

## WARTOŚĆ ENERGETYCZNA I PŁONOWANIE ŁĄK EKSTENSYWNIEM UŻYTKOWANYCH

MACIEJ MURAWSKI<sup>1</sup>, MIECZYSLAW GRZELAK<sup>1</sup>, BOGUSŁAWA WALISZEWSKA<sup>2</sup>,  
AGNIESZKA KNIOLA<sup>1</sup>, WOJCIECH CZEKAŁA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Katedra Łąkarstwa i Krajobrazu Przyrodniczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,  
ul. Dojazd 11, 60-632 Poznań*

<sup>2</sup>*Instytut Chemicznej Technologii Drewna, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,  
ul. Wojska Polskiego 38/42, 60-627 Poznań*

<sup>3</sup>*Instytut Inżynierii Biosystemów, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,  
ul. Wojska Polskiego 50, 60-627 Poznań*

**Synopsis.** Badania przeprowadzone w latach 2012–2013 dotyczyły wartości energetycznej i plonowania biomasy 9 gatunków roślin, należących do rodziny traw i turzyc pochodzących z łąk ekstensywnych w powiecie czarnkowsko-trzcianeckim w województwie wielkopolskim. Stwierdzono, że na wartość energetyczną oraz ciepło spalania niewątpliwie wpływ wywiera wilgotność oraz składu elementarny biomasy: zawartość celulozy, ligniny oraz holocelulozy. Analizy przeprowadzone w Instytucie Chemicznej Technologii Drewna Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu wykazały zróżnicowanie wartości energetycznej (od 16,0 MJ·kg<sup>-1</sup> do 18,7 MJ·kg<sup>-1</sup>), ciepła spalania, zawartości podstawowych składników w biomacie oraz plonowania i wartości użytkowej.

**Słowa kluczowe:** wartość energetyczna plonu, odnawialne źródła energii, ekstensywne użytkowanie, biomasa

### WSTĘP

Zbiorowiska łąkowe postrzegane są w ostatnich latach jako jeden z głównych dostawców biomasy służącej do produkcji energii ze źródeł odnawialnych. W naszych warunkach jednym z najbardziej obiecujących działań, jest wykorzystanie energetyczne biomasy z traw [Harkot i in. 2007]. Wiadomym jest, że każda roślina może zostać poddana procesowi spalania, szczególnie jeśli wcześniej zostanie wysuszona. Od traw i roślin nazywanych energetycznymi wymagane jest, aby dawały możliwie największe przyrosty suchej masy w okresie wegetacyjnym oraz cechowały się relatywnie wysoką wartością opałową w stosunku do paliw konwencjonalnych. Nawet przy niskim plonie traw wynoszącym 4–5 t·ha<sup>-1</sup>, można uzyskać ekwiwalent zakupu 3 t węgla kamiennego, natomiast zbiór plonu biomasy na poziomie 20 t·ha<sup>-1</sup> daje ekwiwalent 12 t węgla kamiennego. Biomasa jest i będzie w najbliższych latach najważniejszym odnawialnym źródłem energii tym bardziej, że rosnące zapotrzebowanie na energię stwarza groźbę wyeksploatowania źródeł paliw konwencjonalnych. Najnowsze wyniki badań opinii społecznej przygotowanych na zlecenie Fundacji Greenpeace Polska przez CBOS wskazują, że aż 89% Polaków chce, by więcej energii pochodziło ze źródeł odnawialnych. Poparcie dla produkcji energii pochodzącej ze spalania węgla kamiennego i brunatnego jest znikome. Tymczasem

<sup>1</sup> Adres do korespondencji – *Corresponding address:* grzelak@au.poznan.pl

Ministerstwo Gospodarki upubliczniło i oddało do konsultacji społecznych kolejną propozycję projektu ustawy o odnawialnych źródłach energii.

Wykorzystanie zbiorowisk łąkowych dla celów energetycznych opisywali w ostatnich latach liczni autorzy: Czyż i in. [2007], Dradrach i in. [2007], Grzelak [2009, 2010], Grzelak i in. [2010, 2012], Harkot i in. [2007], Księżak i Faber [2007], Rogalski i in. [2005, 2008] oraz Winkler i in. [2007]. Na podstawie przeprowadzonych badań opisali wartość energetyczną zbiorowisk łąkowych, poszczególnych gatunków traw, turzyc i turzycowatych, a także różnych gatunków roślin uprawnych z rodziny *Poaceae* i innych gatunków z różnych klas fitosocjologicznych.

Pozyskiwana biomasa pochodząca z łąk ekstensywnie użytkowanych cechuje się niską wartością pokarmową z uwagi na późny termin koszenia oraz brak nawożenia. Realizowany jest na nich Pakiet Rolnośrodowiskowy, który wymaga stosowanie późnego pokosu i zakazuje stosowania nawozów mineralnych.

Celem pracy była ocena wartości energetycznej i plonowania biomasy pochodzącej z łąk ekstensywnie użytkowanych.

## MATERIAŁ I METODY

Badania terenowe przeprowadzono w latach 2012–2013 na obszarze łąk ekstensywnie użytkowanych, w miejscowościach Radolin (52°59' N, 16°33' E) i Radolinek (52°59' N, 16°33' E) położonych na terenie gminy Trzcianka, w powiecie czarnkowsko-trzcianeckim, w województwie wielkopolskim. Skład florystyczny roślin został określony dla typowych agregacji jednogatunkowych, z wyróżnieniem dominanta przy użyciu skali Braun-Blanqueta. Materiał przeznaczony do badań laboratoryjnych, pobrano z powierzchni 1 m<sup>2</sup> w trzech powtórzeniach, z 9 zbiorowisk roślinnych: *Phalaridetum arundinacea*, *Phragmitetum australis*, *Potentillo-Festucetum*, *Calamagrostietum epigeji*, *Caricetum acutiformis*, *Caricetum ripariae*, *Caricetum gracilis*, *Caricetum disticae*, *Valeriano-Caricetum flavae*.

Badania laboratoryjne próbek zbiorczych składu chemicznego i wartości energetycznej traw i turzyc z łąk ekstensywnie użytkowanych przeprowadzono w Instytucie Chemicznej Technologii Drewna Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Badania składu chemicznego wykonano według normy PN-92/P-50092 i oznaczono:

- wilgotność – metodą suszarkowo-wagową,
- zawartość celulozy – metodą Seiferta z użyciem mieszaniny acetyloacetanu i dioksanu,
- zawartość ligniny – metodą Tappi z użyciem stężonego kwasu siarkowego,
- ilość substancji rozpuszczalnych w rozpuszczalnikach organicznych – metodą Soxhleta,
- zawartość holocelulozy z użyciem chlorynu sodowego,
- ciepło spalania – przy użyciu kalorymetru ZKL-4 (norma PN-81/G-04513)
- popiół surowy – metodą wagową spalając w piecu muflowym Linn Elektro Therm (6h, 550°C)

Wszystkie wyniki obliczono z uwzględnieniem wilgotności materiału i podano w odniesieniu do suchej masy surowca. Oznaczenie ciepła spalania przeprowadzono wg normy PN-81/G-04513 w kalorymetrze typu ZKL-4, który przeznaczony jest do pomiaru ciepła spalania paliw stałych. Wartości obliczono wg wzoru:

$$Q_s^a = (C(D_t - k) - c) \cdot m^{-1} \text{ [kJ} \cdot \text{kg}^{-1}]$$

gdzie:

- C – pojemność cieplna kalorymetru wynosząca 12 783,69 [J·°C<sup>-1</sup>],
- D<sub>t</sub> – ogólny przyrost temperatury okresu głównego [°C],

k – poprawka na wymianę ciepła z otoczeniem [°C],  
 c – suma poprawek na dodatkowe efekty cieplne [J],  
 m – masa paliwa [kg].

Dla pełniejszej charakterystyki analizowanego surowca obliczono również jego wartość opałową, czyli ciepło spalania pomniejszone o ciepło parowania wody wydzielonej z paliwa podczas jego spalania. Wartości te obliczono wg wzoru:

$$Q_i = Q_s - 24,42(W^a - 8,94H^a) \text{ [kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\text{]},$$

gdzie

$Q_s$  – średnia wartość ciepła spalania paliwa stałego w stanie analitycznym [ $\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$ ]  
 24,42 – ciepło parowania wody w temp. 25°C odpowiadające 1% wody w paliwie [ $\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$ ]  
 $W^a$  – zawartość wilgoci w próbie analitycznej paliwa [%],  
 8,94 – współczynnik przeliczenia zawartości wodoru na wodę,  
 $H^a$  – zawartość wodoru w próbce analitycznej paliwa, przyjęto  $H^a = 6,5\%$ .

Próbki roślinne pobrano z powierzchni 1m<sup>2</sup> w trzech powtórzeniach, na podstawie których oceniono plonowanie (s.m. w t·ha<sup>-1</sup>) oraz wartość użytkową Lwu posługując się klasyfikacją Filipka [1973] (tab. 1). Przedstawione wyniki są średnią uzyskaną z dwuletniego okresu eksploatacji terenu.

Tabela 1. Klasyfikacja runi pod względem przydatności gospodarczej [Filipek 1973]

Table 1. Classification of the sward in terms of economic usefulness [Filipek 1973]

Lwu – Uvn	Ruń – Sward
8,1 – 10	bardzo dobra – very good
6,1 – 8,0	dobra – good
3,1 – 6,0	mierna – mediocre
< 3,0	uboga – poor

## WYNIKI I DYSKUSJA

Jednym z kilku parametrów charakteryzujących biopaliwa stałe jest wartość energetyczna wyrażona w  $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$  (megadżule na kilogram). Jest ona uzależniona od kolejnego parametru, wilgotności, która wywiera negatywny wpływ na wartość opałową, a co za tym idzie również energetyczną. Biomasa o wilgotności 50–60% może dostarczyć energię w granicach 6–8  $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ , podsuszona do 10–20%, 15–17  $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ , natomiast całkowicie wysuszona nawet do 19  $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Jednakże wartość energetyczna, którą można uzyskać z biomasy jest niższa niż otrzymywana z węgla kamiennego lub gazu ziemnego, dlatego konieczne jest dosuszanie niektórych rodzajów biomasy w celu pozyskania pożądanych parametrów spalania oraz określonej wartości energetycznej [Niedziółka i Zuchniarz 2006]. Zdaniem Grzybek i in. [2001] różnorodność instalacji grzewczych dopuszcza różną wilgotność biomasy, której próg oscyluje między 18 a 25%. Kubica i in. [2003] utwierdzają nas w przekonaniu, że duży udział wody w pozyskiwanej biomacie ma bezpośrednie przełożenie na jej pozyskanie, transport oraz magazynowanie.

W przeprowadzonych badaniach porównywane wartości: energetyczna, ciepło spalania, zawartość popiołu i wilgotność, były różne dla poszczególnych gatunków roślin. Przedstawiają

one gatunki traw i turzyc o zbliżonych parametrach, które znalazły się w spisie florystycznym badanego terenu i wywierają istotny wpływ na kaloryczność danego surowca (tab. 2).

Tabela 2. Wartość energetyczna wybranych gatunków traw i turzyc (średnia 2012–2013)  
Table 2. The energy value of selected species of grasses and sedges (mean of 2012–2013)

L.p	Gatunek trawy Species of grass	Wartość energetyczna plonu Energy value of yield (MJ·kg <sup>-1</sup> s.m.–DM)	Ciepło spalania Heat of combustion (MJ·kg <sup>-1</sup> s.m.–DM)	Popiół Ash (g·kg <sup>-1</sup> s.m.–DM)	Wilgotność Moisture (%)
Trawy – Grasses					
1.	<i>Phalaris arundinacea</i>	18,2 a	19,4 a	6,9 b	7,7 b
2.	<i>Phragmites australis</i>	18,1 a	18,7 b	6,5 b	6,0 a
3.	<i>Festuca arundinacea</i>	16,1 c	17,1 c	7,1 b	6,6 a
4.	<i>Calamagrostis epigejos</i>	17,9 b	18,3 b	–	7,1 b
Turzycy – Sedges					
5.	<i>Carex acutiformis</i>	18,7 a	18,8 b	7,0 b	7,7 b
6.	<i>Carex riparia</i>	16,0 c	17,8 c	12,3 c	9,7 c
7.	<i>Carex gracilis</i>	17,2 b	17,8 c	6,3 b	7,0 b
8.	<i>Carex disticha</i>	17,3 b	19,0 a	7,3 b	9,4 c
9.	<i>Carex flava</i>	17,8 b	19,5 a	4,2 a	8,4 c

\*Źródło: wyniki własne – Source: own research

Wartość energetyczna u poszczególnych gatunków charakteryzowała się dużą rozbieżnością, wśród turzyc od 16,0 MJ·g<sup>-1</sup> s.m. (*Carex riparia*) do 18,7 MJ·kg<sup>-1</sup> s.m. (*Carex acutiformis*), natomiast u traw od 16,1 MJ·kg<sup>-1</sup> (*Festuca arundinacea*) do 18,2 MJ·kg<sup>-1</sup> (*Phalaris arundinacea*).

Ciepło spalania oscylowało w granicach 17,1 MJ·kg<sup>-1</sup> s.m. u *Festuca arundinacea* do 19,5 MJ·kg<sup>-1</sup> s.m. u *Carex flava*. Grupy jednorodne pod względem podziału były zbliżone do grup wartości energetycznej dla poszczególnych gatunków.

Kolejnym analizowanym parametrem była zawartość popiołu, która mieściła się w granicy 4,2–12,3 g·kg<sup>-1</sup> s.m. dla *Carex flava* i *Carex riparia*. Większość gatunków została zaliczona do grupy b, dla której przedział wynosił <12 g·kg<sup>-1</sup> s.m. Ostatnią, bardzo istotną właściwością wpływającą na wykorzystanie biomasy na cele energetyczne była wilgotność wyrażona w procentowej zawartości badanego materiału. Wartości były zróżnicowane, od 6,0 dla trzciny pospolitej do 9,7, którą wykazała turzyca brzegowa.

Przedstawione wyniki wartości energetycznej traw można zestawić z uzyskanymi przez innych autorów: *Phalaris arundinacea* – 19,3 MJ·kg<sup>-1</sup> [Chemey i Verma 2013]; 15,4 MJ·kg<sup>-1</sup> [Czyż i in. 2007]; 17,02 MJ·kg<sup>-1</sup> [Dradrach i in. 2007]; 16,2 MJ·kg<sup>-1</sup> [Rogalski i in. 2008], *Phragmites australis* – 15,9 MJ·kg<sup>-1</sup> [Czyż i in. 2007]; 24,9 MJ·kg<sup>-1</sup> [Rogalski i in. 2008], *Festuca arundinacea* – 15,5 MJ·kg<sup>-1</sup> oraz *Calamagrostis epigejos* – 19,8 MJ·kg<sup>-1</sup> [Rogalski i in. 2008]. Gatunki z rodziny turzyc dawały następującą wartość energetyczną: *Carex acutiformis*

– 17,9 MJ·kg<sup>-1</sup>, *Carex riparia* – 14,3 MJ·kg<sup>-1</sup> [Rogalski i in. 2008], *Carex gracilis* – 16,3 MJ·kg<sup>-1</sup> [Czyż i in. 2007]; 15,2 MJ·kg<sup>-1</sup> [Rogalski i in. 2008].

Poza wartością energetyczną i wilgotnością, na kaloryczność biomasy oddziałuje skład chemiczny, a zwłaszcza zawartość celulozy, ligniny i holocelulozy, która ma istotny wpływ na wartość energetyczną spalanej masy roślinnej [Lieth 1975]. Duży udział celulozy, ligniny oraz holocelulozy powoduje inny sposób zagospodarowania biomasy niż spasanie zwierząt, dlatego wysoka zawartość tych składników w trawach i turzycach znalazła zastosowanie w sektorze energetycznym.

Zawartość podstawowych składników: celulozy, ligniny i holocelulozy, badano i porównywano dla 9 gatunków roślin, z czego 4 należą do rodziny traw, a 5 do rodziny turzyc (tab. 3). Badania podstawowych parametrów wykazały, że ilość związków ekstrahowanych etanolem w analizowanym materiale mieściła się w zakresie od 5,1% (*Calamagrostis epigejos*) do 17,7% (*Carex flava*). Zawartość celulozy dla traw kształtowała się w granicach od 32,6% (*Phalaris arundinacea*) do 40,3% (*Calamagrostis epigejos*), inaczej u turzyc od 35,7% (*Carex disticha*) do 46,2% (*Carex riparia*); średnio gatunki z obu grup mieściły się w przedziale poniżej 40%. Udział ligniny obejmował zakres od 19,2% (*Calamagrostis epigejos*) do 24,6% (*Phalaris arundinacea*), a u turzyc 15,7% (*Carex flava*) do 28,1% (*Carex riparia*). Wartość holocelulozy dla gatunków z rodzaju *Carex* wynosiła od 50,5% (*Carex disticha*) do 65% (*Carex gracilis*), natomiast u traw od 52,4% (*Phalaris arundinacea*) do 68,1% (*Calamagrostis epigejos*).

Tabela 3. Zawartość podstawowych składników w biomacie z traw i turzyc w % s.m. (średnia 2012–2013)  
Table 3. Contents of basic components in grasses and sedges biomass in DM % (mean of 2012–2013)

L.p.	Gatunek Species	Parametry – Parameters			
		Subst. ekstrakcyjne Extractives	Celuloza Cellulose	Lignina Lignin	Holoceluloza Holocellulose
Trawy – Grasses					
1.	<i>Phalaris arundinacea</i>	11,6	32,6	24,6	52,4
2.	<i>Phragmites australis</i>	5,4	39,3	23,6	66,5
3.	<i>Festuca arundinacea</i>	–	33,4	23,6	54,7
4.	<i>Calamagrostis epigejos</i>	5,1	40,3	19,2	68,1
Turzycy – Sedges					
5.	<i>Carex acutiformis</i>	12,7	37,4	20,3	54,6
6.	<i>Carex riparia</i>	9,7	46,2	28,1	56,0
7.	<i>Carex gracilis</i>	16,4	36,5	23,6	65,0
8.	<i>Carex disticha</i>	13,6	35,7	19,1	50,5
9.	<i>Carex flava</i>	17,7	40,6	15,7	65,4

Źródło: wyniki własne – Source: own research

Istotnym celem wykorzystania zbiorowiska danego gatunku lub grupy zbiorowisk na cele energetyczne jest ich plonowanie, zależne głównie od warunków siedliskowych [Czyż i in. 2007, Dradrach i in. 2007, Grzelak 2009, 2010, Grzelak i in. 2011, Schittenhelm i in. 2005,

Taube i in. 2007]. Największym plonowaniem z wymienionych gatunków traw i turzyc charakteryzowała się trzcina pospolita, której średni plon wyniósł 11,43 t·ha<sup>-1</sup>, natomiast najniżej plonowała turzyca żółta oraz trzcinnik piaskowy dając średnio w kolejności 4,8 i 4,9 t·ha<sup>-1</sup> (tab. 4). Reszta gatunków plonowała na zbliżonym poziomie od 5,8 do 8,7 t·ha<sup>-1</sup>. Biorąc pod uwagę Lwu i wartość użytkową badanych gatunków traw i turzyc, można stwierdzić jednoznacznie, że turzyce: *C. acutiformis*, *C. gracilis*, *C. ripariae*, *C. disticha* oraz *C. flava* są gatunkami o ubogiej wartości charakteryzując się niskim Lwu w kolejności od 1,5 do 2,3. Wśród traw ubogą wartością cechuje się trzcina pospolita (Lwu = 2,9), mierną trzcinnik piaskowy (Lwu = 3,1), natomiast dobrą wartość użytkową przedstawia mozga trzciniowata (Lwu = 6,3) oraz kostrzewa trzciniowa (Lwu = 7,7). Warto wspomnieć, że wskaźnik dobrej wartości mieści się w przedziale Lwu = 6,1–8,0 [Filipek 1973].

Tabela 4. Plonowanie (t·ha<sup>-1</sup>) i wartość użytkowa (Lwu) różnych gatunków traw i turzyc (średnia 2012–2013)

Table 4. Yielding (t·ha<sup>-1</sup>) and use value (Uvn) of different species grasses and sedges (mean of 2012–2013)

Gatunek Species	Pokos – Cutting			Średnio Mean	Wartość użytkowa Fodder value	
	I	II	III		Lwu – Uvn	Wartość – Value
Trawy – Grasses						
<i>Phalaris arundinacea</i>	7,7	7,9	7,9	7,8	6,3	dobra – good
<i>Phragmites australis</i>	10,8	11,8	11,7	11,4	2,9	uboga – poor
<i>Festuca arundinacea</i>	6,1	6,0	6,0	6,0	7,7	dobra – good
<i>Calamagrostis epigejos</i>	4,9	–	–	4,9	3,1	mierna – mediocre
Turzyce – Sedges						
<i>Carex acutiformis</i>	7,8	8,5	7,9	8,1	1,5	uboga – poor
<i>Carex ripariae</i>	8,6	8,7	–	8,7	1,7	uboga – poor
<i>Carex gracilis</i>	7,7	7,9	7,6	7,7	1,9	uboga – poor
<i>Carex disticha</i>	5,8	–	–	5,8	2,1	uboga – poor
<i>Carex flava</i>	4,8	4,8	4,9	4,8	2,3	uboga – poor

\*Źródło: wyniki własne – Source: own research

## WNIOSKI

1. Poszczególne zbiorowiska roślinne z dominacją traw i turzyc różniły się wartością energetyczną, ciepłem spalania, wilgotnością oraz zawartością popiołu.
2. Głównymi czynnikami decydującymi o wykorzystaniu traw i turzyc na cele energetyczne jest duża zawartość celulozy, ligniny i holocelulozy.
3. Plonowanie zbiorowisk roślinnych pochodzących z łąk ekstensywnie użytkowanych zależy głównie od ich naturalnego potencjału plonotwórczego oraz kształtujących je warunków siedliskowych.

4. Zbiorowiska turzycowe charakteryzują się ubogą roślinnością o wartości Lwu od 1,5 do 2,3, natomiast trawiaste wyraźnie wyższą, zwłaszcza mozga trzcinowata (Lwu = 6,3) oraz kostrzewa trzcinowa (Lwu = 7,7).
5. Ze względu na wysoką wartość energetyczną i ciepło spalania, wysokie plonowanie, niską zawartość popiołu, ubogą wartość użytkową oraz małą wilgotność, najlepszymi parametrami energetycznymi cechuje się zbiorowisko z dominacją trzciny pospolitej.
6. Najniższą wartością opałową oraz ciepłem spalania ze wszystkich badanych gatunków traw i turzyc odznaczało się zbiorowisko z dominacją kostrzewy trzcinowej, pomimo dobrej wartości użytkowej oraz niskiej wilgotności i zawartości popiołu.

## PIŚMIENNICTWO

- Chemey J. H., Verma V. K. 2013. Grass pellet Quality Index: A tool to evaluate suitability of grass pellets for small scale combustion systems. *Applied Energy* 103: 679–684.
- Czyż H., Kitzczak T., Stelmaszyk A. 2007. Wartość paszowa, przyrodnicza i energetyczna polderowych użytków zielonych wyłączonych z działalności rolniczej. *Łąk. Pol./Grassl. Sci. Poland* 10: 21–27.
- Dradrach A., Gąbka D., Szlachta J., Wołski K. 2007. Wartość energetyczna kilku gatunków traw uprawianych na glebie lekkiej. *Łąk. Pol./Grassl. Sci. Poland* 10: 29–35.
- Filipek J. 1973. Projekt klasyfikacji roślin łąkowych i pastwiskowych na podstawie liczb wartości użytkowej. *Post. Nauk Rol.* 4: 59–68.
- Grzelak M. 2009. Plonowanie szuwaru mozgowego oraz skład chemiczny i wartość energetyczna mozgi trzcinowatej. *Fragm. Agron.* 26(4): 38–45.
- Grzelak M. 2010. Wartość gospodarcza biomasy szuwarów wieloturzycowych z ekologicznych użytków zielonych. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 55(3): 95–98.
- Grzelak M., Kaczmarek Z., Gajewski P. 2012. Zróżnicowanie florystyczne i glebowe ekologicznych zbiorowisk łąkowych na glebach organicznych. *Poznań. J. Res. Appl. Agric. Eng.* 57(3): 142–146.
- Grzelak M., Waliszewski A. B., Speak-Dźwigala A. 2010. Wartość energetyczna peletu z łąk nadnoteckich ekstensywnie użytkowanych. *Nauka Przyr. Technol.* 4(1), #11.
- Grzybek A., Gradziuk P., Kowalczyk K. 2001. Słoma – energetyczne paliwo. *Wyd. Wieś Jutra, Warszawa*: ss.71.
- Harkot W., Warda M., Sawicki J., Lipińska T., Wyłupek T., Czarnecki Z., Kulik M. 2007. Możliwości wykorzystania runi łąkowej do celów energetycznych. *Łąk. Pol./Grassl. Sci. Poland* 10: 59–67.
- Księżak J., Faber A. 2007. Ocena możliwości pozyskiwania biomasy z mozgi trzcinowatej na cele energetyczne. *Łąk. Pol./Grassl. Sci. Poland* 10: 141–148.
- Kubica K., Ściążko M., Raińczak J. 2003. Współspalanie biomasy z węglem (Co-combustion of coal and biomass). *Proceed. 27 Conference: Energy and Energy sources in domestic economy. Zakopane, 5–8 października 2003.*
- Lieth H. 1975. Measurement of Caloric Values. In: Lieth H., Whittaker R. (ed.), *Primary productivity of the biosphere.* Springer Verlag, New York. 119–129.
- Niedziółka I., Zuchniarz A. 2006. Analiza energetyczna wybranych rodzajów biomasy pochodzenia roślinnego. *Motoryzacja Energ. Rol.* 8A: 232–237.
- Rogalski M., Sawicki B., Bajonko M., Wieczorek A. 2005. Wykorzystanie rodzimych gatunków traw jako odnawialnych źródeł energii. *Monogr. (red. M. Ciaciura). Wyd. Optimex Szczecin.* 15–25.
- Rogalski M., Wieczorek A., Szenejko M., Kamińska A., Miłek E. 2008. Możliwości wykorzystania ekstensywnie użytkowanych łąk nadmorskich do celów energetycznych, *Łąk. Pol./Grassl. Sci. Poland* 11: 177–184.
- Schittenhelm S., Weiland P., Sourell H. 2005. Einfluss der Wasserversorgung auf den Biomasse- und Biogas-ertrag von Energiemais. *Mitteilungen AGGF* 17: 114–115.

- Taube F., Hermann A., Pötsch E.M. 2007. What are the consequences of producing energy crops in the European Union for grassland renovation and few forage production systems? *Grassl. Sci. Europe* 12: 463–471.
- Winkler L., Trzaskoś M., Kamińska G., Malinowski R. 2007. Charakterystyka i rozmieszczenie zbiorowisk roślinnych o potencjalnej wartości energetycznej z siedlisk silnie wilgotnych i mokrych Kostrzyneckiego Rozlewiska. *Łąk. Pol./Grassl. Sci. Poland* 10: 185–204.

M. MURAWSKI, M. GRZELAK, B. WALISZEWSKA, A. KNIOLA, W. CZEKALA

### ENERGY VALUE AND YIELDING FROM EXTENSIVELY USED MEADOWS

#### Summary

Investigations concerned energy value and yield of biomass in 9 plant species, belonging to the family of grasses and sedges coming from extensively managed meadows in the Czarnków-Trzcianka county in the Wielkopolska province. It was found that energy value and gross calorific value are definitely influenced by the moisture content and elemental composition of biomass: contents of cellulose, lignin and holocellulose. Results of analyses conducted at the Institute of Chemical Wood Technology, the Poznań University of Life Sciences showed varied energy value ranging from 16.1 MJ·kg<sup>-1</sup> to 18.7 MJ·kg<sup>-1</sup>, gross calorific value, contents of basic biomass components as well as yielding and fodder value.

**Key words:** energy value of yield, renewable energy sources, extensively used, biomass

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 15.01.2015

Do cytowania – *For citation*:

Murawski M., Grzelak M., Waliszewska B., Kniola A., Czekala W. 2015. Wartość energetyczna i plonowanie łąk ekstensywnie użytkowanych. *Fragm. Agron.* 32(2): 71–78.