

Prof. dr hab. Andrzej Kotecki, prof. zw.
Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

**Recenzja pracy doktorskiej mgr. inż. Tomasza Sałka
pt. „Rolnicza, energetyczna i ekonomiczna efektywność produkcji biomasy
wybranych gatunków roślin z przeznaczeniem na biogaz”**

Ustawa z dnia 14.03.2003 roku „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki ze zmianami (Dz. U. z 2011 r. Nr 84, poz. 445) stanowi w art. 13 ustęp 2 co następuje:

„Rozprawa doktorska może mieć formę maszynopisu książki, książki wydanej lub spójnego tematycznie zbioru rozdziałów w książkach wydanych lub spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych lub przyjętych do druku w czasopiśmie naukowych, określonych przez ministra właściwego do spraw nauki na podstawie przepisów dotyczących finansowania nauki jeżeli odpowiada warunkom określonym w ust. 1.”,

ust. 4 stanowi, że:

„Rozprawę doktorską może także stanowić samodzielna i wyodrębniona część pracy zbiorowej, jeżeli wykazuje ona indywidualny wkład kandydata przy opracowaniu koncepcji, wykonaniu części eksperymentalnej, opracowywaniu i interpretacji wyników tej pracy, odpowiadający warunkom określonym w ust. 1.

Przedstawiona do recenzji praca opublikowana została w monografii pt. „Modelowe kompleksy agrotechniczne jako przykład kogeneracji rozproszonej opartej na lokalnych i odnawialnych źródłach energii: Technologie pozyskiwania i kondycjonowania biomasy rolniczej i wodnej dla biogazowni i zgazowarki” pod. red. Janusza Gołaszewskiego.

Praca doktorska mgr. inż. Tomasza Sałka pt.: „Rolnicza, energetyczna i ekonomiczna efektywność produkcji biomasy wybranych gatunków roślin z przeznaczeniem na biogaz” powstała w oparciu o następujące rozdziały, zawarte w wymienionej wyżej monografii:

1. Wstęp, cel i hipotezy badawcze (autorzy: Adam Parzonka i Tomasz Sałek) – str. 11-13.
2. Przegląd piśmiennictwa;
 - 2.3. Wymagania siedliskowe i agrotechniczne traw typu C₄ – Tomasz Sałek, str. 29 -62. W rozdziale tym wyróżniono następujące podrozdziały:
 - 2.3.1. Kukurydza zwyczajna (*Zea mays* L.),
 - 2.4.2. Sorgo cukrowe (*Sorghum saccharatum*) (L.) Moench.),
 - 2.4.3. Miskant olbrzymi (*Miscanthus x giganteus* Greef et Deu) i miskant cukrowy (*Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hack),
3. Metodyka badań (autorzy: Wojciech Budzyński, Władysław Szempliński, Adam Parzonka i Tomasz Sałek) – str. 88-102.
 3. 1. Badania polowe i laboratoryjne,
 3. 2. Analiza energetyczna,
 3. 3. Analiza ekonomiczna,
 3. 4 Analiza statystyczna.
4. Plony biomasy badanych gatunków roślin
 - 4.1. Agrometeorologiczne uwarunkowania plonowania roślin (autorzy: Adam Parzonka i Tomasz Sałek) – str. 102-106.
 - 4.2. Plonowanie traw C₄ (autorzy: Wojciech Budzyński i Tomasz Sałek) – str. 106-112.
5. Energetyczna wydajność i sprawność produkcji biomasy
 - 5.1. Trawy C₄ – Tomasz Sałek, str. 124-132.
6. Ekonomiczna sprawność produkcji biomasy
 - 6.1. Trawy C₄ – Tomasz Sałek, str. 144-149.
7. Właściwości biomasy i biogazodochodowość
 - 7.1. Trawy C₄ – Tomasz Sałek, str. 166-178.
8. Wnioski (autorzy: Wojciech Budzyński, Adam Parzonka, Tomasz Sałek i Władysław Szempliński) – str. 190-193.
9. Technologia produkcji na gruntach ornych roślin energetycznych na biogaz
 - 9.1. Trawy C₄ – Tomasz Sałek, str. 193-202.

10. Wykaz literatury (autorzy: Wojciech Budzyński, Adam Parzonka, Tomasz Sałek i Władysław Szempliński) – str. 267-282.

W przedstawionym do oceny opracowaniu, które stanowi rozprawę doktorską można wyróżnić elementy wspólne – rozdziały: 1, 3, 4.1, 4.2, 8 i 10 oraz pozostałe rozdziały (2.3, 5.1, 6.1, 7.1 i 9.1) autorstwa mgr. inż. Tomasza Sałka. Pomijając wspólne elementy, które zaznaczyłem powyżej, rozprawa doktorska składa się z następujących części:

- wstępu,
- przeglądu piśmiennictwa,
- metodyki badań, która zawiera: badania polowe, analizę energetyczną, analizę ekonomiczną i statystyczną,
- wyników badań i dyskusji, która obejmuje: plony, energetyczną wydajność i sprawność produkcji biomasy, ekonomiczną sprawność produkcji biomasy i właściwości biomasy i biogazodochodowość.
- wniosków,
- wykazu literatury.

Wzrost zapotrzebowania na energię, która obecnie produkowana jest ze źródeł nieodnawialnych i bliska perspektywa ich wyczerpania, która wynosi dla: ropy naftowej 41 lat, gazu ziemnego ponad 60 lat, a węgla kamiennego ponad 200 lat spowodowała potrzebę poszukiwania nowych odnawialnych źródeł energii. Biomasa ma duży potencjał energii odnawialnej. W Polsce na uprawy energetyczne można przeznaczyć ok. 1 milion ha

Biomasa może być wykorzystywana bezpośrednio na cele energetyczne bądź po przetworzeniu w inne nośniki energii. Uważa się, że w warunkach Polski można wytworzyć 5 miliardów m³ biogazu co stanowi ponad 20% aktualnego zużycia gazu ziemnego.

Celem badań było zwaloryzowanie przydatności biomasy traw C₄ (kukurydza zwyczajna, sorgo cukrowe oraz miskant olbrzymi i cukrowy) do konwersji na biogaz. Porównywano dwie technologie uprawy: konwencjonalną – wysokonakładową i integrowaną.

Uprawiane gatunki i mieszanki porównano w aspekcie:

1. Rolniczym,
2. Energetycznym,
3. Ekonomicznym

Rozdział 1 przedstawia cel pracy i hipotezy badawcze oraz wprowadza czytelnika w zagadnienia produkcji biomasy przez rolnictwo. Dotychczasowe użytkowanie gruntów rolniczych nie jest intensywne, dlatego zwiększenie w niewielkim stopniu wykorzystania czynników plonotwórczych i plonochronnych oraz zmianie systemu gospodarowania można osiągnąć wzrost plonów i przeznaczyć nadwyżkę gruntów pod uprawy roślin energetycznych. Istotnym uzupełnieniem tego rozdziału są nawiązania do programów rządowych dotyczących energii odnawialnej.

Przegląd piśmiennictwa jest bardzo obszerny i w każdym z podrozdziałów (2.3.1., 2.3.2., 2.3.3) ujęto biologię, wymagania siedliskowe i agrotechniczne (kukurydza zwyczajna, sorgo cukrowe oraz miskant olbrzymi i cukrowy).. Prawdopodobnie takie podejście Autora do piśmiennictwa wynika z faktu, że monografia dedykowana jest szerokiej praktyce. Przy lekturze tego tekstu widać, że Oceniany chciał w przystępny sposób opisać właściwości biologiczne roślin, wymagania siedliskowe i agrotechniczne odbiorcy, który nie posiadał wiedzy z tego zakresu. Dlatego w rozdziałach tych występuje mnóstwo informacji o charakterze podręcznikowym popartych danymi literaturowymi. Szkoda, że w niewielkim zakresie omawiana jest specyfika uprawy traw C₄ jako bazy surowcowej dla biogazowni.

Metodyka badań polowych, laboratoryjnych, analizy energetycznej, ekonomicznej i statystycznej nie budzi jakichkolwiek wątpliwości. Badania oparto na dwuczynnikowych doświadczeniach polowo-łanowych, wykonanych w dwu powtórzeniach, przy użyciu technik i metod stosowanych w praktyce rolniczej, na obiektach o powierzchni 0,4 ha.

Wyniki badań opisano ze znanostwem z uwzględnieniem wielowątkowej dyskusji.

W opisie plonowania traw C₄ wątpliwości budzą równania regresji obrazujące przyrost biomasy miskanta olbrzymiego i cukrowego jako funkcje wieku plantacji.

Dla $n=4$ i $\alpha = 0,05$ r krytyczne wynosi 0,95, a $r^2=0,9025$. Dla 3 równań r krytyczne jest większe od wyliczonego, w więc nieistotne.

Energetyczną wartość i wydajność biomasy opisano na poziomie dwóch technologii: konwencjonalnej i integrowanej. Średnio najwyższe nakłady energii skumulowanej poniesionej na produkcję biomasy były przy uprawie kukurydzy zwyczajnej, a najniższe u miskanta olbrzymiego i cukrowego. Energetyczna wartość plonu i uzysk energii, z pominięciem technologii uprawy, były najwyższe u kukurydzy zwyczajnej, a miskant olbrzymi miał największy wskaźnik sprawności energetycznej.

Wieloaspektowa ekonomiczna sprawność produkcji biomasy obejmowała:

- koszty produkcji biomasy dla poszczególnych gatunków i ich strukturę z rozbiem na technologie uprawy,
- wartość produkcji biomasy,
- koszt produkcji 1 t suchej masy substratu,
- nadwyżkę bezpośrednią dla badanych gatunków,
- dochód działalności bez dopłat,
- wskaźnik opłacalności produkcji.

Najwyższy dochód bez dopłat i wskaźnik opłacalności produkcji uzyskano z uprawy kukurydzy zwyczajnej, a najniższy (ujemny) z miskanta cukrowego.

Oceniany szczegółowo scharakteryzował właściwości biomasy i biogazodochodowość. Kiszonka jako substrat do produkcji biogazu różniła się parametrami chemicznymi. Najwyższą wydajność biogazu z 1 kg s. m. o. uzyskano z kiszonki z kukurydzy zwyczajnej, a najniższą z miskanta olbrzymiego i cukrowego. Technologia integrowana, w porównaniu z konwencjonalną, skutkowała większą wydajnością z 1 kg biogazu w odniesieniu do kukurydzy zwyczajnej. Zawartość metanu w biogazie zależała od gatunku uprawianej rośliny i była najwyższa z kiszonki uzyskanej z miskanta olbrzymiego (63%), a najniższa z kukurydzy zwyczajnej (58%).

Średnio za trzy lata produkcja metanu z 1 ha była najniższa z miskanta cukrowego, a następnie kolejno istotnie wyższa u miskanta olbrzymiego i sorga cukrowego, a najwyższa z kukurydzy zwyczajnej.

Wnioski są logiczne i oddają w pełni wyniki badań.

Za najwartościowsze rezultaty badań uważam wykazanie, że:

1. Spośród badanych gatunków roślin najwyższy plon suchej masy miała kukurydza zwyczajna, a następnie kolejno niższą miskant olbrzymi o 20%, sorgo cukrowe o 45 % i miskant cukrowy o 67%,
2. Najkorzystniejszy wskaźnik energetycznej sprawności produkcji biomasy zapewniał miskant olbrzymi (21,5), kukurydza zwyczajna (18,6), sorgo cukrowe (11,4) i miskant cukrowy (8,7),
3. W technologii integrowanej koszty jednostkowe produkcji suchej masy kiszonki z kukurydzy były, w porównaniu z konwencjonalną, niższe o 13%..
4. Największą wydajność biogazu i metanu z 1 ha uzyskano z kukurydzy zwyczajnej, a następnie kolejno niższą z sorga cukrowego i miskanta olbrzymiego i najniższą z miskanta cukrowego.
5. Najniższy koszt produkcji 1 Nm³ metanu notowano wówczas gdy substratem konwersji była kukurydza zwyczajna i miskant cukrowy.

Przedstawiona do oceny praca doktorska mgr. inż. Tomasza Sałka pt.: „Rolnicza, energetyczna i ekonomiczna efektywność produkcji biomasy wybranych gatunków roślin z przeznaczeniem na biogaz” spełnia wymogi stawiane tego typu pracom i dlatego stawiam wniosek do Rady Wydziału Kształtowania Środowiska i Rolnictwa Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie o dopuszczenie jej Autora do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Wrocław, 10 maja 2015 roku


Andrzej Kotecki