

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Lilianny Głąb pt.:
„Wielokierunkowe wykorzystanie sorga cukrowego (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) oraz ocena jego oddziaływania na środowisko”

1. Wprowadzenie

Niniejsza ocena rozprawy doktorskiej została opracowana w odpowiedzi na pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu prof. dr hab. Marcina Kozaka z dnia 24 czerwca 2020 roku wraz z informacją, że zgodnie z uchwałą Rady Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo z dnia z 21 stycznia 2020r. powołano mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Lilianny Głąb. Przedłożona rozprawa doktorska została wykonana w Instytucie Agroekologii i Produkcji Roślinnej Wydziału Przyrodniczo - Technologicznego Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Józefa Sowińskiego.

2. Ocena problematyki badawczej

W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania uprawą roślin energetycznych, który związany jest z Polityką Energetyczną Polski oraz Dyrektywą 2009/28/WE w sprawie promocji i wykorzystania energii z odnawialnych źródeł. Według wymagań zawartych w wyżej wymienionych strategicznych dla Polski dokumentach ogólny udział energii pozyskiwanej z OZE powinien wynosić 15% w roku 2020 i 20% w roku 2030. Ponadto dokumenty te zawierają zapisy między innymi dotyczące promocji roślin energetycznych, których biomasa może być przeznaczona do bezpośredniego spalania bądź produkcji biopaliw. Ten ostatni zapis wiąże się z koniecznością przeznaczenia na cele uprawy roślin energetycznych ok. 10% areалу krajowych gruntów ornych czyli 1,5 – 2,0 mln ha UR.

Jednocześnie uzyskanie wysokich, stabilnych plonów roślin lignocelulozowych jest możliwe w warunkach zbilansowanego obiegu składników nawozowych. Nawożenie mineralne jest dość kosztocłonną operacją agrotechniczną, stąd analizuje się możliwość zastąpienia go formami wolno uwalniającymi się lub przyrodniczo wykorzystać produkty odpadowe, które stanowią cenne źródło składników pokarmowych oraz materii organicznej.

Rozprawa doktorska mgr inż. Lilianny Głąb pt. „Wielokierunkowe wykorzystanie sorga cukrowego (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) oraz ocena jego oddziaływania na środowisko”) dotyczy określenia optymalnych form i dawek nawożenia mineralnego oraz odpadową substancją organiczną w postaci pofermentu lub komunalnego osadu ściekowego na plony i jakość sorga uprawnego, zarówno pod kątem możliwości jego wykorzystania jako paszy dla zwierząt, jak i surowca do produkcji biopaliw. W prezentowanej rozprawie doktorskiej podjęto także próbę oceny wielkości emisji gazów cieplarnianych powstających podczas procesu produkcji surowca oraz porównano efektywność energetyczną otrzymywania biogazu oraz bioetanolu. W rozprawie prześledzono także dostępne doniesienia naukowe dotyczące możliwości wykorzystania sorga w alternatywnych metodach kontroli stanu zachwaszczenia upraw polowych.

Zatem podjęta problematyka badań przez mgr inż. Liliannę Głąb jest jednym z głównych zadań stojących obecnie przed nauką, w zakresie uprawy nowych roślin energetycznych, w obszarze jakości biomasy i jej przydatności do produkcji biopaliw, energetycznej efektywności zrównoważonej produkcji surowca oraz oceny oddziaływania procesu produkcji na otaczające środowisko, jak też możliwości wielokierunkowego zastosowania surowca.

3. Formalna analiza rozprawy

Prezentowana dysertacja składa się z czterech powiązanych tematycznie, anglojęzycznych prac opublikowanych w latach 2018-2019 w znaczących czasopismach naukowych oraz przeglądu literaturowego opublikowanego w 2017r. przez wydawnictwo Elsevier, o łącznej liczbie punktów 230 wg punktacji MNiSW zgodnie z rokiem wydania (w tym 3. z IF wynoszącym 10,011). Artykuły stanowiące recenzowaną rozprawę są opracowaniami zbiorowymi (2-6 autorów), przy czym w trzech Doktorantka jest pierwszym autorem. Deklarowany wkład pracy Doktorantki w opracowaniach współautorskich wynosi 35-60%, co pokrywa się z zakresem i udziałem prac przedstawionych w oświadczeniach zamieszczonych w załącznikach. Tym samym spełnia Ona jeden z warunków stawianych kandydatom na stopień doktora – opanowanie umiejętności prowadzenia pracy naukowej.

Rozprawa obejmuje 128 stron maszynopisu. Całość została podzielona na 10 głównych części, wyróżniając następujące rozdziały:

1. Synteza zawierająca 5-stronicową syntetyczną charakterystykę poszczególnych prac wchodzących w skład rozprawy w języku polskim obejmująca krótkie wprowadzenie, określenie celu i metodologii badań oraz wskazujące najważniejsze ich wyniki
2. Spis publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej
- Prezentacja cyklu 4. prac wchodzących w monotematyczny cykl – tj.:
3. Wpływ nawożenia azotowego na plon sorga i zawartość azotanów w biomasie i wyciekach – praca nr 1
4. Zrównoważona uprawa sorga cukrowego nawożonego produktami odpadowymi w aspekcie emisji gazów cieplarnianych – praca nr 2
5. Porównanie efektywności energetycznej metanu i etanolu produkowanego z sorga cukrowego z uwzględnieniem zróżnicowanych technologii przygotowania surowca – praca nr 3
6. Potencjał allelopatyczny sorga (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) w aspekcie kontroli zachwaszczenia: obszerny przegląd literatury – praca nr 4
7. umieszczone na 1,5 strony dość rozbudowane Wnioski w języku polskim
- 8 i 9. Streszczenie w języku polskim oraz angielskim - co jest zgodne z art. 13 pkt 6 ustawy (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późn. zm.)
10. Załączniki

Bazę bibliograficzną rozprawy stanowią w przypadku pierwszej pracy – 72 pozycje, w drugiej – 58 pozycji, w trzeciej – 64 pozycje, zaś w pracy czwartej cyklu – 261 pozycji literaturowych, z których gros to pozycje anglojęzyczne, pod względem formalnym cytowane w sposób właściwy. Pozytywnie oceniam, że cytowana literatura pochodzi w większości z ostatnich dwóch dekad, jest ściśle związana z poruszonymi problemami badawczymi i stanowi doskonałe kompendium wiedzy dla czytelnika.

Z formalnego punktu widzenia rozprawa spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim.

4. Merytoryczna analiza pracy

Metodyka wykonanych prac jest prawidłowa, wyniki badań są szczegółowo analizowane i dyskutowane, zarówno na tle bieżącej literatury krajowej, jak i zagranicznej, stąd wartość zaprezentowanych w rozprawie publikacji w mojej ocenie jest wysoka. Doktorantka wykazała się głęboką znajomością literatury, którą umiejętnie wykorzystała w

czasie planowania doświadczeń, opisywania wyników i prowadzenia dyskusji. Dyskusje w przedstawionych publikacjach są bardzo dobrze napisane, czyta się je z przyjemnością. Są wyznacznikiem dojrzałości naukowej Pani mgr inż. Lilianny Głąb. Podstawą wysokiej i pozytywnej oceny jest także poziom naukowy i potrzeba badań dotyczących zaleceń agrotechnicznych oraz określenia zakresu oddziaływania na środowisko sorga uprawnego. Badania tego typu mają ogromne znaczenie, zwłaszcza w ostatnim czasie, gdy na świecie w różnej skali i na różnych poziomach podejmowane są wysiłki zmierzające do rozwiązania problemów energetycznych przed jakimi staje ludzkość.

W tym kontekście podjęte przez mgr inż. Liliannę Głąb badania nad sorgiem, stosunkowo mało poznanym gatunkiem o wysokim potencjale plonowania mają ogromne znaczenie, tak z naukowego, jak i poznawczego punktu widzenia. Sorgo jest rośliną o typie fotosyntezy C4, wywodzącą się z krajów Afryki i Azji zwrotnikowej i jest doskonale przystosowane do uprawy w gorącym i wilgotnym klimacie. Odgrywa ogromną rolę wśród zbóż uprawnych, zajmując pod względem areалу uprawy 5. miejsce (po pszenicy, ryżu, kukurydzy i jęczmieniu). Oficjalnie jest uznawane za podstawowe zboże kontynentu afrykańskiego, gdzie najczęściej występuje pod nazwą durra, mtama, kafir, hallu lub corn. W ostatnim czasie rośnie także zainteresowanie tą rośliną w Europie i Polsce. Związane jest to głównie ze zmianami pogodowymi, które skłaniają rolników do poszukiwania nowych roślin uprawnych, które pozwalałyby na osiąganie wysokich plonów w warunkach coraz częstszych deficytów wody i suszy, szczególnie na słabszych glebach. Jego biomasa może być wykorzystywana w różnorodny sposób: jako pokarm dla ludzi i zwierząt, do bezpośredniego spalania, produkcji biogazu lub bioetanolu, gatunek może być stosowany także w procesie fitoremediacji.

Mimo to, w dostępnym piśmiennictwie brakuje publikacji na temat uszczegółowienia zasad jego uprawy oraz poznania czynników wpływających na poziom plonowania; niepełne są także informacje na temat ich charakterystyki energetycznej, zakresu oddziaływania na środowisko oraz możliwości przerobu, predestynujących zastosowanie w energetyce. Uzupełnieniem tej wiedzy poznawczo-praktycznej zajęła się w swojej pracy doktorskiej mgr inż. Lilianna Głąb zakładając, że w naszym kraju możliwe jest w niewielkim zakresie szkodzące środowisku wyprodukowanie wysokich plonów biomasy lignocelulozowej o dobrej wartości energetycznej.

Artykuły opublikowano w latach 2017-2019 zaś doświadczenia polowe prowadzono od 2013 do 2018. Tak znaczący przedział czasowy świadczy, że Doktorantka podjęła się rozwiązania złożonego problemu opracowania technologii nawożenia, pozyskania i przetworzenia na biopaliwo biomasy lignocelulozowej z sorga. Należy podkreślić, że uczyniła to z przemyśleniem i wizją badawczo-praktyczną.

Artykuły naukowe wchodzące w skład pracy doktorskiej nie budzą zastrzeżeń, a wyniki tych prac podległy wcześniej ocenie przez wysokiej klasy specjalistów, recenzentów i wydawców.

Pierwsza praca z cyklu pt. „The effect of nitrogen fertilization management on yield and nitrate contents in sorghum biomass and bagasse” przedstawia wyniki badań, których przedmiotem było określenie wpływu formy, dawki i sposobu stosowania nawozów azotowych na plon biomasy oraz wyłoków (bagassy), pozostających po wydobyciu soku. Udowodniono, że stosowanie wolno uwalniającego azot mocznika w otoczce polimerowej wpłynęło na obniżenie zawartości substancji antyżywniowych tj. azotanów w zielonce sorga i zwiększenie plonów roślin. Natomiast, choć odnotowano istotne zwwyżki plonowania w stosunku do nienawożonej kontroli, pomiędzy pozostałymi formami (tj. saletrą amonową i tradycyjnym mocznikiem), dawkami oraz sposobami stosowania nawozów nie stwierdzono wyraźnego wpływu na plony biomasy, przy czym zwiększające się dawki azotu powodowały zwiększenie zawartości azotanów w zebranej paszy. Bardzo proszę o wyjaśnienie dlaczego w tabeli 4 odnoszącej się do plonów sorga np. w kombinacjach z zastosowaniem saletry amonowej w 2014r. plon wyłoków przewyższał plon biomasy Wysoko oceniam próbę

szybkiego, bezinwazyjnego określenia zawartości azotanów w zielonce sorga za pomocą prostej metody przy użyciu chlorofilometra SPAD, która jednakże wymaga dopracowania.

Prowadzone przez Doktorantkę badania nad plonowaniem sorga oraz bilansem energetycznym jego uprawy umożliwiły analizę wpływu stosowanych agrotechnologii na środowisko. Druga praca z cyklu zatytułowana "Sustainable production of sweet sorghum as a bioenergy crop using biosolids taking into account greenhouse gas emission" dotyczy określenia wielkości emisji gazów cieplarnianych podczas produkcji biomasy przeznaczonej na bioenergię/bioprodukty. W tym obszarze Doktorantka przeprowadziła kalkulacje śladu węglowego w zależności od odmiany, jak też nawożenia mineralnego oraz przy pomocy bioodpadów. Najkorzystniejszy wariant uprawy sorga z pofermentem, szczególnie w przypadku trzech odmian: tj. Rona 1, Goliath i SuperSile 20, przyczynił się do największej sekwestracji węgla. Z kolei wariant z zastosowaniem mocznika cechował się największą emisją GHG. Dlatego też należy poszukiwać rozwiązań zmniejszających oddziaływanie nawożenia na środowisko np. poprzez wykorzystanie w procesie produkcji nawozów źródeł energii o niższej emisyjności. Wydaje się, że do tego celu nadawać się mogą produkty odpadowe w postaci pofermentu oraz komunalnych osadów ściekowych, choć stosowanie tych ostatnich może być problematyczne jeśli ich skład jest niezgodny z ustawowymi wymaganiami. Stąd moja uwaga do wniosku nr 5 zamieszczonego w rozdziale 7 dysertacji. W zamieszczonych w rozdziale 7. wnioskach pominięto informacje na temat odmian sorga a przecież przebadano dość szczegółowo cztery ze znajdujących się w doborze.

W trzeciej pracy zatytułowanej „Comparison of the energy efficiency of methane and ethanol production from sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) with a variety of feedstock management technologies” Doktorantka dokonała porównania energetycznej efektywności produkcji bioetanolu i biogazu z biomasy sorga otrzymywanego przy zastosowaniu różnych technologii uprawy (dwóch odmian i czterech metod nawożenia plantacji). Porównywalne do plonów z zastosowaniem konwencjonalnego nawożenia w postaci mocznika i o ponad 1/3 większe niż w kontroli plony biomasy otrzymano w obiektach z użyciem pofermentu oraz osadów ściekowych, przy czym niezależnie od nawożenia wyżej plonowało Sucrosorgo 506. Scharakteryzowała Ona także skład chemiczny biomasy lignocelulozowej, w której m.in. poziom popiołu wahał się od 3,9 do 4,8%, N – od 0,9 do 1,3%, zaś zawartość celulozy (19-28%), hemicelulozy (19-26%) oraz neutralnej (NDF) i kwaśnej (ADF) frakcji włókna zależała od odmiany i była większa u Sucrosorgo 506, zaś wartość opałowa była istotnie większa u odmiany Rona 1. Wyliczenia wskazują, że u sorga produkcja energii netto w przypadku metanu była 2-3-krotnie wyższa niż w przypadku bioetanolu, podobnie wyższy był współczynnik efektywności energetycznej. Dlatego też Doktorantka wskazała, że mimo iż biomasa tej rośliny służyć może do otrzymywania bioetanolu, w naszych warunkach efektywniejsze będzie jej przeznaczenie dla biogazowni.

Podczas poszukiwań możliwości wykorzystania biomasy sorga Doktorantka zajęła się także przebadaniem go jako surowca do produkcji bioherbicydów. W bardzo obszernym opracowaniu powstałym przy udziale naukowców z Colorado State University zajmujących się tą problematyką od wielu lat szczegółowo opisała istniejący stan wiedzy na temat związków allelochemicznych (m.in. substancji o charakterze fenoli, sorgoleonu), podając ich skład, zawartość, działanie, drogi syntezy w organizmie i metody badania, skupiając się na wykorzystaniu najbardziej popularnego w rolnictwie wodnego ekstraktu (sorgaab) lub łączenia go ze zredukowanymi dawkami herbicydów w uprawie roślin, czy też stosowania sorga jako rośliny okrywowej lub jego resztek poźniowych w celu ograniczenia zachwaszczenia.

Zatem były to wszechstronne badania mające zarówno aspekt poznawczy, jak i praktyczny, bowiem ich efekty można bezpośrednio wdrożyć w praktyce rolniczej.

Najważniejsze osiągnięcia mgr inż. Lilianny Głab uzyskane w wyniku realizacji badań zawartych w publikacjach stanowiących rozprawę doktorską to:

- udokumentowanie możliwości wielokierunkowego wykorzystania biomasy sorga cukrowego (produkcja niegromadzącej nadmiernych ilości azotanów paszy, białanolu, biogazu, bioherbicydów),
- wykazanie, że dobrej jakości biomasę sorga dla celów paszowych oraz energetycznych można uzyskać stosując niskie dawki nawożenia azotowego ($90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$), niezależnie czy stosowane jednorazowo czy w podzielonych ilościach, przy czym formy nawozów o kontrolowanym uwalnianiu składników wiążą się z uzyskaniem paszy o niskiej i bezpiecznej dla zwierząt zawartości azotanów,
- opracowanie metody przewidywania zawartości poziomu azotanów w biomacie sorga na podstawie wskazań chlorofilometra (SPAD),
- scharakteryzowanie biomasy lignocelulozowej różnych odmian sorga pod względem chemicznym i energetycznym,
- wykazanie, że możliwe jest niskoemisyjne wyprodukowanie dobrej jakości surowca przy wykorzystaniu produktów odpadowych (szczególnie pofermentu) zamiast konwencjonalnego nawożenia mineralnego, charakteryzującego się wyższą zewnętrzną emisją GHG, dodatkowo ich zastosowanie zwiększa współczynnik efektywności energetycznej,
- udowodnienie, że w warunkach naszego kraju ze względu na lepszą efektywność energetyczną biomasa sorga cukrowego powinna służyć do produkcji biogazu, zamiast bioetanolu.

5. Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę rangę uzyskanych wyników, wysoki poziom naukowy prac stanowiących rozprawę doktorską, które zostały opublikowane w renomowanych czasopismach naukowych, jak również dojrzałość naukową Doktorantki, która jest aktywna w zakresie publikowania i upowszechniania wyników swoich badań, stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Lilianny Głąb spełnia kryteria określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2003 r. nr 65, poz. 595 z późn. zm.), a także w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. 2018 poz. 261). Jednocześnie wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu o wyróżnienie rozprawy stosowną nagrodą.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami prawnymi dotyczącymi szczegółowego trybu przeprowadzenia czynności w przewodach doktorskich, składam formalny wniosek do Rady Naukowej Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu o jej przyjęcie i dopuszczenie mgr inż. Lilianny Głąb do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Lublin, 19.08.2020 r.

Prof. dr hab. Barbara Kołodziej