Prof. dr hab. inż. Mariusz Jerzy Stolarski
Katedra Genetyki, Hodowli Roślin i Inżynierii Biosurowców
Wydział Rolnictwa i Leśnictwa
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Olsztyn, 17.04.2023 r.

Sz. P.
Prof. dr hab. inż. Agnieszka Pszczółkowska
Przewodnicząca Rady Naukowej
Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

OPINIA PROMOTORSKA
o rozprawie doktorskiej Pana mgr Pawła Stachowicza
pt. Produkcja i pozyskanie biomasy lignocelulozowej oraz wytwarzanie z niej peletu

Pan mgr Paweł Stachowicz jest doktorantem czwartego roku Szkoły Doktorskiej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie; Wydział Rolnictwa i Leśnictwa; dyscyplina: Rolnictwo i Ogrodnictwo. Ponadto jest pracownikiem firmy Quercus sp. z o.o., a rozprawę doktorską zrealizował w ramach III edycji programu MEiN „Doktorat Wdrożeniowy". Trzeba również dodać, że jest to drugi doktorat wdrożeniowy uzyskany i zrealizowany na Wydziale Rolnictwa i Leśnictwa.

Głównym celem badań była ocena plonowania i przydatności biomasy trzech gatunków wieloletnich roślin energetycznych – SRWC (robinii akacjowej, topoli i wierzby) pozyskanych w krótkich rotacjach zbioru do produkcji peletu w mieszaninach z trocinami pochodzenia leśnego (sosna, brzoza). Natomiast cele szczegółowe obejmowały określenie: 1. Wpływu gatunku, sposobu wzbogacania gleby i rotacji zbioru na cechy morfologiczne, przeżywalność, plonowanie i wartość energetyczną plonu biomasy SRWC przez okres kolejnych 12 lat uprawy. 2. Właściwości termofizycznych i składu elementarnego biomasy SRWC w zależności od wyżej wymienionych czynników. 3. Właściwości termofizycznych i składu elementarnego peletu wyprodukowanego z biomasy leśnej (sosny, brzozy) i rolniczej SRWC (robinii akacjowej, topoli i wierzby) oraz z ich mieszanin. Ponadto wykazanie, które rodzaje peletu spełniały parametry określone w wybranych normach kategoryzujących pelet do różnych klas. 4. Kosztów i energochłonności produkcji peletów z biomasy leśnej i rolniczej SRWC oraz z ich mieszanin w różnych udziałach wagowych. Realizację ww. celów wykonano w oparciu o ścisłe doświadczenie polowe, badania laboratoryjne, badania produkcji peletu z biomasy pochodzenia rolniczego, leśnego oraz ich mieszanin, w połączeniu z oceną kosztów i nakładów energetycznych związanych z ich produkcją.

Opiniowana rozprawa doktorska oparta jest na cyklu czterech publikacji skupiających się wokół ww. tytułu. Trzy pierwsze prace zostały opublikowane w czasopismach z bazy JCR, ich łączny IF to 16.15, a liczba punktów wg listy MEiN wynosi 540.

P1. Stolarski M.J., Stachowicz P. 2023. Black locust, poplar or willow? Yield and energy value in three consecutive four-year harvest rotations. Industrial Crops and Products, 193, 116197, https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.116197. (IF: 6.449; 200 pkt.).
P2. Stachowicz P., Stolarski M.J. 2023. Thermophysical properties and elemental composition of black locust, poplar and willow biomass. Energies, 16, 305. https://doi.org/10.3390/en16010305. (IF: 3.252; 140 pkt.).
P3. Stachowicz P., Stolarski M.J. 2023. Short rotation woody crops and forest biomass sawdust mixture pellet quality. Industrial Crops and Products, 197, 116604, https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116604. (IF: 6.449; 200 pkt.).
Czwarta publikacja znajduje się w recenzji w czasopiśmie z bazy JCR Renewable Energy (IF: 8.634; 140 pkt): P4. Stachowicz P., Stolarski M.J. 2023. Pellets from mixtures of short rotation woody crops with forest-derived biomass: Production costs and energy intensity.

Opiniowana rozprawa obejmuje łącznie 101 stron maszynopisu, w tym 11 tabel, 17 rysunków i 4 zbiorcze fotografie. Praca składa się z 7 logicznie ułożonych rozdziałów głównych, 15 rozdziałów drugiego rzędu, streszczeń w języku polskim i angielskim, listy publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej. Dodatkowo w formie załączników zamieszczono oryginalne wersje opublikowanych prac oraz oświadczenia współautorów. W związku z tym cała rozprawa z załącznikami obejmuje łącznie 161 stron.

Finalnie główne osiągnięcia pracy przedstawiono w postaci 12 wniosków, spośród których należy wskazać, że z badanych trzech gatunków SRWC topola była najbardziej stabilna pod względem przeżywalności roślin oraz wykształcała istotnie wyższe rośliny o grubszych pędach w porównaniu do wierzby i robinii akacjowej. Dlatego topola charakteryzowała się najwyższym plonem suchej masy (średnio 9,1 Mg ha^{-1} rok^{-1} s.m.) oraz średnią wartością energetyczną plonu. Natomiast plon wierzby i robinii akacjowej był niższy średnio o odpowiednio 6,5% i 47,5%. Zastosowane sposoby wzbogacenia gleby generalnie wpłynęły pozytywnie na wzrost i rozwój SRWC, a tym samym na plon biomasy i jego wartość energetyczną w porównaniu do obiektów kontrolnych. Najlepsze efekty uzyskano w wariantach, w których elementem wzbogacenia gleby była lignina, słabsze natomiast było oddziaływanie samego nawożenia mineralnego, zastosowanie szczepionki mikoryzowej oraz jednoczesne zastosowanie tych dwóch czynników. Gatunek SRWC w największym stopniu determinował wilgotność biomasy, zawartość popiołu, azotu, ciepło spalania i wartość opałową. Natomiast rotacja zbioru w dużym stopniu wpływała na zawartość węgla, wodoru i chloru w biomasie. Robinia akacjowa charakteryzowała się średnio najniższą wilgotnością i najwyższą wartością opałową, zawartością siarki, azotu i chloru. Topola charakteryzowała się średnio najwyższą wartością ciepła spalania, wilgotnością, zawartością węgla i popiołu. Natomiast wierzba charakteryzowała się średnio najniższą zawartością popiołu, azotu i chloru oraz pośrednią wilgotnością.

Potwierdzono możliwość i zasadność produkcji peletu z mieszaniny biomasy drzewnej pochodzenia leśnego oraz z plantacji SRWC. Stwierdzono, że nie tylko pelety z trocin pochodzenia leśnego (sosny i brzozy) charakteryzowały się korzystnymi właściwościami termofizycznymi i składem elementarnym, ale również dodatek biomasy SRWC (wierzby, topoli i robinii akacjowej) do tych trocin umożliwiał uzyskanie peletów, które w większości parametrów spełniały wymagania norm jakościowych dla peletów ISO, PFI i KRFI. Ze

względu na różnorodność i zmienność biomasy SRWC od biomasy pochodzenia leśnego, należy wskazać, że dodatek 25% biomasy wierzby lub topoli do trocin sosnowych pozwalał zachować badane cechy wyprodukowanego peletu na najwyższym poziomie wskazywanym przez normy jakościowe. Dlatego też w odniesieniu wyłącznie do klasy A1 według normy ISO i klasy Grade 1 według normy KFRI w całości spełniały je trzy rodzaje peletów: (i) sosnowy; (ii) z mieszaniny sosny 75% i wierzby 25%; (iii) z mieszaniny sosny 75% i topoli 25%.

Najniższe koszty (339,7 € Mg^{-1}) i nakłady energetyczne (1448 kWh Mg^{-1}) produkcji peletu stwierdzono w przypadku trocin sosny. Koszty produkcji peletu z topoli i wierzby były wyższe w zakresie odpowiednio 5-6%, a z robinii akacjowej o 8,5% w porównaniu do peletu sosnowego. Natomiast nakłady energetyczne produkcji peletu z wierzby, robinii akacjowej i topoli były wyższe o 48,1; 50,4 i 53,2%. Wskaźnik efektywności energetycznej produkcji peletu z trocin sosny i brzozy (3,3–3,5) był wyższy niż w przypadku SRWC (ok. 2,2). Tym nie mniej wykazano, że dodatek 25% biomasy SRWC do trocin umożliwiał uzyskanie peletów, dla których wskaźnik efektywności energetycznej przekroczył wartość 3,0. Dlatego należy uznać, że biomasa SRWC może być uwzględniania w produkcji peletu w mieszaninach z biomasą drzewną pochodzenia leśnego, ponieważ jest to ważne zarówno z punktu widzenia producentów jak i użytkowników końcowych peletu, szczególnie w sytuacji dynamicznych zmian na rynku surowców energetycznych i gdy na rynku mogą występować niedobory surowca w postaci trocin pochodzenia leśnego.

W konkluzji stwierdzam, że opiniowana rozprawa Pana mgr Pawła Stachowicza została ukończona i spełnia formalne oraz merytoryczne wymogi stawiane dysertacji doktorskiej. Ponadto stwierdzam, że przeprowadzone badania w ramach doktoratu wdrożeniowego przyniosły wymierne efekty naukowe oraz praktyczne zarówno z punktu widzenia UWM w Olsztynie oraz firmy Quercus sp. z o.o. W związku z powyższym zwracam się z uprzejmą prośbą o dalszą realizację procedury postępowania w sprawie nadania Panu mgr Pawłowi Stachowiczowi stopnia doktora i wysłanie rozprawy do recenzji.

Promotor

Prof. dr hab. inż. Mariusz Jerzy Stolarski