

Produkcja i wykorzystanie biomasy roślin jednorocznych na potrzeby energii odnawialnej

Henryk Burczyk

Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich, Pracownia Roślin Energetycznych

1. Wprowadzenie

Decyzja Rady Ministrów podjęta w dniu 10 listopada 2009 r., dotycząca polityki energetycznej Polski zakłada do 2020 roku 15 % udziału OZE w energii finalnej oraz 10 % biopaliw transportowych. Poza tym na posiedzeniu RP w dniu 13 lipca 2010 r. przyjęto informację Ministra Gospodarki dotyczącą instalacji ok. 2000 biogazowni rolniczych w Polsce w latach 2010-2020, w których zaistnieje możliwość pozyskiwania ok. 1,7 mld m³ biogazu rocznie. Taka ilość biogazu po oczyszczeniu może pokryć prawie w całości potrzeby odbiorców gazu na terenach wiejskich.

Dla zrealizowania zwiększonego udziału biopaliw transportowych, istnieje w naszym kraju dostateczna baza surowcowa i techniczna, aby pozyskiwać potrzebną ilość biokomponentów i zapewnić produkcję biopaliw zgodnie z ustaleniami Narodowego Celu Wskaźnikowego.

Natomiast trudnym problemem do rozwiązania w najbliższej przyszłości będzie zapewnienie potrzebnej ilości biomasy dla energetyki, ciepłownictwa i biogazowni rolniczych – wykorzystujących również substraty odpadowe.

Zapotrzebowanie na biomasę do 2020 roku, dla elektrowni i elektrociepłowni, zaproponowane przez Kusia J. i Fabera A. wynosi około 10 mln t s.m., w tym 3,0 mln t słomy i 2,0 mln t biomasy leśnej. Zatem pozostałe 5,0 mln t biomasy, autorzy przewidują uzyskać z uprawy roślin energetycznych wieloletnich uprawianych na powierzchni ok. 500 tys. ha, przyjmując plon 10 t/ha s.m. [Kuś 2009].

Zwiększenie produkcji biomasy z wieloletnich roślin energetycznych, w wyniku ograniczenia wsparcia finansowego do uprawy i zakładania plantacji będzie bardzo trudne. Dlatego alternatywą może być uprawa jednorocznych roślin w plonie głównym (sorgo, kukurydza) dla produkcji tańszej i bardziej wydajnej bioenergii z jednostki powierzchni od roślin wieloletnich.

Tymczasem dla potrzeb biogazowni rolniczych można przyjąć wstępnie zapotrzebowanie ok. 5,0 mln t s.m. (2000 biogazowni x 2500 t) z uprawy roślin jednorocznych w poplonach ozimych, ścierniskowych i w plonie wtórnym z sorga lub kukurydzy w następujących ilościach:

l.p.		plony w t/ha s.m.	powierzchnia pola w ha	biomasa w mln t s.m.
1.	poplony ozime – żyto	10	150 000	1,50
2.	plon wtóry: sorgo lub kukurydza	15	150 000	2,25
3.	poplony ścierniskowe	8	200 000	1,60
	razem	-	-	5,35

Przedstawione metody produkcji biomasy i wielkości liczb wskazują jedynie kierunek postępowania. Bowiern zapotrzebowanie biomasy dla każdego zakładu przetwórczego musi być opracowane oddzielnie, z uwzględnieniem harmonogramu dostaw innych substratów oraz wydzielenia rezerwy (kiszonki, słomy itp.) na wypadek wystąpienia suszy, powodzi lub gradobicia.

Ocena jakości i przydatności rolniczej gleb dokonana przez JUNG-PIB wskazuje na trudne warunki – dla uprawy roślin energetycznych, występujące w województwach: lubuskim, wielkopolskim, łódzkim, mazowieckim i podlaskim. Klimatyczny bilans wody w Polsce wykonany przez J. Górskiego i T. Kozereę wykazuje, że na powyższym terenie roczna suma opadów atmosferycznych wynosi <550 mm. W latach 1971-2005 suma opadów np. w okolicy Poznania wynosiła 507 mm, z tego od kwietnia do września ok. 225 mm [Krasowicz i in.2009], [Burczyk i in. 2009].

W tak trudnych warunkach klimatyczno - glebowych dla produkcji biomasy rolniczej, trzeba proponować jednoroczne rośliny uprawne (sorgo, kukurydza, konopie włókniste, poplony ozime i ścierniskowe) a nie rośliny wieloletnie (wierzba, miskant i ślazowiec), wymagające dobrych i wilgotnych gleb [Burczyk i in. 2008], [Chałuj i in. 2008].

Dobór gatunku a nawet odmiany powinien być racjonalnie przystosowany do warunków środowiska glebowego i sposobu ich uprawy, aby zapewnić wysoką wydajność roślin np. w plonie głównym > 20 t/ha s.m. i >250 GJ/ha przy niskich kosztach produkcji (<10 zł/GJ). Poza tym trzeba zapewnić opłacalne ceny zbytu, określane na podstawie kosztów

produkcji biomasy. W przeciwnym wypadku rolnicy nie będą podejmować uprawy roślin energetycznych, narażając producentów energii odnawialnej na kosztowny import surowców [Matyka 2008].

2. Materiały i metody badań

W Zakładzie Doświadczalnym Pętkowo k/Środy Wlkp. od 2005 roku prowadzone są badania nad poznaniem plonowania kukurydzy i konopi włóknistych oraz ich wydajności energetycznej w warunkach produkcyjnych. Zbioru roślin dokonywano w fazie mleczej dojrzałości nasion. W tym celu koszone rośliny na powierzchni 30 m² w dwóch powtórzeniach i określano plony zielonej masy. Z każdego poletka pobierano próby z całych roślin w ilości 2 kg każda, rozdrabniano, pobierano próbki dla oznaczenia zawartości suchej masy i ciepła spalania.

Plony powietrznie suchej masy określano przy 16 % wilgotności. Kukurydzę odmiany Wilga i konopie włókniste odmiany Białobrzeskie uprawiano na glebie biellicowej zalegającej na glinie (kl. IV) w stanowisku po oziminach. Nawożenie stosowano wiosną, bezpośrednio przed siewem w ilości na 1 ha: 120 kg N, 40 kg P₂O₅ i 80 kg K₂O.

W latach 2007 – 2009 realizowano w zakładzie doświadczalnym Stary Sielec, pow. Rawicz, doświadczenia polowe nad porównaniem przydatności sorga, kukurydzy, konopi włóknistych, pszenicy ozimej i pszenżyta ozimego na potrzeby energetyki. Doświadczenia zakładano na glebie biellicowej zalegającej na glinie, o odczynie pH – 5,5-6,5 i średniej zasobności w składniki pokarmowe, w stanowisku po zbożach ozimych. Bezpośrednio przed siewem stosowano nawożenie mineralne w ilości na 1 ha: 150 kg N, 60 kg P₂O₅ i 120 kg K₂O. W ramach ochrony roślin stosowano odpowiednie środki chwastobójcze przed siewem kukurydzy i sorga oraz grzybobójcze wiosną na pszenicę i pszenżyto ozime.

W doświadczeniach wysiewano następujące odmiany porównywanych roślin: sorgo – Sucrosorgo 506, kukurydzę - Bułat, konopie włókniste –Białobrzeskie, pszenicę ozimą – Samuraj i pszenżyto – Madilo. Nasiona wysiewano w ilości i rozstawie rzędów zgodnie z zasadami dobrej praktyki rolniczej.

Rośliny użytkowane w formie biomasy zbierano w fazie mleczej dojrzałości nasion. Natomiast przy podwójnym użytkowaniu (ziarno+ słoła), w fazie pełnej dojrzałości ziarna (kukurydza, konopie, pszenica i pszenżyto).

Bezpośrednio po zbiorze roślin pobierano próby: zielonej masy, słomy i ziarna w ilości 1 kg z poletka, rozdrabniano je, oznaczano zawartość suchej masy i ciepła spalania.

Wyniki doświadczeń określano w plonach zielonej i suchej masy z jednostki powierzchni oraz ciepło spalania przy pomocy kalorymetru (w GJ/t s.m.) i wydajność energetyczną (w GJ/ha).

Koszty produkcji biomasy uzyskano z wyliczenia poniesionych nakładów na wytworzenie plonów suchej masy. Przyjęto stosowaną powszechnie metodę ustalenia kosztów bezpośrednich (materiały, siła pociągowa, robocizna, usługi itp.) oraz pośrednich (podatki, ubezpieczenia, koszty ogólne itp.) na przykładzie poniesionych faktycznie nakładów w Zakładzie Doświadczalnym Stary Sielec pow. Rawicz.

3. Wyniki badań

W latach 2005-2009 porównywano wydajność biomasy kukurydzy i konopi włóknistych w warunkach produkcyjnych Zakładu Doświadczalnego Pętkowo k/Środy Wlkp. Wyniki tych badań dotyczące wysokości plonów powietrznie suchej masy, ciepła spalania i wydajności energetycznej z jednostki powierzchni wyrażone w GJ oraz w przeliczeniu na węgiel kamienny przedstawiono w tabeli 1. Wskazują one, że wydajność energetyczna porównywanych roślin zależy głównie od wysokości plonów, mniej od wartości ciepła spalania. Tymczasem poziom plonów biomasy uwarunkowany jest przede wszystkim przebiegiem pogody w okresie wegetacji roślin.

W 2005 roku wydajność energetyczna kukurydzy była wyższa o ok. 10 % od konopi. Odwrotnie w 2006 roku, w którym podczas okresowej suszy glebowej pod koniec wegetacji roślin, konopie lepiej sobie radziły od kukurydzy z niedoborem wody w glebie. Natomiast w następnych latach przy sprzyjającej pogodzie dla wzrostu kukurydzy, jej przewaga nad plonami konopi jest bezdyskusyjna.

Wyniki plonów zielonej i suchej masy sorga, kukurydzy i konopi włóknistych, porównywanych w doświadczeniach polowych w Starym Sielcu, przedstawiono w tabeli 2. Wskazują one na bardzo wysokie plony biomasy sorga, niższe ok. 20 % kukurydzy oraz gorsze o dalsze 20 % konopi włóknistych. Kukurydza i sorgo należą do tzw. roślin ciepłolubnych, które przy dostatecznej ilości wody w glebie podczas wegetacji dają bardzo dobre plony. W 2008 roku w warunkach okresowej suszy glebowej plony biomasy kukurydzy

i konopi były ok. 60 % niższe od plonów sorga. Wysokie plony potwierdzają niekwestionowaną przydatność sorga do produkcji biomasy w warunkach ograniczonej wilgotności gleby i wysokiej temperatury powietrza (tabela 2).

Plony konopi włóknistych są średnio o 20 % niższe od plonów kukurydzy. Natomiast w 2008 roku przy niedostatecznej ilości opadów atmosferycznych w okresie wegetacji roślin, plony konopi były niższe tylko o ok. 5% od plonów kukurydzy. Konopie włókniste posiadają bowiem lepiej rozwinięty od kukurydzy palowy system korzeniowy, który przy niedoborze opadów deszczu umożliwia korzystanie z wody i składników pokarmowych znajdujących się w głębszej warstwie gleby. Dzięki temu konopie poprawiają właściwości fizyko-chemiczne górnej warstwy ornej gleb a przez to wzrasta ich wartość jako przedplonu w zmianowaniu roślin.

Uwzględniając znane w praktyce rolniczej zalety konopi włóknistych, dyrektor IWN zlecił w 2002 roku doktorowi Mieczysławowi Kowalskiemu – znanemu hodowcy roślin, wyhodowanie nowej odmiany bardziej przystosowanej dla potrzeb przemysłu celulozowo-papierniczego i energetycznego. W wyniku intensywnie prowadzonej pracy hodowlanej, w 2009 roku została wpisana do rejestru państwowego nowa odmiana energetyczna Wielkopolskie, która o 30 % lepiej plonuje od dotychczas uprawianych odmian. Wyniki doświadczeń hodowlanych nad porównaniem nowej odmiany i dobrze zapowiadających się rodów z odmianami wzorcowymi przedstawione są w tabeli 3. W świetle uzyskanych wyników w/w doświadczeń należy oczekiwać, że nowa odmiana Wielkopolskie, przewyższy plonami biomasy kukurydzę uprawianą w warunkach niedoboru wilgoci w glebie.

Proporcjonalnie do wysokości plonów suchej masy porównywanych roślin, ukształtowała się wydajność energetyczna przedstawiona w tabeli 4. Nieznaczne różnice w wartości ciepła spalania, wywołane są wpływem przebiegu pogody na jakość biomasy. Zatem poziom wydajności energetycznej zależy głównie od wysokości plonów suchej masy spowodowanej racjonalnym doбором roślin uprawnych oraz dostateczną ilością wody dostępnej w okresie wegetacji.

W doświadczeniu polowym porównywano również uprawę kukurydzy, konopi, pszenicy ozimej i pszenżyta ozimego użytkowanych podwójnie (ziarno + słoła) na wydajność energetyczną z przeznaczeniem do spalania w elektrociepłowniach lub jako substrat dla biogazowi.

Wyniki plonów ziarna, słoły i wydajności energetycznej przedstawione w tabeli 5, wskazują jednoznacznie na kukurydzę, która ponad dwukrotnie przewyższa produktywnością

pozostałe gatunki roślin. Uprawa konopi włóknistych na nasiona umożliwia przeznaczenie słomy na potrzeby energetyki. Natomiast nasiona są wykorzystywane jako materiał siewny lub na olej spożywczy. Dlatego uprawa konopi na podwójne użytkowanie (słoma + nasiona) jest bardziej ekonomicznie uzasadniona niż tylko na biomasę.

Zupełnie inna sytuacja jest w odniesieniu do uprawy zbóż z przeznaczeniem na cele energetyczne. Ziarno zbóż spalane łącznie ze słomą stanowi tylko 39 % wydajności energetycznej kukurydzy uprawianej na ziarno lub 42 % sorga i 51 % kukurydzy zbieranych w formie biomasy. Spalanie samego ziarna – bez słomy – zmniejsza dwukrotnie wydajność energetyczną w odniesieniu do spalania ziarna ze słomą (tabela 5).

W tabeli 6 przedstawiono wyniki produktywności porównywanych roślin, wyrażane w plonach suchej masy, wartości ciepła spalania i wydajności energetycznej, kosztów produkcji poniesionych na 1 ha, na 1 tonę suchej masy i na GJ energii. Przedstawione liczby wskazują na istotną zależność kosztów produkcji biomasy od wysokości plonów suchej masy. Potwierdzeniem tej zależności są najniższe koszty produkcji surowca z uprawy sorga (6,33 zł/GJ) oraz najwyższe w uprawie pszenicy na ziarno wykorzystywanej łącznie ze słomą (15,7 zł/GJ) na cele energetyczne.

Podstawą oceny przydatności roślin dla produkcji biomasy jest ich wydajność energetyczna z jednostki powierzchni (GJ/ha) przedstawiana na rys.1. Uzyskane wyniki wskazują, że najwyższą wydajność można uzyskać przy uprawie kukurydzy na ziarno, użytkowanej na potrzeby energetyczne razem ze słomą. Natomiast kukurydza zbierana wcześniej w dojrzałości młecznicy ziarna i przeznaczona na potrzeby energetyczne dała ok. 25 % niższą wydajność energetyczną. Bardzo dobrą wydajność uzyskano przy uprawie sorga użytkowanego w formie biomasy, bo tylko o 7 % gorszą od kukurydzy uprawianej na ziarno i przeznaczonej razem ze słomą na potrzeby energetyczne.

Konopie włókniste użytkowane tylko na biomasę miały o 20 % gorszą wydajność energetyczną od kukurydzy uprawianej na zieloną masę. Wynika to z niższych plonów suchej masy konopi od kukurydzy.

Wydajność energetyczna zbóż wykorzystywanych dla produkcji energii odnawialnej w formie ziarna i słomy dała ok. 50-60 % gorsze wyniki od wydajności kukurydzy uprawianej na ziarno i od biomasy sorga. Podobną wydajność energetyczną do ziarna zbóż spalanego razem ze słomą ma biomasa żyta uprawianego w poplonach ozimych, które nie zajmują miejsca roślinom towarowym uprawianym w plonie głównym (rysunek 1).

Natomiast spalanie samego ziarna zbóż bez słomy dla celów energetycznych stanowi tylko 20 % wydajności energetycznej biomasy kukurydzy lub sorga.

Z powyższych powodów wykorzystywanie ziarna zbóż na potrzeby energetyczne jest merytorycznie i ekonomicznie nieuzasadnione. Wyjątek stanowi ziarno niespełniające wymagań jakościowych dla zbóż w zakupie interwencyjnym oraz ziarno skażone.

4. Dyskusja

Na podstawie dotychczasowych wyników doświadczeń polowych można rekomendować dla produkcji biomasy na glebach o gorszej przydatności rolniczej, uprawę sorga i kukurydzy, które plonują > 20 t/ha suchej masy. Wymieniane gatunki roślin skoszone w okresie mleczej dojrzałości nasion, specjalistycznymi kombajnami, pozostają na polu do czasu wyschnięcia biomasy do wilgotności ok. 15-16 %. Później przesuszone rośliny trzeba zbelować prasą wysokiego zgniotu w formie prostokątnych brył. W ten sposób przygotowaną i zagęszczoną biomasę można składować w polowych stodołach lub stogach, zabezpieczonych przed opadami atmosferycznymi. Następnie dostarczać surowiec do zakładów przetwórczych według wcześniej ustalonego harmonogramu dostaw.

W drugim wariantcie użytkowania, przesuszoną na polu biomasę można rozdrabniać i produkować z niej brykiety lub pelety, stosownie do wymagań indywidualnych odbiorców lub z przeznaczeniem na eksport.

Trzecim odbiorcą będą biogazownie rolnicze, dla których biomasa stanowi uzupełnienie różnego rodzaju substratów odpadowych w produkcji biogazu. Technologia uprawy i zbioru roślin jest podobna do wyżej wspomnianej metody. Jedynie konserwacja zielonej masy odbywa się głównie w formie kiszonek. Dlatego bardzo dobrym surowcem może być również zielona masa pozyskiwana z uprawy żyta w poplonach ozimych lub innych roślin uprawianych w poplonach ścierniskowych. Kiszonka z żyta poplonowego stanowi cenne uzupełnienie innych roślin energetycznych oraz substratów odpadowych w poprawianiu wydajności biogazu.

Poprzez intensywną produkcję biomasy w poplonach ozimych, ścierniskowych oraz w plonie wtórnym, można zwiększyć wydajność roślin do ok. 25 t/ha s.m. i zmniejszyć o połowę powierzchnię pola zajętego w plonie głównym pod jednorocznymi roślinami energetycznymi w porównaniu do upraw wieloletnich. Powyższe zagadnienia stanowią przedmiot dalszych badań Instytutu nad poznaniem czynników warunkujących uzyskiwanie

dobrej wydajności biomasy w zmięczeniu roślin poza plonem głównym dla potrzeb biogazowni rolniczych.

Powodzenie w produkcji i wykorzystaniu biomasy dla potrzeb energetyki będzie zależało głównie od wysokości kosztów jej pozyskiwania. W świetle likwidacji wsparcia finansowego do uprawy roślin energetycznych i zwrotu części kosztów zakładania plantacji wieloletnich, wzrasta rola roślin jednorocznych w produkcji biomasy.

Koszty produkcji surowców oraz zawartej w nich bioenergii przedstawiane w tabeli 6, opracowano na przykładzie wielkotowarowej produkcji w Zakładzie Doświadczalnym Stary Sielec. Zatem mogą one być nieco zaniżone w odniesieniu do kosztów produkcji ponoszonych w małych gospodarstwach rolnych. Poza tym ceny środków produkcji i usług na wolnym rynku ulegają bardzo częstym zmianom. Dlatego ocena opłacalności produkcji surowców jak też energii odnawialnej, wymaga systematycznych badań zarówno u producentów rolnych jak też w zakładach przetwarzających surowce na energię odnawialną.

Zapewnienie dostatecznej ilości surowców dla pozyskiwania zielonej energii w naszym kraju, zależy będzie w szczególności od stopnia zaangażowania władz samorządowych oraz doradztwa rolniczego w organizowaniu grup producentów i usługowych stacji ze specjalistycznym sprzętem. Poza tym od zapewnienia zbytu po opłacalnych cenach zarówno dla producentów surowców jak też ich odbiorców, poprzez podpisywanie dwustronnych umów handlowych.

Z wielu analiz ekonomiczno-organizacyjnych wynika, że najbardziej opłacalnym sposobem pozyskiwania energii odnawialnej w warunkach rozdrobnionego rolnictwa jest produkcja metanu w biogazowniach rolniczych. Biomasa z roślin uprawnych w formie kiszonki powinna stanowić uzupełnienie surowców odpadowych. Otrzymany biogaz będzie następnie konwertowany na energię elektryczną i ciepło oraz wykorzystywany stosownie do miejscowych warunków. Schemat organizacyjny pozyskiwania i przetwarzania surowców energetycznych w biogazowni rolniczej przedstawiony jest na rysunku 2.

W powyższym schemacie założono powołanie nowego przedsiębiorstwa lub wydzielenie oddziału przy działającym już zakładzie pracy. Dla pozyskiwania biomasy, najlepiej byłoby zorganizować kilka grup producentów posiadających po ok.200 ha każda. Jednocześnie powołać trzeba usługową stację, dysponującą specjalistycznym sprzętem jak np. kombajnami do zbioru roślin, maszyn do odwracania i belowania biomasy, urządzenia do załadunku i transportu surowców o dużej objętości itp.

Ponadto w zasięgu działania przedsiębiorstwa trzeba zorganizować punkt usługowy, dysponujący urządzeniami do produkcji brykietów i pelet. W ten sposób można realizować zamówienia indywidualnych odbiorców surowca na opał a nadwyżki kierować na eksport.

Przy biogazowni rolniczej powinna pracować co najmniej jedna osoba zajmująca się pozyskiwaniem biomasy, kiszonki i odpadów przydatnych w produkcji biogazu oraz zapewnieniem realizacji harmonogramu dostaw, magazynowania i wydzielenia rezerwy surowca.

Wymienione usługi stanowiąc będą pomoc w gromadzeniu substratów. Poza tym zapewnią ciągłość dostawy surowców, która będzie gwarancją dobrych wyników merytorycznych i ekonomicznych biogazowi rolniczych.

5. Wnioski

1. Na podstawie badań wykonanych w latach 2007-2009 można rekomendować dla produkcji biomasy na glebach o gorszej przydatności rolniczej, uprawę sorga i kukurydzy, które plonują > 20 t/ha s.m. oraz > 400 GJ/ha przy niskich kosztach produkcji (<10 zł/GJ).
2. Wykorzystywanie biomasy z całych roślin konopi włóknistych, które plonują o 20 % gorzej od kukurydzy, w warunkach naszego kraju jest uzależnione od stosownej nowelizacji ustawy o przeciwdziałaniu narkomani, umożliwiającej ich użytkowanie również na potrzeby energii odnawialnej.
3. W wyniku przeprowadzonych w latach 2007-2009 doświadczeń polowych nad poznaniem przydatności kukurydzy, konopi włóknistych i zbóż uprawianych na podwójne użytkowanie (ziarno+ słoma) na potrzeby energetyki można stwierdzić, że:
 - a) najwyższą wydajność energetyczną uzyskano przy kukurydzy uprawianej na ziarno i użytkowanej razem ze słomą (527 GJ/ha).
 - b) ponad dwukrotnie niższą wydajność energetyczną uzyskano przy uprawie zbóż użytkowanych łącznie na ziarno i słomę (207 GJ/ha).
 - c) najniższą wydajność energetyczną uzyskano przy uprawie zbóż (pszenica oz. i pszenżyto oz.) użytkowanych tylko w formie ziarna (94 GJ/ha), co stanowi zaledwie 20 % wydajności energetycznej kukurydzy i sorga.
 - d) w uprawie konopi włóknistych na nasiona, tylko słoma jest wykorzystywana

na potrzeby energetyki. Jej wydajność energetyczna wynosi 215 GJ/ha. Natomiast nasiona stanowią najczęściej materiał siewny lub surowiec dla pozyskiwania oleju spożywczego.

4. Zabezpieczenie dostawy biomasy dla potrzeb energii odnawialnej zależeć będzie w naszym kraju od zapewnienia zbytu po opłacalnych cenach zarówno dla producentów jak też odbiorców surowców energetycznych przy pomocy wieloletnich umów handlowych.

Literatura

1. Burczyk H., Grabowska L., Kowalski M. (2006): Industrial hemp as an alternative to wood pulp. Centre of Excellence in Plant Agrobiolology and Molecular Genetics. PAGEN. PAN. Poznań, Vol. 5, 159-168.
2. Burczyk H., Grabowska L., Kołodziej J., Strybe M. (2008): The industrial hemp as a raw material in the energy production. Journal of Industrial Hemp. Vol.13 (1), 37-48.
3. Burczyk H., Kołodziej J., Kowalska M., (2008): Konkurencyjność konopi włóknistych i kukurydzy jako roślin energetycznych w zależności od sposobu ich wykorzystania. Materiały konferencyjne JUNG – PIB. Puławy 4-5.06.
4. Burczyk H., Kołodziej J. (2009): Produkcja biomasy na cele energetyczne w warunkach Wielkopolski. Materiały konferencyjne na I-Kongres Nauk Rolniczych, Puławy JUNG-PIB. 299-300.
5. Burczyk H., Kołodziej J., Kowalska M. (2009): Plony i wartości energetyczne kukurydzy, sorga i konopi włóknistych w porównaniu z roślinami egzotycznymi. Materiał na XIII Konferencję Naukową JUNG-PIB, Puławy, 6-9.06.
6. Burczyk H., Kowalska M. (2009): Wyniki doświadczeń polowych dotyczące produkcji i wykorzystania biomasy w Wielkopolsce. Czysta Energia, nr 9, 54-57.
7. Burczyk H., Kowalska M. (2010): Produktywność jednorocznych roślin energetycznych na glebach lekkich i przy niedoborze opadów. Materiały konferencyjne JUNG – PIB, Puławy 17-18.06.
8. Chałuj D., Podlaski S., Wiśniewski G., Szmalec J. (2008): Kompleksowa ocena biologicznej przydatności 7 gatunków roślin wykorzystywanych na cele energetyczne. Materiały XII Konferencji Naukowej JUNG-PIB. Puławy, 4-5.06.

9. Krasowicz S., Stuczyński T., Doroszewski A.(2009): Produkcja roślinna w Polsce na tle warunków przyrodniczych i ekonomiczno-organizacyjnych. Studia i raporty JUNG-PIB, zeszyt 14, 27-54.
10. Kuś J. Faber A. (2009): Produkcja roślinna na cele energetyczne a racjonalne wykorzystanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski. Materiały Konferencyjne na I-Kongres Nauk Rolniczych. Puławy JUNG-PIB. 63-75.
11. Matyka M. (2008): Opłacalność i konkurencyjność produkcji wybranych roślin energetycznych. XII Konferencja Naukowa JUNG-PIB, Puławy, 4-5.06.

Podziękowanie

Panu Dyrektorowi i pracownikom Działu Naukowego Zakładu Doświadczalnego w Starym Sielcu za wykonanie doświadczeń polowych oraz Kierownikowi i pracownikom Zakładu Ochrony Środowiska za wykonanie analiz chemicznych serdecznie dziękuję – Autor.

Henryk Burczyk

Produkcja i wykorzystanie biomasy roślin jednorocznych na potrzeby energii odnawialnej.

Słowa kluczowe: dobór roślin jednorocznych, sposób ich użytkowania, plony biomasy, wydajność energetyczna, przydatność zbóż dla energetyki.

S T R E S Z C Z E N I E

Zadania podjęte przez Radę Ministrów dotyczące polityki energetycznej Polski, zobowiązują do zwiększenia o 15% udziału OZE (Odnawialnych Źródeł Energii) w energii finalnej oraz pobudowania 2000 biogazowni rolniczych produkujących nie mniej niż 1,7 mld m³ biogazu w 2020 roku.

Dla zrealizowania powyższego planu, zakłada się wykorzystywanie głównie biomasy z roślin uprawnych poprzez spalanie w elektrociepłowniach oraz fermentację w biogazowniach rolniczych, wykorzystujących również substraty odpadowe. Zapotrzebowanie na biomasę do 2020 roku wynosi według szacunku IUNG-PIB ok. 10,0 mln ton suchej masy, w tym 3,0 mln ton słomy i 2,0 mln t biomasy z lasu.

W celu poznania przydatności jednorocznych roślin uprawnych, przeprowadzono w latach 2007 – 2009 w Zakładzie Doświadczalnym Stary Sielec porównanie następujących gatunków: sorgo, kukurydza, konopie włókniste, pszenica ozima, pszenżyto ozime i żyto jako poplon ozimy. Doświadczenia przeprowadzono na glebie lekkiej zalegającej na glinie (kl. IV). Dlatego ich wyniki będą miały zastosowanie w praktyce na glebach gorszej przydatności rolniczej i opadach < 550 mm rocznie.

Na podstawie dotychczas uzyskanych wyników można rekomendować uprawę sorga i kukurydzy, które plonują > 20 t/ha suchej masy przy niskich kosztach produkcji (< 10 zł/GJ) oraz uprawę żyta w poplonie ozimym. Najwyższą wydajność energetyczną uzyskano w uprawie kukurydzy na ziarno, użytkowanej na potrzeby energetyki łącznie ze słomą (527 GJ/ha).

Natomiast wykorzystywanie ziarna zbóż na cele energetyczne daje najgorsze wyniki (94 GJ/ha) stanowiące zaledwie 20% wydajności energetycznej kukurydzy lub sorga. Z powyższych powodów przeznaczanie ziarna zbóż na spalanie jest nieuzasadnione (za wyjątkiem ziarna skażonego).

Henryk Burczyk

The Production and use of annual plant biomass for needs of renewable energy.

Key words: selection of annual plants, plant use, biomass yield, energy efficiency, usability of crop in power industry

ABSTRACT

Polish Council of Ministers (the Cabinet) has undertaken to implement energy policy and committed itself to boost the share of energy produced from renewable energy sources (RES) in the final energy output by 15%, as well as to erect 2,000 agricultural biogas plants that would produce no less than 1,7 bn m³ of biogas by 2020.

In order to achieve the above, it is assumed that the biomass will primarily be obtained from cultivated plants to be combusted in combined heat and power (CHP) plants, or fermented in agricultural biogas plants, which will also use waste substrates. The Institute of Soil Science and Plant Cultivation (IUNG-PIB) estimates the demand for biomass to amount by 2020 to 10,0 mln t dry mass, including 3.0 mln t of straw and 2,0 mln t of forest biomass.

In order to investigate the usability of cultivated annual plants, a comparison of the following cultivars was performed by the Sławy Sielec Experiment Plant from 2007 through 2009: sorghum, maize, hemp, winter wheat, winter triticale, and rye as winter aftercrop. The experiment was conducted on light soil occurring on loam (class IV). Therefore the results obtained can be practically applied to the soils of lower agricultural quality given the annual rainfall of < 550 mm.

On the basis of the results obtained so far the cultivation of sorghum and maize can be recommended, as these cultivars yield > 20 t/ha of dry mass at low costs (< PLN 10/GJ); another recommendation concerns rye as winter aftercrop. The highest energy efficiency was obtained from the cultivation of maize grown for grain, used for power industry in combination with straw (527 GJ/ha).

The lowest results (94 GJ/ha) have been obtained when using cereal grain for energy purposes, as it has only 20% of energy efficiency of maize or sorghum. These results prove that it is unjustified to designate grain for combustion (with the exception of contaminated grain).

e-mail: henryk.burczyk@iwnirz.pl

Tabela 1

Plony powietrznie suchej masy oraz wydajności energetyczne konopi i kukurydzy
w Z.D. Pętkowo k/ Środy Wlkp.

Wyszczególnienie		Gatunek rośliny	2005	2006	2007	2008	2009	średnia
Plony biomasy (p.s.m.) w t/ha		Konopie	14,8	13,5	18,0	19,0	21,6	17,4
		Kukurydza	16,0	12,7	31,0	20,0	35,3	23,0
Wartość energetyczna w GJ/t		Konopie	17,5	18,8	18,1	17,3	17,0	17,7
		kukurydza	17,7	18,0	17,9	16,2	16,5	17,3
Wydajność energetyczna z ha	w GJ	Konopie	259	254	326	329	367	306
		kukurydza	283	229	555	324	582	395
	w t węgla kamiennego ^{x)}	Konopie	10,4	10,2	13,0	13,2	14,7	12,3
		kukurydza	11,3	9,1	22,2	13,0	23,3	15,8

x) wg Instytutu Górnictwa:

1 t węgla kamiennego= 25 GJ

Tabela 2

Plony biomasy porównywanych roślin w Z.D. Stary Sielec

Rośliny energetyczne	Plony zielonej masy w t/ha				Plony suchej masy w t/ha			
	2007	2008	2009	średnio	2007	2008	2009	średnio
Sorgo	78,9	68,4	85,2	77,5	25,3	22,5	30,4	26,1
Kukurydza	70,7	41,9	69,4	60,7	22,2	15,5	22,6	20,1
Konopie włókniste	60,9	40,0	59,0	53,3	16,0	14,4	18,4	16,3

NIR (0,05) 12,4 3,75

Tabela 3 Plony odmian i nowych rodów konopi włóknistych w GRN-Błaszki w latach 2008-2009^{x)}

l.p.	Odmiany i nowe rody konopi	Plony suchej masy w t/ha			Masa 1000 nasion w g	Plony względne			Masa 1000 nasion w g
		ogółem	słomy	nasion		ogółem	słomy	nasion	
1.	Białobrzeskie	16,9	16,3	0,68	15,3	100	100	100	100
2.	Beniko	16,2	15,5	0,67	14,6	135	132	191	103
3.	Wielkopolskie	22,4	21,1	1,29	15,4	126	124	143	105
4.	IWN - 104	20,8	19,8	0,97	17,0	132	130	177	114
5.	IWN – 608	23,0	22,0	1,06	16,4	139	138	156	110

x) wg M. Kowalskiego

Tabela 4

Wartości i wydajności energetyczne porównywanych roślin
w Z.D. Stary Sielec

Rośliny energetyczne	Wartości energetyczne w GJ/t s.m.				Wydajność energetyczna w GJ/ha			
	2007	2008	2009	średnio	2007	2008	2009	średnio
Sorgo	18,1	18,7	19,7	18,8	458	420	599	492
Kukurydza	19,8	19,0	20,8	19,9	439	294	470	401
Konopie włókniste	18,3	18,7	21,0	19,3	293	269	386	316

Tabela 6

Produktywność jednorocznych roślin energetycznych w Z.D. Stary Sielec
w latach 2007-2009. (loco pole)

L.p.	Wyszczególnienie	Zielona masa			Ziarno + słoma	
		Sorgo	Kukurydza	Konopie włókniste	Kukurydza	Pszenica ozima
1.	Plony suchej masy w t/ha	26,1	20,1	16,3	25,0	11,7
2.	Wartość energetyczna w GJ/t.s.m.	18,8	19,9	19,3	21,0	18,0
3.	Wydajność energetyczna w GJ/ha	492	401	316	527	211
4.	Koszty produkcji w zł/ha	3115	3451	3078	3580	3313
5.	Koszty produkcji w zł/t.s.m.	119	171	189	143	283
6.	Koszty produkcji w zł/GJ	6,33	8,63	9,74	6,79	15,7

Tabela 5

Rodzaje uprawy i sposoby użytkowania roślin	Plony ziarna w t/ha s.m.				Plony słomy w t/ha s.m.				Wydajność energetyczna w GJ/ha			
	2007	2008	2009	średnia	2007	2008	2009	średnia	2007	2008	2009	średnia
Kukurydza na ziarno i słomę	10,9	6,28	10,9	9,37	16,7	11,2	18,9	15,6	513	352	715	527

monopie tylko na słomę	0,71	0,65	0,89	0,75	11,4	9,00	13,6	11,3	215	159	268	215
szczytowa oz. na słomę i ziarno	4,50	4,31	8,11	5,64	5,40	6,00	6,83	6,08	179	174	280	211
szczytowa oz. na słomę i ziarno	3,60	3,92	6,30	4,60	7,90	6,68	5,76	6,78	206	179	226	203
szczytowa oz. tylko na ziarno	4,50	4,31	8,11	5,64	-	-	-	-	84	78	156	106
szczytowa oz. tylko na ziarno	3,60	3,92	6,30	4,60	-	-	-	-	66	70	118	85

Plony i wydajności energetyczne roślin podwójnie użytkowanych w Z.D. Stary Sielec