



Prof. dr hab. inż. Marcin Kozak

Wrocław, 3.09.2018 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Natalii Matłok

pt.: „Rolnicze, energetyczne i ekonomiczne aspekty wykorzystania biomasy
odpadowej z produkcji szkółkarskiej”

wykonanej w Katedrze Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej,
na Wydziale Biologiczno-Rolniczym Uniwersytetu Rzeszowskiego

pod kierunkiem promotora dr. hab. inż. Józefa Gorzelanego prof. nadzw. UR
oraz promotora pomocniczego dr. inż. Piotra Kuźniara

1. Podstawa formalna wykonania recenzji rozprawy

Recenzja została opracowana w odpowiedzi na pismo DDR-520-56/2018 Pana Dziekana Wydziału Biologiczno-Rolniczego, Uniwersytetu Rzeszowskiego prof. dr. hab. inż. Czesława Puchalskiego wraz z informacją, że uchwałą nr 69/20018 Rady Wydziału Biologiczno-Rolniczego z dnia 21 czerwca 2018 roku, zostałem powołany na recenzenta przedłożonej do oceny rozprawy doktorskiej.

2. Ocena wyboru problematyki badawczej rozprawy

Rokrocznie, zarówno w Świecie jak i w Polsce, wzrasta zapotrzebowanie na energię, a jej dostępne, konwencjonalne zasoby sukcesywnie się zmniejszają. Według danych szacunkowych niektóre źródła energii nieodnawialnej (konwencjonalnej), takie jak np. węgiel kamienny czy ropa naftowa, mogą zostać wyczerpane już w 2045 roku. Ciągłe pozyskiwanie energii z nieodnawialnych źródeł ma także niekorzystny wpływ na środowisko naturalne, w postaci np. narastania tzw. efektu cieplarnianego. Stąd w wielu państwach podjęto próbę chociażby częściowego zastępowania nieodnawialnych źródeł energii źródłami odnawialnymi wykorzystującymi energię słoneczną, wiatru, wody czy biomasy. W Polsce największą pozycję w bilansie energii odnawialnej stanowi energia wytworzona z biomasy stałej. Biomasa pochodzenia roślinnego może być używana na cele energetyczne w procesach bezpośredniego spalania surowców stałych lub przetwarzana na biopaliwa ciekłe lub gazowe. W tym kontekście



mgr inż. Natalia Matłok w swej dysertacji słusznie zauważa, że „...Komisja Rolnictwa i Rozwoju Wsi Parlamentu Europejskiego w opinii z dnia 5 czerwca 2007 roku w sprawie Mapy drogowej na rzecz energii odnawialnej w Europie (2007/2090(INI)) popiera propagowanie odnawialnych źródeł energii w ramach strategii UE dotyczącej zmian klimatycznych jednak domaga się aby produkcja energii z biomasy nie odbywała się ze szkodą dla zdolności produkcji żywności i produkcji niespożywczej. Z tego względu stwierdza, że należy zachęcić do produkcji energii z biomasy w sposób, który pozwoli uniknąć niedających się opanować napięć między produkcją żywności i produkcją niespożywcą. Wskazane jest więc promowanie wykorzystania odpadów i pozostałości z produkcji rolniczej, sadowniczej oraz szkółkarskiej do produkcji energii...”

Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzenia uważam, że podjęta przez Doktorantkę tematyka badawcza jest ważna zarówno z poznawczego jak i użytecznego punktu widzenia. Recenzowaną pracę wyróżnia wieloaspektowe ujęcie tematu, któremu towarzyszy myśl przewodnia dotycząca praktycznego wykorzystania uzyskanych wyników, co odbieram jako Recenzent bardzo pozytywnie.

3. Ocena formalna rozprawy

Rozprawa doktorska mgr inż. Natalii Matłok pt.: „Rolnicze, energetyczne i ekonomiczne aspekty wykorzystania biomasy odpadowej z produkcji szkółkarskiej” obejmuje łącznie 211 stron maszynopisu, na który składają się: tekst, 52 tabele oraz 23 rysunki. Należy zauważyć, że dysertacja jest bardzo obszerna i zawiera bogaty materiał dowodowy. Cała praca została przez Autorkę podzielona na 7 rozdziałów głównych: Hipotezy pracy, Cel i zakres pracy, Przegląd literatury, Materiał i metody badań, Wyniki badań, Dyskusja wyników, Wnioski. Poszczególne rozdziały dysertacji zostały odpowiednio podzielone na podrozdziały, stosownie do prezentowanych treści, co zwiększa przejrzystość i ułatwia Czytelnikowi jej studiowanie. Rozdziały główne uzupełniają: Wstęp, Spis literatury, Spis tabel, Spis rysunków, Streszczenia w języku polskim i angielskim oraz Aneks. Nasuwa się pytanie, czy nie należało wprowadzić numeracji obejmującej wszystkie części pracy? Spis literatury obejmuje aż 273 pozycje źródłowe z czego 71 to prace autorów zagranicznych. Większość z zamieszczonych w rozprawie pozycji literaturowych to najnowsze prace z danego zakresu, co świadczy o bardzo świadomym i celowym ich wyborze przez Autorkę. Dowodzi to także Jej dojrzałości naukowej i świadczy o dobrym przygotowaniu do realizacji kolejnych prac badawczych. Język i technika pisania pracy są w większości poprawne. Występują drobne błędy interpunkcyjne i stylistyczne, które jednak nie umniejszają wartości naukowej pracy. Jako Recenzent dostrzegam natomiast staranne opracowanie tabel i wykresów, brak powtórzeń danych, co ułatwia Czytelnikowi analizę zamieszczonych rezultatów badań. Podsumowując stwierdzam, że przyjęty przez Autorkę układ pracy jest właściwy, a recenzowane opracowanie spełnia wymogi formalne stawiane rozprawom doktorskim realizowanym w dyscyplinie naukowej agronomii.



4. Ocena merytoryczna rozprawy

Wieloaspektowe wykorzystanie biomasy odpadowej pochodzącej z produkcji szkółkarskiej to tematyka rozprawy doktorskiej podjętej przez mgr inż. Natalię Matłok, a wynikającej z bezpośrednich potrzeb samych producentów materiału szkółkarskiego. We Wstępie dysertacji Autorka syntetycznie nakreśliła podstawowe zagadnienia związane z energetyką konwencjonalną i odnawialną oraz charakteryzuje biomasę jako jedno z podstawowych źródeł energii odnawialnej.

Następnie w rozdziale „Hipotezy pracy” trafnie formułuje trzy hipotezy robocze, które odnoszą się w kolejności do: zagospodarowania zrębków powstających jako odpad przy produkcji drzewek owocowych jako nawozu wykorzystywanego w produkcji szkółkarskiej, dogłębowej aplikacji biomasy odpadowej i jej wpływowi na właściwości fizyko-chemiczne gleby oraz kosztochłonności i energochłonności wykorzystania biomasy odpadowej z produkcji szkółkarskiej do nawożenia drzewek owocowych. Postawione hipotezy robocze mają ze wszech miar charakter użyteczny, co jako Recenzent bardzo doceniam.

Nawiązując do postawionych hipotez roboczych Doktorantka przedstawia w kolejnym rozdziale cel i zakres realizowanej pracy. Jako cel główny ukazuje Autorka zagospodarowanie biomasy odpadowej z produkcji szkółkarskiej zgodnie z obowiązującymi w Polsce aktami prawnymi w tym zakresie. Cele szczegółowe obejmują:

I. Opracowanie bilansu uzyskanej w województwie podkarpackim biomasy odpadowej z produkcji szkółkarskiej w latach 2007-2015.

II. Określenie wpływu nawożenia zrębkami biomasy odpadowej z produkcji szkółkarskiej na ilość i jakość uzyskanego materiału szkółkarskiego oraz właściwości fizyko-chemiczne gleby.

III. Analizę kosztochłonności i energochłonności produkcji szkółkarskiego materiału nasadzeniowego w zależności od sposobu zagospodarowania biomasy odpadowej.

IV. Ocenę praktycznego wdrożenia zaproponowanej technologii zagospodarowania biomasy odpadowej z produkcji szkółkarskiej w cyklu produkcyjnym drzewek owocowych.

Zakres realizowanych badań polowych i laboratoryjnych jest bardzo szeroki, co zasługuje na uznanie, gdyż obejmuje:

- pomiar wybranych cech biometrycznych podkładek i określenie wydajności biomasy odpadowej z poszczególnych gatunków podkładek drzewek owocowych,
- określenie wartości opałowej biomasy z poszczególnych gatunków podkładek do produkcji drzewek owocowych,
- ocenę wilgotności, zawartości popiołu, substancji lotnych oraz wybranych anionów nieorganicznych, jako istotnych właściwości biomasy z punktu widzenia energetycznego,



- analizę zawartości wybranych mikro- i makroelementów w biomase odpadowej ze szkółkarstwa pod kątem jej nawozowego zagospodarowania w procesie produkcji jednorocznych okulantów drzewek owocowych.

W zakresie badań agronomicznych przeprowadzono trzyletnie, ścisłe doświadczenie poletkowe dotyczące nawożenia zrębkami biomasy odpadowej podkładek jabłoni M9. Zastosowano różne poziomy nawożenia zrębkami w porównaniu z kontrolą ($0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$): $2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, $3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Badania polowe i laboratoryjne obejmowały:

- ocenę ilości i jakości (wysokość, grubość przewodnika, koronka) wyprodukowanych okulantów jabłoni w zależności od zastosowanej dawki biomasy odpadowej,
- analizę właściwości fizykochemicznych gleby nawożonej ustalonymi dawkami zrębek biomasy odpadowej.

Zakres prac związanych z oceną kosztochłonności i energochłonności produkcji szkółkarskiej w zależności od sposobu zagospodarowania biomasy odpadowej obejmował:

- opracowanie kart technologicznych i zebranie danych dotyczących zastosowanych agregatów maszynowych, ich wydajności i zużycia paliwa, a także zużycia nawozów i środków ochrony roślin,
- obliczenie kosztów produkcji w zależności od zastosowanej technologii z uwzględnieniem kosztów utrzymania i użytkowania maszyn, zużytych środków i materiałów, a także kosztów pracy ludzi,
- obliczenie energochłonności pracy maszyn i ludzi przy wykonywaniu poszczególnych zabiegów w produkcji drzewek owocowych, a także energochłonności zużytych nawozów i pestycydów.

Biorąc pod uwagę przedstawione cele pracy, a także jej bardzo szeroki zakres stwierdzam że recenzowana dysertacja ma charakter interdyscyplinarny i wpisuje się w szeroko rozumianą produkcję rolniczą, obejmując jednocześnie zagadnienia wykorzystania biomasy odpadowej na cele energetyczne i nawozowe, a także ukazując wiele nowych elementów z zakresu ekonomiki gospodarowania przedsiębiorstwa szkółkarskiego.

Rozdział „Przegląd literatury” jest logicznie podzielony na podrozdziały, w których Autorka omówiła kolejno następujące zagadnienia: polityka energetyczna Polski na tle zobowiązań międzynarodowych państwa, biomasa i jej podział w świetle przepisów prawa krajowego i unijnego, charakterystyka biomasy, słoma zbóż, rodzaje biopaliwa stałego ze słomy, drewno i jego odpady, odpady drzewne z sadownictwa, winnic i szkółkarstwa, zasoby drewna odpadowego z sadów i plantacji drzewek owocowych, charakterystyka i kierunki wykorzystania biomasy drzewnej, wykorzystanie biomasy drzewnej z sadownictwa i szkółkarstwa na cele energetyczne, zagospodarowanie jako nawóz naturalny, plantacje roślin energetycznych, biomasa z odpadów komunalnych i oczyszczalni ścieków, opłacalność produkcji i rachunek energetyczny biopaliw z plantacji roślin energetycznych. Całość przeglądu literatury zajmuje w



pracy 31 stron i stanowi doskonałe kompendium wiedzy, napisane z uwzględnieniem najnowszych aktów prawnych oraz wyników badań krajowych i zagranicznych z zakresu realizowanej tematyki badawczej. Świadczy to o dużej wiedzy merytorycznej Doktorantki i jej obyciu praktycznym z wykorzystaniem różnego rodzaju źródeł literaturowych i internetowych.

Rozdział „Materiał i metody badań” został opracowany poprawnie metodycznie. Dysertację przygotowano w oparciu o przeprowadzone odrębnie doświadczenia polowe i wazonowe, które w niniejszej recenzji opisuję jako serie I-III.

Seria I doświadczeń obejmowała, w latach 2014-2016, badania cech biometrycznych podkładek drzewek owocowych, które przeprowadzono w trzech gospodarstwach szkółkarskich na terenie województwa Podkarpackiego. Pomiary cech biometrycznych wykonano na wybranych podkładekach:

- jabłoni - A2, M7, M26, M9, P60, P14;
- czereśni - Czereśnia Colt, Czereśnia Ptasia;
- wiśni - Antypka;
- gruszy - Grusza Kaukaska i Pigwa S1;
- śliwy i moreli - Ałycza;
- brzoskwini - Brzoskwinia Rakoniewicka.

W celu określenia wydajności biomasy odpadowej z poszczególnych gatunków podkładek drzewek owocowych wykonano pomiary wybranych cech biometrycznych podkładek po czopowaniu. Wiosną na każdej plantacji drzewek owocowych w 5 powtórzeniach dla każdego gatunku wyznaczono 2 rzędy po 20 m, z których po czopowaniu określono:

- ilość podkładek (szt.),
- średnią wartość średnicy w miejscu czopowania (mm),
- średnią wysokość głównego pędu (mm),
- świeżą masę (kg) przy rozstawie rzędów 75 cm.

Uzyskane wyniki posłużyły do określenia średniej obsady podkładek (szt. \cdot ha⁻¹) dla poszczególnych gatunków oraz obliczenia świeżej biomasy uzyskanej z 1 ha (kg \cdot ha⁻¹). Na podstawie uzyskanych wyników sporządzono bilans biomasy odpadowej z produkcji analizowanych gatunków drzewek owocowych w każdym roku badań. Odnosząc się do średniej wartości (trzy lata pomiarów) biomasy z poszczególnych gatunków podkładek z 1 ha, a także danych z WIORiN O/Rzeszów dotyczących wielkości produkcji poszczególnych gatunków drzewek owocowych obliczono średnie wartości uzyskiwanej biomasy odpadowej z produkcji szkółkarskiej w województwie podkarpackim w latach 2005-2015.

Metodyka badań składu chemicznego uzyskanej biomasy odpadowej została zaczerpnięta z odpowiednich norm krajowych a także standardów ISO.

Seria II doświadczeń dotyczyła nawozowego wykorzystania biomasy odpadowej z produkcji szkółkarskiej. Doświadczenie zlokalizowano w województwie podkarpackim w miejscowości Zasów koło Dębicy. Trzyletnie, ścisłe doświadczenie polowe prowadzono w



latach 2014-2016. Eksperyment polowy założono w układzie losowanych bloków w trzech powtórzeniach. Badanym czynnikiem było nawożenie zrębkami biomasy odpadowej z produkcji szkółkarskiej w czterech poziomach:

0 - brak nawożenia; I – 2 t·ha⁻¹; II – 3 t·ha⁻¹; III – 5 t·ha⁻¹.

Ustalone dawki biomasy odpadowej aplikowano do gleby w okresie czopowania podkładek. W trakcie wzrostu i rozwoju roślin objętych doświadczeniem prowadzono obserwacje występowania chorób i szkodników oraz ochronę chemiczną przy pomocy środków ochrony roślin dopuszczonych do obrotu i stosowania przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi [Ustawa z dnia 8 marca 2013 r. o środkach ochrony roślin, Dz.U. 2013 poz. 455].

W pierwszej dekadzie sierpnia każdego roku badań przeprowadzono okulizację podkładek jabłoni metodą „chip budding”, czyli na przystawkę. Do okulizacji wytypowano jesienną odmianę Szampion. Okulizację wykonano na wysokości 20 cm nad powierzchnią gleby.

W II dekadzie września przeprowadzono ocenę przyjęć wysadzonych podkładek, jak również tarczek okulizacyjnych [%]. Uzyskane w drugim roku okulanty drzewek jabłoni oceniono pod względem ilości drzewek I i II wyboru [%].

Serię III badań przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych w oparciu o doświadczenie wazonowe mające na celu określenie wpływu aplikacji doglebowej biomasy opadowej z produkcji szkółkarskiej na właściwości retencyjne gleby. Materiał glebowy (głina piaszczysta) wykorzystany w doświadczeniu pobrany został z warstwy ornej pola produkcyjnego, na którym w latach 2014-2016 realizowano ściśle doświadczenia poletkowe z nawożeniem podkładek jabłoni biomasą odpadową. Przed założeniem doświadczenia gleba została wysuszona do stanu powietrze suchego, a następnie po określeniu jej pojemności polowej wodnej doprowadzana do 60% PPW. Doświadczenie w trzech powtórzeniach realizowano w doniczkach produkcyjnych o wymiarach 16 cm · 16 cm, w których umieszczono materiał glebowy, a następnie aplikowano zrębki biomasy szkółkarskiej w ilości:

0 g · doniczka⁻¹; 5 g · doniczka⁻¹; 7,5 g · doniczka⁻¹; 12,5 g · doniczka⁻¹.

Dawki aplikowanych zrębków biomasy odpadowej z produkcji szkółkarskiej określono w oparciu o minimalną, średnią oraz maksymalną ilość biomasy odpadowej uzyskiwanej z powierzchni 1 ha upraw szkółkarskich (2 t·ha⁻¹, 3 t·ha⁻¹ i 5 t·ha⁻¹) w przeliczeniu na powierzchnię doniczki. Na podstawie uzyskanych ze Stacji Meteorologicznej Uniwersytetu Rzeszowskiego (Rzeszów, os. Zalesie 22°01'E 50°03'N) danych dotyczących sumy opadów oraz ilości dni z opadem w trzech miesiącach (marzec, kwiecień, maj) występujących bezpośrednio po optymalnym terminie czopowania podkładek drzewek owocowych obliczono średnią ilość jednorazowego opadu wynoszącą 3,26 mm. Następnie uwzględniając powierzchnię doniczki oraz obliczoną ilość opadu do każdego obiektu doświadczenia aplikowano po 81,5 ml symulując tym samym jednorazowy opad deszczu. Bezpośrednio, po którym poszczególne warianty doświadczenia poddawane były pomiarowi masy, który przeprowadzano cyklicznie, co 24 godziny. Na podstawie różnicy mas pomiędzy poszczególnymi ważeniami określono wagowy



ubytek wody [g] w czasie w zależności od dawki aplikowanych zrębek z biomasy odpadowej. Natomiast na podstawie różnicy ilości odparowanej wody glebowej pomiędzy poszczególnymi obiektami doświadczenia, a kontrolą określono wpływ zastosowanej dawki zrębek biomasy odpadowej na właściwości retencyjne gleby (w stosunku do kontroli). Średnia temperatura powietrza podczas prowadzenia doświadczenia wynosiła ok. 24°C.

Ponadto w pracy przeprowadzono analizę opłacalności produkcji drzewek owocowych na przykładzie sadzonek jabłoni w zależności od zastosowanej technologii uprawy. Porównywane pod kątem kosztochłonności i energochłonności technologie uprawy różniły się sposobem utylizacji lub zagospodarowania biomasy odpadowej powstałej w procesie produkcji drzewek jabłoni.

Rozdział „Materiał i metody badań” jest bardzo obszerny gdyż obejmuje 22 strony maszynopisu. Należy wysoko ocenić fakt, że zastosowane metody badawcze oraz obfitość zebranego materiału dowodowego są adekwatne do postawionych w pracy celów i hipotez roboczych. Analizy biometryczne i chemiczne uzyskanego materiału roślinnego zostały dobrze dobrane do charakteru dysertacji i pozwalają na właściwą analizę wyników, co zostało uwiarygodnione poprzez ocenę statystyczną zebranych danych. Świadczy to o umiejętnym zaplanowaniu poszczególnych etapów badań przez Doktorantkę.

„Wyniki badań” to rozdział obejmujący 57 stron, na których Autorka zawarła analizę uzyskanych danych wyjściowych w ujęciu opisowym, tabelarycznym i graficznym. Opis uzyskanych wyników jest logiczny, zdania są treściwe poparte zebraniem materiałem zaprezentowanym w przejrzystych tabelach i na kolorowych wykresach. Doktorantka w tym rozdziale prezentuje nowe możliwości wykorzystania biomasy odpadowej z produkcji szkółkarskiej, co uważam za bardzo innowacyjny element całej dysertacji. Autorka zwraca uwagę, że największą średnią ilość świeżej biomasy odpadowej w latach 2014-2016 w analizowanych gospodarstwach szkółkarskich uzyskano z produkcji drzewek brzoskwini - $4\,918,7 \pm 1135,8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Średnia wydajność biomasy odpadowej z podkładek do produkcji drzewek jabłoni wynosiła $2566,0 \pm 1119,1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ przy czym najwięcej ($4050,2 \pm 767,1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) biomasy pozyskano przy produkcji sadzonek jabłoni na podkładce M26, a najmniej ($1006,4 \pm 78,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) przy drzewkach jabłoni produkowanych na podkładce P60. Uzyskane wyniki potwierdzają w tym zakresie dotychczasowe dane dotyczące znaczącego wpływu rodzaju podkładki na wielkość i jakość produkowanego materiału szkółkarskiego. Ponadto wykonany przez Autorkę bilans uzyskanej świeżej biomasy odpadowej z produkcji szkółkarskiej na terenie województwa podkarpackiego w latach 2007-2015 wykazał dynamiczny rozwój i wzrost produkcji drzewek owocowych jak również powstałej przy ich wytwarzaniu biomasy odpadowej.

Oceniając wartość opałową Doktoranta wykazała, że największą wartość $19,51 \pm 0,06 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ odnotowano w przypadku biomasy odpadowej uzyskanej po czopowaniu podkładek Antypki w 2014 roku. Jednocześnie biomasa ta charakteryzowała się zmniejszonym balastem w



postaci 16,7% mniejszej zawartości popiołu w porównaniu ze średnią zawartością w biomacie z analizowanych gatunków podkładek. Natomiast najmniejszą wartością opałową cechowała się biomasa odpadowa uzyskana po czopowaniu podkładek jabłoni P14 ($17,96 \pm 0,06 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$) w 2014 roku i Pigwy S1 ($17,98 \pm 0,02 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$) w 2014 roku. Średnia wartość opałowa biomasy odpadowej z produkcji szkółkarskiej dla analizowanych gatunków podkładek w latach 2014-2016 wynosiła $18,21 \pm 0,27 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Ważnymi z praktycznego punktu widzenia są wynik badań dotyczące wpływu nawożenia zrębkami biomasy opadowej na wielkość i jakość uzyskanego materiału szkółkarskiego. Największą średnią ilość przyjętych tarczok okulizacyjnych jabłoni odnotowano w przypadku zastosowania dawki 3 t zrębków na 1 hektar i wynosiła ona 93,3%. Najmniejszą średnią ilość przyjętych tarczok okulizacyjnych (91,5%) stwierdzono w przypadku produkcji drzewek w której nie zastosowano nawożenia zrębkami biomasy odpadowej (kontrola). Średnia ilość przyjętych tarczok okulizacyjnych niezależnie od zastosowanej doglebowo dawki zrębków w latach 2014-2016 wynosiła 92,6%.

Ważnym elementem każdej produkcji jest jej kosztowność. Na podstawie danych zebranych w kartach technologicznych produkcji drzewek jabłoni, a także danych uzyskanych od plantatora oraz producentów maszyn obliczono koszty materiałów, pracy ludzkiej oraz eksploatacji maszyn zastosowanych w produkcji drzewek jabłoni w zależności od sposobu zagospodarowania biomasy odpadowej powstałej w procesie ich produkcji. W analizowanych technologiach produkcji jednorocznych okulantów drzewek jabłoni nakłady finansowe związane z zakupem materiałów i surowców były stałe i wynosiły $24\,372,8 \text{ zł}\cdot\text{ha}^{-1}$. W produkcji drzewek jabłoni znaczące koszty stanowiły wykorzystane materiały w postaci podkładek, zrazów do okulizacji, środków ochrony roślin oraz nawozów. Doktorantka zwraca uwagę, że największy udział wynoszący 66% stanowiły koszty zakupu podkładek wegetatywnych. Uwzględniając średnią, rynkową cenę podkładek jabłoni M9 w 2014 roku wynoszącą $0,60 \text{ zł}\cdot\text{szt.}^{-1}$ oraz ich obsadę na 1 ha równą 40 tys. szt., koszt zakupu podkładek do okulizacji oszacowano na $24\,000,0 \text{ zł}\cdot\text{ha}^{-1}$. W strukturze kosztów materiałów i surowców drugim co do wielkości (16,5%) był koszt związany z zakupem zrazów do okulizacji i wynosił on $6\,000,0 \text{ zł}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Rozdział „Dyskusja wyników” został opracowany przez mgr inż. Natalię Matłok z dużym znanstwem omawianej problematyki i wykorzystaniem różnego rodzaju źródeł literaturowych. Autorka cytuje wiele pozycji, które w większości bardzo ściśle korespondują z realizowaną tematyką pracy. Jednocześnie w trafny sposób konfrontuje wyniki badań własnych z danymi uzyskanymi przez innych autorów. Doktorantka przedstawia także swoje osobiste poglądy dotyczące prawidłowości zaobserwowanych podczas produkcji materiału szkółkarskiego oraz pozyskanej biomasy odpadowej i możliwości jej zagospodarowania.

Rozdział „Wnioski” jest zwięzłym zrealizowanych przez Doktorantkę badań. Autorka sformułowała 11 wniosków, nawiązujących do poszczególnych celów i hipotez pracy. Zawarte w nich treści są poprawne i w sposób syntetyczny podsumowują uzyskane wyniki



badania. Jako niezwykle ważne z praktycznego punktu widzenia odnotowuję np. stwierdzenie dotyczące dynamicznego wzrostu produkcji drzewek owocowych w latach 2007-2015 w województwie podkarpackim i związany z tym przyrost biomasy odpadowej wymagającej odpowiedniego zagospodarowania. Jako swoistą kwintesencję pracy przytaczam wniosek 9, w którym Autorka stwierdza, że wykorzystanie biomasy odpadowej z produkcji szkółkarskiej jako nawozu organicznego w technologii wytwarzania drzewek owocowych jabłoni zmniejszyło jej kosztochłonność i energochłonność przy zachowaniu dotychczasowych efektów produkcji. Najmniejszy całkowity koszt produkcji drzewek owocowych odnotowano dla zaproponowanej, innowacyjnej technologii polegającej na zagospodarowaniu biomasy odpadowej jako nawozu naturalnego ($58\,306,0 \text{ zł}\cdot\text{ha}^{-1}$), a najwyższy ($58\,868,4 \text{ zł}\cdot\text{ha}^{-1}$) poniesiono w dotychczas stosowanej technologii uwzględniającej wiosenne czopowanie zaokulizowanych podkładek jabłoni, a następnie usuwanie z plantacji powstałej biomasy odpadowej i spalanie jej na pryzmie.

Podczas studiowania tej bardzo obszernej dysertacji nasunęły mi się jako Recenzentowi następujące uwagi, które Autorka mogłaby przemyśleć i wykorzystać przy przygotowywaniu pracy do druku w publikatorach naukowych.

Uwaga 1.

Sugeruję unikać w tekście dysertacji popularnego skrótu myślowego: plantacje roślin energetycznych (vidi podrozdział 3.3.3.) i podobnie jak w podrozdziale 3.3.2.3.1 stosować określenie: ...na cele energetyczne, np. Plantacje roślin uprawianych na cele energetyczne.

Uwaga 2.

W treści dysertacji jednostki wyrażające wielkości poszczególnych parametrów są słusznie podawane w formie iloczynów, jednak pojawiają się sporadycznie jednostki nie należące do układu SI np. litry (l), które należałoby zastąpić dm^3 (vidi podrozdział 4.2.1. Metody badań polowych).

Uwaga 3.

Aktualnie obowiązującym standardem zapisu zawartości makroskładników (mg) jest ich podawanie na 1000 g gleby w formie pierwiastkowej.

Uwaga 4.

Proponuję nie używać w treści pracy tytułu rozdziału „Dyskusja wyników” lecz „Dyskusja”, gdyż wyniki jako takie nie mogą dyskutować ze sobą (vidi rozdział 6).

Uwaga 5.

W tekście pracy nie odnalazłem powołań na następujące pozycje literaturowe wymienione w Spisie literatury:

4. Aronsson P., Rosenqvist H., Dimitriou I. 2014. Impact of nitrogen fertilization to short-rotation willow coppice plantations grown in Sweden on yield and economy. *Bioenergy Research*, 7(3): 993-1001.

11. Bilandzija N., Voca N., Kricka T., Matin A., Jurisic V. 2012. Energy potential of fruit tree pruned biomass in Croatia. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10(2): 292-298.



14. Borkowsk H., Lipiński W. 2007. Zawartość wybranych pierwiastków w biomacie kilku gatunków roślin energetycznych. *Acta Agrophysica*, 10(2): 287-292.
23. Covile F.V. 1910. Experiments in blueberry culture. U.S. Dep. Agr. Bull.: 193.
28. Demirbaş A. 2002. Biodiesel from vegetable oils via transesterification in supercritical methanol. *Energy Conversion and Management*, 43: 2349-2356.
29. Denisiuk W. 2006. Produkcja roślinna jako źródło surowców energetycznych. *Inżynieria Rolnicza*, 5(80): 123-132.
30. Densiuk W. 2007. Brykiety/ pelety ze słomy w energetyce, *Inżynieria Rolnicza*, 9(97): 41-47.
73. Gradziuk P. 2004. Potencjalne możliwości wykorzystania biomasy na cele energetyczne w woj. lubelskim. *Eko Energia. Koncepcja wykorzystania odnawialnych źródeł energii, zarządzanie zasobami środowiska. – Potential options to use biomass for energy-generation purposes in the Lublin area. Eco-energy. The idea to use renewable sources of energy, managing environmental resources. Konferencja Naukowo – Techniczna, Lublin: 127 -142.*
83. Handze A., Królczyk J. B., Latawiec A. E., Pluta K., Malina D., Sobczak-Kupiec A. 2017. Analiza właściwości fizykochemicznych gleb i oznaczanie zawartości wybranych pierwiastków. *Infrastruktura I Ekologia Terenów Wiejskich*, I/2/2017: 419-432.
87. Hetsch S. 2008. Potential Sustainable Wood Supply in Europe. UNECE/FAO Timber Section, Geneva: 1-34.
88. Hołownicki R. 2006. Drewno z sadu na opał. *Hasło Ogrodnicze*, 3.
97. Jasiulewicz M. 2014. Potencjał energetyczny biomasy rolniczej w aspekcie realizacji przez Polskę narodowego celu wskaźnikowego OZE i Dyrektyw UE w 2020 roku. *Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa I Agrobiznesu, Roczniki Naukowe*, XVI, 1: 71-76.
112. Kołodziej B., Matyka M. 2012. Odnawialne źródła energii. *Rolnicze surowce energetyczne*. Wydawnictwo PWRiL Sp. z o.o. Poznań, ISBN 978-83-09-01139-2.
113. Kołodziej G. 2012. Możliwości wykorzystania potencjału energetycznego biogazu powstającego w trakcie procesu oczyszczania ścieków. *Analiza opłacalności proponowanych rozwiązań. NAFTA-GAZ*, 12/2012: 1036-1043.
126. Krewer G., Tertuliano M., Andersen P., Liburd O., Fonsah G., Serri H., Mullinix B. 2009. Effect of mulches on the establishment of organically grown blueberries in Georgia. *Acta Horticulturae*, 810: 483-488.
149. Lopez M. J., Vargas M. C. G., Suarez F., Moreno J. 2006. Bidelignification and humification of horticultural plant residues by fungi. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 57: 24-30.
180. Pepich Š. 2004. Možnosti využitia obnoviteľných zdrojov energie, hlavne poľnohospodárskej biomasy z hľadiska ochrany životného prostredia a harmonizácie so smernicami EÚ. *Výskumná správa*, Rovinka: 72.



188. Podstawka M., Podstawka U. 2013. Resources and profitability of renewable energy resources in Poland. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, nr 99, seria Administracja i Zarządzanie: 21-30.

192. Purohit P, Tripathi A. K., Kandpal T. C. 2006. Energetics of coal substitution by briquettes of agricultural residues. Energy, 31: 1321-1331.

218. Skręta M., 2012. Zasady obrotu biomasa leśna w Polsce. Materiały konferencyjne. Biomasa leśna: Produkcja-Dystrybucja-Konsumpcja Łagów, 05-06.06.2012.

219. Skręta, M. 2012. Obrót zieloną biomasą leśną. Czysta Energia 7/8: 30-32.

Proponuję uzupełnić brakujące pozycje w tekście pracy.

Wymienione powyżej uwagi mają charakter edytorski oraz formalny i żadnym stopniu nie umniejszają one wartości merytorycznej recenzowanej dysertacji.

W czasie lektury pracy nasunęły mi się następujące pytania:

Pytanie 1.

Czy bezpośrednio po czopowaniu określano zawartość suchej masy w pozyskanej biomacie odpadowej i jeśli tak to jaka ona była dla poszczególnych gatunków materiału szkółkarskiego?

Pytanie 2.

Czy stosowanie rozdrobnionej biomasy odpadowej jako nawozu organicznego w produkcji szkółkarskiej może generować zwiększone porażenie chorobami grzybowymi wyprodukowanego materiału roślinnego?

5. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska mgr inż. Natalii Matłok odznacza się wysokim poziomem naukowym i dużym ładunkiem informacji o charakterze praktycznym, dlatego oceniam ją bardzo pozytywnie. Doktorantka wykazała się bardzo dużym nakładem pracy własnej w pozyskanie materiału badawczego oraz przeprowadzenie szeregu specjalistycznych analiz laboratoryjnych. Doceniam także Jej konsekwencję w weryfikowaniu postawionych na początku rozprawy hipotez roboczych oraz celów, a całą pracę traktuję jako wysoce innowacyjną i interdyscyplinarną. Zaprezentowane wnioski oprócz waloru poznawczego niosą ze sobą duży ładunek użyteczny, co w tego typu pracy stanowi niekwestionowany walor.

Stąd stwierdzam, że przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Natalii Matłok pt.: „Rolnicze, energetyczne i ekonomiczne aspekty wykorzystania biomasy odpadowej z produkcji szkółkarskiej” spełnia wszystkie wymagania stawiane tego typu pracom, a zawartymi w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku, o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.). Jednocześnie konkluduję, że tematyka przeprowadzonych badań, ich zakres oraz opracowana dysertacja w



pełni wpisują się w obszar nauk rolniczych, leśnych i weterynaryjnych, dziedzinę nauk rolniczych i dyscyplinę naukową agronomii.

Jednocześnie biorąc pod uwagę wysoki poziom merytoryczny ocenianej rozprawy, jej innowacyjność i wymiar użyteczny wnioskuję o jej wyróżnienie.

Podsumowując wnioskuję do Rady Wydziału Biologiczno-Rolniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego o dopuszczenie mgr inż. Natalii Matłok do dalszych etapów przewodu doktorskiego.