

Prof. dr hab. Andrzej Kotecki, prof. zw.  
Instytut Agroekologii i Produkcji Roślinnej  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

## **Recenzja pracy doktorskiej**

**mgr Dariusza Niksy**

### **pt.: „Plon oraz jakość biomasy wierzby i topoli uprawianych na cele energetyczne w zależności od nawożenia i cyklu zbioru”**

Prawie 1/3 ludności świata, w krajach afrykańskich i azjatyckich, przygotowuje posiłki tradycyjnie spalając biomasę, która dostarcza globalnie pięć razy więcej energii niż elektrownie wiatrowe i fotowoltaiczne łącznie. Aktualnie nadal ponad połowa energii wytwarzanej z biomasy jest wykorzystywana w tradycyjny, mało efektywny energetycznie sposób. Jednakże wykorzystanie biomasy w sektorze energetycznym w większości krajów rozwiniętych jest ograniczone z uwagi na niekonkurencyjność ekonomiczną tego źródła względem paliw kopalnych oraz innych.

Ramy polityki klimatyczno-energetycznej Wspólnoty wyznaczają w głównej mierze porozumienia dotyczące:

- zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych,
- promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych,
- wzrostu efektywności energetycznej..

Wymienione wyżej porozumienia w ramach UE składają się na tak zwaną politykę 20-20-20, odnoszącą się do: redukcji emisji gazów cieplarnianych o 20% (w stosunku do 1990 roku), zwiększenia udziału konsumpcji energii ze źródeł odnawialnych do 20% w bilansie energetycznym oraz poprawy efektywności energetycznej o 20% (w stosunku do prognoz na 2020 rok). Ponadto przewidziano również wzrost udziału biokomponentów w płynnych paliwach transportowych do 10%.

W Polsce w 2016 roku udział OZE w konsumpcji energii ogółem, w porównaniu z rokiem 1990 zwiększył się 5,5 krotnie, jednak w strukturze jej wykorzystania w dalszym ciągu dominuje biomasa z ponad 84% udziałem.

Polska została zobligowana do osiągnięcia 15% udziału OZE w bilansie energii do 2020 i zwiększenia efektywności energetycznej o 14%. Prognozowane zużycie energii na koniec

2020 roku, bez uwzględnienia poprawy efektywności energetycznej wyniosłoby 110,0 Mtoe, a po uwzględnieniu krajowych celów w tym zakresie ma zostać ograniczone do 96,4 Mtoe. Należy dodać, że w 2017 roku zużycie energii w Polsce było na poziomie 99,1 Mtoe, a udział OZE w bilansie energii wyniósł 10,9%. W świetle powyższych liczb i dynamicznie rozwijającej się gospodarki osiągnięcie tych wskaźników wydaje się mało prawdopodobne, co nie znaczy, że Polska nie idzie we właściwym kierunku.

Udział paliw kopalnych stałych w konsumpcji energii ogółem w Polsce w latach 1990 – 2016 zmniejszył się o 30 Mtoe (38%) z 79 do 49 Mtoe. Chciałbym w tym miejscu zaznaczyć, że Polska na cele energetyczne wydobywa między innymi około 63 mln ton węgla brunatnego a Niemcy, które są w krajach UE niekwestionowanym liderem w produkcji energii z OZE, około 180 mln ton.

W porównaniu z 1990 rokiem emisja dwutlenku węgla w 2017 roku obniżyła się w Polsce o 15,5 % z 387 do 323 mln t, a w Niemczech o 23,5 % z 1030 do 799 mln t. W 2017 roku emisja dwutlenku węgla, na 1 mieszkańca, w Polsce wynosiła 8,6 t, a w Niemczech 9,7 t, natomiast w przeliczeniu na 1 km<sup>2</sup> powierzchni kraju odpowiednio 1033 t oraz 2555 t i w porównaniu z Niemcami była w Polsce o blisko 60% niższa.

Układ przedstawionej do oceny dysertacji jest typowy dla tego typu opracowań.

W interesującym wstępie Autor przedstawia znaczenie biomasy w tym szczególnie dendromasy w produkcji energii odnawialnej. Powyższe rozważania kończy hipoteza, w której Autor wyraża pogląd, że plon biomasy wierzby i topoli może być istotnie różnicowany przez klon, a zastosowanie nawożenia roślin i wydłużanie rotacji zbioru będzie powodowało wzrost plonowania. Ponadto założono, że gatunek i klon rośliny oraz nawożenie będą istotnie różnicowały właściwości biomasy, a jej jakość jako surowca energetycznego będzie wzrastała wraz z wydłużaniem cyklu zbioru roślin. Hipotezę zweryfikowano w oparciu o doświadczenie polowe i badania laboratoryjne, których celem było określenie:

- plonowania dwóch klonów wierzby i klonu topoli w zależności od rodzaju nawożenia i dawki azotu oraz cyklu zbioru roślin;
- udziału kory i drewna w pozyskanej biomase wierzby i topoli;
- właściwości termofizycznych biomasy;
- składu elementarnego biomasy.

Uważam, że hipotezę badawczą sformułowano właściwie, jednak miejsce jej lokalizacji - zakończenie wstępu jest nieodpowiednie, gdyż jak pisze Autor hipotezę postawiono na podstawie danych literaturowych.

Według mnie z bardzo dobrze napisanego przeglądu piśmiennictwa, opartego na 157 pozycjach literatury, powinna wynikać hipoteza badawcza. Przegląd piśmiennictwa jest wielowątkowy, który dla wygody czytelnika umiejętnie podzielono na następujące podrozdziały:

- konsumpcja energii i OZE w bilansie energetycznym;
- rolnicze surowce do wytwarzania bioenergii;
- biomasa wierzby i topoli jako surowiec energetyczny.

Każdy podrozdział podzielono na części – od 2 do 4.

Przegląd piśmiennictwa konkluduje podrozdział 2.ego rzędu pt.: Wykorzystanie biomasy wierzby i topoli jako surowca energetycznego w Polsce – stan obecny i perspektywy na przyszłość w którym Autor stwierdza że: „w celu nadania większej opłacalności i atrakcyjności uprawom wieloletnich roślin dostarczających biomasy lignocelulozowej, prowadzone są prace nad pozyskaniem ekstraktów i bioproduktów z biomasy, tak by kaskadowo wykorzystać biomasę i zwiększyć jej wartość, a do bezpośredniego spalania przeznaczać jedynie pozostałości poprodukcyjne nie mające już innego bardziej wartościowego zastosowania”.

W przeglądzie piśmiennictwa zauważyłem niewłaściwą interpretację rys. 5 w której Oceniany pisze, że „W przypadku produkcji energii elektrycznej, najważniejszymi odnawialnymi źródłami są obecnie energia wód oraz energia słońca przetwarzana przez ogniwa fotowoltaiczne”, a tymczasem kolejność odnawialnych źródeł służących produkcji energii elektrycznej jest następująca energia wód, wiatru i słońca.

Metodyka badań jest poprawna i nie budzi jakichkolwiek wątpliwości. Doświadczenie polowe realizowane w ramach wieloletnich badań prowadzonych w Katedrze Hodowli Roślin i Nasiennictwa Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie założono wiosną w I dekadzie maja 2013 r. w północno-wschodniej Polsce, w Stacji Dydaktyczno-Badawczej w Łężanach.

Doświadczenie polowe czteroczynnikowe założono w układzie split-block-split-split Plot, a badanymi czynnikami w kolejności były:

- I. gatunek rośliny, dwa klony wierzby krzewiastej wyhodowane w KHRiN oraz jeden klon topoli z kolekcji KHRiN: a) Ekotur (*Salix viminalis* L.), b) Żubr (*Salix viminalis* L.), c) klon Max-5 (*Populus nigra* × *Populus maximowiczii* Henry);
- II. dwa cykle zbioru roślin: a) co roku, b) co trzy lata;
- III. rodzaj zastosowanego nawożenia: a) kontrola (bez nawożenia), b) poferment z biogazowni rolniczej, c) nawozy mineralne;
- IV. dawki azotu: a) 0 kg ha<sup>-1</sup> N, b) 85 kg ha<sup>-1</sup> N, c) 170 kg ha<sup>-1</sup> N.

Badania prowadzono w latach 2016 – 2018. Doświadczenie prowadzono w trzech powtórzeniach na 90 poletkach (po 45 na każdy z cykli zbioru), każde o powierzchni 23,76 m<sup>2</sup> (5,28 m x 4,50 m), co łącznie z drogami między rzędami stanowiło ogólną powierzchnię doświadczenia ok. 0,5 ha. Nie rozumiem skąd wzięła się liczba 45 poletek na 1 cykl zbioru gdy 3\*3\*3\*3 (powtórzenia) daje 81 poletek na 1 cykl zbioru.

Badania polowe obejmowały:

- określenie obsady roślin – liczba karp;
- pomiary biometryczne roślin: a) wysokość pędów mierzona w odstępach 3 miesięcznych, b) liczba pędów w karpie;
- oznaczenie plonu biomasy.

Badania laboratoryjne dotyczyły:

1. podstawowych analiz glebowych;
2. biomasy pędów wierzby i topoli;
  - wilgotność biomasy;
  - zawartość kory;
  - ciepło spalania i wartość opałowia;
  - zawartość części lotnych, części stałych (węgla związanego) i popiołu;
  - skład elementarny – analizy całkowitych zawartości węgla wodoru i siarki, a także azotu ogólnego.

Wyniki badań opracowano statystycznie w kilku modułach, a wszystkie analizy wykonano za pomocą pakietu STATISTICA 13.3.

1. W pierwszym etapie wykonano analizę wariancji doświadczenia wieloczynnikowego założonego w układzie split-blok-split-split plot;
2. W drugim etapie analiz model matematyczny 1 rozszerzono o dodatkowy piąty czynnik – rodzaj biomasy, który występował na dwóch poziomach: kora i drewno;
3. W trzecim etapie ponownie przeanalizowano trzy główne czynniki doświadczalne (gatunek, rodzaj nawożenia i dawka azotu) jedynie w cyklu jednorocznym;
4. W czwartym etapie analiz statystycznych oceniono zależności między wybranymi cechami.

W etapach 1 – 3 ocenę istotności różnic między średnimi oparto na najmniejszej istotnej różnicy (NIR) oszacowanej na podstawie procedury porównań metodą Bonferroniego na poziomie istotności  $\alpha=0.05$ .

Warunki glebowe opisano na poziomie badanych czynników uwzględniały:

- odczyn gleby pH w 1 N KCl;
- zawartość próchnicy (%);
- zawartość C org. (%);
- zawartości N og. (%);
- stosunek C:N w glebie;
- zawartości przyswajalnych form: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O i Mg w mg kg<sup>-1</sup>.

Warunki meteorologiczne dotyczyły wpływu sumy miesięcznych opadów i średnich miesięcznych temperatur w latach badań na rozwój i plonowanie wierzby i topoli.

W pierwszym roku prowadzenia badań w okresie od maja do czerwca zaobserwowano na roślinach wierzby (obie odmiany): rytnicę wierzbową (*Chrysomela collaris* L.) i niekreślanę wierzbową (*Earias chlorana* L.) żerujące na liściach odmian wierzby, a na topoli rytnicę topolową (*Chrysomela populi* L.).

W drugim roku prowadzenia badań presja szkodników była mała, na topoli wystąpiły objawy żerowania rytnicy topolowej (*Chrysomela populi* L.). Ponadto na obiektach na których uprawiano topole w cyklu jednorocznym pojawił się ostrożeń polny (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), perz właściwy (*Elymus repens* L.) oraz szczaw tępolistny (*Rumex obtusifolius* L.).

W trzecim roku badań nie obserwowano presji agrofagów.

Rozdział wyniki badań i dyskusja liczy 87 stron, co stanowi 47% objętości pracy. Napisany został ze znanstwem, a wielowątkowa dyskusja świadczy o dojrzałości naukowej Ocenianego. Chciałbym zaznaczyć, że Doktorant prowadził 4. czynnikowe doświadczenie w latach badań w którym mamy 10 podwójnych, 9 potrójnych 5 poczwórnych interakcji. Zapanowanie nad lawiną wyników i ich opracowanie w postaci klarownej syntezy wymaga dużego nakładu pracy i umiejętności analizy uzyskanych wyników. Doktorant właściwie podzielił ten ogromny rozdział na 8 logicznie powiązanych ze sobą podrozdziałów:

- obsada i przeżywalność roślin;
- cechy morfologiczne
- plony biomasy roślin
- cechy biomasy jako surowca energetycznego
- skład elementarny biomasy
- udział kory i drewna w biomasie pędów wierzby i topoli
- cechy kory i drewna jako surowca energetycznego
- skład elementarny kory i drewna

Z obowiązku recenzenta muszę podnieść fakt zbędnego wyróżnienia w tym rozdziale jedynego podrozdziału pt.: „Charakterystyka roślin wierzby i topoli w zależności od rodzaju i poziomu nawożenia oraz cyklu zbioru”.

Pracę kończy 11 logicznych wynikających z przeprowadzonych badań wniosków

Za najważniejsze osiągnięcie doktoranta uważam wykazanie, że:

- plon świeżej biomasy był średnio istotnie największy u wierzby odmiany Ekotur i wynosił 34,52 Mg ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup> (odpowiednio 16,51 Mg ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup> suchej masy). Analiza regresji wielorakiej wykazała, iż plon świeżej biomasy uzależniony był od wysokości roślin, ich przeżywalności oraz liczby pędów na karpie.
- plonowanie badanych gatunków było istotnie większe (średnio w doświadczeniu) w trzyletnim cyklu zbioru niż w jednorocznym. Plony świeżej biomasy były większe u odmian wierzby Ekotur i Żubr oraz klonu topoli Max-5 o odpowiednio 8,55; 1,81 i 13,38 Mg ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>. Z kolei średnie plony suchej biomasy w cyklu trzyletnim były większe u badanych odmian wierzby i klonu topoli odpowiednio o 55,2; 28,3 i 61,8%.
- biomasa pozyskana w cyklu trzyletnim charakteryzowała się istotnie większą zawartością C (u odmian wierzby) oraz H u wszystkich badanych odmian wierzby i klonie topoli. Z kolei w biomacie zarówno u odmian wierzby jak i w klonie topoli oznaczono istotnie mniejsze zawartości N, S oraz P, K, Mg i Ca w trzyletnim cyklu zbioru niż w jednorocznym.

**Przedstawiona do oceny praca doktorska mgr Dariusza Niksy pt.: „Plon oraz jakość biomasy wierzby i topoli uprawianych na cele energetyczne w zależności od nawożenia i cyklu zbioru” 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. Jednocześnie biorąc pod uwagę:**

- **zakres pracy,**
- **wyjątkowo staranne opracowanie wyników,**
- **wysoki poziom merytoryczny i edytorski,**

**stawiam wniosek o jej wyróżnienie.**

Wrocław, 30 lipca 2019 roku

  
Andrzej Kotecki