

Możliwości wykorzystania runi łąkowej do celów energetycznych

W. HARKOT¹, M. WARDA¹, J. SAWICKI¹, H. LIPIŃSKA¹, T. WYŁUPEK²,
Z. CZARNECKI¹, M. KULIK¹

¹*Katedra Łąkarstwa i Kształtowania Krajobrazu*, ²*Katedra Biologii Roślin,*
Wydział Nauk Rolniczych w Zamościu, Akademia Rolnicza w Lublinie

The possibility of meadow sward use for energy purposes

Abstract. Recently, considerable areas of grassland have been receiving various direct farm subsidies. As a result of the implementation of the Agri-Environment Scheme, especially packages for extensive meadow and pasture utilization, the obtained biomass is low-quality fodder, which requires finding other uses for it. Using meadow sward for energy purposes is one of the possible options. Initial research in this respect was conducted in 2006 and 2007 on grasslands of south-eastern Poland and they indicated that meadow plants can be used for energy purposes. The added advantage of the plant material under study is that it is environment-friendly and renewable.

Key words: meadow sward, energy purposes

1. Wstęp

W ostatnich latach znaczne powierzchnie użytków zielonych zostały objęte różnymi dopłatami bezpośrednimi. W następstwie realizacji programu rolnośrodowiskowego, a zwłaszcza pakietów dotyczących ekstensywnej gospodarki łąkowo-pastwiskowej, pozyskiwana biomasa wykazuje niską wartość paszową, dlatego jest konieczne inne jej zagospodarowanie (JEŻOWSKI, 2003; MINISTERSTWO ROLNICTWA I ROZWOJU WSI, 2006; Agencja restrukturyzacji i modernizacji rolnictwa, 2007). Również na skutek różnych czynników, głównie takich jak brak melioracji oraz mała opłacalność produkcji zwierzęcej, spadło zapotrzebowanie na paszę pastwiskową i siano, co w konsekwencji przyczyniło się do zmniejszenia produkcji oraz pojawienia się nieużytkowanych łąk i pastwisk. Jedną z możliwości jest wykorzystanie roślinności zbiorowisk łąkowych do celów energetycznych (KOŚCIK i wsp., 2003; SZCZUKOWSKI i wsp., 2001; SZCZUKOWSKI i TWORKOWSKI, 2003). Przemysłowe wykorzystanie biomasy roślin uprawnych wymaga wiedzy o możliwych do uzyskania plonach w celu zapewnienia systematycznych dostaw surowca dla przemysłu (STOLARSKI i wsp., 2006; SULIMA, 2006). Stąd, ocena właściwości energetycznych, głównie ciepła spalania i wartości opałowej, ale również zawartości chloru i siarki jest niezmiernie ważna, bowiem czynniki te wywie-

rają duży wpływ na warunki technologiczne procesu przerobu i jakość uzyskanego produktu.

Celem pracy jest przedstawienie możliwości wykorzystania roślinności zbiorowisk łąkowych do celów energetycznych.

2. Materiał i metody

Badania prowadzono w latach 2006-2007 na użytkach zielonych południowo-wschodniej Polski. W 2006 roku pobrano próbki runi łąkowej z wybranych siedlisk Padołu Zamojskiego, Roztocza i Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego (tab. 1). Skład gatunkowy szuwaru z *Carex gracilis* oraz runi z łąki 1- i 3-kośnej określono na podstawie analiz botaniczno-wagowych siana. Ponadto z runi łąki w Sosnowicy pobrano próbki następujących gatunków traw (w fazie pełni kłoszenia): *Dactylis glomerata*, *Phalaris arundinacea*, *Festuca arundinacea*, *Bromus inermis*, *Arrhenatherum elatius*, *Calamagrostis epigejos* i *Phragmites australis*, natomiast z szuwaru próbki *Carex gracilis*.

Tabela 1. Pochodzenie i skład gatunkowy runi łąkowej
Table 1. Origin and species composition of meadow sward

Region Region	Obiekt Object	Roślinność Vegetation	Skład gatunkowy Species composition
Padół Zamojski Zamość Depression	1	szuwar z <i>Carex gracilis</i> rush with <i>Carex gracilis</i>	<i>Scirpus silvaticus</i> 34,1%; <i>Carex gracilis</i> 25,6%; <i>Glyceria maxima</i> 12,4%, pozostałe – other 27,9%
	4	<i>Carex gracilis</i>	100%
Roztocze Roztochia	2	siano z łąki 1-kośnej hay of 1-cut meadow	<i>Phalaris arundinacea</i> 33,2%; <i>Poa pratensis</i> 19,2%; <i>Bromus inermis</i> 15,2%; pozostałe – other 32,4%
Pojezierze Łęczyńsko-Włodawskie – Sosnowica Łęczyńsko-Włodawskie Lake District – Sosnowica	3	siano z łąki 3-kośnej hay of 3-cut meadow	<i>Poa pratensis</i> 59,8%; <i>Alopecurus pratensis</i> 19,2%; pozostałe – other 21,0%
	5	<i>Dactylis glomerata</i>	100%
	6	<i>Phalaris arundinacea</i>	100%
	7	<i>Festuca arundinacea</i>	100%
	8	<i>Bromus inermis</i>	100%
	9	<i>Arrhenatherum elatius</i>	100%
	10	<i>Calamagrostis epigejos</i>	100%
11	<i>Phragmites australis</i>	100%	

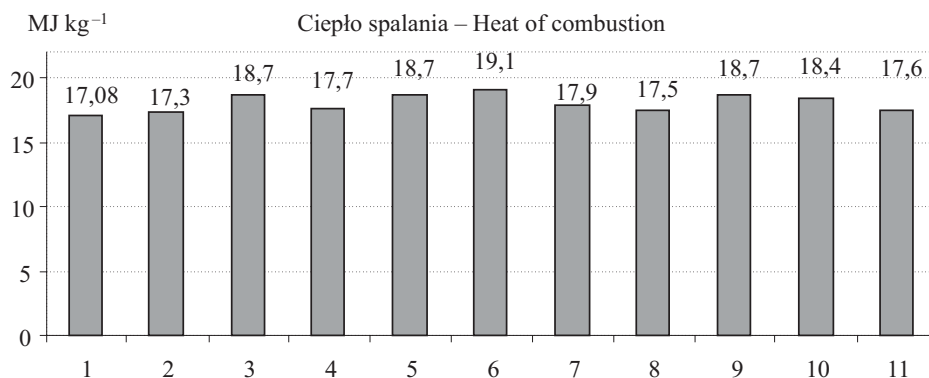
Materiał roślinny poddano analizom w Laboratorium TL Elektrociepłowni Elbląg, gdzie oznaczono średnią wartość z 4 powtórzeń:

- ciepło spalania (MJ kg^{-1}) – PN-81/G-04513
- wartość opałową (MJ kg^{-1})
- substancję palną (%)

- zawartość popiołu (%) – PN-ISO 1171
- zawartość siarki całkowitej (%) – PN-G-04584
- zawartość chloru (%) – PN-ISO 587 pkt. 7.2.1.
- zawartość węgla (%) – PN-G-04571

3. Wyniki i dyskusja

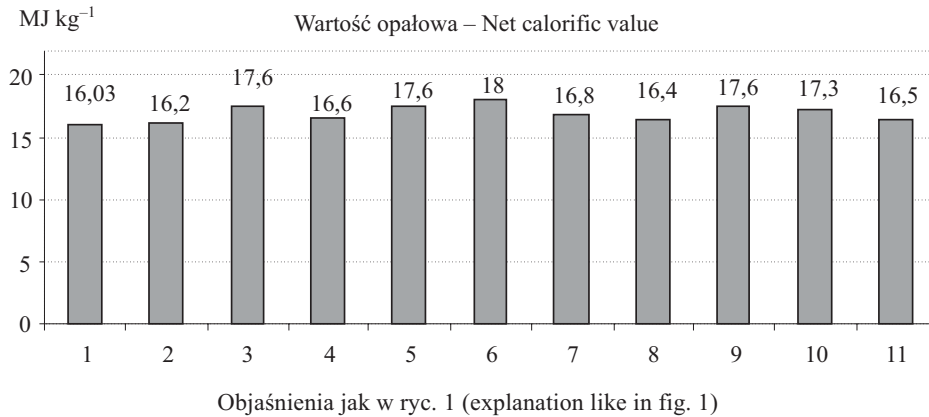
Ciepło spalania badanego materiału roślinnego wahało się w granicach od 17,08 (szuwar z *Carex gracilis*) do 19,11 MJ kg⁻¹ s.m. (*Phalaris arundinacea*) (ryc. 1), zatem było wyższe od ciepła spalania *Sida hermaphrodita* (SZCZUKOWSKI i wsp., 2006) wynoszącego 11,91-14,46 MJ kg⁻¹ s.m., zaś zbliżone do ciepła spalania *Salix* ssp. – 18,6-19,6 MJ kg⁻¹ s.m. (MACPHERSON, 1995).



Objaśnienia – Explanations: 1. szuwar z *Carex gracilis* – rush with *Carex gracilis*; 2. siano z łąki 1-kośnej – hay of 1-cut meadow; 3. siano z łąki 3-kośnej – hay of 3-cut meadow; 4. *Carex gracilis*; 5. *Dactylis glomerata*; 6. *Phalaris arundinacea*; 7. *Festuca arundinacea*; 8. *Bromus inermis*; 9. *Arrhenatherum elatius*; 10. *Calamagrostis epigejos*; 11. *Phragmites australis*

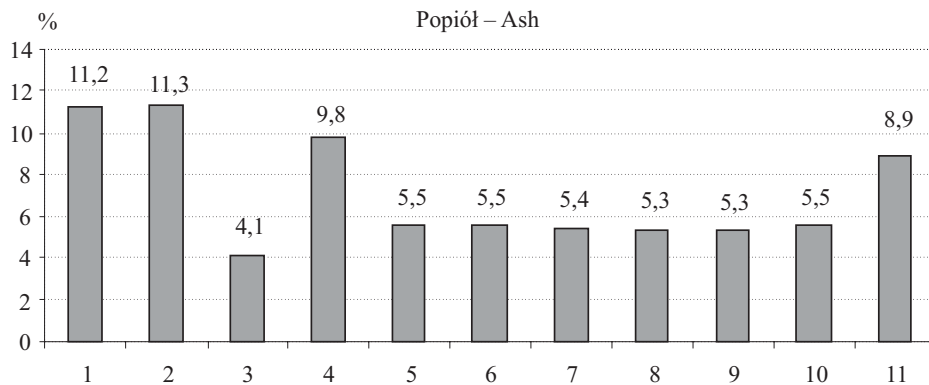
Ryc. 1. Ciepło spalania badanej roślinności (MJ kg⁻¹)
Fig. 1. Heat of combustion of tested vegetation (MJ kg⁻¹)

Wartość opałowa badanego materiału roślinnego kształtowała się w zakresie od 16,0 MJ kg⁻¹ (szuwar z *Carex gracilis*) do 18,0 MJ kg⁻¹ (*Phalaris arundinacea*) (ryc. 2). Wyższą wartością opałową (17,3-18,0 MJ kg⁻¹) charakteryzowało się siano z łąki 3-kośnej, *Dactylis glomerata*, *Phalaris arundinacea*, *Arrhenatherum elatius* i *Calamagrostis epigejos*, zaś niższą (16,0-16,5 MJ kg⁻¹) *Carex gracilis*, siano z łąki 1-kośnej, *Bromus inermis* i *Phragmites australis*. Zatem wartość opałowa badanego materiału roślinnego była zbliżona do wartości opałowej obcych gatunków traw, takich jak: *Miscanthus sacchariflorus* (19,0 MJ kg⁻¹), *Spartina pectinata* (16,8 MJ kg⁻¹), *Andropogon gerardi* (17,1 MJ kg⁻¹), wykorzystywanych do celów energetycznych (SAWICKI i KOŚCIK, 2003).

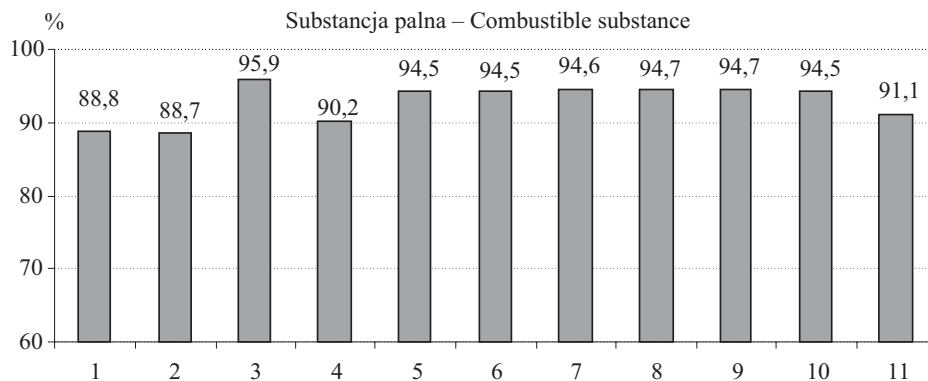


Ryc. 2. Wartość opałowa badanej roślinności (MJ kg⁻¹)
 Fig. 2. Net calorific value of tested vegetation (MJ kg⁻¹)

Zawartość popiołu w materiale roślinnym była bardziej zróżnicowana niż ciepło spalania i jego wartość opałowa. Mniejszą zawartością popiołu (4,1-5,5%) wyróżniało się siano z łąki 3-kośnej oraz *Dactylis glomerata*, *Phalaris arundinacea*, *Festuca arundinacea*, *Bromus inermis*, *Arrhenatherum elatius* i *Calamagrostis epigejos*. Z kolei wysoką zawartość popiołu (8,9-11,3%) stwierdzono w: *Carex gracilis*, *Phragmites australis*, szuwarze z *Carex gracilis* i sianie z łąki 1-kośnej (ryc. 3). W badaniach przeprowadzonych przez SAMSON i in. (2000), zawartość popiołu, pozostającego po spaleniu siana z *Phalaris arundinacea* wynosiła 6,3%, a z *Phragmites australis* 7,5%. Zawartości te były nawet kilkakrotnie wyższe niż w słomie gatunków pochodzących z siedlisk kserotermicznych, takich jak *Spartina pectinata* (1,6%), *Panicum virgatum* (1,7%), *Andropogon gerardi* (1,8%) i *Miscanthus sinensis* (2,0%). Pod względem zawartości popiołu słoma z gatunków



Ryc. 3. Zawartość popiołu w badanej roślinności (%)
 Fig. 3. Ash content in tested vegetation (%)



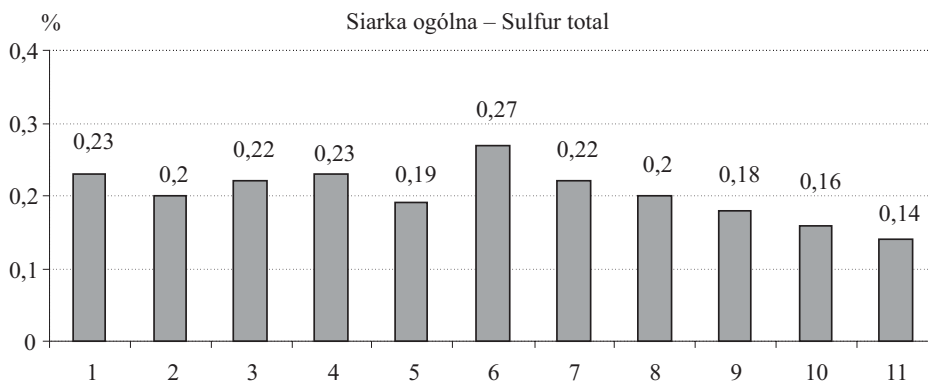
Objaśnienia jak w ryc. 1 (explanation like in fig. 1)

Ryc. 4. Zawartość substancji palnej w badanej roślinności (%)
Fig. 4. Content of combustible substance in tested vegetation (%)

kserotermicznych jest porównywalna do biomasy uzyskanej z plantacji szybko rosnących drzew i *Sida hermafrodita* (BORKOWSKA i STYK, 2006; DENISIUK, 2006).

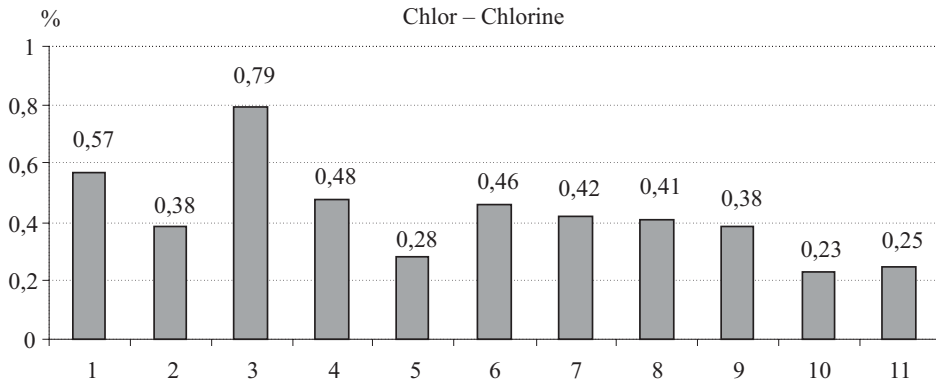
Najniższą zawartość substancji palnej odnotowano w sianie z łąki 1-kośnej (88,7%) oraz w roślinności szuwarowej (88,8%), natomiast najwyższą zawartością odznaczało się siano z łąki 3-kośnej (95,9%) oraz gatunki traw (94,5-94,7%): *Dactylis glomerata*, *Phalaris arundinacea*, *Festuca arundinacea*, *Bromus inermis*, *Arrhenatherum elatius* i *Calamagrostis epigejos* (ryc. 4).

Najniższą zawartością siarki (0,14-0,19%) wyróżniły się *Phragmites australis*, *Calamagrostis epigejos*, *Arrhenatherum elatius* i *Dactylis glomerata* (ryc. 5). Natomiast w pozostałych próbach roślinnych zawartość siarki była wyższa (0,20-0,27%). Zdaniem



Objaśnienia jak w ryc. 1 (explanation like in fig. 1)

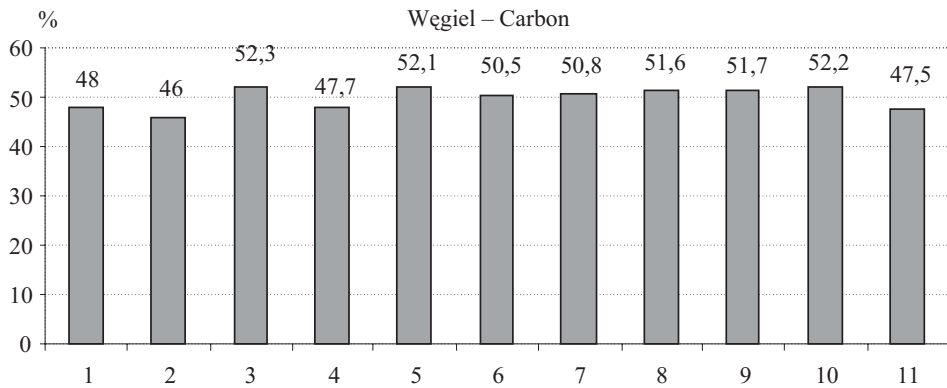
Ryc. 5. Zawartość siarki ogólnej w badanej roślinności (%)
Fig. 5. Content of sulfur total in tested vegetation (%)



Objaśnienia jak w ryc. 1 (explanation like in fig. 1)

Ryc. 6. Zawartość chloru w badanej roślinności (%)

Fig. 6. Chlorine content in tested vegetation (%)



Objaśnienia jak w ryc. 1 (explanation like in fig. 1)

Ryc. 7. Zawartość węgla w badanej roślinności (%)

Fig. 7. Carbon content in tested vegetation (%)

FALKOWSKIEGO i wsp. (1990) zawartość siarki w trawach mieści się najczęściej w granicach od 0,2 do 0,8%.

Ważnym parametrem przy ocenie wartości energetycznej biomasy jest zawartość chloru, którego obecność wpływa na eksploatację systemów grzewczych, gdyż przyspiesza korozję pieców. Zawartość chloru w badanym materiale roślinnym była bardzo zróżnicowana. Najniższą zawartością chloru wyróżniły się *Calamagrostis epigejos* (0,23%), *Phragmites australis* (0,25%) i *Dactylis glomerata* (0,28%), a także stosunkowo niską siano z łąki 1-kośnej i *Arrhenatherum elatius* (0,38%). Uwagę zwraca wysoka zawartość chloru w sianie z łąki 3-kośnej (0,79%). Z literatury wynika bowiem, że w wyniku opóźnienia zbioru biomasy spada w niej zawartość chloru (KRISTENSEN, 2003).

Zawartość węgla w badanym materiale roślinnym, podobnie jak w przypadku wartości opałowej i ciepła spalania była mało zróżnicowana. Niższą zawartość tego składnika (46,0- 48,0%) zawierał szuwar z *Carex gracilis*, a także *Carex gracilis*, siano z łąki 1-kośnej i *Phragmites australis*, zaś na pozostałych obiektach zawartość węgla była wyższa i kształtowała się w zakresie 50,5-52,3% (ryc. 7).

4. Wnioski

- Badana roślinność łąkowa była bardziej zróżnicowana pod względem zawartości popiołu, siarki i chloru niż wartości opałowej, ciepła spalania i zawartości węgla.
- Ciepło spalania badanego materiału roślinnego kształtowało się w granicach od 17,08 (szuwar z *Carex gracilis*) do 19,11 MJ kg⁻¹ (*Phalaris arundinacea*) i było zbliżone do ciepła spalania *Salix* spp. (18,6-19,6 MJ kg⁻¹), zaś wyższe od ciepła spalania *Sida hermaphrodita* (11,91-14,46 MJ kg⁻¹).
- Najlepszymi właściwościami energetycznymi (ciepło spalania i wartość opałowa) odznaczała się *Phalaris arundinacea*.
- Niską zawartością chloru wyróżniały się *Dactylis glomerata*, *Calamagrostis epigejos* i *Phragmites australis*.

Literatura

- AGENCJA RESTRUKTURYZACJI I MODERNIZACJI ROLNICTWA, 2007. Płatności do upraw roślin energetycznych w 2007 roku, ss. 10.
- BORKOWSKA H., STYK B., 2006. Ślázowiec pensylwański (*Sida hermaphrodita* Rusby). Uprawa i wykorzystanie. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie, ss. 69.
- DENISIUK, 2006. Energia roślinna jako źródło surowców energetycznych. Inżynieria Rolnicza, 5 (80), 123-131.
- FALKOWSKI M., KUKUŁKA I., KOZŁOWSKI S., 1990. Właściwości chemiczne roślin łąkowych. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu, ss. 112.
- JEŻOWSKI S., 2003. Rośliny energetyczne – produktywność oraz aspekt ekonomiczny, środowiskowy i socjalny ich wykorzystania jako ekobiopaliwa. Postępy Nauk Rolniczych, 3, 61-73.
- MACPHERSON G., 1995. Home-Grown energy from short rotation coppice. Farming Press North America, 214.
- MINISTERSTWO ROLNICTWA I ROZWOJU WSI, 2006. Chrońmy mokradła. Pakiety Przyrodnicze Programu Rolnośrodowiskowego 2007-2013, czyli jak rolnik może chronić przyrodę i zarabiać pieniądze, ss. 12.
- KOŚCIK B. (red.), 2003. Rośliny energetyczne. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie, ss. 146.

- KRISTENNSSEN E.F., 2003. Harvesting and handling of miscanthus – Danish experiences. Proceedings of the 1st Meeting of IEA-Bioenergy Task 30, Denmark, September 22-25, 2001. In: Jørgensen U & T. Verwijst (eds.), DIAS report – Plant production, 86, 41-46.
- SAMSON R., DUXBURY P., MULKINS L., 2000. Research and development of fibre crops in cool season regions of Canada. Proceedings of the final conference COST Action 814 “Crop development for the cool and wet regions of Europe”, Pordenone, Italy, 555-565.
- SAWICKI B., KOŚCIK K., 2003. Trawy i zbiorowiska trawiaste. W: KOŚCIK B. (red.) Rośliny energetyczne. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie, 111-135.
- STOLARSKI M., WRÓBLEWSKA H., SZCZUKOWSKI S., TWORKOWSKI J., KWIATKOWSKI J., CICHY W., 1996. Charakterystyka biomasy wierzby i ślazuca pensylwańskiego jako potencjalnego surowca przemysłowego. *Fragmenta Agronomica*, 3, 277-289.
- SULIMA P., PRZYBOROWSKI J.A., STOLARSKI M., 2006. Ocena przydatności wybranych gatunków wierzby do celów energetycznych. *Fragmenta Agronomica*, 3, 290-299.
- SZCZUKOWSKI S., TWORKOWSKI J., PIECHOCKI J., 2001. Nowe trendy wykorzystania biomasy pozyskiwanej na gruntach rolniczych do wytwarzania energii. *Postępy Nauk Rolniczych*, 6, 87-96.
- SZCZUKOWSKI S., TWORKOWSKI J., 2003. Produkcja wieloletnich roślin energetycznych w regionie Warmii i Mazur – Stan aktualny i perspektywy. *Postępy Nauk Rolniczych*, 3, 75-84.
- SZCZUKOWSKI S., KOŚCIK B., KOWALCZYK-JUŚKO A., TWORKOWSKI J., 2006. Uprawa i wykorzystanie roślin alternatywnych na cele energetyczne. *Fragmenta Agronomica*, 3, 300-315.

The possibility of meadow sward use for energy purposes

W. HARKOT¹, M. WARDA¹, J. SAWICKI¹, H. LIPIŃSKA¹, T. WYŁUPEK², Z. CZARNECKI¹,
M. KULIK¹

¹*Department of Grassland and Landscape Forming,* ²*Department of Plant Biology,*
Faculty of Agricultural Sciences in Zamosc, Agricultural University of Lublin

Summary

The aim of this study is to present the possibility of meadow sward use to energy purposes. Initial research in this respect was conducted in 2006 and 2007 on grasslands of south-eastern Poland (the Zamość Depression, Roztochia and the Łęczyńsko-Włodawskie Lake District – Sosnowica). In 2006 samples of rush with *Carex gracilis*, hay of 1-cut and 3-cut meadow as well as samples of *Carex gracilis* and selected grass species (*Dactylis glomerata*, *Phalaris arundinacea*, *Festuca arundinacea*, *Bromus inermis*, *Arrhenatherum elatius*, *Calamagrostis epigejos*, *Phragmites australis*) were collected and analysed at the TL Laboratory of a power and heat-generating plant, Elektrociepłownia Elbląg. The content of ash, combustible substance, total sulphur, chlorine and carbon as well as the heat of combustion and calorific value were determined in the plant material. The initial researches indicated that meadow plants can be used for energy purposes. The heat of combustion of the plant material under study ranged from 17.08 to 19.11 MJ kg⁻¹,

exceeding the heat of combustion of *Sida hermaphrodita* that amounted to 11.0 MJ kg⁻¹ and approximating the heat of combustion of *Salix* ssp.

Recenzent – Reviewer: *Stanisław Kozłowski*

Adres do korespondencji – Address for correspondence:

Prof. dr hab. Wanda Harkot

Katedra Łąkarstwa i Kształtowania Krajobrazu, Akademia Rolnicza w Lublinie

ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin

tel. (081) 445-67-24

e-mail: wanda.harkot@ar.lublin.pl