

prof. dr hab. Mirosław Wyszowski
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej
Plac Łódzki 4, 10-727 Olsztyn

Olsztyn, 02.06.2021 r.

Recenzja
pracy doktorskiej mgr. Krzysztofa Piotrowskiego
pt. "Opracowanie strategii upraw roślin energetycznych metodami ekologicznymi
w warunkach globalnych zmian klimatycznych i środowiskowych"

Recenzję pracy doktorskiej mgr. Krzysztofa Piotrowskiego opracowano na podstawie pisma Przewodniczącej Komisji Uniwersytetu Łódzkiego do spraw stopni naukowych w dyscyplinie nauki biologiczne Prof. dr hab. Agnieszki Marczak z dnia 30.03.2021 r., zgodnie z decyzją Komisji podjętą na posiedzeniu w dniu 30.03.2021 r.

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska mgr. Krzysztofa Piotrowskiego została wykonana w Katedrze Ekofizjologii Roślin Instytutu Biologii Eksperymentalnej Uniwersytetu Łódzkiego pod kierunkiem dr hab. Zdzisławy Romanowskiej-Duda, prof. UŁ.

Praca doktorska została wykonana w ramach Stacjonarnych Studiów Doktoranckich Mikrobiologii, Biotechnologii i Biologii Eksperymentalnej Uniwersytetu Łódzkiego i była finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego:

- grant NCN nr N305 322035 „Opracowanie strategii upraw roślin energetycznych metodami ekologicznymi w warunkach globalnych zmian klimatycznych i środowiskowych” (współpraca naukowa z Instytutem Ogrodnictwa w Skierniewicach),
- BIOSTRATEG II, 2016-2020, projekt /296369/5/NCBR/2016 NCBR realizowany w KONSORCJUM "BIOKONWERSJA" - „Przetwarzanie biomasy odpadowej w skojarzonych procesach biologiczno-chemicznych” („Processing of waste biomass in the associated biological and chemical processes”).

Ocena problematyki badawczej rozprawy

Systematyczny wzrost produkcji przemysłowej i intensyfikacja produkcji rolniczej przyczynia się do wzrostu zanieczyszczenia środowiska na świecie. Przemysł potrzebuje dużych ilości energii, która najczęściej jest produkowana z wykorzystaniem paliw kopalnych. Szczególnie nieprzyjazne dla środowiska jest jej pozyskiwanie związane ze spalaniem paliw stałych, zwłaszcza węgla brunatnego i kamiennego, co wiąże się z emisją dużych ilości zanieczyszczeń do powietrza i ze zmianami o charakterze globalnym, co przyczynia się m.in.

do zmian klimatu. W ostatnich kilkunastu latach w krajach wysokorozwiniętych kładzie się duży nacisk na produkcję energii ze źródeł odnawialnych. Można z dużym prawdopodobieństwem założyć, że przyczyni się to do korzystnych zmian w środowisku. Jednym ze źródeł energii odnawialnej jest pozyskiwanie energii z biomasy. Spośród wszystkich źródeł energii odnawialnej energia pochodząca z biomasy odgrywa w większości państw europejskich rolę dominującą. Było to uzasadnieniem celowości podjętej tematyki badawczej zawartej w ocenianej rozprawie doktorskiej, która bardzo dobrze wpisuje się w aktualne trendy działań związanych z ochroną środowiska.

Ocena formalna pracy

Rozprawę doktorską mgr. Krzysztofa Piotrowskiego stanowi zbiór 6 oryginalnych, opublikowanych prac twórczych, powiązanych ze sobą tematycznie, które zostały poprzedzone 63 stronicowym opracowaniem składającym się z wykazu oryginalnych prac będących przedmiotem rozprawy doktorskiej, wykazu oryginalnych prac niebędących przedmiotem rozprawy doktorskiej, udziału w konferencjach naukowych, wykazu projektów, nagród i wyróżnień, wykazu zgłoszeń patentowych i prac organizacyjnych na rzecz Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego, streszczenia, abstractu, wykazu skrótów, wstępu, celu pracy i hipotez badawczych, materiałów i metod, wyników badań, dyskusji, wniosków, podsumowania, literatury i oświadczeń współautorów, kopii opublikowanych prac będących zbiorem publikacji ocenianych w ramach rozprawy doktorskiej.

Część opracowania odnosząca się bezpośrednio do publikacji jest najbardziej obszerna (36 stron) i jest zwięzłym omówieniem oraz podsumowaniem wyników badań prowadzonych w ramach rozprawy doktorskiej. Rozdziały „Wstęp” oraz „Materiał i metody” podzielono na 4 podrozdziały i 3 podpodrozdziały, „Wyniki badań” na 6 podrozdziałów, a „Dyskusję” na 4 podrozdziały. Miało to pozytywny wpływ na uporządkowanie treści i przyczyniło się do zwiększenia przejrzystości pracy.

Wyniki badań opublikowano w następujących publikacjach:

1. **K. PIOTROWSKI**, Z. ROMANOWSKA-DUDA, M. GRZESIK, 2014. *Climate change and the cultivation of energy crops*. Acta Innovations, ISSN 2300-5599, 11: 19-29 (MEiN - 8 pkt).
2. M. GRZESIK, Z. ROMANOWSKA-DUDA, **K. PIOTROWSKI**, R. JANAS, 2015. *Okrzemki (Bacillariophyceae) jako efektywne bazy nawozów ekologicznych nowej generacji*. Przemysł Chemiczny, 94(3): 391-396 (IF₂₀₁₉ - 0,485; IF₅ - 0,405; MEiN - 40 pkt).

3. **K. PIOTROWSKI**, Z. ROMANOWSKA-DUDA, M. GRZESIK, 2016. *Cyanobacteria, Asahi SL i Biojodis jako biostymulatory poprawiające wzrost i rozwój ślazuwca pensylwańskiego (Sida hermaphrodita L. Rusby) w niekorzystnych warunkach zmieniającego się klimatu*. Przemysł Chemiczny, 95(8): 1569-1573 (IF₂₀₁₉ - 0,485; IF₅ - 0,405; MEiN - 40 pkt).
4. **K. PIOTROWSKI**, Z. ROMANOWSKA-DUDA, 2018. *Positive impact of biostimulators on growth and physiological activity of willow in climate change conditions*. International Agrophysics, 32: 279-286 (IF₂₀₁₉ - 1,655; IF₅ - 1,776; MEiN - 70 pkt).
5. **K. PIOTROWSKI**, Z. ROMANOWSKA-DUDA, B. MESSYASZ, 2020. *Cultivation of energy crops by ecological methods under the conditions of global climate and environmental changes with the use of diatom extract as a natural source of chemical compounds*. Acta Physiologiae Plantarum, 42: 146 (IF₂₀₁₉ - 1,76; IF₅ - 2,078; MEiN - 70 pkt).
6. S. SZUFA, P. PIERSA, Ł. ADRIAN, J. SIELSKI, M. GRZESIK, Z. ROMANOWSKA-DUDA, **K. PIOTROWSKI**, W. LEWANDOWSKA, 2020. *Acquisition of Torrefied Biomass from Jerusalem Artichoke Grown in a Closed Circular System Using Biogas Plant Waste*. Molecules 25: 3862 (IF₂₀₁₉ - 3,267; IF₅ - 3,589; MEiN - 100 pkt).

Wszystkie z wyżej wymienionych publikacji są pracami współautorskimi, a w czterech z nich Doktorant jest pierwszym autorem. Wkład doktoranta był istotny, gdyż w większości prac wynosił 60-65%, w jednej z nich 40%, a w drugiej 20%. Polegał on na współudziale w opracowaniu koncepcji i metodologii badań, prowadzeniu doświadczeń, wykonaniu analiz, opracowaniu wyników oraz współudziale w przygotowaniu i opracowaniu publikacji. Należy podkreślić, że pięć prac opublikowano w renomowanych czasopismach naukowych posiadających *Impact Factor*, takich jak: Molecules, International Agrophysics, Acta Physiologiae Plantarum i Przemysł Chemiczny. Ich *Impact Factor* sumarycznie wynosił 7,652 (IF_{5letni} = 8,253), a suma punktów według MEiN z 2021 r. - 328. Wskaźniki te są bardzo dobre i świadczą o wysokiej wartości rozprawy doktorskiej. Treści zawarte w publikacjach i dołączonym opracowaniu wskazują na to, że Doktorant posiada ogólną wiedzę teoretyczną w reprezentowanej dyscyplinie, zgodnie z Art. 187. 1. ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie i nauce, a jego udział w realizacji badań i przygotowaniu prac do druku był istotny. Praca spełnia wymogi formalne stawiane rozprawom doktorskim.

Doktorant posiada bardzo dobry dorobek naukowy, gdyż jest także współautorem 8 innych publikacji (IF - 3,038, MEiN - 300 pkt) oraz 2 zgłoszeń patentowych. Wyniki badań z jego udziałem (27 plakatów lub referatów) były prezentowane na licznych konferencjach i sympozjach naukowych, wyróżnione i nagrodzone.

Ocena merytoryczna pracy

Tytuł ocenianej rozprawy doktorskiej nawiązuje do treści zawartych w zbiorze oryginalnych prac twórczych i poprzedzającym je opracowaniu.

Wstęp pracy charakteryzuje globalne zmiany klimatyczne, udział biomasy roślin energetycznych w bilansie odnawialnych źródeł energii, wybrane gatunki roślin energetycznych (wierzbę wiciową - *Salix viminalis* L., słonecznik bulwiasty - *Helianthus tuberosus* L., ślazowiec pensylwański - *Sida hermaphrodita* L. Rusby) i produkcję energii z biomasy (toryfikacja). Nie budzi on zastrzeżeń pod względem merytorycznym, a jego podział na podrozdziały zwiększył przejrzystość tej części pracy. Cele rozprawy doktorskiej zostały właściwie sformułowane i wynikają z treści zamieszczonych we wstępie. Dotyczyły one zbadania wzrostu i aktywności metabolicznej wybranych gatunków roślin: wierzby wiciowej (*Salix viminalis* L.), słonecznika bulwiastego (*Helianthus tuberosus* L.) i ślazuca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby), uprawianych w przewidywanym szerokim spektrum zmian klimatycznych oraz sprawdzenie możliwości poprawy ich rozwoju i zwiększenia plonu biomasy przy pomocy nowych ekologicznych metod upraw, z zastosowaniem biopreparatów Asahi SL, Biojodis i związków krzemu pochodzenia naturalnego. W kolejnym podrozdziale przedstawiono 3 hipotezy badawcze.

W rozdziale „Materiał i metody” wyczerpująco zaprezentowano zakres wykonanych badań, prawidłowo zaplanowanych pod względem metodycznym. Scharakteryzowano w nim: testowane gatunki roślin, zastosowane środki biologiczne (płynny preparat organiczny Biojodis, wyprodukowany na bazie ekstraktu biohumusu, ulepszony biologicznie aktywnym jodem i mikroorganizmami glebowymi; stymulator wzrostu Asahi SL, wyprodukowany na bazie trzech substancji aktywnych z grupy nitrofenoli, naturalnie występujących w roślinach: *o*-nitrofenolanu sodu (ONP) (0,2%), *p*-nitrofenolanu sodu (PNP) (0,3%), 5-nitrogwajakolanu sodu (5NG) (0,1%) oraz mieszaniny monokultur okrzemek *Navicula* sp. i nietoksycznych *Cyanobacteria* - *Anabaena* sp. Trebon, *Microcystis aeruginosa* MKR 0105, *Anabaena variabilis*), warunki uprawy i metody traktowania roślin oraz metody badań, w tym metody analizy statystycznej wyników (testy ANOVA, post-hoc Duncana lub Newmana-Keulsa, Dunnetta).

Doświadczenie przeprowadzono w trzech wariantach:

I - w pokojach wegetacyjnych, z kontrolowaną wilgotnością gleby (stała 30% - kontrola, zmienna, co trzy tygodnie na przemian susza glebowa - 20% wilgotność gleby i nadmierne uwilgotnienie gleby - 60%), temperaturą (20/0/20°C; 20/40/20°C, 20/0/40/20°C; 10/-5/20/40/20°C) i oświetleniem (8 godz. ciemność/16 godz. naświetlenie);

II - w szklarni, z kontrolowaną częściowo temperaturą (20-30 °C) i w pełni kontrolowaną wilgotnością gleby stała - 30% i zmienna, co trzy tygodnie na przemian susza glebowa - 20% wilgotność gleby i nadmierne uwilgotnienie gleby - 60%;

III - w polu, w którym wilgotność gleby, temperatura i nasłonecznienie były uzależnione od pogody, pory dnia i pory roku.

Monokultury okrzemek, *Cyanobacteria*, Asahi SL (wariant I - 0,2, 0,4 i 0,8%, wariant II i III - 0,2%) i Biojodis (wariant I - 1,0, 2,0 i 3,0%, wariant II i III - 3,0%) zaaplikowano doglebowo (wierzba wiciowa), dolistnie (słonecznik bulwiasty) lub dolistnie i doglebowo (ślazowiec pensylwański).

Rośliny uprawiano w doniczkach o pojemności 3 dm³, wypełnionych mieszanką piasku i torfu (1:1=v:v). W roślinach testowych określano (co 4 tygodnie): wysokość i zdrowotność, liczbę pędów, indeks zawartości chlorofilu, intensywność wymiany gazowej (fotosynteza netto, transpiracja, przewodność szparkowa oraz stężenie międzykomórkowe CO₂). Oznaczono także aktywność enzymatyczną: fosfatazy kwaśnej i zasadowej, RNazy oraz dehydrogenaz, integralności membran cytoplazmatycznych, świeżą i suchą biomasę roślin. Ponadto słonecznik bulwiasty (*Helianthus tuberosus* L.), który uprawiano na glebie słabej suplementowanej odpadami z biogazowni oraz środkami biologicznymi: Apol-humus i Szymjod, poddano procesowi toryfikacji.

W rozdziale "Wyniki" zamieszczono szczegółową i wnikliwą analizę uzyskanych rezultatów, opublikowanych w 6 pracach stanowiących podstawę rozprawy doktorskiej, uwzględniając rozważania dotyczące zmian klimatycznych, zachodzących na świecie w ostatnich dziesięcioleciach, tworzenia nowych efektywnych rozwiązań w zakresie rolnictwa, opracowania innowacyjnych technologii upraw roślin energetycznych metodami ekologicznymi, co w znacznym stopniu przyczyni się do ograniczenia negatywnych skutków globalnych zmian środowiskowych, przedstawiono cele, hipotezy i założenia metodyczne badań własnych oraz syntetyczny opis osiągniętych rezultatów. Należy podkreślić spójność poszczególnych publikacji, gdyż pierwsza z nich o charakterze przeglądowym jest doskonałą podbudową dla następnych oryginalnych prac twórczych, zawierających wyniki badań własnych, a ostatnia publikacja dotyczy toryfikacji słonecznika bulwiastego. W następnym rozdziale Doktorant przechodzi do dyskusji osiągniętych rezultatów z bogatą i właściwie dobraną literaturą źródłową. Była ona prowadzona w następującym układzie: wytyczne UE w zakresie odnawialnych źródeł energii, zmiany klimatyczne, zapotrzebowanie na biomasę roślin energetycznych do wytworzenia energii z OZE oraz wpływ preparatów biologicznych na wzrost i rozwój roślin energetycznych. Wielowątkowy i interesujący sposób jej prowadzenia w tym opracowaniu, pierwszej pracy o charakterze przeglądowym i dyskusja wyników badań w

pozostałych publikacjach pozwalają na łatwe zrozumienie poruszanych problemów. Należy podkreślić, że wnikliwe omówienie zawartych w rozprawie zagadnień świadczy o dużej znajomości omawianych problemów i umiejętności syntetycznego przekazywania zdobytej wiedzy.

Rozprawę doktorską zakończono 10 wnioskami i podsumowaniem, stanowiącymi odpowiedź na założone cele i hipotezy badawcze i jednocześnie wnoszącymi istotne wartości poznawcze do podjętej tematyki.

Ostatni rozdział pracy doktorskiej zawiera spis literatury, wykorzystanej we wcześniejszych rozdziałach.

Do najważniejszych osiągnięć Autora rozprawy doktorskiej należy zaliczyć stwierdzenie, że:

- 1) dolistna i/lub dogłębowa aplikacja mieszaniny monokultur *Cyanobacteria* (*Anabaena* sp. Trebon, *Microcystis aeruginosa* MKR 0105, *Anabaena variabilis*), monokultur okrzemek (*Bacillariophyceae*), mieszaniny monokultur *Navicula* sp. i *Cyanobacteria* oraz biopreparatów Biojodis o stężeniu 1% i w nieco mniejszym zakresie Asahi SL 0,2%, w znacznym stopniu zmniejszają negatywny wpływ stresu hydrotermicznego i pozytywnie wpływają na dynamikę wzrostu oraz aktywność fizjologiczną roślin energetycznych;
- 2) zastosowanie monocultur *Navicula* sp. i *Cyanobacteria*, odpadów z biogazowni i zwiększenie ich wartości nawozowych poprzez dodatkową aplikację biopreparatów Biojodis, Apol-Humus i Stymjod jako alternatywy do nawozów sztucznych wskazuje na nowe możliwości ograniczenia nawożenia syntetycznego roślin energetycznych i zwiększenia ich plonu biomasy;
- 3) biomasa roślin energetycznych, traktowanych bionawozami, środkami biologicznymi oraz monokulturami okrzemek i *Cyanobacteria* charakteryzuje się wysokimi parametrami energetycznymi i może być bezpośrednio spalana w kotłach grzewczych, poddana biodegradacji do metanu oraz uszlachetniana w procesie toryfikacji;
- 4) zastosowanie odpadów z biogazowni, preparatów Biojodis, Asahi SL, Stymjod i Apolhumus oraz mieszaniny monokultur okrzemek i *Cyanobacteria* jako biostymulatorów wzrostu roślin, jest jedną z najbardziej obiecujących strategii w ekologicznej i integrowanej uprawie testowanych roślin energetycznych.

Przeprowadzone badania bezpośrednio nawiązują do najnowszych trendów światowych w zakresie tej tematyki.

Praca doktorska mgr. Krzysztofa Piotrowskiego obejmująca 6 opublikowanych i powiązanych tematycznie oryginalnych prac twórczych, poprzedzona podsumowującym

opracowaniem, zawiera wyniki badań wnoszące do nauki nowe wartości o charakterze poznawczym i aplikacyjnym, które mogą zostać wykorzystane w uprawie roślin przeznaczonych na cele energetyczne. Doktorant przeprowadził pracochłonne doświadczenia vegetacyjne i wykonał analizy laboratoryjne oraz wniósł duży wkład w opracowanie wyników badań. Zrealizował on postawione sobie cele badawcze opanowując umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Końcowym rezultatem jego działalności jest charakteryzująca się logicznym i przejrzystym układem praca doktorska. Zarówno opracowanie, jak i opublikowane prace twórcze zostały przygotowane z dużą starannością, a uzyskane wyniki właściwie zinterpretowane i poddane dyskusji z prawidłowo dobranymi pozycjami literatury źródłowej.

Wniosek końcowy

Na podstawie przeprowadzonej oceny strony formalnej, metodycznej i merytorycznej pracy doktorskiej mgr. Krzysztofa Piotrowskiego pt. „Opracowanie strategii upraw roślin energetycznych metodami ekologicznymi w warunkach globalnych zmian klimatycznych i środowiskowych” stwierdzam, że rozprawa wykonana pod kierunkiem dr hab. Zdzisławy Romanowskiej-Duda, prof. UŁ stanowi oryginalne osiągnięcie naukowe i wnosi nowe elementy do badań naukowych. Praca doktorska spełnia wymogi stawiane kandydatom ubiegającym się o stopień naukowy doktora przez ustawę z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie i nauce (Dz.U. poz. 1668, z późniejszymi zmianami) oraz ustawę z dnia 2 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie i nauce (Dz.U. poz. 1669, z późniejszymi zmianami). Doktorant realizując badania wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w reprezentowanej dyscyplinie oraz opanował technikę prowadzenia badań vegetacyjnych i laboratoryjnych. Wnioskuje zatem do Komisji Uniwersytetu Łódzkiego ds. stopni naukowych w dyscyplinie nauki biologiczne o dopuszczenie mgr. Krzysztofa Piotrowskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie, biorąc pod uwagę wysoką jakość badań i wartość poznawczą rozprawy doktorskiej, wykonanej nowoczesnymi technikami badawczymi, oraz aktualność problematyki badawczej wnioskuje o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr. Krzysztofa Piotrowskiego stosowną nagrodą.


prof. dr hab. Mirosław Wyszowski