

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgra inż. Krzysztofa Pikula pt. „Wpływ termicznych metod niszczenia chwastów w ekologicznych uprawach warzywniczych na efektywność i energochłonność produkcji” wykonanej pod kierunkiem promotora dra hab. inż. Pawła Kielbasy, prof. URK oraz promotora pomocniczego dra inż. Tomasza Drózdza, prof. URK.

1. Podstawa formalna recenzji

Podstawę formalną niniejszej recenzji stanowi uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie powołująca moją osobę na recenzenta rozprawy doktorskiej mgra inż. Krzysztofa Pikula. Recenzja została opracowana na podstawie pisma z dnia 25 września 2024 r. Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie dra hab. inż. Pawła Kielbasy, prof. URK oraz dostarczonego manuskryptu rozprawy doktorskiej zawierającego 177 stron maszynopisu.

2. Uzasadnienie podjęcia tematu (problematyka badawcza podjęta w pracy)

Wszyscy chcemy jeść dorodne, ładne wizualnie a przede wszystkim zdrowe warzywa. Aby lepiej sprostać tym wymaganiom, powstał system rolnictwa wracający z zasadami prowadzenia upraw niejako do korzeni, nazwany rolnictwem ekologicznym. Wymogi prawne stawiane producentom, m. in. warzyw, którzy decydują się na prowadzenie swoich upraw w tym właśnie systemie, zakazują stosowania syntetycznych Środków Ochrony Roślin (ś.o.r.). Także dla rolników, ogrodników czy sadowników prowadzących swoje uprawy, plantacje w klasycznych systemach znacznie zmniejszają się możliwości stosowania syntetycznych ś.o.r. Wycofywanie z produkcji, a w dalszej kolejności z możliwości stosowania kolejnych substancji czynnych ś.o.r. ma miejsce od wielu lat na mocy kolejnych uregulowań prawnych wprowadzanych zarówno przez Komisję Europejską (KE) jak i ustawodawców krajowych. Regulacje te są nakierowane na prowadzenie walki z zachwaszczeniem plantacji, upraw metodami innymi niż chemiczne s.o.r., zawierające czynne substancje syntetyczne. Wprowadzany obecnie przez KE program Europejski Zielony Ład przewiduje 50 % -tą redukcję zużycia ś.o.r. do 2030 r. i 25 % -tawy wzrost udziału gruntów uprawianych w systemie rolnictwa ekologicznego do 2050 r. Założenia te są bardzo ambitne, ale należy jednak pamiętać, że znane i stosowane obecnie alternatywne do ś.o.r. metody walki z zachwaszczeniem są znacznie mniej efektywne, a przy tym znacznie bardziej energochłonne. Aby sprostać

stawianym wymogom prawnym i jednocześnie utrzymać posiadany wolumen produkcji, rolnicy i plantatorzy są zmuszani do korzystania z dostępnych na rynkach różnych niechemicznych metod zwalczania chwastów. Wymagają one jednak prowadzenia prac dostosowujących ich działanie czy efektywność do zmiennych warunków środowiskowych, glebowych czy także kolejnych chronionych oraz zwalczanych roślin mając także na uwadze ich kolejne stadia rozwojowe i wrażliwość na działanie, a także parametry mediów wykorzystywanych jako środki zwalczające chwasty. Ich konieczny i ciągły rozwój wymaga oprócz oczywiście testów praktycznych, opracowania odpowiednich podstaw naukowych potwierdzających bądź wykluczających przyjmowane założenia. Badania naukowe mają także za zadanie wskazywać kierunki, zakresy dalszego rozwoju badanych metod, technologii, maszyn i urządzeń. W ten zakres badawczy wpisał się mgr inż. Krzysztof Pikul wybierając za przedmiot swoich dociekań technologie termicznego zwalczania chwastów i przygotowania plantacji do siewu wybranych warzyw. Doktorant do badań wybrał technologie mikrofalowego zwalczania chwastów oraz technologie płomieniowego zwalczania chwastów w prowadzonych w systemie rolnictwa ekologicznego uprawach marchwi, buraków ćwikłowych oraz ogórków. Badane warzywa były uprawiane w systemie redlinowym i zagonowym. Wybrane do badań warzywa są jednymi z najczęściej uprawianych w Polsce i charakteryzują się różnym sposobem prowadzenia uprawy oraz różną wrażliwością na zachwaszczenie, innym tempem zwarcia ładu oraz zapotrzebowaniem na przestrzeń życiową. Z pośród termicznych metod zwalczania zachwaszczenia wybrano metodę płomieniową, która jest już stosowana oraz metodę mikrofalową, która jest na etapie wprowadzania do praktycznych zastosowań.

Oceniając problematykę naukową i badawczą jaka została zawarta w niniejszej dysertacji przedstawionej do recenzji, należy stwierdzić, że jest to praca naukowa, która wpisuje się w dziedzinę nauk inżyniersko-technicznych, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna. W pewnych aspektach wykracza jednak poza tę dziedzinę nauki, wchodząc również w zakres nauk rolniczych. Z tego względu mogę stwierdzić, że jest to praca o charakterze interdyscyplinarnym.

3. Ocena formalna pracy

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska pt. „*Wpływ termicznych metod niszczenia chwastów w ekologicznych uprawach warzywniczych na efektywność i energochłonność produkcji*” charakteryzuje się typowym układem dla prac badawczych i zawiera 177 stron tekstu. W dysertacji Doktorant zamieścił 113 rysunków i 39 tabel. Treść pracy składa się z 9 rozdziałów (3 z nich zawierają również podrozdziały), strony tytułowej, spisu treści oraz streszczeń w języku polskim i angielskim. Doktorant nie zastosował jednolitej numeracji rozdziałów i podrozdziałów. W rozdziałach 1, 4, 5 zastosował numerację podrozdziałów do trzeciego rzędu, a w pozostałych rozdziałach pierwszego rzędu.

Wyodrębnione główne rozdziały zajmują odpowiednio: *Wstęp* – 19 stron (10,8 %), *Cel i zakres pracy* – 2 strony (1,1 %), *Przedmiot badań* – 5 stron (2,8 %), *Metodyka badań* – 25 strony (14,2%), *Wyniki badań* – 93 stron (52,8 %), *Dyskusja wyników i wnioski* – 7 stron (4,0 %), *Bibliografia* – 11 stron (6,3%), *Spisy treści, rysunków i tabel* – 10 stron (5,7 %). Stałe części takie jak tytuł z afiliacją, streszczenia w językach polskim i angielskim zajmują 4 strony (2,3 %). Kolejność rozdziałów stanowi układ właściwy dla prac naukowych, a przedstawiona do oceny dysertacja posiada wszelkie elementy, które z formalnego punktu widzenia powinny

wejść w skład rozprawy doktorskiej: przegląd piśmiennictwa, uzasadnienie konieczności podjęcia tematu, sformułowanie celu pracy oraz zakresu rozpatrywanych w niej zagadnień badawczych, opis sposobów ich rozwiązywania, wyniki badań oraz wnioski wysnute na podstawie efektów przeprowadzonych badań. Przyjęty w rozprawie sposób prezentowania rozważań jest ogólnie poprawny, a swoje dywagacje Doktorant prowadzi przy zachowaniu ogólnie właściwych proporcji w ujmowaniu poszczególnych elementów. Należy zwrócić uwagę na bogatą literaturę. Bibliografia zawiera 191 publikacji. Prac w języku angielskim wykazano 65, a języku polskim 126.

Praca napisana jest poprawnym językiem, z wykorzystaniem naukowej terminologii, w sposób logicznie spójny, chociaż zdarza się w niej wiele błędów redakcyjnych. Rozprawa pomimo tych uchybień jest napisana prawidłowo i z należytą starannością. Świadczy to o przygotowaniu Doktoranta do interpretacji oraz omawiania uzyskanych wyników.

Tytuł dysertacji został sformułowany jednoznacznie, w sposób zrozumiały, z jednoczesnym zasygnalizowaniem podjętego problemu badawczego. Sugerowałbym jednak dodanie w nim słowa „wybranych”, ponieważ znanych i na różną skalę wykorzystywanych jest więcej termicznych metod zwalczania chwastów, np. metody wykorzystujące do tego celu płomień lasera oraz zastąpienie słowa „niszczenia” słowem „zwalczania”. Zasygnalizowana tytułem badana problematyka oraz uczynienie jej przedmiotem pracy doktorskiej jest ambitnym i budzącym ciekawość poznawczą wyzwaniem, którego rozwiązanie może być podstawą do uzyskania stopnia naukowego doktora w dyscyplinie: inżynieria mechaniczna.

Pod względem językowym i formalnym recenzowana dysertacja zasługuje na pozytywną ocenę, choć mam kilka uwag i pytań.

Pojawia się pytanie, dlaczego w spisie literatury nie zamieszczono źródeł niektórych rysunków, pozyskanych, np. z normy (str. 39) czy z internetu, (str. 46), instrukcji obsługi (str. 47)? Takie zapisy zostały podane pod tymi rysunkami.

Doktorant powinien dołożyć większej staranności do przygotowania bibliografii. Należy zwrócić większą uwagę na ujednoczenie zapisów i podawanie przy publikacjach wszystkich wymaganych danych. Autor zgromadził pokaźną ilość materiałów źródłowych, co wymaga pochwały, jednak przy tak obszernym materiale wskazane byłoby zastosowanie jakiejś powszechnej aplikacji do zapisu bibliografii. Wówczas mógłby uniknąć błędów w postaci dublowania publikacji (4 pozycje), barku cytowania (14 pozycji). Także wydzielenie do osobnych podrozdziałów dokumentów prawnych oraz stron internetowych byłoby lepszym rozwiązaniem dla przejrzystości tej części rozprawy. Bibliografię należy także uzupełnić o niektóre pozycje, przywołane szczególnie w rozdziale 4 i 6 rozprawy. Dodanie w niej numeracji kolejnych rekordów pozwoliłoby zapewne na uniknięcie niektórych wspomnianych uchybień.

Kandydat nie ustrzegł się również popełnienia pewnych drobnych błędów redakcyjnych czy też edytorskich.

Uchybieniami redakcyjnymi i edytorskimi są, np.:

- podawanie nazwy własnej urzędu „Termopielnik” zamiast określania go jako, np. „urządzenie do płomieniowego zwalczania chwastów” lub „pielnik płomieniowy”,
- zapisywanie łacińskich nazw roślin zwykłą czcionką zamiast kursywą,

- błędny zapis nazwiska: jest zapisane „Herbud”, a prawidłowo powinno być zapisane „Herbut” (str.11 i 161),
- odwrócenie kolejności autorów materiału źródłowego na str. 17,
- w podpisach rysunków 12 i 17 brak opisów odnośników do elementów wskazanych na tych rysunkach,
- pozostawianie na końcach wersów wartości liczbowych i przenoszenie na początek kolejnego wersu związanych z nimi jednostek miary, jak np. na str. 30, 63, 114 i innych,
- pozostawianie na końcach wersów pojedynczych liter, np. „a” , „i” , „z”, jak i dwuznaków np. „do” , „na” , „że” ,
- utworzenie zbyt wąskich kolumn w tabelach 35 – 38,
- brak podania oznaczeń symboli użytych w tabelach z wynikami obliczeń statystycznych i niekompletne opisy znajdujących się w nich danych, np. w tab. 28-31,
- nieprzywołanie odpowiedniego zakresu rysunków cytowanych na str. 127, 130, 131,
- umieszczanie w spisach tabel i rysunków wyrazów w kolumnie zawierającej numerację ich stron, pomiędzy numerami stron kolejnych pozycji,
- literówki, błędne formy gramatyczne czy też niedokończone wyrazy.

4. Merytoryczna ocena pracy

Doktorant swoją dysertację rozpoczął od rozdziału *1. Wstęp*, w którym połączył merytorycznie krótkie wprowadzenie z kilkunastostronicowym przeglądem literatury. Lepszym rozwiązaniem dla odbioru pracy przez czytelnika byłoby podzielenie tego rozdziału na dwa odrębne: *1. Wstęp*, którego rolę pełni obecnie podrozdział *1.1. Wprowadzenie* i *2. Uzasadnienie problemu*. W tej części dysertacji, w czterech podrozdziałach, Autor nakreśliła tło swojej pracy zamieszczając przegląd i analizę źródeł literaturowych dotyczących podejmowanego zagadnienia badawczego. Zaczyna od scharakteryzowania wielkości produkcji warzyw w Polsce z uwzględnieniem gatunków, jakie będą przez niego wykorzystywane w badaniach. Następnie omawia zasady i aspekty prawne rolnictwa ekologicznego jako systemu uprawy warzyw, który przyjął do prowadzenia doświadczeń. W kolejnym podrozdziale omawia różne niechemiczne metody odchwaszczania. Osobny punkt poświęcił na opisanie metody wykorzystującej promieniowanie mikrofalowe jako nowej metody zwalczania chwastów. Całość rozdziału kończy analizą metod oceny energochłonności prowadzenia upraw warzyw, wskazując metodę energochłonności skumulowanej jako najlepszą do oceny nakładów energetycznych ponoszonych na prowadzenie zabiegów ochronnych, niezależnie od technologii produkcji i poziomu cen warzyw w danym momencie. Do zawartości tego jak i następnym rozdziałów mam kilka uwag i pytań problemowych.

Mgr inż. K. Pikul włożył wiele wysiłku w przanalizowanie bardzo wielu prac i zestawianie prezentowanych w nich wyników i danych. Należy to podkreślić i docenić jego pracowitość w tym aspekcie. Niestety, część z nich ma jedynie wartość informacyjną, a nie użyteczną z uwagi na to, że przytaczane dane pochodzą sprzed kilku lat. Dotyczy to, np. danych w tab. 1, opisujących powierzchnię upraw gruntowych w Polsce, które kończą się na 2016 r, a powinny być doprowadzone do 2022 r. W tym miejscu nasuwa się pytanie, dlaczego Autor nie starał się zaktualizować posiadanych materiałów źródłowych, w myśl wymagań stawianych pracom naukowym dotyczących odwoływania się do aktualnych, dostępnych materiałów źródłowych.

Następna uwaga odnosi się do przytaczanych dokumentów prawnych regulujących zasady funkcjonowania rolnictwa w systemie ekologicznym. Doktorant zapoznał się z wieloma, jeżeli nie wszystkimi aktualnymi krajowymi i wydanymi przez Komisję Europejską (KE) aktami prawnymi dotyczącymi tej problematyki. Jednak mnogość dokumentów sprawiła pewien problem i chaos w ich zacytowaniu, dlatego ten fragment pracy powinien zostać zweryfikowany i uporządkowany zarówno w tekście jaki i w spisie bibliografii. W tym drugim miejscu brakuje podania nazw publikatorów aktów prawnych i znajdują się zdublowane pozycje wymagające usunięcia.

Pierwsze zdanie w podrozdziale 1.2.3. z uwagi na jego treść wymaga podania źródeł. Należy także zwrócić uwagę, aby w cytowaniu podawać nazwisko a nie imię (cytowany autor nazywa się Aldrich, a Richard to jego imię, str. 15). Na stronie 16 nie podano wyjaśnienia podstawowych zasad uprawy współrzędnej. W zakończeniu tego rozdziału zabrakło podsumowania przeprowadzonych rozważań literaturowych prowadzącego do wskazania problemu badawczego jaki Doktorant zamierza rozwiązać w efekcie przeprowadzenia badań.

Znalazł się on w następnym krótkim dwustronicowym rozdziale 2-gim nazwanym *Cel i zakres badań*. Mgr inż. K. Pikul nie podaje tutaj wprost celu swoich badań, jak to zasygnalizował tytułem, ale można go odczytać ze wspomnianego opisu problemu badawczego. Jest nim znalezienie kompleksowych relacji między czynnikami technologiczno-eksploatacyjnymi, które wykorzystują alternatywne oraz ekologicznie uzasadnione metody zwalczania chwastów, a plonem wybranych warzyw i ich wybranymi właściwościami fizycznymi. Dla ukierunkowania realizacji celu pracy sformułował dwie prawidłowe hipotezy badawcze, wskazujące także na utylitarne zastosowanie wyników badań i analiz. W tym rozdziale został także bardzo syntetycznie przedstawiony zakres pracy podzielony na 5 logicznie połączonych zadań badawczych.

Kolejny, 3 rozdział pracy został zaatutowany „*Przedmiot badań*”. W jego pierwszej części Autor szczegółowo opisuje wybrane do badań warzywa, czyli marchew, buraka ćwikłowego oraz ogórka. Mimo obszerności opisów brak jest jednak wyraźnego uzasadnienia wyboru tych właśnie warzyw jako przedmiotów badań. Drugą część tego rozdziału poświęcił z kolei opisowi miejsca prowadzenia badań polowych, czyli miejscowości Wielka Wieś w podtarnowskiej gminie Wojnicz. Opis ten zawiera wiele informacji, szczególnie w odniesieniu do geologicznego umiejscowienia terenu badań, jednak zabrakło podania, np. jaki jest kompleks glebowy czy jaka jest bonitacja gleb w miejscu prowadzenia badań.

Następnym, czwartym rozdziałem pracy jest „*Metodyka badań*” zawierająca opis metod badawczych jakie były wykorzystywane w czasie prowadzenia badań, gromadzenia wyników i ich analizy. W pierwszej części tego rozdziału Doktorant opisuje układ doświadczenia, który słusznie oparł na zasadzie kwadratu łacińskiego. Powinien jednak umieścić krótki opis zasad jego tworzenia. Na podkreślenie i docenienie zasługuje opracowanie precyzyjnego graficznego schematu przebiegu doświadczenia ułatwiającego jego zrozumienie. Wielkość pojedynczych poletek dla obydwu metod walki z zachwaszczeniem nieco się różniła. Pojawia się więc pytanie o przyczyny tej różnicy. Doktorant zaplonował i przeprowadził bardzo dokładne pomiary jakości oraz zwięzłości gleby i w związku z tym pojawia się kolejne pytanie o zasadność przyjęcia tak dużej dokładności (wielkości powierzchni pojedynczego poletka, z którego były pobierane próbki). Autor powinien także zwrócić uwagę na dokładność opisów przyrządów i urządzeń pomiarowych wykorzystywanych do badań, ponieważ w pracy zabrakło

danych dotyczących, np. ich dokładności pomiarowej, działki elementarnej itp. Weryfikacji wymaga, o czym już wspomniano bibliografia, ponieważ niestety, nie wszystkie cytowane w tym rozdziale dokumenty źródłowe zostały w niej umieszczone.

Przyjęcie jako bazy prowadzonych doświadczeń kwadratu łącińskiego, dobre rozplanowanie układu doświadczeń polowych, dobór zakresu i przeprowadzenie doświadczeń polowych i laboratoryjnych wskazują na dobre metodyczne przygotowanie Doktoranta. Wykonana przez Niego analiza krajowych i zagranicznych materiałów źródłowych z szerokiego zakresu merytorycznego dotyczącego technologii i metod zwalczania chwastów, wskazuje na chęć wszechstronnego zgłębienia przez mgra inż. K. Pikula czynników decydujących o efektywności metod zwalczania roślin niepożądanych. Ta analiza pozwoliła mu także na opracowanie właściwej metodyki identyfikacji stopnia zachwaszczenia oraz czasowego rozplanowania i zasad wykonywania samych termicznych zabiegów eliminacji chwastów.

W kolejnych częściach metodyki Doktorant opisuje metody oceny wielkości i jakości plonu. Wśród nich znalazły się wskaźniki sferyczności warzyw, dla których wskazane byłoby dodanie graficznego schematu wyznaczania grubości i szerokości badanych warzyw, ponieważ ich przekroje są zbliżone do koła oraz podanie uzasadnia przeprowadzenia tychże pomiarów.

W kolejnej części tego rozdziału dysertacji mgr inż. K. Pikul zamieścił metodykę wyznaczania nakładów energetycznych jakie ponosił wykonując termiczne zabiegi zwalczania chwastów. Do realizacji tego celu słusznie wybrał metodę energochłonności skumulowanej. Tę część swojej dysertacji kończy omówieniem metod obliczeń statystycznych jakie wykorzystał do analizowania uzyskanych wyników badań i potwierdzenia bądź sfalsyfikowania przyjętych hipotez badawczych. Do realizacji tych zadań używał pakiet programu Statistica 13 oraz arkusz kalkulacyjny Excel z pakietu MS Office. W celu potwierdzenia lub odrzucenia hipotezy o rozkładzie normalnym badanego parametru wyniki badań poddawał analizie z wykorzystaniem testu Kołmogorowa-Smirnowa. Dla analizy różnic pomiędzy wybranymi wartościami w tej części dysertacji wskazuje jedynie na wykorzystanie analizy wariancji z testem Duncana. Tymczasem w kolejnych rozdziałach, w szczególności dotyczących analizy danych pozyskanych z badań mikrofalowego zwalczania chwastów, pojawiają się analizy przeprowadzone dokładniejszym testem z tej samej grupy - testem Scheffego. Prosiłbym o wyjaśnienie tej rozbieżności. Należy jednak podkreślić, iż Doktorant opracował właściwą do założonego zakresu badań, metodykę badań. Przyjął i zastosował odpowiednie, w odniesieniu prowadzonych badań, rozumowanie i prawidłowy tok postępowania, udowadniając opanowanie zasad prowadzenia badań naukowych i umiejętność krytycznej analizy uzyskanych wyników, co utwierdza mnie w przekonaniu o wysokim stopniu przygotowania mgra inż. K. Pikula do samodzielnego prowadzenia badań.

Obszerną część pracy stanowi rozdział 5. „Wyniki badań”, który Doktorant podzielił na 3 zasadnicze podrozdziały, które następnie podzielił na jeszcze mniejsze części. W kolejnych podrozdziałach Autor analizuje wyniki badań właściwości gleby, zwalczania chwastów przy pomocy piełnika płomieniowego oraz efekty stosowania do tego celu urządzenia mikrofalowego. Zarówno obszerność tego rozdziału jak i ilość tabel i wykresów pokazują wielkość pracy badawczej i analitycznej jaką wykonał mgr inż. Krzysztof Pikul przygotowując swoją dysertację. Należy to podkreślić i docenić jego dociekliwość. W części dotyczącej analizy wybranych właściwości gleby pola doświadczalnego wszystkie wyniki

zaprezentował na wykresach, które nazwał przestrzennymi, choć są one wykonane w formacie płaskim. Brak jest również opisu osi, które w każdym przypadku oprócz wartości liczbowych posiadają jedynie podstawowe oznaczenie kartezjańskie „x” i „y”. Ponieważ dla wszystkich analizowanych parametrów dane były pobierane lub mierzone na tych samych głębokościach, dobrym rozwiązaniem byłoby wykonanie rzeczywistych wykresów przestrzennych z trzecią osią obrazującą wspomniane wymiary głębokości. Z uwagi na to, że do wykresów została wybrana skala barwna, wskazane byłoby, aby w przypadku każdego parametru była ona jednakowa dla wszystkich 4 analizowanych głębokości.

Kolejne dwie części tego rozdziału zawierają analizy badań dwóch wybranych metod termicznego zwalczania chwastów: mikrofalowej i płomieniowej, przeprowadzone na uprawach trzech warzyw: marchwi, ogórków i buraków ćwikłowych prowadzonych w dwóch systemach uprawy: zagonowym i redlinowym. W przypadku zastosowania metody mikrofalowej, z uwagi na jej działanie na całej szerokości roboczej urządzenia, możliwe było jedynie prowadzenie zabiegu przed siewem warzyw. Czynnikiem zmiennym w tych przypadkach, oprócz rodzaju uprawy, były trzy dawki promieniowania uzyskiwane dzięki trzem różnym prędkościom roboczym (jazdy) urządzenia: 0,5; 1,0 oraz 1,5 m·h⁻¹. Dla wszystkich wariantów metoda ta wykazała się niską wydajnością czasową i dużą energochłonnością, które były w znacznej mierze równoważone jej dużą efektywnością. Potwierdziły to również wyniki analiz statycznych (istotności statystycznej różnic plonu czy wielkości powierzchni zachwaszczenia).

W przypadku zastosowania piełnika płomieniowego, jego zasada działania pozwoliła na zastosowanie czterech kombinacji terminów zabiegu zwalczania chwastów:

- a) przeprowadzonego bezpośrednio tylko przed siewem nasion,
- b) przeprowadzonego tylko po siewie,
- c) dwukrotnego zastosowania zabiegu wypalania bezpośrednio przed i po siewie nasion,
- d) wykonanie zabiegu w trakcie wegetacji chwastów, czyli bezpośrednio przed pojawieniem się części zielonych rośliny na powierzchni pola.

Szczególnie ten ostatni termin wymagał od Doktoranta dodatkowych działań polegających na kontroli przebiegu wschodów każdej z badanych roślin dla obydwu systemów uprawy. Analizy uzyskiwanych wyników pokazały, że ta metoda jest znacznie bardziej wydajna i mniej energochłonna od poprzedniej. Wykazana jej duża efektywność pozwala z kolei na jej stosowanie w uprawach warzyw i innych roślin prowadzonych w ekologicznych systemach uprawowych. Efektywność tej metody także została potwierdzona analizami i testami statycznymi, z tym że w tym przypadku został wykorzystany test Scheffego czyli dokładniejszy od testu Duncana, jaki został użyty dla metody mikrofalowej. Ta zmiana prowadzi do pytania o powód jej wprowadzenia. W analizach tej metody pojawiają się także zależności wielkości powierzchni zachwaszczenia do terminu pomiaru tego parametru dla wszystkich kombinacji zwalczania chwastów tą metodą. Opis doboru rozkładu terminów dla wykonywania tego pomiaru znalazł się w tym rozdziale na stronie 134, a powinien być zamieszczony w metodyce w podrozdziale 4.1.9.

6 rozdział zatytułowany „Dyskusja wyników i wnioski” Autor rozpoczyna od nakreślenia tła swoich dociekań oraz wyjaśnienia powodów wybrania do badań dwóch termicznych metod zwalczania chwastów. Ważne tutaj jest stwierdzenie odnoszące się do metody mikrofalowej: „Druga z badanych metod wykorzystująca promieniowanie

mikrofalowe na chwilę obecną stanowi podwaliny do rozwoju technologii i ograniczenia jej energochłonności oraz zwiększenia wydajności.” Przeprowadzone badania wraz z bardzo dobrze wykonaną i wszechstronną analizą ich wyników na pewno są kolejnym krokiem w kierunku przyspieszenia wspomnianego rozwoju technologii i jej wdrożenia na szeroką skalę. Ta pierwsza część rozdziału dotyczącego dyskusji wyników powinna jednak być konkluzją przeglądu literatury, prowadzącą do wskazania problemu badawczego rozwiązywanego w ramach realizacji dysertacji doktorskiej. Było to wspomniane w ocenie merytorycznej rozdziału pierwszego. Dalsza część tego rozdziału to już klasyczna dyskusja wyników uzyskanych przez Doktoranta z wynikami i poglądami innych uczonych zajmujących się podobną problematyką badawczą. Dywagacje Autora słusznie są skoncentrowane wokół praktycznych, utylitarnych aspektów wyników jego badań nad wybranymi termicznymi metodami zwalczania chwastów. Obecne uwarunkowania prawne w takim bowiem kierunku wiedzą ten zakres prac polowych, a w odniesieniu do rolnictwa prowadzonego w systemie ekologicznym jest to jedna z nielicznych dopuszczalnych metod walki z chwastami. W przeprowadzonym porównaniu skuteczności obydwu metod, zwalczanie chwastów mikrofalami okazało się prawie 2-krotnie bardziej skuteczne od metody płomieniowej. Jednak ta pierwsza metoda jak na razie przegrywa na polu ekonomicznym, ponieważ potrzebuje kilkadziesiąt razy więcej energii, a więc i większych kosztów niż druga z analizowanych metod. Takie same spostrzeżenia mieli i inni przywoływani w tekście badacze (należy sprawdzić czy wszyscy zostali prawidłowo umieszczani w bibliografii pracy). Największy wpływ na ten wskaźnik miała niska wydajność pracy urządzenia mikrofalowego, które było prototypem. Mgr inż. K. Pikul słusznie wskazał ten kierunek jako drogę do dalszego rozwoju urządzenia, a także połączonego z tym usprawniania samej metody. Zebrany materiał jest więc bardzo dobrym przyczynkiem do prowadzenia dalszych badań, wnioskowania o krajowe i międzynarodowe granty badawcze czy opracowania publikacji naukowych.

Ostatnią częścią tego rozdziału są „*Wnioski końcowe*”. Powinny one stanowić odrębny rozdział, a jeśli miałyby pozostać ten układ, to wówczas należałoby mu nadać numerację podrozdziału, zgodnie z jego tytułem i konwencją całej rozprawy. Zamieszczone 6 wniosków w sposób syntetyczny przedstawia uzyskane przez Doktoranta wyniki badań w ukierunkowaniu na możliwości ich praktycznego zastosowania. Podkreśla to utylitarny kierunek jego badań. Autor nie ustrzegł się pewnych powtórzeń z części zawierającej dyskusję wyników.

Praca kończy się rozdziałami: 7. „*Bibliografia*”, 8. „*Spis tabel*” oraz 9. „*Spis rysunków*”. Uwagi i pytania do tych rozdziałów zamieszczono w części zawierającej ocenę formalną rozprawy, a w odniesieniu do bibliografii także w ramach oceny merytorycznej pracy.

5. Końcowa ocena rozprawy

Opiniowana przeze mnie praca naukowa mgra inż. Krzysztofa Pikula jako przedmiot rozprawy doktorskiej spełnia kryteria merytoryczne i formalne stawiane dysertacjom doktorskim. Praca wykonana została z użyciem prawidłowych metod badawczych, umożliwiających osiągnięcie założonego przez Doktoranta celu. Dobrze przyjął on założenia badawcze, rozplanował i przeprowadził swoje doświadczenia. Dokonał prawidłowej interpretacji uzyskanych wyników badań. Występujące w rozprawie błędy i uchybienia mają jedynie charakter edytorski i formalny.

W realizacji badań Doktorant wykazał się nie tylko dużą inwencją twórczą i pomysłowością, lecz także wytrwałością oraz pracowitością. Umożliwiło mu to zrealizowanie szerokiego zakresu prac badawczych, które dostarczyły wielu przydatnych dla praktyki danych i informacji.

Przyjęty w rozprawie sposób prezentowania rozważań jest ogólnie poprawny. Rozważania te są prowadzone konsekwentnie, a treść rozprawy ułożona jest we właściwej kolejności. Rozprawa wskazuje na dobre przygotowanie Autora do samodzielnego formułowania i rozwiązywania problemów naukowych. Zakres rozpatrywanej problematyki jest w pełni wystarczający i pod tym względem rozprawę doktorską mgra inż. Krzysztofa Pikula należy ocenić pozytywnie. Przedstawione wyniki badań mają również duże znaczenie utylitarne.

Uwagi, pytania i spostrzeżenia jakie nasunęły mi się w trakcie oceny pracy zawarłem we wcześniejszych punktach niniejszej recenzji.

6. Wniosek końcowy

W podsumowaniu recenzji stwierdzam, że rozprawa pod względem merytorycznym spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim zgodnie Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742) i Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych (Dz. U. z 2018 r. poz. 1818) i oceniam ją pozytywnie. Stwierdzam, że w rozprawie doktorskiej przedstawiono oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Doktorant wykazał się opanowaniem i posiadaniem ogólnej wiedzy teoretycznej i odpowiednim przygotowaniem do samodzielnego prowadzenia prac badawczych i naukowych.

Biorąc pod uwagę powyższą recenzję wnoszę do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kollątaja w Krakowie dopuszczenie mgra inż. Krzysztofa Pikula do publicznej obrony jego rozprawy doktorskiej pt. „*Wpływ termicznych metod niszczenia chwastów w ekologicznych uprawach warzywniczych na efektywność i energochłonność produkcji*”.

Mając na uwadze szeroki zakres właściwie zaplanowanych i przeprowadzonych badań, praktyczne znaczenie wyników rozprawy wskazujące na możliwości ich łatwego, praktycznego, wielokierunkowego wykorzystania oraz jej interdyscyplinarność wnioskuję o jej wyróżnienie.