

Wpłynęło 22.02.2012 r.  
Zrecenzowano 13.03.2012 r.  
Zaakceptowano 10.04.2012 r.

## Przydatność jednorocznych roślin, uprawianych do produkcji biomasy na potrzeby energetyki zawodowej

A – koncepcja  
B – zestawienie danych  
C – analizy statystyczne  
D – interpretacja wyników  
E – przygotowanie maszynopisu  
F – przegląd literatury

**Henryk BURCZYK**<sup>ABCDEF</sup>

*Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu*

### Streszczenie

Celem pracy było poznanie stopnia przydatności jednorocznych roślin (sorgo, kukurydza i konopie włókniste), uprawianych jako plon główny do produkcji biomasy na potrzeby energetyki zawodowej. Doświadczenia polowe przeprowadzono w latach 2007–2011 w Zakładzie Doświadczalnym Stary Sielec na glebach średniej przydatności rolniczej, w rejonie o małej sumie opadów (<550 mm) i niskim poziomie wody gruntowej. Podstawą oceny przydatności roślin są: plony suchej masy, wydajność energetyczna z jednostki powierzchni pola i koszty produkcji bioenergii (PLN·GJ<sup>-1</sup>). Uzyskane wyniki wskazują, że sorgo daje najwyższe plony suchej masy (28 t·ha<sup>-1</sup>) o wydajności energetycznej 528 GJ·ha<sup>-1</sup>. Nieco niższe plony uzyskano z kukurydzy zbieranej podczas pełnej dojrzałości ziarna (24,6 t·ha<sup>-1</sup>) o wydajności energetycznej 520 GJ·ha<sup>-1</sup>. Jeszcze niższe plony – o 25% od sorgo – dała kukurydza zbierana w fazie mleczno-woskowej dojrzałości (21,3 t·ha<sup>-1</sup>) i wydajności energetycznej 424 GJ·ha<sup>-1</sup>. Najniższy plon suchej masy (14,5 t·ha<sup>-1</sup>) i wydajność energetyczną uzyskano z konopi włóknistych. Uwzględniając powyższe plony, wydajności energetyczne i koszty produkcji bioenergii, można rekomendować uprawę sorga i kukurydzy zbieranej w pełnej dojrzałości ziarna do produkcji biomasy na potrzeby energetyki zawodowej.

**Słowa kluczowe:** biomasa dla energetyki zawodowej, sorgo, kukurydza, konopie włókniste, plon suchej masy, wydajność energetyczna, koszty produkcji bioenergii

### Wstęp

Decyzja Rady Ministrów z dnia 10.11.2009 r., dotycząca polityki energetycznej Polski, zakłada osiągnięcie do 2020 r. 15% udziału OZE w energetyce finalnej oraz 10% udziału biopaliw transportowych [Uchwała RM... 2009].



Aby zrealizować zwiększony udział biopaliw, istnieje w Polsce dostateczna baza techniczna i surowcowa (w formie nasion rzepaku ozimego, buraków cukrowych, ziemniaków i ziarna kukurydzy), aby pozyskać potrzebną ilość estrów i bioetanolu do produkcji biopaliw zgodnie z ustaleniami Narodowego Celu Wskaźnikowego.

Trudnym zadaniem do wykonania w najbliższej przyszłości będzie zapewnienie potrzebnej ilości biomasy, szczególnie dla energetyki zawodowej, która w głównej mierze realizuje powyższe zadania.

Zapotrzebowanie elektrowni i elektrociepłowni na biomasę do 2020 r. zaproponowane przez ekspertów wynosi orientacyjnie ok. 10 mln t s.m., w tym 2 mln t biomasy leśnej i 3,0 mln t słomy. Pozostałe 5 mln t s.m. przewiduje się otrzymać z uprawy wieloletnich roślin energetycznych na powierzchni ok. 500 tys. ha, przyjmując wysokość plonów na poziomie  $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  s.m. [GRZYBEK 2008].

Uzyskanie wymienionej ilości biomasy z roślin wieloletnich w warunkach ograniczonego wsparcia finansowego w uprawie i zakładaniu plantacji będzie bardzo trudne. Dotychczasowe wyniki z uprawą tych roślin dla potrzeb energetyki zawodowej również nie budzą optymizmu, dlatego alternatywą mogą być jednoroczne rośliny uprawiane w plonie głównym (sorgo, kukurydza i konopie włókniste), dające tańsze i bardziej wydajne plony biomasy z jednostki powierzchni pola od roślin wieloletnich [BURCZYK i in. 2009]. Wieloletnie rośliny energetyczne będą mogły spełniać określoną rolę na glebach związłych, wilgotnych i występujących w rejonach o większej sumie opadów atmosferycznych ( $>600 \text{ mm}$ ).

Na glebach o gorszej przydatności rolniczej, występujących w województwach: podlaskim, mazowieckim, łódzkim, lubuskim i wielkopolskim, o niskim poziomie wody gruntowej i małej sumie opadów atmosferycznych ( $<550 \text{ mm}$ ), rozwiązaniem może być uprawa jednorocznych roślin energetycznych [KRASOWICZ i in. 2009].

### **Materiał i metody badań**

W celu potwierdzenia powyższej hipotezy przeprowadzono w latach 2007–2011 ścisłe doświadczenia polowe w Zakładzie Doświadczalnym Stary Sielec IWNiRZ, powiat Rawicz, położonym w rejonie o małej sumie opadów ( $<550 \text{ mm}$ ) i niskim poziomie wody gruntowej. Doświadczenia zakładano na glebach bielcowych, zalegających na glinie o odczynie pH w granicach 5,5–6,5, o średniej zasobności w składniki pokarmowe, w stanowisku po zbożach ozimych. Wyjątkowo w 2011 r. doświadczenie założono na nieco lepszej glebie (kl. IVa), położonej na obniżonym terenie i przylegającej do łąki o wyższym poziomie wody gruntowej.

Uprawę roli od jesieni do zasiewu nasion wykonywano zgodnie z zasadami dobrej praktyki rolniczej. Nawożenie mineralne stosowano bezpośrednio przed siewem nasion w ilości na 1 ha: N – 120 kg,  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 60 kg i  $\text{K}_2\text{O}$  – 100 kg. W doświadczeniach stosowano następujące odmiany oraz ilości wysiewu nasion: sorgo – Sucrosorgo 506 ( $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), kukurydzę – Bułat, a tylko w 2011 r. Vitras ( $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), i konopie włókniste – Białobrzesknie ( $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ).

Rośliny zbierano w fazie mleczno-woskowej dojrzałości nasion. W dodatkowym obiekcie z kukurydzą opóźniano zbiór do pełnej dojrzałości ziarna, w którym określano oddzielnie plon ziarna i słomy. Podczas zbioru biomasy pobierano próby z każdego poletka do oznaczenia zawartości suchej masy i ciepła spalania za pomocą kalorymetru w Laboratorium Ochrony Środowiska IWNiRZ w Poznaniu [PN-81/G-04513].

Przydatność porównywanych roślin oceniano na podstawie plonów zielonej i suchej masy oraz wydajności energetycznej z jednostki powierzchni pola. Poza tym określano koszty produkcji bioenergii (w PLN·GJ). W tym celu ustalono koszty pozyskania biomasy sorgo, kukurydzy i konopi włóknistych na podstawie wysokości ponoszonych nakładów w 2011 r. w warunkach produkcyjnych ZD Stary Sielec. Poza tym przyjęto wolnorynkowe ceny środków produkcji, usług itp. występujące w 2011 r. oraz umowną cenę zbytu biomasy w wysokości 15 PLN·GJ.

Aby poznać wpływ przebiegu pogody na wydajność roślin, ustalono sumę rocznych opadów atmosferycznych oraz miesięcznych w okresie wegetacji, występujących w ZD Stary Sielec. Poziom i rozkład opadów w latach 2007–2011 (tab. 1) wykorzystano do interpretacji wyników doświadczeń.

Tabela 1. Roczne i okresowe sumy opadów atmosferycznych w Zakładzie Doświadczalnym Stary Sielec

Table 1. Annual and periodical sums of precipitation at Stary Sielec Research Station

Sumy opadów atmosferycznych Sums of precipitation in periods [mm]	2007	2008	2009	2010	2011	Średnie wieloletnie <sup>1)</sup> Multiannual means <sup>1)</sup> [mm]
Roczne Annual precipitation	643,0	476,0	675,0	760,0	413,0	542,0
W okresie wegetacji roślin In plant vegetation period	398,0	201,0	398,0	432,0	268,0	301,0
w tym w: of that:						
– maju May	61,7	24,5	52,0	155,2	37,0	61,0
– czerwcu June	78,1	5,4	104,4	34,8	30,1	53,0
– lipcu July	130,5	73,5	151,3	68,8	128,6	78,0
– sierpniu August	60,7	72,5	56,1	91,8	53,6	60,0
– wrześniu September	67,0	25,0	34,3	81,3	18,7	49,0
– październiku October	14,3	56,7	58,4	9,4	27,5	41,0

<sup>1)</sup> W latach 1960–2000 dla Rawicza. <sup>1)</sup> In years 1960–2000 for Rawicz town.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Zebrano również dane o średniej temperaturze dziennej powietrza w okresie wegetacji roślin, która wahała się w granicach od 15,5 do 16,0°C i nie różniła się w istotny sposób w porównywanych latach (2007–2011). Była jednak wyższa od średniej wieloletniej, wynoszącej 14,9°C (w latach 1960–2000 dla Rawicza).

## Wyniki badań i dyskusja

Wyniki doświadczeń polowych, przeprowadzonych w latach 2007–2011, wyrażone w plonach zielonej masy, przedstawiono w tabeli 2. Najwyższe plony uzyskano w uprawie sorgo ( $84,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Kukurydza zbierana w tej samej fazie rozwoju dała o 25% niższe plony niż sorgo ( $64,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), a zbierana podczas pełnej dojrzałości ziarna i wysuszonej słomy –  $32,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Plony zielonej masy konopi włóknistych były ok. 40% niższe od plonów sorgo i wyniosły  $51,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Tabela 2. Plony zielonej masy roślin energetycznych [ $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ]  
Table 2. Yields of energy crop green matter [ $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ]

Rośliny energetyczne i sposób użytkowania Energy crops and manner of using	2007	2008	2009	2010	2011	Średnia Average	
						[ $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ]	[%]
Sorgo na zieloną masę Sorghum for green matter	78,90	68,40	85,20	72,60	119,10	84,80	100,00
Kukurydza na zieloną masę Maize for green matter	70,70	41,90	69,40	47,30	90,60	64,00	75,50
Kukurydza na ziarno: Maize for grain, w tym: of that:	37,30	23,90	37,60	26,80	34,90	32,10	37,80
– ziarno grain	12,10	7,40	12,40	6,10	11,80	9,96	–
– słoma straw	25,20	16,50	25,20	20,70	23,10	22,10	–
Konopie włókniste na zieloną masę Hemp for green matter	60,90	40,00	59,00	37,30	62,10	51,90	61,20

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Ze względu na różną zawartość wody w biomase podczas zbioru roślin, spowodowaną przebiegiem pogody w końcowym okresie wzrostu, bardziej obiektywną ocenę porównywanych obiektów dają plony suchej masy przedstawione w tabeli 3. Zostały tam potwierdzone najwyższe plony sorgo ( $28,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), natomiast niższe o ok. 12% są plony kukurydzy zbieranej przy pełnej dojrzałości ziarna ( $24,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) i jeszcze gorsze plony kukurydzy, koszonej w fazie mleczno-woskowej dojrzałości ( $21,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Plon suchej masy konopi włóknistych jest o połowę niższy niż plon sorgo ( $15,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

Na uwagę zasługuje kształtowanie się wysokości plonów w zależności od ilości i rozkładu opadów atmosferycznych w okresie wegetacji roślin. Trzeba nadmienić, że w pięcioletnim okresie prowadzenia doświadczeń, w trzech latach (2007, 2009 i 2010) sumy opadów rocznych i podczas wegetacji roślin były wyższe od sumy rocznych opadów wieloletnich i występujących w okresie wegetacji. Stąd ilość wody dostępnej dla roślin w tych latach uwidoczniła się w poziomie plonów zielonej i suchej masy.

W 2008 r. w warunkach okresowej suszy glebowej, plony suchej masy kukurydzy i konopi były o ok. 30% niższe od plonów sorgo. W 2010 r. na początku maja wystąpiło podtopienie pola doświadczalnego na skutek nadmiaru opadów

Tabela 3. Plony suchej masy roślin energetycznych [ $t \cdot ha^{-1}$ ]  
 Table 3. Yields of energy crop dry matter [ $t \cdot ha^{-1}$ ]

Rośliny energetyczne i sposób użytkowania Energy crops and manner of using	2007	2008	2009	2010	2011	Średnia Average	
						[ $t \cdot ha^{-1}$ ]	[%]
Sorgo na zieloną masę Sorghum for green matter	25,30	22,50	30,40	24,50	38,00	28,10	100,00
Kukurydza na zieloną masę Maize for green matter	22,20	15,50	22,40	17,40	29,10	21,30	75,50
Kukurydza na ziarno: Maize for grain, w tym: of that:							
– ziarno grain	10,90	6,28	10,90	5,21	10,4	8,74	–
– słoma straw	16,70	11,20	18,90	15,10	17,40	15,90	–
Konopie włókniste na zieloną masę Hemp for green matter	16,00	14,40	18,40	9,20	18,60	15,30	54,40

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

deszczu w bardzo krótkim czasie, dlatego ujemna reakcja konopi włóknistych na nadmiar wody była największa. Sorgo i kukurydza zareagowały w mniejszym stopniu pogorszeniem wzrostu roślin i obniżeniem plonów suchej masy.

W 2011 r. doświadczenie prowadzono na polu niżej położonym (przy łące) o wyższym poziomie wody gruntowej, stąd mimo niższych opadów atmosferycznych w tym okresie wegetacji, sorgo i kukurydza korzystały z wody gruntowej i bardzo dobrze plonowały. Świadczy to o dużych możliwościach obu gatunków roślin do uzyskiwania bardzo wysokich plonów, gdy mają dostateczny dostęp do wody i ciepła podczas wegetacji. Wysokość roślin podczas zbioru wynosiła średnio u sorgo 346 cm, a kukurydzy zbieranej w dojrzałości mleczno-woskowej ziarna – 256 cm, wobec 307 cm i 187 cm w latach poprzednich.

Plony suchej masy konopi włóknistych były średnio ok. 40% niższe niż plony kukurydzy. Jednak w 2008 r. w warunkach niedostatecznej ilości opadów atmosferycznych podczas wegetacji roślin, plony konopi były niższe tylko o 7% niż plony kukurydzy zbieranej w tej samej fazie rozwoju. Konopie mają 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 własności fizyczno-chemiczne górnej warstwy ornej i przez to wzrasta ich wartość jako przedplonu w zmianowaniu roślin.

Tymczasem w Polsce, zgodnie z ustawą o przeciwdziałaniu narkomanii, nadal nie można wykorzystywać całych roślin konopi włóknistych do produkcji energii odnawialnej. Jedynie w uprawie konopi na nasiona lub zbiór kwiatostanów na olejki eteryczne albo na pozyskiwanie włókna, można słomę lub paździerz przeznaczyć na spalanie [BURCZYK i in. 2008].

Proporcjonalnie do wysokości plonów suchej masy kształtuje się produktywność porównywanych roślin przedstawiona w tabeli 4. Nieznaczne różnice w wartości energetycznej wynikają z odmiennej budowy i składu chemicznego, terminu zbioru i właściwości gatunkowych roślin. Poziom wydajności energetycznej z jednostki powierzchni pola zależy głównie od wysokości plonów suchej masy, doboru gatunków, a nawet odmiany oraz ilości dostępnej wody i ciepła w okresie wegetacji roślin. Dotychczasowe obserwacje wskazują, że wprowadzenie do uprawy nowych odmian, bardziej przystosowanych dla produkcji energii odnawialnej, zwiększy wydajność energetyczną roślin z jednostki powierzchni pola [BURCZYK 2011].

Tabela 4. Produktywność porównywanych roślin, uprawianych w latach 2007–2011 (loco pole)

Table 4. Productivity of compared crops cultivated in years 2007–2011 (in the field)

Wyszczególnienie Specification	Sorgo na zieloną masę Sorghum for green matter	Kukurydza na zieloną masę Maize for green matter	Kukurydza na ziarno Maize for grain	Konopie włókniste na zieloną masę Hemp for green matter
Plony suchej masy [t·ha <sup>-1</sup> ] Dry matter yields [t·ha <sup>-1</sup> ]	28,1	21,3	24,6	15,3
Wartość energetyczna [GJ·t s.m.] Energetic value [GJ·t d.m.]	18,8	19,9	20,9/21,5 <sup>1)</sup>	19,3
Wydajność energetyczna [GJ·ha <sup>-1</sup> ] Energy output [GJ·ha <sup>-1</sup> ]	528	424	520	295
Koszty produkcji [PLN·ha <sup>-1</sup> ] Costs of production [PLN·ha <sup>-1</sup> ]	4 315	4 450	4 520	3 280
Koszty produkcji [PLN·t s.m.] Costs of production [PLN·t d.m.]	153	209	184	214
Koszty produkcji [PLN·GJ] Costs of production [PLN·GJ]	8,17	10,5	8,69	11,1
Zysk <sup>2)</sup> [PLN·rok·ha <sup>-1</sup> ] Profit <sup>2)</sup> [PLN·year·ha <sup>-1</sup> ]	3 605	1 910	3 280	1 145

<sup>1)</sup> Wartość ziarna. <sup>2)</sup> Bez dopłat bezpośrednich z UE, z ceną biomasy 15 PLN·GJ<sup>-1</sup>.

<sup>1)</sup> Value of grain. <sup>2)</sup> Without direct EU subventions, at biomass price 15 PLN·GJ<sup>-1</sup>.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Koszty produkcji biomasy, określone na podstawie wysokości nakładów ponoszonych w warunkach produkcyjnych ZD Stary Sielec, są porównywalne w odniesieniu do uprawy sorgo i kukurydzy. Niższe koszty uprawy konopi wynikają z rezygnacji ze stosowania środków ochrony roślin oraz niższych plonów suchej masy.

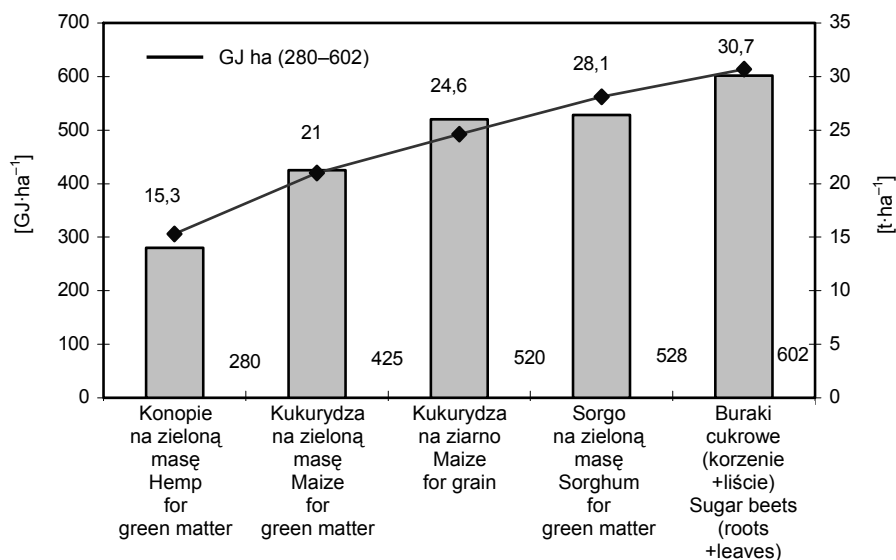
Zysk z produkcji loco pole z ceną umowną biomasy 15 PLN·GJ<sup>-1</sup>, bez uwzględnienia dopłat bezpośrednich z UE, może być interesujący dla rolnika w uprawie sorgo i kukurydzy koszonej przy pełnej dojrzałości ziarna. Mniejszy zysk można uzyskać z uprawy kukurydzy zbieranej w mleczno-woskowej dojrzałości ziarna i z produkcji biomasy z konopi włóknistych.

Z uwagi na liczne uwarunkowania zewnętrzne, niezależne od producentów biomasy, powyższe wyliczenia należy traktować jako orientacyjne.

Reasumując wyniki pięcioletnich doświadczeń polowych do produkcji biomasy można rekomendować na gleby o gorszej przydatności rolnej w rejonach o małej sumie opadów atmosferycznych uprawę sorgo i kukurydzy zbieranej w pełnej dojrzałości ziarna, plonujących  $>20 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  suchej masy i wydajności energetycznej  $>500 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Kukurydza zbierana w fazie mleczno-woskowej daje ok. 25% niższe plony suchej masy i ok. 20% mniejszą wydajność energetyczną od wydajności sorgo z jednostki powierzchni pola.

Jednocześnie trzeba przypomnieć, że w praktyce rolniczej wysokość plonów zależy m.in. od poziomu gospodarowania i jakości stosowanej agrotechniki, dlatego w gospodarstwach słabych i średnich należy się liczyć z 20–30% niższymi plonami suchej masy niż plony uzyskiwane w doświadczeniach polowych.

Wysokie plony suchej masy sorgo ( $28,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), uzyskane w warunkach klimatyczno-glebowych Wielkopolski, dorównują plonom suchej masy buraków cukrowych (korzenie+liście), uprawianych na potrzeby zielonej energii. Ustępują natomiast wydajnością energetyczną z jednostki powierzchni pola (rys. 1). Buraki cukrowe, wykorzystujące bardzo dobrze energię słoneczną,  $\text{CO}_2$ , wodę i składniki pokarmowe do tworzenia substancji organicznej, powinny być odniesieniem do oceny wydajności z ha biomasy produkowanej na potrzeby energii odnawialnej.



Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Rys. 1. Plony suchej masy i wydajności energetyczne roślin uprawianych jako plon główny w latach 2007–2011

Fig. 1. Dry matter yields and energy outputs for plants cultivated as the main crops in years 2007–2011

W praktyce rolniczej agrotechnika kukurydzy i sorgo jest rolnikom znana z uwagi na wykorzystywanie tych roślin na paszę, natomiast w uprawie dla potrzeb energetyki zawodowej trzeba pamiętać o zwiększaniu wydajności energetycznej biomasy i przygotowaniu jej do transportu. W tym celu rośliny skoszone pozostawia się na polu w celu obniżenia ich wilgotności do 15–18%. Przesuszoną biomasę należy zbelować prasą wysokiego zgniotu w formę prostokątnych brył. W ten sposób przygotowaną i zagęszczoną biomasę można składować w polowych szopach lub stogach, zabezpieczonych przed opadami atmosferycznymi. Następnie należy dostarczyć surowiec do zakładów energetycznych według wcześniej uzgodnionego harmonogramu dostaw. Jednak trzeba być przygotowanym na możliwość wystąpienia jesienią długotrwałych opadów atmosferycznych, wówczas należy rozważyć zostawienie roślin nieskoszonych do czasu nadejścia mrozu i wtedy przystąpić do zbioru roślin. W każdym wypadku, zarówno przygotowanie biomasy do transportu, jak i wykorzystania jej w zakładach energetycznych, należy przeprowadzać w uzgodnieniu z odbiorcą surowca.

Powodzenie w produkcji i wykorzystywaniu biomasy dla potrzeb energetyki zawodowej będzie zależało od wysokości kosztów jej pozyskiwania oraz możliwości ich zwrotu w cenie sprzedaży. Z uwagi na duży ruch cen środków produkcji i usług na wolnym rynku, zachodzi konieczność badania kosztów u producenta biomasy oraz w zakładach energetycznych, dlatego zapewnienie produkcji potrzebnej ilości biomasy po opłacalnych cenach zarówno dla producentów surowca, jak i jego odbiorców będzie możliwe przez podpisywanie dwustronnych umów, stanowiących gwarancję powodzenia i spełnienia oczekiwań zainteresowanych stron.

## Wnioski

1. Na podstawie uzyskanych wyników badań w latach 2007–2011 na glebach o gorszej przydatności rolniczej, można rekomendować do produkcji biomasy uprawę sorgo zbieranego w fazie mleczno-woskowej ziarna i kukurydzy koszonej w fazie pełnej dojrzałości ziarna. Plony suchej masy sorgo i kukurydzy kształtują się na poziomie  $>20 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , a wydajność energetyczna  $>500 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ , w warunkach niskich kosztów produkcji ( $<10 \text{ PLN}\cdot\text{GJ}$ ).
2. Kukurydza zbierana w fazie mleczno-woskowej dojrzałości ziarna daje o ok. 25% niższe plony suchej masy ( $21,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) i o ok. 20% mniejszą wydajność energetyczną ( $424 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) niż plony i wydajność sorgo z jednostki powierzchni pola.
3. Konopie włókniste dały plony suchej masy ( $15,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) i wydajność energetyczną ( $295 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) o ok. 40% niższe niż kukurydza zbierana w tej samej dojrzałości mleczno-woskowej nasion.
4. Zapewnienie potrzebnej ilości biomasy na potrzeby energetyki zawodowej na glebach o gorszej przydatności rolniczej, występujących w województwach: podlaskim, mazowieckim, łódzkim, lubuskim i wielkopolskim, będzie możliwe pod warunkiem zapewnienia cen opłacalnych dla obu zainteresowanych stron. Można to zapewnić podpisując umowy handlowe z co najmniej rocznym wyprzedzeniem.



## **Podziękowanie**

*Panu Dzierżawcy i Pracownikom Działu Naukowego ZD w Starym Sielcu za przeprowadzenie doświadczeń polowych oraz Pracownikom Laboratorium Ochrony Środowiska IWNiRZ za wykonanie analiz chemicznych serdeczne podziękowania składa Autor.*

## **Bibliografia**

- BURCZYK H. 2011. Hodowla roślin jednorocznych na potrzeby produkcji energii odnawialnej. Hodowla i Nasiennictwo PIN. Nr 3/4 s. 37–39.
- 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) s. 37–48.
- BURCZYK H., KOŁODZIEJ J., KOWALSKA M. 2009. Plony i wartości energetyczne kukurydzy, sorgo i konopi włóknistych w porównaniu z roślinami egzotycznymi. Materiały na XIII Konferencję Naukową IUNG-PIB, Puławy 6–9.06.2009 s. 7–8.
- GRZYBEK A. 2008. Zapotrzebowanie na biomasę i strategia energetycznego jej wykorzystania. Studia i Raporty IUNG-PIB. Z.11 s. 9–23.
- KRASOWICZ S., STUCZYŃSKI T., DOROSZEWSKI D. 2009. Produkcja roślinna w Polsce na tle warunków przyrodniczych i ekonomiczno-organizacyjnych. Studia i Raporty IUNG-PIB. Nr 14 s. 27–57.
- PN-81/G-04513. Oznaczanie ciepła spalania i obliczanie wartości opałowej.
- Uchwała Rady Ministrów nr 201/2009 z dnia 10 listopada 2009 r. w sprawie „Polityki energetycznej Polski do 2030 r.”. MP 2010. Nr 2 poz. 11.

***Henryk Burczyk***

### **USABILITY OF THE ANNUAL PLANTS CULTIVATED FOR BIOMASS SUPPLYING TO PROFESSIONAL ENERGY GENERATION**

#### **Summary**

The study aimed at recognizing the usability of annual plants (sorghum, maize and hemp), cultivated as the main crops, to biomass supplying for professional energy production. Field experiments were carried out within the years 2007–2011 at Stary Sielec Research Station, on the soils of medium agricultural usefulness, in the region of small total precipitation (<550 mm) and low ground water level. Usability of plants was evaluated on the basis of dry matter yields, energy outputs per unit of field surface and the costs of bioenergy production (PLN·GJ<sup>-1</sup>). According to obtained results, the highest dry matter yields (28 t·ha<sup>-1</sup>) were achieved by sorghum, at the energy output of 528 GJ·ha<sup>-1</sup>. Somewhat less yielded the maize harvested at full grain maturity (24.6 t d.m.·ha<sup>-1</sup>), at energy output 520 GJ·ha<sup>-1</sup>. Much lower yields (by 25% less than sorghum) were obtained from the maize harvested at milk-wax grain

maturity ( $21.3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), at energy output  $424 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Whereas the lowest dry matter yields ( $14.5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) and energy outputs were obtained from the hemp. Considering mentioned above crop yields, energy outputs and costs of bioenergy production, the sorghum and maize (harvested in full maturity of grain) may be recommended to cultivation for professional energy production purposes.

**Key words:** biomass, professional energy generation, sorghum, maize, hemp, dry matter yields, energy output, costs of bioenergy production

Adres do korespondencji:

dr hab. Henryk Burczyk  
Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich  
Pracownia Roślin Energetycznych  
ul. Wojska Polskiego 71 b, 60-630 Poznań  
tel. 61 845-58-61; e-mail: henryk.burczyk.@iwnirz.pl