



Warszawa, 14.09.2022 r.

dr hab. Anna Sikora, prof. IBB PAN
Pracownia Białej Biotechnologii
Instytut Biochemii i Biofizyki PAN

Ocena rozprawy doktorskiej mgr Mateusza Meserszmitta

**pt. „Wpływ fenologii oraz kompozycji gatunkowej roślin na biomasę półnaturalnych łąk
i wydajność produkcji metanu”**

wykonanej w Ogrodzie Botanicznym Uniwersytetu Wrocławskiego

pod kierunkiem dr hab. Zygmunta Kąckiego, prof. UWr oraz dr Adrian Trojanowskiej-Olichwer

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska stanowi spójny tematycznie zbiór dwóch oryginalnych artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach z listy Journal Citation Report (JCR). Są to następujące czasopisma: *Biomass and Bioenergy* (IF₂₀₂₁ = 5.774) i *Global Change Biology – Bioenergy* (IF₂₀₂₁ = 5.957).

We wszystkich publikacjach Doktorant jest pierwszym autorem. Z oświadczeń współautorów wynika jednoznacznie, że jego udział na każdym etapie powstawania prac, tj. koncepcji, metodyki, pozyskiwania danych, ich analizy, pisania i edycji manuskryptu był znaczący.

Wiodącym tematem pracy doktorskiej jest charakterystyka i ocena biomasy łąkowej pochodzącej z łąki trzęślicowej oraz górskich łąk świeżych pod kątem wykorzystania na cele energetyczne, do produkcji biogazu. Ponadto, usuwanie nadmiaru biomasy z łąk, które coraz częściej są nieużytkowane, przyczynia się do zachowania i ochrony tych półnaturalnych zbiorowisk trawiastych. Rozprawa obejmuje szeroki wachlarz zagadnień z zakresu nauk biologicznych: botanikę, ekologię, ochronę gatunków i siedlisk w odniesieniu do półnaturalnego ekosystemu jakim jest łąka oraz biotechnologię i mikrobiologię przemysłową w odniesieniu do produkcji biogazu z biomasy łąkowej. Tematyka pracy doktorskiej wpisuje się w ogólnoswiatowe trendy i działania mające na celu produkcję energii ze źródeł odnawialnych oraz ochronę ekosystemów.

Praca doktorska liczy 51 stron i składa się z 6 rozdziałów poprzedzonych spisem treści i wyjaśnieniem stosowanych skrótów.

Rozdział 1 – Wprowadzenie – przedstawia ogólną charakterystykę półnaturalnych zbiorowisk trawiastych jakimi są łąki, ich znaczenie i wielofunkcyjność, potrzebę ochrony i odtwarzania takich ekosystemów, regulacje prawne w tym zakresie. Zwraca uwagę na zagrożenia dla siedlisk trawiastych w postaci sukcesji wtórnej wynikającej z ograniczenia tradycyjnego użytkowania łąk przez człowieka. Następnie poruszony jest wątek możliwości wykorzystania biomasy łąkowej w biogazowniach rolniczych na cele energetyczne. Dyskutowane są zalety tego typu rozwiązania ze względu na niższe koszty w porównaniu do upraw roślin bioenergetycznych oraz utrzymanie bioróżnorodności i przeciwdziałanie monokulturowym uprawom.

Rozdział 2 – przedstawia główne cele rozprawy doktorskiej i dwie hipotezy badawcze. Według pierwszej na wydajność produkcji biogazu wpływa fenologia rozwoju roślin oraz termin zbioru biomasy roślinnej, a według drugiej kompozycja gatunkowa biomasy roślinnej.

Rozdziały 3 i 4 to kolejno dwa artykuły będące podstawą rozprawy:

- “The effect of harvest date and the chemical characteristics of biomass from *Molinia* meadows on methane yield” opublikowany w *Biomass and Bioenergy*.
- „Species composition of semi-natural mesic grasslands as a factor influencing the methane yield of plant biomass (Central Europe)” opublikowany w *GCB – Bioenergy*.

Należy tu podkreślić, że w obu pracach eksperymenty zostały starannie zaplanowane i przeprowadzone. Zapewniono odpowiednią liczbę prób i powtórzeń, aby uzyskać wiarygodne wyniki. Scharakteryzowano siedliska roślinne przez określenie składu gatunkowego, przeprowadzono analizy fizyko-chemiczne biomasy roślinnej. Wykonano doświadczenia mające na celu określenie wydajności produkcji biogazu, przeliczono wydajności produkcji biometanu na ilość suchej masy organicznej i powierzchnię upraw. Dokonano statystycznej analizy wyników. Poszukiwano korelacji pomiędzy specyfiką biomasy warunkowaną składem gatunkowym, stadium rozwoju rośliny, składem biochemicznym (zawartość ligniny i różnych pierwiastków) a produkcją biometanu. Przy każdym z artykułów przedstawiono indywidualny wkład poszczególnych autorów, z wiodącym udziałem Doktoranta.

Rozdział 5 – Dyskusja – składa się z trzech podrozdziałów. Dwa omawiają najistotniejsze wyniki obu artykułów. W pierwszym artykule (czasopismo *Biomass and Bioenergy*) są to:
(i) porównywalna wydajność całkowitej produkcji biometanu w przeliczeniu na kg suchej masy organicznej niezależnie od terminu zbioru biomasy, czyli fenologii roślin z łąki trzęślicowej;
(ii) najwyższa wydajność produkcji biometanu w przeliczeniu na kg suchej masy organicznej w pierwszych dniach metanizacji dla biomasy pozyskanej w maju, czyli wczesnym stadium wegetacji roślin, co wynikało z optymalnego stosunku C/N i stężenia innych pierwiastków; w kolejnych terminach pozyskania biomasy łąkowej, stosunek C/N był znacznie wyższy, wzrastała też zawartość lignocelulozy w biomasie; (iii) przeliczając produkcję biometanu na hektar powierzchni użytkowej obserwowano wzrost w późniejszych terminach zbioru, co wiązało się ze wzrostem ilości pozyskanej biomasy. W drugim artykule (czasopismo *GCB-Bioenergy*) zbadano skład gatunkowy siedlisk świeżych łąk z terenów górskich i stwierdzono brak wpływu

zróżnicowania występujących tam roślin na wydajność produkcji biometanu w przeliczeniu na kg suchej masy organicznej. Jednak skład gatunkowy zmieniał w istotny sposób zawartość lignoceluloz w biomasie i jej wydajność z hektara, co miało przełożenie na zróżnicowaną wydajność produkcji biometanu z hektara upraw, wyższą przy dominacji traw, niższą przy dominacji ziół. Trzeci podrozdział dotyczy problemów zachowania i ochrony pierwotnego charakteru siedlisk łąkowych, zapobiegania sukcesji wtórnej, utylizacji nadmiaru biomasy łąkowej na cele energetyczne w biogazowniach. Warto podkreślić, że są to problemy dotyczące terenów objętych programem Unii Europejskiej, Natura 2000, którego celem jest zachowanie określonych typów siedlisk przyrodniczych oraz gatunków uważanych za cenne i zagrożone w skali całej Europy.

Rozdział 6 – Wnioski – stanowi syntetyczne podsumowanie całości rozprawy doktorskiej.

W końcowej części rozprawy doktorskiej znajdują się streszczenia w języku polskim i angielskim, a następnie spis literatury.

Prace wchodzące w skład rozprawy doktorskiej zostały już ocenione pozytywnie przez recenzentów poszczególnych czasopism. Jako recenzentka pracy doktorskiej chciałam jedynie podjąć dyskusję z Doktorantem na temat opisywanych zagadnień i otrzymanych wyników.

1. We Wprowadzeniu (Rozdział 1) jest mowa o roli półnaturalnych zbiorowisk roślinnych w pochłanianiu ditlenku węgla. Czy Doktorant może określić jakie ilości CO₂ są pochłaniane przez badane przez niego łąki trzęślicowe oraz górskie łąki świeże? I jaki wpływ na ten proces mają zabiegi agrotechniczne typu koszenie, utrzymujące charakter siedlisk łąkowych, czy intensyfikują czy spowalniają pochłanianie CO₂?
2. W obu pracach wydajność produkcji biogazu była badana w ściśle określonych proporcjach substrat : beztlenowy osad metanogeny z biogazowni, z ogromną przewagą tego ostatniego (ponad 95%). Czy w ramach badań wstępnych lub innych badano więcej wariantów proporcji mieszaniny beztlenowy osad metanogeny : substrat? Czy badano inne źródła *inoculum*, typu gnojowica? W związku z tym w Rozdziale 5 powinno znaleźć się stwierdzenie, że nie obserwuje się różnic wydajności produkcji biogazu/biometanu w odniesieniu do terminu zbiórki biomasy czy składu gatunkowego w zastosowanym układzie badawczym. Być może, chociaż niekoniecznie, przy innych proporcjach substrat : *inoculum* czy źródle *inoculum*, takie różnice byłyby obserwowane.
3. Czy zastosowane *inoculum* było kiedykolwiek badane pod względem składu taksonomicznego?
4. Pytanie do Figury 2 artykułu opublikowanego w *Biomass and Bioenergy*: czy istnieje krzywa kontrolna dla samego *inoculum*? Wydaje się, że tak, skoro w Dyskusji pracy opisano obserwację z 9 i 10 dnia eksperymentu, kiedy to produkcja biogazu przez samo *inoculum* była wyższa niż w próbach z biomasą łąkową. Wzrost produkcji biogazu mógł wynikać z przyczyn podanych w Dyskusji lub np. na skutek rozkładu celulozy.
5. Czy w pracy opublikowanej w *GCB Bioenergy* określono stosunek C/N biomasy poddawanej metanizacji? W artykule opublikowanym w *Biomass and Bioenergy*, wartość stosunku C/N mieściła się w przedziale optymalnym dla produkcji biogazu tylko dla biomasy pozyskanej na początku sezonu wegetacyjnego. Czy zatem nie powinno rozważyć się dostarczania dodatkowego źródła azotu w postaci np. gnojowicy, aby zapewnić właściwy stosunek C/N?

6. Na stronie 38 rozprawy Doktorant przytacza dane innych autorów o dodatniej korelacji pomiędzy udziałem roślin strączkowych a wydajnością produkcji biometanu. Jak Doktorant tłumaczy tę obserwację?
7. Z inicjatywy *Magazynu Biomasa* powstała mapa biogazowni rolniczych w Polsce, BIOGAZOWA MAPA 2022. Czy Doktorant ma wiedzę na temat wykorzystania przez nie (i w jakim stopniu) biomasy łąkowej jako surowca do produkcji biogazu?
8. Jak powinno wyglądać przemyślane działanie łączące prawidłowe użytkowanie półnaturalnych siedlisk trawiastych służące ich ochronie i zachowaniu bioróżnorodności z zagospodarowaniem nadmiaru biomasy do produkcji biogazu? Chodzi mi o logistykę działań, czas koszenia, transport i sposób przechowywanie surowca (w postaci siana czy kiszzonek). Czy zakłada się nawożenie łąk końcowym pofermentem po procesie metanizacji?

Poniżej przedstawiam drobne uwagi krytyczne, które dotyczą błędów językowych i użycia kolokwializmów. Na str. 9 we Wprowadzeniu jako jedną z funkcji zbiorowisk trawiastych Doktorant wymienia fakt, że „pochłaniają węgiel”. Należy rozumieć, że chodzi o ich rolę w pochłanianiu ditlenku węgla. Na str. 10 czytamy o „stanach rozwojowych” roślin łąkowych, zamiast „stadiach rozwojowych”. Na str. 11 występuje wyrażenie „wydajność metanu”, które powtarza się wielokrotnie w całej pracy. Powinno być „wydajność produkcji metanu”, a nawet należałoby użyć słowa „biogaz”, który jest końcowym produktem procesu metanizacji, a zamiast „metan” - „biometan” podkreślając jego biologiczne pochodzenie. Są to jednak drobne niedociągnięcia, które nie zmieniają ogólnego wrażenia, że praca napisana jest ładną polszczyzną.

Praca w pełni spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z art. 13.1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65 poz. 595 z późn. zmianami).

W związku z tym wnioskuję do Rady Dyscypliny Naukowej Nauk Biologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego o dopuszczenie Doktoranta mgr Mateusza Meserszmitta do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora. Jednocześnie, biorąc pod uwagę fakt, że prezentowane wyniki zostały w całości opublikowane w światowych czasopismach o wysokim poziomie naukowym, zwracam się do Wysokiej Rady o nadanie wyróżnienia pracy doktorskiej.

Dr hab. Anna Sikora, prof. IBB PAN