

Szczecin, 28.05.2021

Prof. dr hab. Jan Kępczyński

Instytut Biologii

Uniwersytet Szczeciński

Ul. Wąska 13

71-415

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Krzysztofa Piotrowskiego

pt. "Opracowanie strategii upraw roślin energetycznych metodami ekologicznymi w warunkach globalnych zmian klimatycznych i środowiskowych"

Przedstawione opracowanie obejmuje :

1. rozprawę doktorską,
2. wykaz publikacji wchodzących w skład rozprawy oraz ich kopie,
3. oświadczenia Doktoranta oraz współautorów o merytorycznym oraz wyrażonym w procentach udziałach w przygotowaniu publikacji,
4. wykazy: publikacji niewchodzących w skład rozprawy, udziału w konferencjach oraz projektach, nagród i wyróżnień, zgłoszeń patentów i prac organizacyjnych na rzecz Wydziału UŁ.

Rozprawa doktorska, przygotowana na podstawie 6 publikacji, została zrealizowana pod kierunkiem Pani dr hab. Zdzisławy Romanowskiej-Dudy, prof. UŁ w Katedrze Ekofizjologii Roślin Instytutu Biologii Eksperymentalnej Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego w Łodzi. W skład jej wchodzi: Streszczenie, Abstract, Wstęp, Cel pracy i hipotezy badawcze, Materiał i metody, Wyniki badań, Dyskusja, Wnioski, Podsumowanie i Literatura.

Wykaz publikacji:

1. **K. Piotrowski (udział 65%), Z. Romanowska-Duda, M. Grzesik, 2014. Climate change and the cultivation of energy crops. Acta Innovations, ISSN 2300-5599, nr. 11, str. 19-29.MEN-8p.**

2. M. Grzesik, Z. Romanowska-Duda, **K. Piotrowski (udział 40%)**, R. Janas, 2015. Okrzemki (Bacillariophyceae) jako efektywne bazy nawozów ekologicznych nowej generacji. *Przemysł Chemiczny*, 94/3; s: 391-396. **IF₂₀₁₉-0,485; IF₅-0,405; MEN-40p.**

3. **K. Piotrowski (udział 60%)**, 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*, Vol.95, No.8, 1569-1573. **IF₂₀₁₉-0,485; IF₅-0,405; MEN-40p.**

4. **K. Piotrowski (udział 60%)**, Z. Romanowska-Duda, 2018. „Positive impact of biostimulators on growth and physiological activity of willow in climate change conditions”. *International Agrophysics*. Vol. 32, doi:10.1515/intag-2017-0006. **IF₂₀₁₉-1,655; IF₅-1,776; MEN-70 p.**

5. **K. Piotrowski (udział 60%)**, 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, doi.org/10.1007/s11738-020-03135-8. **IF₂₀₁₉-1,76; IF₅-2,078; MEN-70p.**

6. S. Szufa, P. Piersa, Ł. Adrian, J. Sielski, M. Grzesik, Z. Romanowska-Duda, **K. Piotrowski (udział 20%)**, W. Lewandowska, 2020. „Acquisition of Torrefied Biomass from Jerusalem Artichoke Grown in a Closed Circular System Using Biogas Plant Waste”. *Molecules* 25, 3862; doi:10.3390/molecules25173862. **IF₂₀₁₉-3,267; IF₅-3,589; MEN-100p.**

Niekorzystne zmiany klimatu wpływające negatywnie na uprawy roślin oraz coraz większe zanieczyszczenie środowiska spowodowane między innymi stosowaniem zbyt dużych dawek nawozów i pestycydów wymuszają opracowanie nowych ekologicznych technologii opartych na wykorzystaniu produktów pochodzenia naturalnego. Ponadto przewiduje się coraz większe wykorzystanie biomasy roślin energetycznych, które mogą być uprawiane na nieużytkach, glebach niskiej klasy oraz zdegradowanych. Zatem Doktorant słusznie podjął się realizacji

tematu badań związanych z opracowaniem ekologicznej metody uprawy roślin energetycznych.

Pan mgr Krzysztof Piotrowski przeprowadził pracochłonne doświadczenia, których podstawowym celem była ocena wpływu biopreparatów Asahi SL, Biojodis, zawiesiny zawierającej sonifikowane komórki okrzemek lub zawiesiny nietoksycznych cyjanobakterii z rodzaju *Anabaena* i *Microcystis* na aktywność metaboliczną roślin oraz ich przydatność do polepszenia wzrostu i rozwoju roślin uprawianych w optymalnych, sub- oraz supraoptymalnych warunkach. Ponadto celem badań było określenie wpływu odpadów z biogazowni i preparatów Apol-Humus i Stymjod na wartości wybranych markerów charakteryzujących aktywność metaboliczną, plon biomasy oraz wartość energetyczną biomasy roślin.

Doktorant słusznie wybrał do badań rośliny energetyczne trzech gatunków charakteryzujących się dużym potencjałem plonotwórczym. Wykorzystywane w doświadczeniach wierzba wiciowa (*Salix viminalis* L.), słonecznik bulwiasty (*Helianthus tuberosus* L.) i ślazowiec pensylwański (*Sida hermaphrodita* L. Rusby) były uprawiane w pokoju wegetacyjnym., szklarni oraz na polu. Doktorant stosował różne metody aplikacji biopreparatów i zawiesiny sonifikowanych komórek okrzemek. Były one wprowadzane doglebowo, dolistnie lub jednocześnie dolistnie i doglebowo. Wykorzystanie okrzemek do traktowania roślin było związane z koniecznością ich namnażania na pożywkach i odpowiedniego przygotowania przed aplikacją. Ocena wzrostu roślin polegała na pomiarach wysokości, określeniu liczby pędów, oznaczaniu świeżej i suchej masy. Określona została zawartość chlorofilu, fotosynteza netto, transpiracja, przewodność szparkowa oraz stężenie CO₂. Ponadto oznaczona była aktywność kwaśnej i zasadowej fosfatazy, RNazy, oraz dehydrogenaz, a także integralność membran. Zarówno materiał badawczy jak też zastosowane metody były odpowiednio dobrane do realizacji celu badań.

Publikacja pierwsza, wchodząca w skład rozprawy jest praca przeglądową, w której podkreślono, że gwałtowne zmiany klimatu, przynoszące pozytywne i negatywne skutki, zmuszają ludzi do tworzenia nowych i skutecznych rozwiązań w dziedzinie przemysłu, rolnictwa i budownictwa we wszystkich aspektach światowej gospodarki. Zatem pojawia się konieczność opracowania odpowiednich strategii uprawy roślin energetycznych przy użyciu metod organicznych co pomoże zmniejszyć negatywne skutki globalnych zmian środowiskowych. W pozostałych publikacjach przedstawione zostały oryginalne wyniki badań.

W drugiej publikacji omówiono wpływ sonifikowanych zawiesin komórek okrzemek (*Navicula* sp.) zaaplikowanych dolistnie na wzrost i rozwój wierzby wiciowej *Salix viminalis* L. Stwierdzono aktywności enzymów, intensywności fotosyntezy, transpiracji i podwyższenie integralności błon oraz zwiększenie wysokości, liczby pędów, zawartości świeżej i suchej masy plonu.

W kolejnej pracy (nr 3) opisano wpływ zawiesiny trzech monokultur cyanobakterii (*Anabaena* sp. Trebon, *Microcystis aeruginosa* MKR 0105, *Anabaena variabilis*) oraz dwóch

płynnych biopreparatów Asahi SL i Biojodis, dozowanych doglebowo, dolistnie lub jednocześnie doglebowo i dolistnie, na wzrost i rozwój ślazuwca pensylwańskiego *Sida hermaphrodita* L. Rusby w różnej temperaturze (-5-do +40C) i wilgotności w pomieszczeniach klimatyzowanych lub szklarni. Zmienna temperatura, susza glebowa, a także nadmierne nawadnianie wpływały niekorzystnie na dynamikę wzrostu roślin oraz aktywność fizjologiczną. Stosowane zawiesiny cyanobakterii oraz biopreparaty zwiększyły aktywność fizjologiczną i wpłynęły korzystnie na rozwój roślin. Najbardziej skuteczne okazało się zastosowanie doglebowo lub dolistnie preparatu Biojodis.

Celem następnej publikacji (nr 4) była ocena wpływu biopreparatów Asahi SL, Biojodis i zawiesiny cyjanobakterii zastosowanych dolistnie na wzrost i rozwój wierzby w różnej temperaturze (-5-do +40C) i wilgotności. Rośliny wierzby były uprawiane w warunkach zmiennej temperatury i wilgotności w pomieszczeniach klimatyzowanych w szklarni, a także na polu. Zarówno zawiesina bakterii jak też biopreparaty podwyższały wartość wskaźników aktywności metabolicznej oraz polepszały wzrost i rozwój roślin w optymalnych i nieoptymalnych warunkach.

W publikacji nr 5 przedstawiono wyniki badań dotyczących wpływu zawiesiny sonifikowanych komórek okrzemek zastosowanej dolistnie, doglebowo lub jednocześnie dolistnie i doglebowo na aktywność metaboliczną oraz wzrost i rozwój roślin wierzby wiciowej (*Salix viminalis* L.), słonecznika bulwiastego (*Helianthus tuberosus* L.) i ślazuwca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* L. Rusby) uprawianych w pokoju vegetacyjnym, szklarni oraz na polu. Otrzymane wyniki wskazują na korzystne oddziaływanie zawiesiny okrzemek związane z podwyższeniem wartości wskaźników metabolicznych, a w konsekwencji bardziej dynamiczny rozwojem roślin oraz podwyższeniem plonu. Okazało się, że największy korzystny wpływ był widoczny jeśli rośliny były podlewane i opryskiwane zawiesiną okrzemek.

Ostatnia publikacja (nr 6) dotyczyła wpływu odpadów z biogazowni i preparatów Apol-Humus i Stymjod na między innymi aktywność fosfataz, dehydrogenaz, RNAs, zawartość chlorofilu, wysokość roślin, świeżą i suchą biomase, a także wartość energetyczną. Stwierdzono stymulację metabolizmu oraz zwiększenie biomasy pod wpływem odpadów oraz biopreparatów. Wykazano przydatność metody torfikacji do przygotowania peletów z otrzymanej biomasy.

Podsumowując, Pan mgr K. Piotrowski stosując różne biopreparaty oraz zawiesiny okrzemek i cyjanobakterii wykazał ich przydatność do podwyższenia biomasy roślin energetycznych uprawianych w różnych warunkach, kontrolowanych lub niekontrolowanych. Ponadto udowodnił, że stymulujący wpływ wymienionych środków na wzrost i rozwój roślin jest związany z regulacją aktywności metabolicznej. Przedstawił też możliwość uszlachetniania biomasy celem zwiększenia jej wartości energetycznej.

Konstrukcja opracowania przygotowanego na podstawie wymienionych publikacji jest właściwa i powinna w pewnym stopniu ułatwić czytelnikowi zapoznanie się z osiągnięciami Doktoranta zdobytymi pod opieką Pani dr hab. Z. Romanowskiej-Dudy, dostarczającej wraz

z zespołem niezwykle cennych, oryginalnych danych publikowanych w czasopismach z wysokim współczynnikiem oddziaływania (IF).

Wstęp obejmuje 4 rozdziały, w których omówione zostały globalne zmiany klimatu, udział biomasy roślin energetycznych w bilansie OZE, wykorzystane w doświadczeniach 3 gatunki roślin energetycznych oraz produkcję energii z biomasy. W rozdziale tym odczuwa się brak informacji na temat biopreparatów oraz okrzemek i cyjanobakterii stosowanych w doświadczeniach.

W następnym rozdziale znajdują się dwa podrozdziały „Cel pracy” oraz „Hipotezy badawcze”. Uwzględniając treści hipotez lepiej byłoby użyć innego sformułowania zamiast „Hipotezy badawcze” lub je zmodyfikować. Może należałoby zamiast „Hipotezy badawcze” wprowadzić rozdział „Cele szczegółowe”.

Schemat przedstawiający plan doświadczeń umieszczony pomiędzy rozdziałami „Streszczenie” i „Abstract” nie jest komplementarny z informacją znajdującą się w rozdziale „Materiał i Metody”. Można by zastanowić się czy powinien znaleźć się w tym miejscu. W schemacie jest nieścisłość biomasa wykorzystywana do torfikacji pochodziła z uprawy roślin traktowanych Stymjos i Apol-humus.

W rozdziale „Materiał i Metody” niepotrzebnie zapisany jest cel, którego zabrakło w poprzedzającym rozdziale. Ponadto brakuje informacji o preparatach Apol-humus i Stymjod, nie wiadomo czym się różnią od Biojodis.

W rozdziale „Wyniki” osobno omówione zostały dane przedstawione w poszczególnych publikacjach.

W rozdziale „Dyskusja” zbyt dużo uwagi poświęcono informacjom nie związanym bezpośrednio z uzyskanymi wynikami.

Rozdział „Wnioski” zawiera zbyt dużą liczbę wniosków, niektóre można połączyć.

Doktorant używa w pracy wymiennie np. zastosowane ekstrakty *Navicula* sp., aplikacja monokultur, mieszanina monokultur, związki krzemu pochodzenia naturalnego, zawiesina okrzemek. Natomiast w publikacji stosuje termin sonifikowane wodne monokultury, sonifikowane komórki monokultur. Może należałoby ujednolicić nomenklaturę stosowaną w jednym opracowaniu ewentualnie wprowadzić skrót i nim się posługiwać. Doktorant pisze o wpływie na zdrowotność roślin. Jak oceniał zdrowotność?

Wymienione zastrzeżenia nie wpływają istotnie na moją wysoką ocenę wartości merytorycznej rozprawy mgr K. Piotrowskiego, Jego wkładu w poszerzenie wiedzy oraz wykazania możliwości wykorzystania praktycznego biopreparatów, zawiesin okrzemek i cyjanobakterii i odpadów z biogazowni w produkcji biomasy roślin energetycznych.

O wartości otrzymanych wyników świadczy ich opublikowanie w czasopismach posiadających współczynnik oddziaływania. Fakt ten dowodzi nowatorstwa uzyskanych danych. Wyniki zostały opisane w 4 pracach opublikowanych w języku angielskim i dwóch

polskim. Na podkreślenie zasługuje fakt opublikowania trzech spośród 6 publikacji w czasopiśmie międzynarodowych z **IF₂₀₁₉ =1,655, IF₂₀₁₉ =1,76 i z IF₂₀₁₉ =3,267**. Sumaryczny IF wszystkich opublikowanych prac wynosi 7,652, IF za 5lat wynosi 8,253. Natomiast całkowita liczba punktów wg MEN z 2021r wynosi 328.

Doktorant jest pierwszym autorem czterech prac, w tym dwóch opublikowanych w czasopiśmie międzynarodowych o IF 1,655 i 1,76 oraz siódmym autorem w jednej publikacji o IF3,267. Zgodnie z oświadczeniami współautorów oraz doktoranta Jego udział w jednej pracy wynosił 65, w trzech 60, w jednej 40 oraz w jednej 20%. Zarówno udział merytoryczny jak też wyrażony w procentach wyraźnie wskazują na znaczny wkład mgr K. Piotrowskiego w powstanie wszystkich publikacji.

Podsumowując, współczynnik oddziaływania oraz liczba punktów MEN oraz merytoryczny i procentowy udział mgr K. Piotrowskiego w realizacji badań i przygotowaniu publikacji świadczą o spełnieniu wymagań stawianych rozprawom doktorskim.

Zwykle doktoranci w swoim dorobku naukowym niezwiązanym z rozprawą mogą się pochwalić, często tylko dwoma pracami i to najczęściej zawierającymi część danych umieszczonych w rozprawie. Natomiast mgr K. Piotrowski oprócz cyklu 6 publikacji wchodzących w skład rozprawy opublikował aż 8 prac uzyskując współczynnik oddziaływania 3,038 i sumaryczną liczbę punktów MEN w wysokości 300.

Wyniki wspólnych badań były prezentowane podczas 27 konferencji organizowanych w Polsce lub za granicą zarówno na posterach jak też podczas referatów, w tym również wygłaszanych przez Kandydata. Wyniki oraz sposób prezentacji zostały dwukrotnie wyróżnione przyznaniem Złotego Medalu podczas 18th International Innovation Exhibition ARCA 2020, "Method of Preparing Media for the Cultivation of Aquatic Macrophytes from the Lemnaceae Family". 15-17 listopada 2020 r., Zagrzeb, Chorwacja oraz pierwszą nagrodą za współautorską pracę pt. „Zastosowanie biomasy mikroglonów w agrotechnologii uprawy roślin energetycznych” prezentowaną na Międzynarodowej Konferencji Naukowej „Technologia uprawy mikroglonów w bioreaktorach zamkniętych z recyklingiem CO₂ i innych odpadów z biogazowni". Częstochowa, 17-20.11.2015.

Na podkreślenie zasługuje współautorstwo Doktoranta w przygotowaniu dwóch zgłoszeń patentów:

1. Sposób przygotowania mediów do hodowli makrofitów wodnych z rodziny Lemnaceae (P. 427546z 26.10.2018 r)
2. Sposób otrzymywania medium do hodowli kultur *in vitro* roślin wodnych na bazie odcieków z biogazowni w procesie gospodarki cyrkulacyjnej (P.433932z 13.05.2020r.)

Niewątpliwie świadczy to o zaangażowaniu Doktoranta w doświadczenia, których wyniki mogą być wykorzystywane w praktyce.

Wniosek końcowy

Przedstawiony do oceny cykl publikacji stanowiący rozprawę doktorską Pana mgr Krzysztofa Piotrowskiego oceniam wysoko. Wnosi ona nowe informacje dotyczące wpływu kilku biopreparatów, sonifikowanych komórek zawiesiny okrzemek oraz zawiesiny cyanobakterii na metabolizm roślin energetycznych uprawianych w różnych warunkach oraz przydatność ich wykorzystania celem zwiększenia biomasy.

Rozprawa ta spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z Ustawą o tytułach i stopniach naukowych, a zatem wnioskuję do Komisji Uniwersytetu Łódzkiego do spraw stopni naukowych w dyscyplinie nauki biologiczne o dopuszczenie Doktoranta do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Ponadto, biorąc pod uwagę wartość naukową otrzymanych wyników, fakt ich opublikowania oraz możliwość ich praktycznego zastosowania w uprawie roślin energetycznych wnioskuję do Komisji Uniwersytetu Łódzkiego do spraw stopni naukowych w dyscyplinie nauki biologiczne o wyróżnienie rozprawy stosowną nagrodą.

