT\_LK®. Do oceny stanu odżywienia roślin w okresie kwitnienia (stadium BBCH 65) zastosowano metodę Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). Zestawienie i opracowanie

graficzne wszystkich wyników pierwotnych oraz analizę regresji wykonano z wykorzystaniem arkusza kalkulacyjnego EXCEL®.

Doświadczenie wykonano w układzie trzyczynnikowym, lecz w analizie wariancji oprócz czynników doświadczalnych uwzględniono także zmienność w latach (czwarty czynnik). Analizę korelacji oraz wariancji wykonano w programie Statistica 10®, a różnice oszacowano testem Tukeya.

Należy podkreślić, że zastosowana metodyka świadczy o dobrym opanowaniu przez Doktoranta warsztatu badawczego.

Pan mgr inż. Łukasz Biniek już w dwóch pierwszych rozdziałach – „Wstęp” i „Przegląd literatury” wprowadził w tematykę podjętych badań implikując ich aktualność, w tym wzrastające znaczenie kukurydzy w zapewnieniu bezpieczeństwa żywnościowego świata oraz potrzebę stosowania składników drugoplanowych w jej nawożeniu. W pierwszym rozdziale Autor przedstawił ponadto dwie hipotezy badawcze oraz trzy cele badań, które w mojej opinii należy nieco uściślić i zweryfikować. Wyniki badań własnych zostały przez Doktoranta przedstawione w rozdziale 4, który jest najobszerniejszą częścią dysertacji. Rozdział ten jest napisany w sposób uporządkowany i logiczny. Świadczy to pozytywnie o umiejętnościach opracowywania i przedstawiania wyników jakie Autor posiada. Dyskusja uzyskanych wyników przedstawiona w rozdziale 5, na 22 stronach maszynopisu jest dogłębna, z wykorzystaniem dostępnej literatury, chociaż wymaga drobnej korekty i odniesienia do pozycji literatury polskiej i światowej z ostatniego dziesięciolecia. Doktorant przeprowadził w niej interesujące porównanie wyników badań własnych z uzyskanymi przez innych Autorów i wykazał między innymi, cyt. „że zarówno stosowanie siarczanu wapnia jak i nawozów azotowych z dodatkiem wapnia, magnezu i siarki prowadziło do istotnego zwiększenia wykorzystania azotu, efektywności agronomicznej oraz wskaźnika efektywności”.

#### **Wyniki badań w zaprezentowanej pracy :**

- **dowodzą**, że w glebie o odczynie kwaśnym, niskiej zawartości węgla w związkach organicznych oraz potasu i magnezu przyswajalnego jednym z warunków realizacji potencjału kukurydzy okazała się aplikacja składników drugoplanowych w formie siarczanu wapnia i nawozów azotowych wzbogaconych w wapń, magnez i siarkę;
- **pozwalają stwierdzić**, że przewidziane zastosowanie siarczanu wapnia spowodowało zwiększenie plonu ziarna kukurydzy;



- **wskazują**, że reakcja kukurydzy na poziom nawożenia azotem była determinowana przez warunki wilgotnościowe w okresie wegetacji;
- **dowodzą**, że aplikacja siarczanu wapnia i nawozów azotowych z pełnym pakietem składników drugoplanowych skutkowałą zwiększeniem akumulacji azotu w ziarnie;
- **pozwalają stwierdzić**, że zbilansowanie składników drugoplanowych jest jednym z determinantów warunkujących efektywne wykorzystanie azotu z nawozów;
- **świadczą**, że predykcji plonu ziarna kukurydzy można dokonać w oparciu o zawartość azotu i magnezu w liściu podkolbowym w stadium BBCH 65, indeksy DRIS dla tych pierwiastków, a także wartości indeksu SPAD.

Zasadniczą część rozprawy zamyka rozdział szósty - „Wnioski i stwierdzenia”, które są równoczesną odpowiedzią na postawione cele pracy, jednak w mojej opinii są zbyt szczegółowe i wymagają przerehabilitacji podczas przygotowywania rozprawy do druku.

Studiując tę ciekawą dysertację pozbawioną poważniejszych uchybień nasunęły mi się nieliczne pytania i uwagi, które z obowiązku opiniodawcy chciałabym przekazać Doktorantowi:

### **Rozdział 1. Wstęp**

- W podrozdziale „Hipoteza badawcza i cele pracy” przedstawiono dwie hipotezy badawcze. W mojej opinii powinno się pozostawić tylko hipotezę alternatywną cyt. „Składniki drugoplanowe (Ca, Mg i S) wprowadzone do gleby z nawozami są czynnikiem określającym efektywność azotu, jako warunku realizacji potencjału plonotwórczego kukurydzy”.
- Uważam ponadto, że cele badań też wymagają drobnej korekty dotyczącej wpływu badanych w doświadczeniu czynników na plon kukurydzy (cel 2).

### **Rozdział 2. Przegląd literatury**

- W rozdziale tym, jak też w dyskusji na podstawie danych literaturowych Autor szczegółowo omawia toksyczny wpływ kationu  $Al^{3+}$  na rośliny oraz możliwości jego ograniczenia - cyt. ”Gdy odczyn gleby spada poniżej pH 4.5-5.0, glin będzie dostępny głównie w formie fitotoksycznej ( $Al^{3+}$ ) – znajdującej się w roztworze glebowym. Toksyczność glinu, jest jednym z najpoważniejszych ograniczeń produkcji roślinnej na glebach kwaśnych całego świata. Jednym z kierunków badań nad ograniczeniem toksyczności glinu dla roślin uprawnych jest ocena możliwości wprowadzenia do gleby

związków chemicznych zmniejszających mobilność kationów glinu. Jednym z takich związków jest gips, ściślej dwuwodny siarczan wapnia ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )”.

Czy wobec powyższego nie byłoby celowym oznaczenie w glebie zawartości glinu ruchomego (metoda Sokołowa), zarówno przed założeniem doświadczenia jak i w kolejnych latach badań (obiekty bez siarczanu wapnia i po jego aplikacji) ?

### **Rozdział 3. Metodyka badań**

- W tabeli III.2 Autor przedstawił dopływ do gleby składników drugoplanowych zależnie od wariantu nawożenia. Pewne moje obawy budzi stosunkowo duża ilość siarki wprowadzona do gleby w wariacie z siarczanem wapnia i N+Ca+Mg+S. Proszę o krótkie wyjaśnienie.
- W tabeli III.3 Autor podał odczyn gleby i jej zasobność w składniki mineralne w kolejnych latach badań. Uważam, że zamiast słowa odczyn, który może być kwasowy, zasadowy i obojętny należy użyć sformułowania wartość pH (w tabeli podano wartość liczbowa).
- Czy w glebie oznaczono zawartość azotu ogółem i obliczono stosunek C:N, którego wartość pozwala prześledzić przemiany materii organicznej?
- Proszę podać metodę oznaczania zawartości fosforu w materiale roślinnym.

### **Rozdział 4. Omówienie wyników**

- Omawiając dane zamieszczone w tabeli IV.2 Struktura plonu kukurydzy, Autor stwierdził cyt. „Struktura plonu kukurydzy obejmuje liczbę ziarniaków w kolbie będącą wypadkową liczby rzędów i ziarniaków w rzędzie, oraz masę tysiąca ziarniaków. Wszystkie analizowane komponenty plonu wykazały zmienność w latach, przy czym w każdym przypadku największe wartości stwierdzono w roku 2012”. Z analizy danych zawartych w cytowanej tabeli wynika, że największą masę 1000 ziarniaków uzyskano nie w 2012 roku ale w ostatnim roku badań (2014 rok).

### **Rozdział 5. Dyskusja**

- W mojej opinii jest ona zbyt rozbudowana (22 strony maszynopisu), a w niektórych jej fragmentach Pan mgr inż. Łukasz Biniek obszernie omawia wyniki badań innych Autorów, zamiast porównywać je z wynikami badań własnych.

## **Rozdział 6. Wnioski i stwierdzenia**

Generalnie sformułowane wnioski w pełni odzwierciedlają treść rozprawy i badane zagadnienia, jednak w mojej opinii są zbyt szczegółowe dlatego proponuję:

- połączyć wniosek 3 i 4 oraz 6 i 7;
- wnioski 2,11,14 i 18 skrócić;
- wniosek 9 pominąć.

### **Pozostałe uwagi o charakterze redakcyjnym:**

- Rycina III.2 została podpisana przez Autora cyt. "Sumy opadów w sezonach wegetacyjnych 2012-2014 na tle wielolecia (opracowanie własne na podstawie danych ze Stacji Meteorologicznej UPP w Złotnikach)". W mojej opinii rycina przedstawia zmiany temperatury. Bardzo proszę o poprawę.
- Rycina V.2 Masa 1000 ziarniaków (MTZ) zależnie od dawki azotu, w latach badań powinna mieć numer V.3.
- W spisie literatury Autor zamieścił pozycję, której nie cytuje w tekście pracy -pozycja 61. GUS 2020.
- W pracy występują nieliczne błędy redakcyjne (najczęściej występujące to podwójne spacje, oraz złe złamanie tekstu), które naniesiono na maszynopisie.

**Wymienione wyżej uwagi mają przeważnie charakter redakcyjny, w niczym nie umniejszają dużej wartości naukowej pracy i łatwo mogą być usunięte w czasie jej przygotowywania do druku.**

## **5. Wniosek końcowy**

Rozprawę doktorską Pana magistra inżyniera Łukasza Bińka oceniam bardzo wysoko. Doktorant wykazał się bardzo dobrą znajomością piśmiennictwa, umiejętnością prowadzenia badań i ich opracowaniem statystycznym oraz precyzyjnym myśleniem. W mojej opinii praca jest efektem pracowitych badań i niesie ze sobą cenne informacje poznawcze i uzasadnione wskazówki praktyczne.

Stwierdzam, że przedstawiona do oceny praca pt. „**Wpływ drugoplanowych składników mineralnych na efektywność azotu w kukurydzy na tle nawożenia siarczanem wapnia**” w pełni odpowiada wymaganiom określonym w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach



i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule z zakresu sztuki (Dz. Ustaw Nr.65 poz.595 z późniejszymi zmianami). Na tej podstawie wnoszę do Wysokiej Rady Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu o dopuszczenie Pana magistra inżyniera Łukasza Bińka do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Jednocześnie, biorąc pod uwagę wysoki poziom oraz potencjał praktyczny recenzowanej rozprawy, wnioskuję o jej wyróżnienie.

*Beata Jusiemska*