

Poznań, 28.10. 2024 rok

Prof. UPP dr hab. inż. **Piotr Stachowski**

Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Gospodarki Przestrzennej

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,

Poznań, ul. Piątkowska 94, 60-649,

Tel. (61) 846 64 26,

piotr.stachowski@up.poznan.pl

Motto:

*Wpatrz się głęboko, głęboko w przyrodę, a wtedy
wszystko lepiej zrozumiesz.*

(Albert Einstein)

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. Remigiusza Kledzika

pt.

OCENA EFEKTYWNOŚCI DESZCZOWANIA, NAWOŻENIA AZOTOWEGO ORAZ ICH INTERAKCJI W UPRAWIE JĘCZMIENIA JAREGO W ASPEKTCIE POPRAWY PRZYDATNOŚCI SŁODOWNICZEJ ZIARNA

wykonanej w *Pracowni Melioracji i Agrometeorologii*
na Wydziale Rolnictwa i Biotechnologii Politechniki Bydgoskiej
im. *Jana i Jędrzeja Śniadeckich* w Bydgoszczy

DZIEDZINA: NAUKI ROLNICZE

DYSCYPLINA: ROLNICTWO I OGRODNICTWO

PROMOTOR

PROF. DR HAB. INŻ. JACEK ŻARSKI

PROMOTOR pomocniczy

DR HAB. INŻ. RENATA KUŚNIEREK – TOMASZEWSKA

1. Podstawa i przedmiot opracowania

Podstawą formalno-prawną wykonania recenzji rozprawy doktorskiej stanowiła Uchwała nr 07/2024/2025 Rady Naukowej Dyscypliny *rolnictwo i ogrodnictwo* Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy z dnia 20.09.2024r. i w odpowiedzi na prośbę wyrażoną w piśmie z dnia 23.09.2024r. Pani Przewodniczącej Rady Dyscypliny *rolnictwo i ogrodnictwo* prof. PBS dr hab. inż. Anny Baturó-Cieśniewskiej, w którym zostałem powołany na opiniodawcę w przedmiotowej sprawie.

Praca doktorska została wykonana w Pracowni Melioracji i Agrometeorologii na Wydziale Rolnictwa i Biotechnologii Politechniki Bydgoskiej, pod kierunkiem promotora Pana **prof. dr hab. inż. Jacka Żarskiego** i promotora pomocniczego Panią **dr hab. inż. Renatę Kuśnierek – Tomaszewską**.

2. Ocena merytoryczna rozprawy

2.1. Ocena problematyki badawczej pracy

Doktorant podjął się niełatwego tematu oceny niwelowania przez zastosowanie nawadniania negatywnych skutków niedoboru wody w uprawie jęczmienia przeznaczonego na cele browarnicze. Występująca w warunkach klimatycznych Polski duża zmienność czasowa opadów atmosferycznych wpływa na nierównomierne zaopatrzenie roślin w wodę. Dlatego też, w Polsce nawadnianie ma charakter interwencyjny, mający na celu zaopatrzenie roślin w wodę w sytuacji niedoboru opadów atmosferycznych oraz wyczerpania jej zapasów w glebie. Korzystny wpływ zastosowania nawadniania na wielkość i jakość plonu oraz jego niezawodność jest najważniejszym czynnikiem mogącym przyczynić się do rozpowszechnienia tego zabiegu w Polsce. Jęczmień jest gatunkiem wrażliwym zarówno na niedobór, jak i nadmiar wody w glebie. Na występowanie opadów niższych od optymalnych reaguje największymi spadkami plonowania spośród podstawowych zbóż. W warunkach klimatycznych Polski uzyskanie ziarna jęczmienia browarnego o pożądanych parametrach jakościowych jest bardzo istotne, ale trudne. Występujące okresowo susze uniemożliwiają odpowiednie zaopatrzenie roślin w wodę, co skutkuje zmniejszeniem wielkości plonu oraz pogorszeniem cech jakościowych ziarna. Niedobór wody wpływa na pobieranie związków azotowych z gleby, co w konsekwencji oddziałuje na zawartość białka w ziarnie. Ziarno uzyskane w warunkach niedoboru wody odznacza się gorszym wyrównaniem, mniejszą miarą tysiąca ziaren (MTZ), ciemniejszą łuską i wyższą zawartością białka, co czyni je nieprzydatnym dla przemysłu browarniczego. Liczne badania i obserwacje wskazują, że obniżenie w glebie zapasu wody łatwo dostępnej w fazach przed kwitnieniem jak i podczas, wypełnienia ziarna jęczmienia i prowadzi do

pogorszenia właściwości browarnej. Uprawa browarnego jęczmienia jarego na gruntach nawadnianych pozwoliłaby uzyskać surowiec o pożądanym cechach jakościowych. Dotychczasowe, nieliczne badania i analizy dotyczące nawadniania jęczmienia dotyczyły przede wszystkim jego wpływu na wielkość plonu i podstawowe cechy jakościowe. Natomiast niewiele jest badań dotyczących wpływu zastosowania nawadniania na cechy ziarna pod kątem jego przydatności jako surowca dla przemysłu browarniczego. Brakuje także analiz ekonomicznych przedsięwzięcia, których wyniki są kluczowe dla rozwoju nawadniania tego zboża w Polsce. Również nawożenie azotowe jest czynnikiem wpływającym w dużym stopniu na wielkość i jakość plonów jęczmienia na cele browarne. Zaoatrzenie jęczmienia w azot wpływa na wielkość plonu, ale również na parametry jakościowe ziarna, niezwykle istotne w procesie słodowania. Szczególne ma to znaczenie, gdyż uprawa jęczmienia na cele browarne powinna osiągać dwa pozornie sprzeczne rezultaty. Pierwszy to uzyskanie możliwie dużego plonu ziarna, a drugi to uzyskanie ziarna o odpowiednich parametrach jakościowych. Sprzyja temu znaczący postęp biologiczny, który odgrywa ważną rolę w zwiększaniu produktywności jęczmienia jarego. Już wprowadzony postęp biologiczny spowodował wzrost plonu jęczmienia o ponad 5 dt ha⁻¹ w ciągu ostatnich 10 lat.

Biorąc pod uwagę znaczenie przedstawionego wyżej problemu, wybór tematu recenzowanej pracy doktorskiej uważam za bardzo trafny i aktualny, świadczący o zainteresowaniach Autora szeroko pojętej inżynierii środowiska w zakresie nawodnień i fertygacji roślin uprawnych. Poruszone zagadnienie jest istotne nie tylko ze względów naukowych, ale przede wszystkim ze względów praktycznych. Temat jest sformułowany jasno i precyzyjnie. Zagadnienie to, ze względu na wieloczynnikową analizę zgromadzonych danych, a także prowadzenie własnych badań i obserwacji terenowych, połączonych z umiejętnością właściwej ich oceny, było trudne do wykonania, wymagało dużej wiedzy teoretycznej i praktycznej.

2.2. Merytoryczna i metodyczna ocena wartości pracy

Oceniana rozprawa obejmuje łącznie 116 stron tekstu. W wykazie znajdują się 206 pozycji piśmiennictwa w tym ponad 33% anglojęzycznych, 7 źródeł internetowych, 34 tabele i 21 rysunków. Tekst rozprawy podzielony został na 7 rozdziałów: *I. Wstęp*, *II. Przegląd literatury*, *III. Materiał i metody*, *IV. Warunki doświadczenia*, *V. Wyniki badań*, *VI. Dyskusja wyników*, *VII. Wnioski*. Do części eksperymentalnej rozprawy zalicza się rozdziały: od II. do VII. Dodatkowo: *streszczenia w językach: polskim i angielskim*.

Układ pracy spełnia ogólne wymagania stawiane rozprawom naukowym. Poszczególne rozdziały tworzą logiczną całość i ściśle się zająbiają, pod względem objętości zachowując odpowiednie proporcje. Rozprawa jest napisana przejrzysto, zgodnie z zasadą pisania i redagowania rozpraw naukowych.

Język pracy jest poprawny. Przygotowane rysunki i tabele znacznie ułatwiają interpretację i ocenę przedstawionych wyników.

Dokonując oceny merytorycznej stwierdzam, iż treść pracy odpowiada tytułowi, a cel został jasno sprecyzowany i w pełnym zakresie zrealizowany. Na podstawie szczegółowego przeglądu najnowszej literatury Autor sformułował hipotezę badawczą oraz główny i szczegółowe cele pracy. Zawartość pracy jest zgodna z tytułem, a podział treści są prawidłowe.

Celem badań była *ocena wpływu nawadniania i nawożenia azotem, na wielkość plonu oraz jakość ziarna jęczmienia jarego browarnego ze szczególnym uwzględnieniem cech jakościowych wpływających na przebieg i wydajność procesu słodowania.*

Doktorant sformułował następującą **hipotezę badawczą**, że *nawadnianie oraz nawożenie azotem, są czynnikami w istotny sposób modyfikującymi wielkość uzyskanego plonu oraz cechy jakościowe ziarna jęczmienia browarnego. Założył, że zastosowanie nawadniania w korzystny sposób wpłynie zarówno na poprawę cech ilościowych, jak i jakościowych plonu ziarna jęczmienia. W warunkach nawadniania będzie możliwe stosowanie wyższych dawek nawożenia azotem, które przyczynią się do wzrostu plonu ziarna, a nie pogorszą jego przydatności browarnej.*

Przedstawiona teza pracy jest kompletna i poparta została **celami szczegółowymi**:

- Analizą efektów nawadniania, nawożenia azotem oraz ich interakcji,
- Oceną wpływu tych czynników na wielkość, strukturę i jakość plonu ziarna jęczmienia browarnego,
- Określeniem optymalnej dawki nawożenia azotowego, która pozwoli zmaksymalizować wielkość plonu, przy jednoczesnym zachowaniu odpowiednich parametrów jakościowych ziarna.
- Określeniem efektów ekonomicznych nawadniania.

W rozdziale *Przegląd literatury*, podzielonym na siedem podrozdziałów, Doktorant przedstawił m.in.: kierunki wykorzystania ziarna jęczmienia. Zauważył, że ziarno jęczmienia wykorzystywane jest przede wszystkim jako pasza, jednak znaczna część zbiorów jest wykorzystywana w przemyśle browarniczym, który w Polsce ma duże znaczenie gospodarcze. Autor dysertacji zauważa, że każdy kierunek użytkowania ziarna, wymaga określonych cech jakościowych, są one jednak szczególnie istotne przy wykorzystaniu ziarna do produkcji piwa. Słusznie stwierdza, że jednym z najważniejszych warunków otrzymania wartościowej brzezki słodowej, a w efekcie finalnym piwa, jest wykorzystanie w procesie produkcyjnym wysokiej jakości słodu. Autor podaje, że najważniejszymi parametrami technologicznymi określającymi przydatność ziarna jęczmienia do produkcji słodu są: zawartość białka ogólnego i rozpuszczalnego, kruchość słodu, ekstraktywność,

liczba Kolbacha, siła diastatyczna, stopień ostatecznego odfermentowania, lepkość brzezki oraz zawartość w niej β -glukanu. Zwraca uwagę na to, że ziarno powinno się również charakteryzować wysoką celnością (średnica ziarniaka powyżej 2,5 mm). Doktorant zaakcentował w tym rozdziale, że jednym z najważniejszych kryteriów przydatności browarniczej jest ilość i rodzaj związków azotowych zawartych w słodzie. Za optymalny uznawana jest zawartość białka ogółem na poziomie około 11% s. m. Ziarno powinno charakteryzować się jednolitą, typową dla danej odmiany i właściwą dla danego roku zbiorów barwą, delikatną, cienką, pomarszczoną łuską oraz swoistym zapachem, wyrównaniem i udziałem zanieczyszczeń poniżej 3%.

W następnych podrozdziałach *Przeglądu literatury*, Doktorant słusznie zwraca uwagę na czynniki klimatyczno-glebowe, agrotechniczne wpływające na wysokość i jakość plonu jęczmienia. Zauważa, że występowanie suszy w okresach wzmożonych potrzeb wodnych jęczmienia, przyczynia się do pogorszenia wielkości i jakości plonu. Niedobór wody wpływa na pobieranie związków azotowych z gleby, co w konsekwencji oddziałuje na zawartość białka w ziarnie. Wystąpienie suszy, podczas wzrostu wegetatywnego ogranicza pobieranie z gleby azotu, a w konsekwencji ogranicza potencjalny plon ziarna. Autor słusznie zauważa, że czynniki agrotechniczne związane z uprawą jęczmienia muszą być pod kontrolą i dobrze zaplanowane. Dostrzega, że uprawa jęczmienia na cele browarne ma na celu osiągnięcie dwóch pozornie sprzecznych rezultatów. Pierwszy to uzyskanie możliwe dużego plonu ziarna, a drugi to uzyskanie ziarna o odpowiednich parametrach jakościowych. Właściwie zauważa, że nawożenie azotem w największym stopniu decyduje o wielkości i jakości plonu jęczmienia browarnego.

W podrozdziale pt. *Nawadnianie jęczmienia*, dostrzega zgodnie z wynikami badań ośrodka bydgoskiego, że potrzeby deszczowania jęczmienia jarego browarnego uprawianego na glebie lekkiej w rejonie centralnej Polski występują w około 78% lat. W ponad 12% lat, potrzeby określono jako duże, wymagające zastosowania co najmniej 120 mm wody do deszczowania, przyczyniającego się do wzrostu plonu co najmniej o 25 dt ha⁻¹. Za Autorami (Łabędzki, Żarski i in., Rzekanowski i in. Chmura i in.), stwierdza, że nawadnianie przyczynia się do wzrostu plonu ziarna jęczmienia jarego w granicach od 16 do 40%, w zależności od ilości opadów. Wzrost ten w odniesieniu do zbóż jarych wynika ze zwiększonej na stanowiskach nawadnianych liczby kłosów, liczby ziaren w kłosie oraz masy tysiąca ziaren. Uzasadniając podjęcie tematu swojej pracy Doktorant stwierdza, że w odniesieniu do jęczmienia browarnego, wprowadzenie deszczowania do technologii uprawy spowoduje nie tylko wzrost wielkości plonu ziarna, ale przyniesie także korzystne zmiany jego jakości ziarna. Stwierdza bowiem, że liczne badania potwierdzają korzystny wpływ deszczowania na zmniejszenie zawartości białka ogólnego w ziarnie, poprawę energii kiełkowania, a także innych parametrów jakościowych ziarna browarnych odmian jęczmienia.

Stwierdzam, że zaprezentowany w dysertacji dobór bibliografii jest prawidłowy. Bibliografia dobrana jest trafnie i tematycznie związana jest z zakresem rozprawy, a poszczególne jej pozycje zostały wykorzystane w treści pracy. Przegląd literatury dowodzi bardzo dobrej orientacji Autora w osiągnięciach krajowych i zagranicznych, w tematyce nawadniania deszczownianego i fertygacji. Oceniając wykorzystanie literatury w aspekcie jakościowym, należy podkreślić walor aktualności cytowanych pozycji. W siedmiu podrozdziałach rozdziału *Przegląd literatury*, Doktorant w sposób przejrzysty i jasny przedstawił zarówno czynniki wpływające na wzrost i plonowanie jęczmienia przydatnego dla browarnictwa, postęp odmianowy w uprawie jęczmienia jak i systemy nawodnień sprzyjające osiągnięciu odpowiedniego efektu produkcyjnego i ekonomicznego oraz co szczególnie ważne, koszty nawadniania.

W rozdziale 3. *Materiały i metody badań*, podzielonym na 7 części, Autor opisuje miejsce, zakres prac terenowych, laboratoryjnych oraz sposób analizy i opracowania uzyskanych wyników badań. Badania terenowe i laboratoryjne realizował na polu doświadczalnym Katedry (obecnie Pracowni) Melioracji i Agrometeorologii zlokalizowanym w Stacji Badawczej Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii UTP w Mochełku, będącej jednym z najstarszych obiektów doświadczalnych w Polsce. Obiektem doświadczalnym była odmiana jęczmienia jarego Signora, jest to odmiana browarna jęczmienia jarego o kłosie dwurzędowym. Co bardzo istotne i trafne Signora jest odmianą o wysokim potencjale plonowania zalecaną do uprawy na terenie całego kraju. Biorąc pod uwagę cechy technologiczne ziarna wyróżnia się wysokimi wskaźnikami jakości technologicznej, szczególnie bardzo wysoką ekstraktywnością i bardzo dobrą lepkością brzezki oraz niską do średniej zawartością białka. Doktorant właściwie przeprowadził dwuczynnikowy eksperyment polowy metodą losowanych podbloków w układzie zależnym split-plot w czterech replikacjach. Zastosowane w dwóch wariantach nawadnianie deszczowniane było pierwszym z badanych czynników:

- W_0 – obiekty kontrolne (bez deszczowania),
 - W_1 – deszczowanie optymalne, utrzymujące w warstwie gleby o kontrolowanym uwilgotnieniu zapas wody łatwo dostępnej dla roślin w całym okresie wzmożonych potrzeb wodnych jęczmienia.
- Nawadnianie prowadzono za pomocą przenośnego systemu deszczownianego z wykorzystaniem niskociśnieniowych, sektorowych głowic nawadniających typu Nelson o wydajności jednostkowej 200 l h^{-1} . Właściwie ustalił terminy poszczególnych zabiegów deszczowania ustalano na podstawie analizy standardowych pomiarów atmosferycznych, równocześnie prowadząc monitoring wilgotności gleby w warstwie korzeniowej roślin, metodą bezpośrednią przy użyciu sondy Fieldscout TDR 200 Soil Moisture Meter oraz za pomocą bilansowania zapasu wody łatwo dostępnej na podstawie parametrów meteorologicznych. Drugim zastosowanym w badaniach terenowych

czynnikiem było nawożenie azotem zastosowane w czterech wariantach: N_0 - obiekty kontrolne (bez nawożenia), N_1 - nawożenie przedsiewne 30 kg ha^{-1} , (wartości podane w czystym składniku), N_2 - nawożenie przedsiewne 60 kg ha^{-1} , N_3 - nawożenie przedsiewne 60 kg ha^{-1} , uzupełnione o nawożenie pogłównie 30 kg ha^{-1} w fazie strzelania w źdźbło.

Uprawa jęczmienia była prowadzona według zasad poprawnej agrotechniki, obejmującej optymalne nawożenie PK ($70 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ w formie superfosfatu oraz $80 \text{ kg K}_2\text{O}$ w formie soli potasowej) oraz chemiczną ochronę. Zebrane z każdego poletka kombajnem ziarno w fazie pełnej dojrzałości zważono, a uzyskany wynik przeliczono na teoretyczny plon z jednego hektara dla wilgotności 15%. Dalsze analizy obejmowały oznaczenie zawartości białka oraz wyrównania ziarna. Uzyskane wyniki posłużyły do obliczenia teoretycznej ekstraktywności ziarna jęczmienia (E) według metody Bishopa. Metodę obliczeń uważam za właściwą, gdyż umożliwiła ona na szacowanie przydatności słodowniczej ziarna mimo różnic odmianowych, odmiennych warunków pogodowych w okresie wegetacji (2015 - 2017) oraz różnych warunków glebowych prowadzenia uprawy. Obliczenia statystyczne przeprowadzono w oparciu o analizę wariancji dwuczynnikowego doświadczenia polowego w układzie zależnym z wykorzystaniem testu Tukey'a. Do obliczeń wykorzystano pakiet ANALWAR-5.1.FR, prof. Rudnickiego.

Doktorant właściwie scharakteryzował warunki klimatyczne w rejonie doświadczenia wykorzystując dane meteorologiczne (wysokość opadów atmosferycznych oraz temperatur powietrza w latach 2015-2017). Panujące w latach trwania eksperymentu warunki termiczne zostały scharakteryzowane przy pomocy metody Lorenca. Charakteryzując zasoby termiczne Autor wykorzystał również wskaźnik agroklimatyczny - stopniodni wzrostu (GDD). Niedobory opadów oszacował wykorzystując sprawdzoną metodę Klatta, Sprawdził bilans wody łatwo dostępnej dla roślin w latach trwania eksperymentu polowego i sporządził go również powszechnie stosowaną i sprawdzoną wielokrotnie metodą prof. Drupki.

Do oszacowania efektywności ekonomicznej wykorzystał najkorzystniejszy z punktu widzenia produkcyjnego wariant doświadczenia, z nawożeniem azotowym w wysokości 30 kg ha^{-1} , pozwalający uzyskać możliwie największy plon ziarna, przy jednoczesnym zachowaniu pożądanych w przemyśle browarniczym parametrów ziarna. Jako podstawowy wskaźnik efektywności ekonomicznej nawadniania przyjął przyrost nadwyżki bezpośredniej, wyliczony zgodnie ze wzorem Grabarczyka. Dodatkowo Doktorant posłużył się wskaźnikiem efektywności ekonomicznej, którym był czas zwrotu poniesionych nakładów inwestycyjnych.

Jednoznacznie stwierdzam, że zastosowane w pracach terenowych i laboratoryjnych metody badań są prawidłowe, stosowane powszechnie do tego rodzaju przedsięwzięć i nie budzą żadnych wątpliwości.

Podsumowując ocenę metodyki i zakresu badań stwierdzam, że badania terenowe i laboratoryjne zostały przeprowadzone zgodnie z przyjętą, właściwie dobraną metodyką.

W kolejnych rozdziałach (nr 4 i nr 5), Doktorant prezentuje warunki glebowe, meteorologiczne przeprowadzanych doświadczeń, wyniki przeprowadzonych badań i ich dyskusję oraz wyniki końcowe.

Stwierdzam, że Doktorant właściwie wybrał lata trwania eksperymentu polowego, w którym wystąpiły różnorodne warunki przebiegu i rozkładu opadów atmosferycznych. Duża zmienność warunków opadowych w poszczególnych latach badań kształtowała bardzo różne potrzeby nawadniania roślin. Wystąpiły one przede wszystkim w pierwszym roku doświadczenia, w którym opady w poszczególnych miesiącach od kwietnia do lipca były wyraźnie mniejsze od normy (39-65%). W latach 2016-2017 sumy opadów w tych miesiącach były albo bliskie normie albo znacznie ją przekraczały (153-173%). Pozwoliło to na ocenę efektywności produkcyjnej nawadniania i jego interakcji z nawożeniem azotem w kształtowaniu ilości i jakości plonu ziarna jęczmienia browarnego, analizę efektywności 1 mm rozdeszczowanej wody oraz efektywności ekonomicznej przedsięwzięcia w różnych warunkach opadowych.

Oceniając sporządzony przez Doktoranta szczegółowy bilans wodny wody łatwo dostępnej w uprawie jęczmienia browarnego w trzech okresach wegetacyjnych lat 2015 – 2017, przedstawiony na rys. 9-11 uważam, że nawadnianie deszczowniane we wszystkich trzech sezonach wegetacyjnych prowadzenia badań polowych było aplikowane w prawidłowych terminach. Dzięki temu zostało spełnione podstawowe założenie stosowania deszczowania, co jest uzupełnieniem występujących deficytów wody, aby w warstwie gleby o kontrolowanym uwilgotnieniu zapas wody łatwo dostępnej dla jęczmienia był optymalny.

Dużym osiągnięciem Autora jest analiza wielkości plonu ziarna jęczmienia browarnego odmiany Signora uzyskana w latach badań (rozdział 5.3.). Doktorant stwierdza w nim, że pod wpływem zastosowania deszczowania plon ziarna wzrósł średnio z około 43 do około 70 dt ha⁻¹. Bezwzględna zwyżka plonu wynosiła ponad 27 dt ha⁻¹, względna ponad 63%, a jednostkowa prawie 32 kg ha⁻¹ w przeliczeniu na 1 mm rozdeszczowanej wody. Pod wpływem nawożenia azotem plon wzrósł średnio z 54 dt ha⁻¹ do 56-58 dt ha⁻¹, w zależności od zastosowanej dawki azotu. Również bardzo wymiernym rezultatem badań jest stwierdzenie, że najkorzystniejszym poziomem nawożenia azotem, niezależnie od wariantu wodnego, okazał się poziom N₁ – 30 kg N ha⁻¹. Dalej zauważa, co jest bardzo ważne, że na kształtowanie wielkości plonu ziarna istotny wpływ miało także współdziałanie wody i azotu. Na stanowiskach nienawadnianych jęczmień browarny reagował na nawożenie azotem obniżką plonu, średnio w latach badań z około 44 do około 41-44 dt ha⁻¹. W warunkach deszczowania nawożenie

azotem prowadziło z kolei do wzrostu plonu ziarna z około 64 do około 72-73 dt ha⁻¹, w zależności od dawki azotu. W rezultacie, Autor stwierdza, że średnia w latach badań efektywność produkcyjna deszczowania jęczmienia zależała istotnie od poziomu nawożenia azotem. Na stanowiskach nienawożonych tym składnikiem, bezwzględna zwyżka plonu pod wpływem zastosowania deszczowania wynosiła średnio 19 dt ha⁻¹, względna 43%, a jednostkowa 22 kg ha⁻¹ mm⁻¹, a w warunkach nawożenia azotem, w zależności od poziomu, odpowiednio 29-31 dt ha⁻¹, 67-73% oraz 34-36 kg ha⁻¹ mm⁻¹. Nowością w opracowaniach odnośnie efektów zastosowanych nawodnień jest określenie zawartości białka w ziarnie jęczmienia browarnego. Autor stwierdza, że deszczowanie niezależnie od poziomu nawożenia azotem, wpłynęło w sposób korzystny na zawartość białka pod względem oceny przydatności browarniczej. Ziarno roślin nawadnianych cechowało się bowiem niższą o 1,6 p.p. zawartością białka. W warunkach nawadniania, wzrost zawartości białka w ziarnie jęczmienia w miarę zwiększania dawki nawożenia azotem był znacznie mniejszy niż na stanowiskach nienawadnianych. Co należy szczególnie podkreślić Autor właściwie ocenił, na podstawie wyników swoich badań, że zawartość ta wzrastała wraz ze wzrostem poziomu nawożenia azotem, w większym stopniu w ziarnie roślin nienawadnianych niż nawadnianych. Wprowadzenie nawadniania deszczownianego do technologii uprawy jęczmienia, pozwoliło na pozyskanie ziarna o zmniejszonej koncentracji białka, a o to chodzi w wypadku uprawy tego zboża na cele browarnicze. Ziarno roślin nawadnianych i nienawożonych azotem oraz nawożonych przedsięwzięciem dawką 30 kg ha⁻¹ (poziom N₁) w każdym roku badań spełniało wymagania dotyczące przydatności słodowniczej.

Bardzo ciekawą i kompletną analizę wyników badań laboratoryjnych przeprowadził Doktorant w ocenie jakości ziaren jęczmienia browarnego, posługując się wskaźnikami takimi jak: masa tysiąca ziaren (rozdział 5.5.), wyrównanie ziaren na dwóch rodzajach sit: 2,8 x 25 mm, 2,5 x 25 mm (rozdział 5.6) oraz ekstraktywność ziarna jęczmienia browarnego (rozdział 5.7.). Analiza wyników wykazała, że istotny wpływ na masę tysiąca ziaren wywarło tylko nawożenie azotem, które przyczyniło się do jej zmniejszenia z 52,60 g (poziom N₀) do 49,62 (poziom N₃). Zmniejszenie to zachodziło zarówno na stanowiskach nienawadnianych, jak i w warunkach nawadniania. Autor wykorzystując analizy wariancji danych z doświadczenia wielokrotnego powielonego w trzech okresach wegetacji, słusznie wykazał, że istotny wpływ na kształtowanie się celności ziarna wywarło tylko nawożenie azotem. Pod wpływem tego czynnika udział frakcji najbardziej dorodnego ziarna zmniejszył się średnio z 82 % (poziom N₀) do 70 % jego łącznej masy (poziom N₃). Ten udział, malejący wraz ze wzrostem dawki azotu, Autor zaobserwował zarówno w warunkach bez nawadniania, jak i na stanowiskach nawadnianych. Deszczowanie przyczyniło się z kolei do zwiększonego udziału ziarna omawianej frakcji w plonie. Autor stwierdza, iż deszczowanie przyczyniło się do wzrostu ekstraktywności średnio w latach badan z 79% do ponad 80%. Doktorant słusznie również zauważył, że zastosowanie

i zwiększanie nawożenia azotem powodowało zmniejszenie ekstraktywności z 81% (poziom N_0) do 79% (poziom N_3).

Niewątpliwym osiągnięciem Doktoranta jest rozdział (nr 5.8), w którym dokonał szczegółowej analizy efektów ekonomicznych nawadniania jęczmienia jarego. Rozpoczął ją od kalkulacji kosztów inwestycji oraz eksploatacji urządzeń do nawadniania deszczownianego. W przeprowadzonej szczegółowej analizie przyjął trzy poziomy cen (z lat: 2015 - 2017, 2019 - 2022 oraz z 2022 roku). Stwierdził, że niezależnie od przyjętego wariantu całkowity koszt inwestycji wzrastał wraz z wielkością nawadnianej powierzchni. Mały natomiast koszty jednostkowe (w przeliczeniu na 1 ha). Największą część kosztów rocznych stanowiła amortyzacja, a w dalszej kolejności koszty energii i oprocentowanie kapitału. Całkowity roczny, jednostkowy koszt nawadniania wahał się w zależności od przyjętego wariantu cen w granicach 960,81 - 3172,11 zł ha⁻¹ (wariant I), 1104,93 - 3647,93 zł ha⁻¹ (wariant II), 1249,05 - 4123,74 zł ha⁻¹ wariant III). Po stronie kosztów uwzględnił również przyrost kosztów rolniczych, wynikający ze wzrostu produkcji. Właściwie sporządził końcowy rezultat analizy efektywności ekonomicznej nawadniania, które stanowiło zestawienie dodatkowej wartości produkcji z poniesionymi kosztami. Wykazana strata w zależności od wariantu poziomu cen wynosiła od 1779 zł ha⁻¹ do 1348 zł ha⁻¹. Kalkulacja wykazała nadwyżkę bezpośrednią dla wszystkich pozostałych wielkości nawadnianej plantacji. Wprowadzenie nawadniania na powierzchni 1 ha jest nieopłacalne ekonomicznie niezależnie od przyjętego wariantu cen. Czas zwrotu inwestycji ulega skróceniu wraz ze wzrostem nawadnianego areału. W pierwszym analizowanym wariantcie cen zwrot kosztów inwestycji nastąpiłby w okresie od ok 11 (30 ha) do 35 lat (5 ha). Wyższy poziom cen przyjęty w wariantcie III umożliwiłby zwrot kosztów inwestycji w znacznie krótszym czasie 4 -7 lat. Wyniki przeprowadzonych kalkulacji pokazują związek między efektami ekonomicznymi nawadniania, a poziomem cen po stronie kosztów i cen zbytu uzyskanej produkcji.

Przedstawione w niniejszej pracy wyniki badań własnych, potwierdzają postawioną hipotezę badawczą. Zastosowanie zabiegu nawadniania skutkowało istotnym wzrostem wielkości plonu ziarna jęczmienia jarego. Zabieg nawadniania korzystnie wpływał na cechy jakościowe ziarna, które było bardziej wyrównane, cechowało się większą masą tysiąca ziaren (MTZ) i ekstraktywnością teoretyczną ziarna wyliczoną według wzoru Bishopa, a przede wszystkim zmniejszoną zawartością białka. Wzrost intensywności nawożenia azotowego w warunkach naturalnych (bez nawadniania) prowadził do spadku wielkości i jakości plonu ziarna. Nawadnianie niwelowało niekorzystny wpływ nawożenia azotem na jakość ziarna pod kątem przydatności dla przemysłu browarniczego. Na podstawie analizy wyników doświadczenia Doktorant właściwie wskazał, że uzyskanie możliwe najwyższego plonu o pożądanych parametrach jakościowych jest w warunkach deszczowania najbardziej prawdopodobne po zastosowaniu przedsięwzięcia nawożenia w dawce 30 kg N·ha⁻¹.

Przeprowadzona dyskusja wyników jest sprawnym i kompletnym podsumowaniem uzyskanych rezultatów badań terenowych i laboratoryjnych. Nie brakuje w niej odniesień do cytowanej literatury, czyli prób powiązania wyników Doktoranta z wynikami innych badaczy. Ostatnia część rozprawy stanowi 11 wniosków, odnoszących się do zakładanego celu, hipotezy oraz uzyskanych wyników. Niektóre wnioski można spróbować skrócić, przereklamować to jest: dodając konkretne szczegółowe uzyskane przez Autora wyniki badań oraz połączyć w jeden wniosek (np. wnioski nr 1 i 2), a z niektórych można zrezygnować, gdyż są oczywistymi stwierdzeniami (np. nr 3.).

Za **najważniejsze osiągnięcia uzyskane przez Doktoranta** w recenzowanej rozprawie zaliczam:

- Prowadzenie nawadniania we wszystkich trzech okresach wegetacyjnych było aplikowane w prawidłowych terminach, stosownie do wyników prowadzonych bilansów zapasu wody łatwo dostępnej dla roślin w korzeniowej warstwie gleby. Dzięki temu zostało spełnione podstawowe założenie stosowania uzupełniającego nawadniania, w okresach pojawiających się deficytów wody w warstwie gleby o kontrolowanym uwilgotnieniu, a zapasy wody łatwo dostępnej dla jęczmienia browarnego kształtowały się optymalnie w całym okresie wzmózonych potrzeb wodnych.
- Wykazanie, że bezwzględna zwyżka plonu ziarna jęczmienia browarnego wynosiła ponad 27 dt ha⁻¹, względna 63,5%, a jednostkowa ponad 32 kg ha⁻¹ w przeliczeniu na 1 mm wody użytej do nawadniania. Średnia w latach badań efektywność produkcyjna deszczowania jęczmienia zależała istotnie od poziomu nawożenia azotem.
- Wprowadzenie nawadniania do technologii uprawy jęczmienia browarnego pozwoliło na pozyskanie ziarna o zmniejszonej koncentracji białka. Ziarno jęczmienia nawadnianego i nienawożonego azotem oraz nawożonych przedsięwzięciem dawką 30 kg ha⁻¹, w każdym roku badań spełniało wymagania dotyczące przydatności słodowniczej jęczmienia.
- Deszczowanie przyczyniło się do wzrostu ekstraktywności ziarna jęczmienia browarnego średnio w latach badań z 79 do ponad 80%, natomiast zastosowanie i zwiększanie nawożenia azotem powodowało zmniejszenie ekstraktywności z 81% do około 79%.
- Szczegółowe określenie kosztów całkowitych nawadniania deszczownianego jęczmienia, które wzrastały wraz ze wzrostem powierzchni z poziomu 27300 zł do 352300 zł dla powierzchni 50 ha, a najmniejszy koszt jednostkowy wynoszący 6249 zł oszacowano dla nawadnianej powierzchni 30 ha.
- Wykazanie, że średnia wielkość plonu jęczmienia po zastosowaniu nawadniania wzrosła o ponad 29 dt·ha⁻¹ (t.j. o 67%), a rozdeszczowanie 1 mm wody skutkowało jednostkowym wzrostem wielkości plonu o 34 kg·ha⁻¹.

- Określenie długości czasu zwrotu inwestycji nawodnieniowej, która malała wraz ze wzrostem nawadnianej powierzchni w każdym przyjętym wariantcie cenowym. Najszybciej, bo już po przeszło 4 latach, zwróciłaby się inwestycja poniesiona na nawadnianie 30ha w trzecim wariantcie poziomu cen (rok 2022).

3. Podsumowanie, wnioski końcowe

Układ rozprawy doktorskiej spełnia ogólne wymogi stawiane rozprawom naukowym. Poszczególne rozdziały tworzą logiczną całość i ściśle się zazębiają, a pod względem objętości zachowują odpowiednie proporcje. Rozprawa jest napisana przejrzysto, zgodnie z zasadą pisania i redagowania rozpraw naukowych. Język pracy jest poprawny i naukowy. Na uwagę zasługuje używanie w dysertacji naukowego i bogatego słownictwa. Praktycznie w pracy brak błędów językowych i interpunkcyjnych, poza drobnymi, które zaznaczyłem w tekście rozprawy.

Przygotowanie rozprawy w przewodzie doktorskim to sprawdzian umiejętności warsztatowych Doktoranta, które polegają na poprawnym postawieniu problemu, odpowiednim doborze materiału badawczego, wyborze właściwych metod opracowania i wyciągania właściwych wniosków. Pod tym względem przedstawiona do oceny dysertacja w pełni odpowiada obowiązującym kryteriom. Przedłożona rozprawa doktorska *mgr inż. Remigiusza Kledzika*, stanowi wartościową, oryginalną pracę naukową i wnosi istotny wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinie naukowej rolnictwo i ogrodnictwo, z zakresu ważnej problematyki badawczej, jaką jest zastosowanie dodatków doglebowych absorbujących wodę, ze względu na ich zdolność do zatrzymywania nawadniania deszczownianego, fertygacji w poprawie efektów uprawy zbóż w różnym celu, nie tylko do produkcji browarniczej. Praca napisana jest poprawnie pod względem metodycznym, a wyniki badań uzyskano tylko i wyłącznie z własnych badań i obserwacji terenowych i laboratoryjnych.

Reasumując, oceniana rozprawa posiada dużą wartość naukową i użyteczną. Została opracowana na podstawie wnikliwych analiz, przeprowadzonych w kompleksowy sposób według bardzo dobrze przygotowanej metodyki i przy wykorzystaniu nowoczesnych narzędzi. Wnosi wiele nowych, istotnych szczegółów oraz informacji naukowych i praktycznych dotyczących ważnego zagadnienia reakcji na nawadnianie w okresach wegetacyjnych o różnym przebiegu warunków meteorologicznych jęczmienia jarego odmiany browarnej oraz różnym poziomie nawożenia azotem. Recenzowana rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego. Zaprezentowane wyniki badań i analiz znacznie poszerzają wiedzę z zakresu rolnictwa, a przede wszystkim świadczą o szerokiej wiedzy teoretycznej i praktycznej Autora, jego umiejętności samodzielnego prowadzenia badań i obserwacji terenowych i stosowania nowoczesnych metod badawczych. Recenzowaną dysertację Pana *mgr inż. Remigiusza Kledzika* oceniam bardzo wysoko.

Stanowi oryginalny, nowatorski oraz ważny przyczynek i wnosi wiele istotnych oraz ciekawych informacji do omawianego zagadnienia. Doceniam analizę uzyskanych wyników i dojrzałość ich interpretacji. Doktorant posiada dużą wiedzę w tej dyscyplinie i umiejętność formułowania problemów naukowych. Podjęty problem badawczy jest bardzo ważny i aktualny.

Jako recenzent, który wnikliwie zapoznał się z treścią pracy doktorskiej, z pełną odpowiedzialnością mogę stwierdzić, że zarówno unikalna tematyka, jak i całokształt prac badawczych, wykonanych i przejrzyste przedstawionych przez Doktoranta w tej starannie sporządzonej rozprawie, wyraźnie przewyższa przeciętne wymagania stawiane pracom doktorskim w dyscyplinie naukowej rolnictwo i ogrodnictwo. Wykazał się ponadto biegłością i wnikliwością w interpretacji swoich wyników. Biorąc pod uwagę wysoki poziom naukowy przeprowadzonych badań, oryginalne rozwiązania problemów naukowych, wykorzystanie w badaniach aparatury analitycznej oraz to, że wyniki badań Doktoranta wskazują na możliwość praktycznego wykorzystania efektów jego pracy, stwierdzam, że przedstawiona do oceny rozprawa naukowa spełnia wszystkie wymagania stawiane pracom doktorskim, które są określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2014r. poz. 1852 z późniejszymi zmianami), w związku z art. 179 ust. 1 Ustawy z dnia 3 lipca 2018r. – przepisy wprowadzające Ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U z 30 sierpnia 2018r. poz. 1669), dotyczące ubiegania się o stopień naukowy doktora w dyscyplinie naukowej rolnictwo i ogrodnictwo. Zgodnie z art. 13 wyżej wymienionej Ustawy, rozprawa doktorska powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej, a także umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Jestem przekonany, że recenzowana praca spełnia stawiane przez ustawę wymagania. Uważam, że przedstawiona rozprawa jest świadectwem opanowania przez Autora warsztatu naukowego w stopniu wysokim, odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim i kwalifikuje Go do nadania stopnia doktora nauk w dziedzinie nauki rolnicze, w dyscyplinie naukowej rolnictwo i ogrodnictwo. W związku z powyższym wnioskuję do Wysokiej Rady Naukowej Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo o dopuszczenie **mgr inż. Remigiusza Kledzika** do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Poznań, 28.10. 2024 rok

prof. UPP dr hab. inż.  Piotr Stachowski