

DOBÓR ROŚLIN DO PRODUKCJI BIOENERGETYCZNEJ MASY NA TERENIE POMORZA ZACHODNIEGO

Sergiusz Subocz, Jakub Kopczyński

Instytut Inżynierii Rolniczej, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Streszczenie. Na dzień dzisiejszy w wielu krajach można zaobserwować zwiększenie zainteresowania do odnawialnych źródeł energii. Jest to związane ze stale zmniejszającymi się zasobami konwencjonalnych źródeł energetycznych, pogorszeniem sytuacji ekologicznej w związku z emisją gazów cieplarnianych oraz dążeniem wielu państw do ograniczenia wpływu koniunktury politycznej w sektorze energetycznym. Polska posiada znaczny potencjał w zakresie wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Do najbardziej dostępnych i konkurencyjnych odnawialnych zasobów zaliczyć możemy przede wszystkim biomasę.

Słowa kluczowe: rośliny proenergetyczne, masa bioenergetyczna, okres rotacji

Cel badań

Celem badań, prezentowanych w niniejszej publikacji był przegląd źródeł bioenergetycznej masy i zaproponowanie kompleksowej oceny niektórych z nich pod względem efektywności ekonomicznej, efektywności energetycznej, oraz wskazania niezbędnych do analizy, chociaż trudnych do wymiernego oszacowania wskaźników takich jak infrastruktura, technologia, wpływ na ekosystemy oraz zagadnienia prawne.

Przedmiot i metody badań

Do badań wytypowano szereg perspektywicznych gatunków pod względem wydajności i przydatności do produkcji bioenergetycznej masy: ziemniak, rzepak, pszenica ozima, żyto, kukurydza, soja, burak cukrowy, topinambur, kupkówka, wierzba krzewiasta, topola. Podstawą doboru gatunków do produkcji bioenergetycznej masy jest kompleksowa ocena, składająca się z efektywności ekonomicznej, efektywności energetycznej, oraz uwzględnienia takich czynników jak infrastruktura, technologia, wpływ na ekosystemy oraz zagadnienia prawne.

Efektywność ekonomiczna analizowana była jako stosunek uzyskanego efektu ekonomicznego do poniesionych kosztów. Analizę kosztów maszyn, narzędzi, ciągników, kosztów materiałów i surowców, kosztów paliwa oraz kosztów pracy ludzkiej przeprowadzono zgodnie z metodyką zaproponowaną przez IBMER [Muzalewski 2005].

Efektywność energetyczna analizowana była jako stosunek wartości energetycznej uzyskanego plonu do wielkości nakładów energetycznych. Do określenia nakładów energetycznych zastosowano metody opracowaną przez IBMER [Wójcicki 2000].

Wyniki badań i ich analiza

Ze względu na okres otrzymywania produktu końcowego w postaci paliwa, spośród wszystkich rodzajów biomasy, wykorzystywanej w cyklu produkcyjnym hodowli i przeróbki należy wyróżnić dwie podstawowe grupy: z krótkim i długim okresem rotacji. Każda z wymienionych grup posiada jak pozytywne tak i negatywne cechy. Przy krótkich cyklach rotacyjnych biomasę można wykorzystywać już po upływie kilku miesięcy od momentu założenia plantacji. Do takich gatunków zaliczamy na przykład rzepak, żyto, kukurydzę, burak cukrowy, ziemniak. Minusem jednoletnich cykli jest przede wszystkim stosunkowo wysokie koszty produktu końcowego, co jest związane z wysoką nakładem pracy w zakresie zakładania i pielęgnacji plantacji. Lepsze wyniki mają wieloletnie gatunki, jak na przykład topinambur.

Dotychczasowe efekty z pozyskiwaniem energii odnawialnej, zachęcają do wprowadzenia uprawy roślin typowo rolniczych o krótkiej rotacji. Gatunkami najczęściej wymienianymi są rzepak, żyto, kukurydza, buraki cukrowe, ziemniaki. Rośliny te szeroko uprawiane w praktyce, dają stosunkowo wierne i wysokie plony, również składników energetycznych. Dobrze są przystosowane do warunków glebowych i klimatycznych, występujących na Pomorzu Zachodnim.

Biorąc pod uwagę potrzeby rolnictwa ekologicznego istnieje możliwość wprowadzenia do uprawy szeregu nowych gatunków takich jak sorgo, trawa sudeńska, soja, topinambur i inne. Są to gatunki plenne, jednak tylko w określonych warunkach termicznych, wodnych i glebowych. Przy postępującym ociepleniu klimatu i pogarszających się warunkach wodnych w naszych ekosystemach, cennymi roślinami mogą być słonecznik, sorgo, trawa sudeńska. Opanowanie technologii ich uprawy na cele energetyczne nie wymaga nadmiernych adoptacji. Ciekawym sposobem produkcji biomasy energetycznej na gruntach ornych może być uprawa kupkówki pospolitej. Jest to trawa wieloletnia, szybko rosnąca, plenna, niewymagająca nakładów na uprawy gleby, ochronę przed szkodnikami, chorobami, dobrze mulczująca glebę. W wielu badaniach własnych i innych – plony suchej masy zebranej w trzech pokosach i zastosowaniu $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ azotu mineralnego, wyniosły średnio $12 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Przy czym doświadczenia te prowadzone na glebie IV-b klasy bonitacyjnej bez deszczowania.

Odpowiednią rośliną wprowadzającą w dwuletni cykl produkcyjny kupkówki może być żyto ozime. Łączne plony biomasy żyta i kupkówki wynosiły $12 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ s.m. przy nawożeniu azotem w ilości $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Cały trzyletni okres intensywnej produkcji biomasy z żyta i kupkówki, oprócz nawożenia azotowego i użytkowania, nie wymaga nakładów pielęgnacyjnych i uprawowych.

Obserwuje się wzrost zainteresowania uprawą soi w warunkach Pomorza Zachodniego. Wprawdzie jest to roślina o dużych wymaganiach cieplnych, to jednak przy postępującym efekcie cieplarnianym, uprawa jej u nas staje się coraz bardziej realna. Uprawiając ją można zwiększyć produkcję białka oraz tłuszczu roślinnego, bowiem nasiona zawierają około

32% białka i 17% tłuszczu. W białku są wszystkie egzogenne aminokwasy, a wartością odżywczą dorównuje w około 80% kazeinie. Natomiast tłuszcz charakteryzuje się znacznym udziałem nienasyconych kwasów tłuszczowych. Śruta powstała z nasion po ekstrakcji tłuszczu zawiera około 50% białka, dlatego jest cennym komponentem pasz treściwych.

Duże wymagania cieplne soi oraz reakcja na długość dnia, są czynnikami utrudniającymi wprowadzenie jej do uprawy w naszych warunkach. Minimalne zapotrzebowanie tej rośliny na temperatury w okresie wegetacji wynoszą 7-8°C w okresie wschodów, 8-17°C w okresie od wschodów do kwitnienia i 17 - 18°C. W okresie wegetacji suma dziennych temperatur wynosi 1900°C. Jako roślina dnia krótkiego w naszych warunkach wydłuża okres wegetacji. W Polsce plon nasion soi waha się od 1,0 do 3,5 t·ha⁻¹. Większość autorów przyjmuje, że plon średni wynosi 2 t·ha⁻¹. Na ich wysokość istotny wpływ mają warunki agrotechniczne. Przede wszystkim dobór gleby, termin i gęstość siewu, odchwaszczanie, nawożenie i zbiór. Stopniowo wysokie nakłady głównie przy odchwaszczaniu łąn i niskiego plonu, uprawa jej na cele energetyczne aktualnie nie jest konkurencyjna z uprawą rzepaku ozimego.

Inna sytuacja występuje w przypadku uprawy gatunków o wieloletnim okresie rotacji. Powszechnie ma miejsce deficyt surowca drzewnego jak dla szeroko rozumianego przemysłu drzewnego tak i meblarskiego oraz na cele energetyczne. Problem ten pogłębia się rok od roku. Wyjściem jest przejście od ekstensywnej do intensywnej hodowli gatunków drzewiastych. Gatunkami najczęściej wymienianymi są topola, osika, olcha. Topola jest szybko rosnącym gatunkiem roślin drzewiastych z ogromnym potencjałem zwiększania produktywności, skrócenia cykli rotacji oraz stworzenia stałych drzewostanów.

Największy interes w perspektywie mają gatunki, spośród których wymienić można wielu odmian topoli m.in. osiki szwedzkiej lub osiki amerykańskiej. Badania w tym zakresie już prowadzone są w Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym. Wielu państw już od wielu lat prowadzi intensywne prace w zakresie uprawy topoli.

Tabela 1. Podstawowe państwa uprawiające plantacje topoli
Table 1. Essential countries cultivating poplar plantations

Wyszczególnienie	Powierzchnia uprawy [tys. ha]
Chiny	4 900
Indie	1 000
Francja	236
Turcja	130
Italia	119
Argentyna	64

Źródło: [Ball J. i in. 2005]

Topola wyjątkowo jest wymagająca do zasobów wody gruntowej, znacznie wyprzedzając w tym inne gatunki. Intensywność jej transpiracji jest 5-7 krotnie wyższa od buka czy dębu. Niektóre odmiany i klony topoli różnią się stopniem intensywności transpiracji. Droga eksperymentalną stwierdzono, iż kultury topoli hybrydowej 2-3 krotnie przewyższają miąższościowo drzewostany naturalne. Wysoką produktywnością wyróżnia się klon Brabantica nr 176.

Drugim najczęściej wymienianym gatunkiem proenergetycznym jest wierzba [Dimitriou, Aronsson 2005; Smart i in. 2005]. Ze względu na kosztowną wysoką kulturę prowadzenia upraw i szczególne uzależnienie od ilości wody w glebie nieefektywnym jest wykorzystywanie w tym celu terenów rolnych, na co wskazują ostatnie badania oraz niejednoznaczne oceny efektywności uprawy plantacji wierzby. Szczególną uwagę należy udzielić wierzbie w sytuacjach, kiedy uprawa innych gatunków jest niemożliwa lub skrajnie utrudniona. Zbiór przeprowadza się w okresie zimowym w celu obniżenia negatywnego wpływu na glebę ze strony ciężkich harwesterów. Minusem jest ich wysoki koszt i brak krajowych odpowiedników.

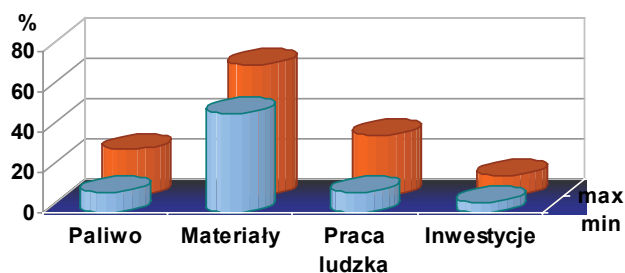
Badania własne oraz analiza wyników badań, przeprowadzonych przez innych autorów, pozwoliły wybrać kilka najważniejszych parametrów przy analizie przydatności różnych gatunków do produkcji bioenergetycznej masy. Śród nich znalazły się:

- efektywność energetyczna;
- efektywność ekonomiczna;
- przydatność istniejącej infrastruktury i technologii;
- wpływ na otaczające ekosystemy;
- parasol prawny.

Efektywność energetyczna

Wskaźnik efektywności energetycznej to stosunek wartości energetycznej uzyskanego plonu do wielkości nakładów energetycznych poniesionych na uzyskanie plonu. W nakładach energetycznych uwzględniono cztery źródła energii: paliwo, surowce i materiały (nasiona, sadzeniaki, nawozy, chemiczne środki ochrony i pielęgnacji), środki inwestycyjne - zużycie maszyn i narzędzi rolniczych w trakcie eksploatacji, oraz pracę ludzką.

Przy uprawie tradycyjnych gatunków takich jak ziemniak czy żyto struktura nakładów energetycznych wygląda jak przedstawiono na wykresie.



Rys. 1. Struktura nakładów energetycznych
Fig. 1. The structure of energy expenditures

Końcowy efekt energetyczny dla wybranych gatunków uprawianych na terenie Pomorza Zachodniego przedstawia tabela 2. W zależności od wybranych technologii uprawy efektywność energetyczna zmienia się w szerokim zakresie. Dla gatunków o krótkim okresie rotacji wskaźnik ten nie przekracza 4,98, natomiast dla wierzby krzewiastej jako gatunku o długim okresie rotacji wynosi powyżej 22, a przy trzyletnim cyklu zbioru nawet 42.

Dobór roślin do produkcji...

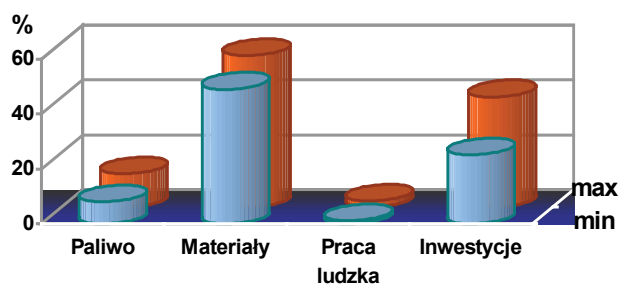
Tabela 2. Efektywność energetyczna uprawy niektórych tradycyjnych gatunków
Table 2. Energy efficiency of some conventional species cultivation

Nazwa	Ee
Ziemniak	2,4 - 3,3
Rzepak	3,53
Pszenica ozima	3,56 - 4,98
Wierzba krzewiasta	22,1 - 42

Źródło: opracowanie własne autora

Efektywność ekonomiczna

Pod efektywnością ekonomiczną uważamy stosunek uzyskanego efektu ekonomicznego do poniesionych kosztów. Jest to bardziej zmienny wskaźnik, wrażliwy na bieżącą koniunkturę rynkową. W strukturze ekonomicznej największym udziałem charakteryzują się koszty materiałów i surowców oraz koszty eksploatacji maszyn i narzędzi.



Rys. 2. Struktura nakładów materialnych
Fig. 2. The structure of material expenditures

Jak wskazują badania, wyniki których przedstawione są na rys. 2, nadal największym udziałem charakteryzują się koszty materiałów oraz inwestycje. Bez względu na coraz droższą robociznę, wskaźnik ten nie ma istotnego wpływu na poniesione koszty przy uprawie tradycyjnych gatunków na cele energetyczne.

Tabela 3. Efektywność ekonomiczna uprawy niektórych tradycyjnych gatunków
Table 3. Energy efficiency of some conventional species cultivation

Nazwa	Eek
Ziemniak	1,1 - 1,6
Rzepak	1,50
Pszenica ozima	1,21
Wierzba krzewiasta	1,1 - 1,2

Źródło: opracowanie własne autora

Efekt ekonomiczny ma najistotniejsze znaczenie przy podejmowaniu decyzji o założeniu plantacji roślin proenergetycznych. Z przedstawionych danych wynika, że tradycyjne gatunki nadal są bardziej opłacalne na cele energetyczne niż np. wierzba krzewiasta, co niweluje jej ogromną przewagę w efektywności energetycznej. Biorąc pod uwagę „uniwersalność” zastosowania gatunków typowo rolniczych, będą one nadal w centrum uwagi przy podejmowaniu decyzji.

Przydatność istniejącej infrastruktury i technologii

Każda technologia wymaga zastosowania określonych zabiegów agrotechnicznych. Do ich prowadzenia niezbędne są wyspecjalizowane maszyny oraz sprzęt. Planując uprawę plantacji roślin energetycznych warto zastanowić się nad zastosowaniem już istniejących maszyn. Zmniejsza to ryzyko strat w razie niepowodzenia z powodu wprowadzenia nowych przepisów, wymogów lub siły wyższej.

Problem wpływu na otaczające ekosystemy oraz parasol prawny – są to kryteria o szerokim zakresie i potrzebują analizy wielu czynników. Niezbędnym w związku z tym jest rozwój ośrodków badawczych w zakresie energii odnawialnej, jak np. Ośrodka Szkoleniowo-Badawczego w zakresie Energii Odnawialnej w Ostoi, gdzie aktualna wiedza może być udostępniana w sposób przejrzysty, jasny i w pełnym zakresie, niezbędnym dla podejmujących decyzje.

Bez względu na znaczne perspektywy w żadnym państwie bioenergetyka nie stałaby się rentowną bez pomocy państwa i skoordynowanej pracy gospodarek leśnej i rolnej oraz sektora energetycznego.

Podsumowanie

Przedstawiona w pracy koncepcja doboru roślin do produkcji bioenergetycznej masy może być stosowana przy analizowaniu gatunków w zakładanych plantacjach roślin proenergetycznych na Pomorzu Zachodnim.

Wśród roślin przydatnych na cele energetyczne wymienić można ziemniak, rzepak, pszenicę ozimą, żyto, kukurydzę, burak cukrowy. Efektywność energetyczna dla pierwszych trzech z wymienionych gatunków mieści się w granicach 2,40-4,98, a efektywność ekonomiczna wynosi 1,1-1,5. Plonowanie tych gatunków nie jest mniejsze, a dla niektórych jest wyższe od gatunków, powszechnie uważanych za energetyczne. W dwuletnim cyklu produkcyjnym kupkówki i żyta ozimego plonowanie jest na poziomie 12 t·ha⁻¹ s.m. Dla plantacji z długim okresem rotacji efektywność ekonomiczna jest porównywalna do roślin z krótkim okresem rotacji i wynosi dla wierzby krzewiastej 1,1-1,2, natomiast efektywność energetyczna jest znacznie wyższa i sięga wartości 22,0-44,1.

Przegląd dostępnych gatunków oraz wyniki badań wykazują iż przy zakładaniu nowych plantacji w pierwszej kolejności powinni być brane pod uwagę rośliny typowo rolnicze oraz szybkorosnące gatunki drzewiaste. Stosowanie ich nie będzie wymagać wprowadzenia nowych technologii oraz wyspecjalizowanych maszyn i może bazować się na istniejącym zapleczu technicznym i rozbudowanej infrastrukturze.

Bibliografia

- Ball J., Carle J., Del Lungo A.** 2005. Contribution of poplars and willows to sustainable forestry and rural development. *Unasylyva*. Nr 56/2 s. 3-9.
- Dimitriou I., Aronsson P.** 2005. Willows for energy and phytoremediation in Sweden. *Unasylyva*. Nr. 56/2. s. 47-50.
- Muzalewski A.** 2005. Koszty eksploatacji maszyn. *IBMER*. Warszawa. Nr 20. s. 7-13.
- Smart L., Volk T., Lin J., Kopp R., Phillips I., Cameron K., White E., Abrahamson L.** 2005. Genetic improvement of shrub willow (*Salix* spp.) crops for bioenergy and environmental applications in the United States. *Unasylyva*. Nr. 56/2. s. 51-55.
- Wójcicki Z.** 2000. Wyposażenie techniczne i nakłady materiałowo energetyczne w rozwojowych gospodarstwach rolniczych. *IBMER*. Warszawa.

SELECTION OF PLANTS FOR BIOENERGY MASS PRODUCTION IN *POMORZE ZACHODNIE* REGION

Abstract. Today, in many countries we may observe increased interest in renewable energy sources. This is related to continuously decreasing resources of conventional energy sources, deterioration of ecological situation resulting from emissions of greenhouse gases, and efforts made by many countries in order to reduce the influence of political climate in energy sector. Poland possesses considerable potential as regards the use of renewable energy sources. First of all, biomass ranks among the most available and competitive renewable resources.

Key words: proenergetic plants, bioenergy mass, rotation period

Adres do korespondencji:

Sergiusz Subocz; e-mail: sergiusz.subocz@zut.edu.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. Papieża Pawła VI nr 1
71-459 Szczecin