

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

Ocena
rozprawy doktorskiej mgr inż. Malwiny Anny Śnieg
pt.: „Plonowanie i charakterystyka biomasy wybranych gatunków wielolet-
nich roślin energetycznych”

Rosnący popyt na energię, przy coraz bardziej ograniczonych możliwościach jej pozyskiwania, powoduje systematyczną wyżkę cen surowców energetycznych. Należy sądzić, że zjawisko to będzie się nasilało z roku na rok. Wzrost kosztów wydobycia surowców energetycznych oraz alokacja środków, w szczególności ropy naftowej i gazu ziemnego prowadzi niejednokrotnie do napięć w całej gospodarce światowej.

W 2013 roku w UE – 28 w strukturze pozyskania energii pierwotnej największy udział w produkcji energii miała energia jądrowa (29%), a następnie kolejno niższe odnawialne źródła energii (24%), węgiel kamienny i brunatny (20%), gaz ziemny (17%) i ropa naftowa (9%). W łącznym pozyskaniu energii pierwotnej ze źródeł odnawialnych w 2013 roku w UE biomasa stała miała 46% udział, energia wody 17%, a wiatru 10,5%.

W Polsce w 2012 roku spośród wszystkich nośników energii, ponad 80% udziału w produkcji energii pierwotnej miał węgiel kamienny, a energia ze źródeł odnawialnych stanowiła 12% i była wyższa o ponad 50% w porównaniu z 2008 rokiem. Podstawowym źródłem energii odnawialnej w Polsce są biopaliwa stałe, których udział w łącznym pozyskaniu energii ze źródeł odnawialnych w 2014 roku wynosił 77%, a w strukturze pozyskania energii z OZE dużą rolę odgrywały biopaliwa ciekłe (9,2%) i energia wiatru (8,2%).

W Polsce w 2016 roku moc wszystkich instalacji OZE wytwarzających energię elektryczną wynosiła 7830 MW, z czego na energię wiatrową przypadało 70%.

Przełom XX i XXI w. to okres znacznego wzrostu wykorzystania w produkcji energii odnawialnej biomasy, w której w wyniku procesu fotosyntezy, energia słoneczna zamieniana jest w energię chemiczną, skumulowaną w postaci węglowodanów. Fotosynteza jest najważniejszym procesem biochemicznym zachodzącym na Ziemi, który ukształtował skład ziemskiej atmosfery. W wyniku fotosyntezy w ciągu roku na Ziemi wszystkie rośliny pobierają

$15 \cdot 10^{10}$ ton CO_2 i przekształcają je w związki organiczne. Same tylko rośliny lądowe zamieniają rocznie 10^{20} J energii słonecznej na produkty asymilacji.

Zaletą pozyskiwania energii z biomasy roślin energetycznych jest wyraźne ograniczenie emisji CO_2 w ściśle określonym środowisku, ponieważ wydzielany w czasie spalania biomasy CO_2 jest przez rośliny pobierany podczas asymilacji. Według dyrektywy UE 2009/28/EC w krajach EU w 2020 roku 20% produkowanej energii elektrycznej powinno pochodzić z odnawialnych źródeł energii, a dla środków transportu wartość ta ma stanowić 16%. Według danych dla Polski udział odnawialnych źródeł energii w jej finalnym zużyciu do 2020 roku wyniesie 15%, a w sektorze transportowym docelowo przewiduje się 10% udziału biopaliw.

W Polsce w 2014 roku powierzchnia gruntów roślin jednorocznych uprawianych na cele energetyczne wynosiła ok. 577 tys. ha. Do produkcji estrów wykorzystano 700 tys. ton nasion, głównie rzepaku (97%), a w produkcji etanolu podstawowym surowcem było ziarno kukurydzy 340 tys. ton.

W 2014 roku powierzchnia upraw wieloletnich roślin energetycznych wynosiła 13 500 ha. Wśród wieloletnich roślin energetycznych wyróżnia się krzewy i drzewa szybko rosnące, byliny dające biomasę w postaci półdrewniałej oraz trawy.

Pomimo, że Europa boryka się z nadprodukcją żywności to w wielu środowiskach uprawa na gruntach ornych roślin na cele energetyczne budzi emocje natury etycznej i moralnej spowodowane tym, że zamiast produkować żywność uprawiamy rośliny energetyczne, a już w 2050 roku na Ziemi będzie mieszkać $9,5 \cdot 10^9$ ludzi.

Walka z globalnym ociepleniem i redukcja gazów cieplarnianych ma często dwuznaczny wymiar, za przykład mogą posłużyć takie kraje jak:

- Brazylia – produkcja bioetanolu z trzciny cukrowej na biopaliwo. Tereny do uprawy pozyskuje się przez wyrąb dżungli amazońskiej,
- Malezja, Indonezja – uprawa w monokulturze palmy olejowej na produkcję biodiesla. Tereny do uprawy pozyskuje się przez wyrąb lasów deszczowych.

Innej natury wątpliwości budzi spalanie resztek pozbiorowych, które w warunkach ograniczonego nawożenia nawozami organicznymi stanowią jedyne źródło masy organicznej w glebie. Należy wspomnieć, że w Polsce, w 2013 roku na cele energetyczne przeznaczono 4,5 mln ton słomy.

Pomimo wątpliwości związanych z uprawą na GO wieloletnich roślin na cele energetyczne, podjęcie przez Autorkę próby waloryzacji 26 genotypów wieloletnich roślin energetycznych uważam za niezwykle cenne z poznawczego i utylitarnego punktu widzenia.

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska ma konwencjonalny układ. Z interesującego wstępu wynika hipoteza robocza i cel pracy.

Przegląd piśmiennictwa napisano ze znanstwem podzielony został na pięć logicznie następujących po sobie podrozdziałów, które obejmują:

1. Strukturę odnawialnych źródeł energii (OZE) na tle paliw kopalnych;
2. Wybrane regulacje formalno-prawne w zakresie wykorzystania odnawialnych źródeł energii w UE i w Polsce;
3. Stan i perspektywy rozwoju upraw wieloletnich roślin energetycznych;
4. Charakterystyka wybranych gatunków wieloletnich roślin energetycznych;
 - drzewa i krzewy,
 - byliny,
 - trawy.
5. Potencjał energetyczny biomasy.

Metodyka badań jest poprawna. Badania polowe prowadzono w Stacji Dydaktyczno-Badawczej w Bałdach należącej do Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Doświadczenie polowe założono wiosną 2011 roku w trzech powtórzeniach w układzie losowanych bloków. Badania realizowano w latach 2012-2015. Badanymi czynnikami były:

- I. Genotypy wieloletnich roślin energetycznych, które obejmowały następujące gatunki: topola balsamiczna - *Populus balsamifera* L. (2 klony), topola czarna - *Populus nigra* x *Populus maximowiczii* Henry, robinia akacjowa – *Robinia pseudoacacia* L., wierzba wiciowa - *Salix viminalis* L., (8 klonów), wierzba długokończysta – *Salix dasyclados* Willd, wierzba pięciopręcikowa - *Salix pentandra* L., wierzba biała - *Salix alba* L., słonecznik wierzbolistny - *Helianthus salicifolius* Dietr, ślazowiec pensylwański - *Sida hermaphrodita* Rusby L., rożnik przerośnięty - *Silphium perfoliatum* L., rdest sachaliński - *Reynoutria sachalinensis* Nakai, rdest japoński - *Reynoutria japonica* Houtt, topinambur - *Helianthus tuberosus* L., miskant olbrzymi - *Miscanthus x giganteus* Greef et Deuter, miskant cukrowy - *Miscanthus sacchariflorus* ((Maxim.) Hack.), miskant chiński - *Miscanthus sinensis* ((Thunb.) Andersson,), spartina preriowa - *Spartina pectinata* Bose et Link, lasecznic trzcinowata - *Arundo donax* L. W sumie przebadano 18 gatunków reprezentujących 26 genotypów.
- II. kolejne lata prowadzenia badań polowych w okresach wegetacji: 2012, 2013 i 2014.
Badania polowe dotyczyły obsady i pomiarów biometrycznych roślin, które obejmowały:

- dynamikę wzrostu,
- określenie obsady roślin na każdym poletku, a następnie na tej podstawie obliczono obsadę roślin na powierzchni 1 ha. Po określeniu obsady oraz uwzględnieniu ubytków obliczono przeżywalność roślin (%),
- pomiary wysokości roślin, średnicy pędów, określenie liczby pędów głównych w karpie.

Ponadto prowadzono obserwacje wzrostu i rozwoju roślin, określono: wyleganie, uszkodzenia wywołane przez mróz, porażenie przez szkodniki oraz występowanie chorób.

Zbiór roślin prowadzono w cyklach jednorocznych w III dekadzie marca.

W badaniach laboratoryjnych dokonano oceny, jakości biomasy uwzględniając III czynnik, którym były trzy terminy zbioru roślin. Biomasa pobierana była w trzeciej dekadzie: listopada, stycznia i marca. Analizy laboratoryjne obejmowały określenie: zawartości wody w świeżej masie, popiołu, C, H, S i N, części lotnych oraz stałych.

Ciepło spalania biomasy poszczególnych genotypów wyznaczono w kalorymetrze w oparciu o metodę dynamiczną według ISO 1928: 2009. Na podstawie ciepła spalania i wilgotności wyliczono wartość opałową świeżej biomasy.

Wyniki analiz laboratoryjnych posłużyły do wyliczenia plonu suchej masy, wartości energetycznej plonu i wartości energetycznej plonu biomasy wyrażonej w równoważniku węglowym.

Wyniki badań opracowano statystycznie. Dla wszystkich badanych cech obliczono średnie arytmetyczne oraz wartości odchylenia standardowego. Za pomocą testu istotności Tukey'a wyznaczono grupy jednorodne, a ponadto określono współczynniki korelacji pomiędzy badanymi cechami

Wyniki badań wraz z dyskusją przedstawiono w siedmiu podrozdziałach, które obejmowały:

- Warunki glebowo-klimatyczne,
- Charakterystykę wzrostu i rozwoju roślin,
- Obsadę i cechy biometryczne roślin,
- Plonowanie roślin,
- Wartość energetyczną plonu,
- Właściwości termofizyczne biomasy,
- Skład elementarny biomasy.

Wyniki badań, pomimo ogromu danych, omówiono zwięźle, konfrontując je z obszernym piśmiennictwem.

Pracę kończy 16 bardzo szczegółowych wniosków, z których aż 6 dotyczy plonu biomasy i 6 właściwości termofizycznych biomasy. Wyraźnym cieniem na tym rozdziale kładzie się nadmierna szczegółowość przy braku jakichkolwiek uogólnień, a przecież wnioski 1 – 6 można połączyć, podobna uwaga dotyczy wniosków 9 – 14.

Do najważniejszych osiągnięć ocenianej rozprawy uważam wykazanie, że spośród badanych 26 genotypów roślin energetycznych:

- miskant cukrowy charakteryzował się istotnie najmniejszą wilgotnością biomasy (średnio 22,2%) i w związku z tym również największą wartością opałową (średnio $15,8 \text{ MJ kg}^{-1}$);
- odmiany wierzby wiciowej: Ektur, Żubr i Start nadają się do komercyjnego pozyskiwania biomasy, jako biopaliwa stałego w jednorocznym cyklu zbioru ze względu na: wysoki plon, ilość pozyskanej energii z powierzchni 1 hektara oraz korzystne właściwości termofizyczne i skład elementarny biomasy;
- termin zbioru roślin zdrewniałych, w listopadzie, styczniu i marcu nie miał znaczącego wpływu na wilgotność pozyskanej biomasy, która była ona na stałym wysokim poziomie. Natomiast opóźnienie terminu zbioru roślin półzdrewniałych (byliny) i sło-miastych (trawy), miało istotny wpływ na spadek wilgotności biomasy;
- przesunięcie terminu zbioru na III dekadę marca, w porównaniu z III dekadą listopada, skutkowało u bylin i traw obniżeniem zawartości popiołu i siarki.

Podczas lektury pracy nasunęły się pewne uwagi krytyczne, które przedstawiam poniżej:

1. W tytule pracy należy zaznaczyć, że plonowanie i charakterystyka biomasy wybranych gatunków wieloletnich roślin energetycznych dotyczy początkowych lat użytkowania,
2. Autorka nie podaje w pracy, co oznacza 1 Mtoe, które zawiera $41,87 \cdot 10^{15} \text{ J}$ energii, podobnie jest z PJ, co wynosi 10^{15} J energii i odpowiada 23 844 toe,
3. Wiele cech podano z nadmierną dokładnością, która wynika z wyliczeń i dotyczy to: średnicy pędu (0,01), wartości energetycznej polonu biomasy (0,01), wilgotności świeżej biomasy (0,01),
4. Zawartość wody w biomasie i skład chemiczny biomasy podano w niewłaściwych jednostkach. Aktualnie obowiązuje układ SI, w którym zamiast % są $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Przedstawiona do oceny praca doktorska mgr inż. Malwiny Anny Śnieg pt.: „Plonowanie i charakterystyka biomasy wybranych gatunków wieloletnich roślin energetycznych” 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 Autorki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Wrocław, 26 września 2016 roku



Andrzej Kotecki