

HENRYK BURCZYK

*Institut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich – Poznań
Zespół Roślin Energetycznych*

MAKSYMALIZACJA PRODUKCJI BIOMASY W ZRÓWNOWAŻONYM ZMIANOWANIU ROŚLIN DLA GOSPODARSTW ENERGETYCZNYCH

1. Wstęp

W miarę zmniejszania się w kraju liczby gospodarstw z produkcją zwierzęcą i powiększania produkcji energii odnawialnej w rolnictwie, wzrośnie zapotrzebowanie na różnego rodzaju biomasę. W tym celu rolnicy będą organizowali gospodarstwa energetyczne specjalizujące się w produkcji i przetwarzaniu biomasy na zieloną energię przy pomocy mikroinstalacji. Dlatego istnieje potrzeba zaproponowania dla tych gospodarstw zrównoważonego zmianowania roślin, zapewniającego maksymalną wydajność energetyczną z jednostki powierzchni pola – uzasadnioną ekonomicznie. Wyboru roślin do uprawy w projekcie zmianowania dokonano dla gleb średniej jakości rolniczej (kl. IV), występujących w rejonach o małej ilości opadów atmosferycznych (<550 mm) i niskim poziomie wody gruntowej. Pięciopolowe zmianowanie stanowi modelowe rozwiązanie, które może być modyfikowane poprzez dobór odpowiednich roślin przystosowanych do jakości gleb, popytu, podaży i cen określonych rodzajów biomasy występujących w rejonie.

Stosownych zmian można dokonać zarówno w odniesieniu do gatunków roślin uprawnych jak też ich odmian, na podstawie wyników doświadczeń polowych.

Dla produkcji energii stałej na uwagę zasługują: kukurydza i sorgo, uprawiane w plonie głównym i wtórnym oraz poplony ozime i ścierniskowe. Natomiast do produkcji biokomponentów dla biopaliw płynnych, proponuje się uprawę rzepaku ozimego, buraków cukrowych, ziemniaków i kukurydzy na ziarno [Burczyk 2010, Burczyk 2011].

Intensywne zmianowanie roślin ma głębokie uzasadnienie – nie tylko ekonomiczne, ale przede wszystkim rolnicze. Umożliwia bowiem zagospodarowanie wszystkich pól nie obsianych od żniw do wiosny. Rośliny uprawiane w poplonach ścierniskowych i ozimych wykorzystują dobrze wodę nagromadzoną jesienią oraz zimą. Poprzez uprawę poplonów wzbogaca się glebę w dużą ilość resztek poźniwnych, które zwiększają zasobność w składniki pokarmowe i polepszają bilans związków organicznych. Jednocześnie w glebie pozostają pewne ilości składników pokarmowych niewykorzystane przez rośliny uprawiane w plonie głównym (szczególnie w suchych latach), które ulegają później wypłukaniu. Dlatego w praktyce rolniczej należy dążyć bezpośrednio po żniwach do obsiania poplonami – o ile to jest możliwe wszystkich pól przewidzianych pod wiosenne uprawy.

Poza tym, rośliny typu C_4 (kukurydza, sorgo, konopie włókniste) szczególnie wpływają na poprawę środowiska, poprzez dużą asymilację dwutlenku węgla z powietrza ($> 2,5$ t/ha CO_2) oraz możliwości korzystania z energii słonecznej, przy oszczędnym zużyciu wody potrzebnej dla wydajnej produkcji związków organicznych [Burczyk 2012, Matyka 2012].

2. Materiały i metody badań

Doboru roślin w zmianowaniu dokonano na podstawie kilkuletnich doświadczeń polowych oraz plonów uzyskanych z plantacji produkcyjnych (buraki cukrowe i rzepak ozimy) w latach 2007-2011 w Zakładzie Doświadczalnym Stary Sielec pow. Rawicz. Doświadczenia prowadzono na glebach średniej przydatności rolniczej (kl. IV), zasobnych w składniki pokarmowe i o obojętnym odczynie, w rejonie o małej ilości opadów atmosferycznych (< 550 mm rocznie) i niskim poziomie wody gruntowej [Burczyk 2011, Burczyk 2012].

Podstawowym kryterium doboru roślin były dobre plony zielonej i suchej masy oraz duża wydajność energetyczna (GJ/ha). Poza tym uwzględniano wymagania przyrodnicze a szczególnie długość okresu wegetacyjnego, organizację prac polowych podczas zbioru i uprawę roli pod rośliny następcze.

Podstawą oceny zrównoważonego zmianowania roślin były: wysokość plonów biomasy, dobra wydajność energetyczna uzyskana przy niskich kosztach produkcji bioenergii i pozytywnym wyniku ekonomicznym z jednostki powierzchni pola.

Rysunek 1

Zmianowanie roślin uprawianych dla energii odnawialnej

Nr pola	Rośliny energetyczne												
	1	Buraki cukrowe											
2	Kukurydza na ziarno										Poplon oz.		
3	Poplon oz.					Sorgo							
4	Konopie								Rzepak oz.				
5	Rzepak oz.							Poplon ścierniskowy					
miesiące	I	II	III	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII

Źródło: Opracowanie własne.

Schemat zmienowania roślin – przedstawiony na rysunku 1, składa się z pięciu pól o równej powierzchni, na których rozmieszczono siedem gatunków roślin. Zaproponowane gatunki i odmiany roślin przyjęto na podstawie wyników doświadczeń polowych uzyskanych w ostatnich latach w warunkach klimatyczno-glebowych Zakładu Doświadczalnego Stary Sielec.

Pole nr 1 – buraki cukrowe odmiany Schubert, która w ostatnich trzech latach plonowała na poziomie 70 t/ha korzeni i 65 t/ha liści. Korzenie buraków cukrowych będą przeznaczone na produkcję bioetanolu, a liście zostaną rozdrobnione i pozostaną w glebie jako zielony nawóz.

Pole nr 2 – kukurydza wczesna odmiana Smolik, uprawiana na ziarno, które będzie przeznaczone na bioetanol, a słoma zostanie sprzedana do elektrociepłowni. W latach wilgotnych i chłodnych, kukurydzę należy zebrać w fazie mleczno-woskowej dojrzałości ziarna, z przeznaczeniem dla elektrociepłowni lub na zakiszenie dla biogazowni rolniczej.

Zbioru kukurydzy trzeba dokonać do końca sierpnia, aby można było w terminie do 10 września wykonać uprawę roli, nawożenie i siew żyta w poplonie ozimym.

Pole nr 3 – żyto ozime odmiany Pastar uprawiane jako poplon ozimy, wymagające wczesnego nawożenia azotem – przed ruszeniem wegetacji. Zbioru biomasy dokonuje się w fazie mleczno-woskowej dojrzałości ziarna w pierwszej dekadzie czerwca.

Bezpośrednio po zbiorze zielonej masy należy wykonać uprawę roli, nawożenie i siew rośliny w plonie wtórym. W oparciu o wieloletnie wyniki doświadczeń, najodpowiedniejszą rośliną jest Sucrosorgo 506. Sorgo zbiera się w okresie mleczno-woskowej dojrzałości nasion, jesienią, z przeznaczeniem dla elektrociepłowni lub na kiszonkę dla biogazowni rolniczej. Trzeba nadmie-

nić, że łączne plony biomasy z poplonów ozimych i biomasy sorgo lub kukurydzy, dają w warunkach Wielkopolski najwyższe plony suchej masy i bioenergii z jednostki powierzchni pola [Burczyk 2011, Podkówka 2010].

Pole nr 4 – konopie włókniste, które są bardzo dobrym przedplonem, uprawiane z przeznaczeniem na zieloną masę lub kiszonki dla biogazowni rolniczych, trzeba wysiewać wczesną wiosną. Jeżeli ze względów formalno-prawnych nie będzie można wykorzystać biomasy konopi na cele energetyczne, wówczas na 4. polu trzeba uprawiać pszenżyto jare użytkowane na ziarno, z przeznaczeniem na bioetanol, a słomę pozostawić na przyoranie jako nawóz organiczny. Zbioru konopi włóknistych jak też jarego pszenżyta, należy dokonać do końca drugiej dekady sierpnia, aby w terminie agrotechnicznym tzn. do 31 sierpnia zasiał rzepak ozimy.

Pole nr 5 – rzepak ozimy odmiany Californium, którego nasiona będą sprzedane producentom oleju z przeznaczeniem na biokomponenty do produkcji biopaliw płynnych. Natomiast słoma rzepaczana będzie wykorzystywana przez biogazownie rolnicze lub elektrociepłownię.

Po zbiorze słomy należy dokonać uprawy roli, nawożenia i siewu poplonów ścierniskowych (najlepiej gorczycę białą) przeznaczonych na zielony nawóz pod buraki cukrowe.

Jeżeli gleba w gospodarstwie rolnym jest dostatecznie zasobna w związki organiczne, wówczas można jako poplon ścierniskowy wysiać wczesną odmianę kukurydzy Pyroksenia (FAO-130), z przeznaczeniem na kiszonkę dla biogazowni rolniczej.

Tabela 1

Plony i wydajności energetyczne roślin uprawianych w zmianowaniu

Nr pola	Plony suchej masy w t/ha		Na zielony nawóz	Wydajność energetyczna w GJ/ha		
	produkty główne	produkty uboczne		produkty główne	produkty uboczne	razem
1	22	6,5	6,5	587	-	587
2	7	16	-	165	318	483
3	-	12+20	-	-	617	617
4	-	16	-	-	309	309
5	3	7	-	79	122	201
5a	Poplon	8	8	-	-	-
Razem				831	1366	2197
Średnio						439

Źródło: Opracowanie własne.

Plony suchej masy i wydajności energetyczne roślin - uprawianych w pięciopolowym zmianowaniu określono na podstawie wieloletnich wyników doświadczeń polowych oraz plonów z plantacji produkcyjnych w Z.D. Stary Sielec (tabela 1). Plony kukurydzy, konopi włóknistych, poplonów ozimych oraz sorgo uprawianego w plonie wtórnym, przyjęto na podstawie wyników doświadczeń polowych [Burczyk 2012].

Wydajność energetyczną suchej masy określono na podstawie ciepła spalania oznaczanego w próbach roślin pobieranych podczas zbioru biomasy, przy pomocy kalorymetru, w Laboratorium Chemicznym Zakładu Ochrony Środowiska w Poznaniu [Polska Norma-81/G-04513].

Tabela 2

Wyniki ekonomiczne roślin uprawianych w zmianowaniu

Nr pola	Koszty produkcji w PLN/ha	Przychody z produktów w PLN/ha					razem	Dochód rolniczy ^{xx)} w PLN/ha
		głównych			ubocznych			
		plony w t/ha	ceny w PLN/t	wartości w PLN/ha	wydajności w GJ/ha	wartości ^{x)} w PLN/ha		
1	5280	70	120	8400	–	–	8400	3983
2	5120	8	900	7200	318	4770	11970	7713
3	4650	–			617	9255	9255	5468
4	3310	–			309	4635	4635	2188
5	3070	4	1700	6800	122	1830	8630	6423
Średnia	4286	–	–	–	–	–	8578	5155

^{x)} cena produktów ubocznych = 15 PLN/GJ

^{xx)} dochód rolniczy z dopłatami U.E. = 863 PLN/ha

Źródło: Opracowanie własne.

Wyniki ekonomiczne zmianowania – przedstawione w tabeli 2, określono na podstawie kosztów produkcji, przychodów za sprzedane produkty i przewidywanego dochodu rolniczego.

Koszty bezpośrednie i pośrednie produkcji biomasy ustalano oddzielnie dla każdego pola w zmianowaniu na podstawie wysokości ponoszonych nakładów w warunkach produkcyjnych Zakładu Doświadczalnego Stary Sielec w latach 2010-2011 oraz wolnorynkowych cen środków produkcji i ziemiopłodów z 2011 roku. Średnio koszt produkcji biomasy w pięciopolowym zmianowaniu roślin wynosi 4 286 PLN/ha. Natomiast koszt produkcji bioenergii dla porównywanych roślin w zmianowaniu wynosi średnio 9.76 PLN/GJ (loco pole).

Przychody uzyskane ze zbytu biomasy, przedstawione w tabeli 2, wyliczono oddzielnie dla produktów głównych (korzenie buraków, ziarno kukurydzy i nasiona rzepaku), sprzedanych producentom biokomponentów po cenach wolno-

rynkowych. Natomiast przychody z produktów ubocznych (słoma z kukurydzy i rzepaku, biomasa z poplonów ozimych, sorgo i konopi włóknistych) określono z przeliczenia ich na bioenergię sprzedaną do zakładów energetycznych lub biogazowni po cenie umownej w wysokości 15 PLN/GJ.

Zatem dochód rolniczy z całego zmianowania roślin jest pozytywny i łącznie z bezpośrednimi dopłatami z U.E. w 2011 r. wynosi 5155 PLN/ha (tabela 2).

Powyższe wyliczenia należy traktować orientacyjnie, ponieważ w ostatnich latach na wolnym rynku następują bardzo częste zmiany cen środków produkcji, usług i ziemiopłodów. Stąd przed podjęciem ostatecznej decyzji dotyczącej doboru roślin do zmianowania oraz sposobu wykorzystania biomasy, należy każdorazowo wykonać nawet uproszczony rachunek ekonomiczny, aby później nie doznać przykrego zawodu.

Reasumując należy stwierdzić, że proponowane zmianowanie roślin uprawianych dla produkcji energii odnawialnej w gospodarstwach energetycznych, może dać pozytywny wynik ekonomiczny i zapewnić podaż biomasy, pod warunkiem uzyskiwania opłacalnych cen zbytu surowców, określanych umowami handlowymi podpisanymi z co najmniej rocznym wyprzedzeniem.

3. Wnioski

Zrównoważone zmianowanie roślin dla gospodarstw energetycznych zapewnia:

- wysokie plony biomasy o dużej wydajności energetycznej (> 400 GJ/ha),
- niskie koszty produkcji bioenergii (<10,0 PLN/GJ) oraz dobry dochód rolniczy (>5000 PLN/ha) z jednostki powierzchni pola,
- racjonalne wykorzystywanie powierzchni gruntów ornych, zgodnie ze zrównoważonym rozwojem rolnictwa i bioróżnorodnością roślin,
- merytoryczne i ekonomiczne uzasadnienie do jego wdrażania w gospodarstwach rolnych specjalizujących się w produkcji biomasy dla potrzeb energii odnawialnej.

LITERATURA

1. Burczyk H. (2010): Produkcja i wykorzystanie biomasy roślin jednorocznych na potrzeby energii odnawialnej. Zagadnienia Doradztwa Rolniczego nr 4/2010, 71-84.
2. Burczyk H. (2011): Poplony ozime i plony wtóre - substrat dla biogazowni. Czysta Energia. Nr 9/2011, 26-27.
3. Burczyk H. (2011): Burak cukrowy – rośliną energetyczną. Poradnik Plantatora Buraka cukrowego nr 3/2011, 58-60.
4. Burczyk H. (2011): Przydatność zbóż na potrzeby produkcji energii odnawialnej – w świetle wyników doświadczeń. Problemy Inżynierii Rolniczej, nr 3/2011, 43-51.
5. Burczyk H. (2012): Przydatność jednostronnych roślin, uprawianych do produkcji biomasy na potrzeby energetyki zawodowej. Problemy Inżynierii Rolniczej, nr 1/2012, 59-68.
6. Matyka M, Księżak J. (2012): Plonowanie wybranych gatunków roślin, wykorzystywanych do produkcji biogazu. Problemy Inżynierii Rolniczej, nr 1/2012, 69-75.
7. Podkówa W., Podkówa Z. (2010): Substraty dla biogazowni rolniczych. Wydawca „AgroSerwis”, Warszawa 2010.
8. Polska Norma – 81/G-04513. Oznaczanie ciepła spalania i obliczanie wartości opałowej.

HENRYK BURCZYK

MAKSYMALIZACJA PRODUKCJI BIOMASY W ZRÓWNOWAŻONYM ZMIANOWANIU
ROŚLIN DLA GOSPODARSTW ENERGETYCZNYCH

Słowa kluczowe: *dobór roślin w zmianowaniu, plony biomasy, wydajności energetyczne, wyniki ekonomiczne*

STRESZCZENIE

Wysokość plonów biomasy oraz jej wydajności energetyczne zależą głównie od doboru jednorocznych roślin uprawianych w zmianowaniu dla określonych warunków klimatyczno-glebowych. Proponowane pięciopolowe zmianowanie roślin przeznaczone jest dla gospodarstw bezinwentarzowych, specjalizujących się w produkcji biomasy dla potrzeb energii odnawialnej, zlokalizowanych na glebach średniej jakości rolniczej (kl. IV) i niskich opadach atmosferycznych (<550 mm).

Wyniki doboru roślin w proponowanym zmianowaniu, określone na podstawie doświadczeń polowych i produkcyjnych w Zakładzie Doświadczalnym Stary Sielec pow. Rawicz w latach 2007-2011, potwierdziły możliwości uzyskania dużej wydajności ekonomicznie uzasadnionej biomasy z jednostki powierzchni pola.

HENRYK BURCZYK

MAXIMIZATION OF BIOMASS YIELD IN BALANCED CROP ROTATION
FOR ENERGY FARMS

Key words: *selection of plants in crop rotation, biomass yield, energetic efficiency, economic performance*

SUMMARY

Crop yields of biomass and its energetic efficiency depend mainly on the selection of annual plants cultivated in rotation under specific climate and soil conditions. The suggested five-field crop rotation is designed for arable farms, specializing in the production of biomass for renewable energy, operating on average quality soils (class IV) with limited precipitation (<550 mm).

The results of the selection of plants for the suggested rotation, determined on the basis of field and production experiments conducted in 2007-2011 at the experimental farm Stary Sielec (district of Rawicz), confirmed the possibility of obtaining high yields of economically justified biomass from an area unit.

e-mail: e.burczyk@inf.poznan.pl