

Możliwości wykorzystania ekstensywnie użytkowanych łąk nadmorskich do celów energetycznych

M. ROGALSKI, A. WIECZOREK, M. SZENEJKO, A. KAMIŃSKA, E. MIŁEK

Katedra Ekologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Szczeciński

Possibilities for utilisation of extensively used coastal meadows for energy purposes

Abstract. The results of studies on the energy value of selected native plants, mainly grass species that occur in natural, extensively used communities of coastal meadows are presented. An attempt was taken up to evaluate the energy value of selected species that prevail in plant communities covering neglected large-area meadows situated by the Szczecin Lagoon, e.i. (*Phragmitetum australis*, *Phalaridetum arundinaceae*) and large-sedge reedbeds (*Caricetum acutiformis*, *Caricetum gracilis*, *Caricetum ripariae*), molinion meadows (*Molinietum coeruleae*), pastures with the common rush (*Epilobio-Juncetum effusi*), and tufted hair grass (*Deschampsietum caespitosae*) and common velvet grass meadows (*Holcetum lanati*). The caloric value as well as crude ash content, fibre neutral and acid fractions and lignin and cellulose contents were determined. From among the examined species, the common reed proved to be particularly useful for production of bio-fuels. This species, as well as the wood small-reed, is also suitable for use as combustible material, since the caloric value of these grasses is similar to hard coal.

Key words: coastal meadows, calorificity, biofuel

1. Wstęp

Działania na rzecz ochrony środowiska to jedna z głównych przyczyn zwrócenia w ostatnich czasach szczególnej uwagi na poszukiwanie odnawialnych źródeł energii (GRADZIUK, 2003). Okazuje się, że wykorzystanie biomasy niektórych gatunków roślin jest trafną alternatywą dla stosowanych dotychczas surowców energetycznych, których pozyskiwanie i przetwarzanie było i jest nadal głównym źródłem zanieczyszczenia środowiska (SAWICKI, 1995). W naszym kraju takie odnawialne, przyjazne środowisku, surowce energetyczne próbuje się pozyskać poprzez szersze wykorzystanie polskiego rolnictwa (JELINOWSKA, 1998; NALBORCZYK, 1996). Szczególnie obiecujące są eksperymenty z szybko rosnącymi krzewiastymi wierzbami, rzepakiem, zbożami, ślazowcem pensylwańskim, topinamburem czy też obcymi gatunkami traw (DUBAS, 2003; MAJTKOWSKA i MAJTKOWSKI, 2003; MAJTKOWSKI, 1998; SULIMA i wsp., 2006; SZCZUKOWSKI i wsp., 2006). Materiały roślinne pobierane z tych gatunków są niezwykle przydatne jako źródła surowców dla energetyki cieplnej i w pozyskiwaniu ekologicznych paliw.

Na szczególny fakt zasługuje nie tylko możliwość ich odnowy, ale również niemal zerowa emisja zanieczyszczeń, głównie ze względu na niską zawartość siarki w stonku do węgla oraz ciągłe zużycie CO₂ w procesie fotosyntezy (SAWICKI, 1995; SAWICKI i KOŚCIK, 2003). Poszukując odnawialnych źródeł energii, sprowadza się do Europy, w tym także do Polski, obce gatunki roślin uprawnych, między innymi z rodziny *Poaceae* (MAJTKOWSKI, 1998). Gatunki te, uprawiane w odmiennych od naturalnych, warunkach klimatyczno-glebowych, oprócz wielu zalet, trafiają często na różne ograniczenia (MARTYN, 2003; SAWICKI i KOŚCIK, 2003). Mogą też stanowić zagrożenie dla flory rodzimej, czego przykładem jest uprawa *Miscanthus sacchariflorus* (KOCHANOWSKA i GAMRAT, 2007).

W ostatnich latach coraz więcej zainteresowania poświęca się roli naturalnych i semi-naturalnych zbiorowisk łąkowych siedlisk marginalnych, w ochronie przyrody i środowiska (MARTYN, 2003; ROGALSKI i wsp., 2005). Do tego rodzaju użytków zielonych należą, podlegające wpływowi wód słonawych, łąki nadmorskie. Na terenie Pomorza Zachodniego, zajmują one powierzchnię ponad 1000 km², co stanowi, w zależności od mezoregionu 40 do 60% powierzchni ogólnej. Na Pobrzużu Szczecińskim i Koszalińskim dominują łąki zmienno-wilgotne (50–60%), łąki świeże to 10 do 20% użytków zielonych, a turzycowiska i szuwary stanowią około 13%. W większości są to tereny zaniedbane, na których postępuje degradacja siedlisk łąkowych, wyrażająca się między innymi ekspansją gatunków synantropijnych, kosztem wartościowych roślin łąkowych (KOCHANOWSKA i wsp., 2007).

Dla utrzymania ekologicznych walorów takich biocenoz, stosownie do zaleceń programów rolnośrodowiskowych, takie użytki zielone winny być późno koszone, co obniża znacznie ich wartość pokarmową. Niezbędne jest także usunięcie pozyskanej w ten sposób biomasy (KRYSAK i wsp., 2004).

Mając to na uwadze, na zaniedbanych, wielkoobszarowych łąkach, położonych nad Zalewem Szczecińskim, podjęto się próby oceny wartości energetycznej wybranych zbiorowisk roślinnych.

2. Materiał i metody

Badaniami objęto obszar Łąk Skoszewskich, położonych nad Zalewem Szczecińskim, na rozległym, liczącym ponad 1000 ha, kompleksie torfów niskich. Te, w przeszłości intensywnie użytkowane zbiorowiska łąkowe, w wyniku zaniechania gospodarki łąkowo-pastwiskowej i dewastacji urządzeń wodno-melioracyjnych, zostały porzucone. Obecnie Łąki Skoszewskie zostały włączone do obszarów chronionych w ramach Natura 2000, a ich fragmenty przeznaczono pod ekstensywne użytkowanie łąkowe i pastwiskowe. Właśnie na tych użytkach zielonych podjęto się, w latach 2006–2007, próby oceny wartości energetycznej wybranych gatunków dominujących w zbiorowiskach łąkowych. Były to, zajmujące 8% badanej powierzchni, zespoły szwarów trawiastych (*Phragmitetum australis*, *Phalaridetum arundinaceae*), stanowiące 6% łąk, szuwary wielkoturzycowe (*Caricetum acutiformis*, *Caricetum gracilis*, *Caricetum ripariae*), oraz niewielkie (1%) płaty łąk trzęślicowych (*Molinietum coeruleae*).

Ponadto w badaniach uwzględniono, zajmujące powierzchnię około 130 ha, pastwiska z sitem rozpięzchłym (*Epilobio-Juncetum effusi*), 215 ha łąk śmiałkowych (*Deschampsietum caespitosae*) i 120 ha zespołu kłosówki wełnistej (*Holcetum lanati*).

Na przełomie sierpnia i września 2006 i 2007 roku pobierano próby gatunków dominujących, określając równocześnie ich plon. Do tego celu wykorzystywano ramkę o powierzchni 1 m², przycinając ruń na wysokość 5 cm, z siedmiu losowo wybranych płatów. Po zważeniu, zebrany materiał roślinny po wysuszeniu został przeznaczony do oznaczeń: wartości kalorycznej za pomocą kalymetrii bezpośredniej (SZCZUKOWSKI i TWORKOWSKI, 2001); zawartości popiołu surowego; cukrów (DUBOIS i wsp., 1956); celulozy i lignin (Van SOEST i WINE, 1968). Każde z oznaczeń zostało wykonane w trzech powtórzeniach.

Na podstawie plonu biomasy oraz dokonanych oznaczeń, określono przydatność badanych roślin łąkowych do produkcji ciepła i energii. Zawartość etanolu określono na podstawie rozkładu celulozy i lignin na mieszaninę cukrów prostych podczas procesu scukrzania pod wpływem kwasu siarkowego w temperaturze 90 °C, pod ciśnieniem 4 atmosfer. Zgodnie z tą technologią, ze 100 kg lignin i celulozy, można otrzymać 40–70 kg cukrów prostych. Całkowita ilość węglowodanów rozpuszczalnych pozwala na określenie potencjalnych ilości pozyskiwanego biopaliwa na drodze fermentacji alkoholowej (HUPERT i WALTER, 1987).

3. Wyniki i dyskusja

W poszukiwaniu tanich i jednocześnie odnawialnych źródeł energii, coraz większą uwagę zwraca się na biomasę roślin energetycznych, do jakich należą trawy (KOWALCZYK-JUŚKO i KOŚCIK, 2004; SAWICKI i KOŚCIK, 2003). Oprócz bezpośredniego spalania ich biomasy w elektrowniach i specjalnych piecach centralnego ogrzewania, materiał roślinny przerabia się na trzy podstawowe paliwa, tj. etanol, olej oraz metan, pozyskiwany głównie w procesie fermentacji (SAWICKI, 1995).

Najnowsze światowe badania, wskazują na nadrzędną pozycję metanolu wśród paliw pozyskiwanych obecnie z roślin (GRADZIUK, 2003). Produkcja tego paliwa z materiału roślinnego jest stosunkowo wydajna, ponieważ z lignin i celulozy można na drodze procesów technologicznych, uzyskać wtórne nośniki energii: paliwa ciekłe i gazowe (CIECHANOWICZ, 2001). Ponadto metanol w małym stopniu szkodzi środowisku, głównie ze względu na niską emisję siarki oraz wykorzystanie pozostawianego popiołu jako nawozu.

Trawy można z powodzeniem wykorzystywać do produkcji takiego paliwa, przede wszystkim ze względu na wysoką zawartość węglowodanów strukturalnych i lignin (GRADZIUK, 2003; ROGALSKI i wsp., 2005). W polskich warunkach klimatycznych, zgodnie z danymi FALKOWSKIEGO (1978) trawy mogą produkować rocznie z jednego hektara ok. 5 ton węglowodanów strukturalnych i lignin. Dla przykładu z 1 hektara lasu można uzyskać rocznie tylko 1 tonę wspomnianych związków.

Na podstawie wykonanych analiz, pod względem zawartości cukrów prostych, na czołową pozycję wysuwa się *Holcus lanatus* i *Phragmites australis*. Najniższą koncentracją tego składnika charakteryzowały się *Carex riparia*, *C. gracilis* i *Molinia coerulea*.

Na koszonych późno łąkach, trzcinnik piaskowy, trzcina pospolita i trzęślica modra, zawierały większe ilości celulozy (43,5–39,4% s.m.). Dwa pierwsze gatunki wyróżniły się także większą zawartością lignin. Mniej zasobne w celulozę okazały się kłosówka wełnista, kostrzewa trzcinowa, śmiałek darniowy i mozga trzcinowata. *Holcus lanatus*, *Molinia coerulea* i *Deschampsia caespitosa* charakteryzowały się istotnie niższą zawartością lignin w stosunku do innych badanych roślin (tab. 1).

Wszystkie badane gatunki nie różniły się istotnie pod względem zawartości popiołu surowego, a ilości tego składnika wahały się od 6,9 do 9,4% w s.m.

Pod względem wartości kalorycznej na szczególną uwagę zasługują trzcinnik, trzęślica i trzcina. Ta ostatnia z kalorycznością wynoszącą 24,9 MJ kg⁻¹ s.m. górowała nad innymi trawami, turzycami i sitem (tab. 1). W podobnych badaniach, na łąkach polderowych, CZYŻ i wsp. (2007), określili wartość energetyczną *Phragmites australis* na 15,9 MJ kg⁻¹ s.m. Autorzy ci, a także HARKOT i wsp. (2007), w odniesieniu do takich gatunków roślin jak *Carex gracilis*, *Calamagrostis epigejos*, *Festuca arundinacea* czy też *Phalaris arundinacea* uzyskali podobne wartości kaloryczne, jak w prezentowanej pracy. Znaczenie trzciny jako rośliny energetycznej, potwierdzają także wyniki innych badań (SAWICKI, 1999; SAWICKI i KOŚCIK, 2003). Należy zaznaczyć, że 1 kg średniej jakości węgla kamiennego to około 25 MJ a ciepło spalania wierzby energetycznej to 18 do 20 MJ kg⁻¹ s.m. (SZCZUKOWSKI i TWOROWSKI, 2001). Badane gatunki mogą stanowić więc alternatywę dla innych surowców energetycznych.

Tabela 1. Chemiczna i kaloryczna charakterystyka badanych gatunków roślin łąkowych (średnia z lat 2006–2007)

Table 1. Chemical and calorific characteristics of examined meadow species (mean 2006–2007)

Gatunki Species	Zawartość (w % suchej masy) Concentration (in % of dry matter)				Kaloryczność 1 kg s.m. Caloricity 1 kg DM (MJ)
	Cukry Sugars	Celuloza Cellulose	Ligniny Lignins	Popiół surowy Crude ash	
<i>Calamagrostis epigejos</i>	6,77	43,53*	6,46*	7,51	19,8*
<i>Carex acutiformis</i>	6,26	31,82	6,33	9,40	17,9
<i>Carex gracilis</i>	5,35*	35,25	5,77	8,39	15,2*
<i>Carex ripria</i>	4,95*	33,53	5,65	8,63	14,3*
<i>Deschampsia caespitosa</i>	7,78	27,67*	4,54*	7,19	15,7
<i>Festuca arundinacea</i>	7,85	27,44*	4,59	6,94	15,5
<i>Holcus lanatus</i>	10,40*	26,56*	4,30*	8,10	15,7
<i>Juncus efusus</i>	8,32	30,50	5,08	8,29	16,9
<i>Molinia coerulea</i>	4,55*	39,42*	4,52*	7,97	20,1*
<i>Phalaris arundinacea</i>	10,39*	27,88*	5,37	8,06	16,2
<i>Phragmites australis</i>	6,87	40,40*	7,68*	9,33	24,9*
Średnia – Mean	7,226	33,091	5,481	8,165	17,47
NIR – LSD p = 0.05	1,807	4,964	0,913	1,361	2,011

Biorąc pod uwagę potencjał produkcyjny ocenianych gatunków traw, należy oczekiwać najwyższej produkcji etanolu z *Phragmites australis*, bowiem średnio z 1 ha 700–750 litrów. Na uwagę zasługuje też mozga trzciniowata, która może zapewnić produkcję tego alkoholu na poziomie przekraczającym 500 l z ha. Dla przykładu z 2,6 tony suchego drewna wierzby energetycznej, uzyskiwano około 1 tony metanolu (486 litrów), co daje 38,5% sprawności procesu przetwarzania (CIECHANOWICZ, 2001).

Z gatunków nie przedstawiających większego znaczenia jako rośliny mogące być wykorzystywane do pozyskiwania biopaliwa zaliczyć należy turzycę, sit rozpierchły, kłósówkę wełnistą i trzęślicę modrą. Z tych roślin można jedynie oczekiwać od około 100 do 200 l etanolu z 1 ha (tab. 2).

Tabela 2. Potencjalna produkcja biopaliwa
Table 2. Prospective biofuel energy output

Gatunki roślin Plant species	Etanol l ha ⁻¹ Ethanol l ha ⁻¹	Popiół t ha ⁻¹ Ash t ha ⁻¹	Sucha masa t ha ⁻¹ Dry matter t ha ⁻¹	Wartość opałowa MJ ha ⁻¹ Heating value MJ ha ⁻¹
<i>Calamagrostis epigejos</i>	318–459	0,45–0,65	3,9–5,6	61630–88480
<i>Carex acutiformis</i>	153–331	0,23–0,50	2,4–5,2	42960–100240
<i>Carex gracilis</i>	74–207	0,17–0,48	2,0–5,6	27625–77350
<i>Carex riparia</i>	97–258	0,17–0,45	2,0–5,3	30265–80200
<i>Deschampsia caespitosa</i>	302–508	0,46–0,77	3,8–6,4	59660–100480
<i>Festuca arundinacea</i>	372–638	0,67–1,15	5,6–9,6	86800–148800
<i>Holcus lanatus</i>	161–234	0,27–0,39	3,3–4,8	51810–75360
<i>Juncus efusus</i>	122–206	0,16–0,27	1,9–3,2	32110–54080
<i>Molinia coerulea</i>	145–262	0,07–0,13	1,6–2,9	28960–52490
<i>Phalaris arundinacea</i>	504–756	0,51–0,77	6,4–9,6	103680–155520
<i>Phragmites australis</i>	548–913	0,50–0,84	5,4–9,0	107460–179100

Warto podkreślić, że jak podaje SAWICKI (1999), takie trawy rodzime jak trzcina pospolita, ma olbrzymi potencjał tworzenia biomasy, nie tylko w stosunku do innych rodzimych gatunków traw łąkowych i pastewnych, ale także, często większy od aklimatyzowanego w Europie gatunku trawy energetycznej *Miscanthus sinensis*.

4. Wnioski

- Niektóre zbiorowiska szuwarowe mogą być wykorzystywane jako surowiec do produkcji paliw ekologicznych. Na szczególną uwagę zasługuje trzcina pospolita, z której można uzyskać ilości etanolu zbliżone do produkowanych z surowca drzewnego, pozyskiwanego z wierzby energetycznej.

- Wartość kaloryczna biomasy trawiastej, szczególnie korzystnie kształtowała się w odniesieniu do trzciny pospolitej i trzcinnika piaskowego, nie odbiegając pod tym względem od węgla kamiennego. Dlatego też te dwa gatunki traw mogą w przyszłości stanowić cenne źródło odnawialnej energii, pod warunkiem udoskonalenia technologii produkcji, opłacalności i jakości tego paliwa.

Literatura

- CIECHANOWICZ W., 2001. Bioenergia. *Aura*, 4, 8–10.
- CZYŻ H., KITCZAK T., STELMASZYK A., 2007. Wartość paszowa, przyrodnicza i energetyczna polderowych użytków zielonych wyłączonych z działalności rolniczej. *Łąkarstwo w Polsce*, 10, 21–27.
- DUBAS J., 2003. Wierzba. W: KOŚCIK B. (red.) *Rośliny energetyczne*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie, 56–78.
- DUBOIS M., GILLES K.A., HAMILTON J.K., ROBERTS P.A. SMITH F., 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytic Chemistry*, 28, 3, 350–356.
- FALKOWSKI M., 1978. Cukrowce a wartość pokarmowa roślin pastewnych. *Przegląd Hodowlany*, 1, 8–9.
- GRADZIUK P., 2003. Energia biomasy. W: KOŚCIK B. (red.) *Rośliny energetyczne*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie, 22–26.
- HARKOT W., WARDA M., SAWICKI J., LIPIŃSKA H., WYŁUPEK T., CZARNECKI Z., KULIK M., 2007. Możliwości wykorzystania runi łąkowej do celów energetycznych. *Łąkarstwo w Polsce*, 10, 59–67.
- HUPERT L., WALTER K., 1987. *Chemia technologiczna*. PWSz, Warszawa, ss.158.
- JELINOWSKA A., 1998. Nowe surowce odnawialne szansą dla rolnictwa Polski. *Fragmenta Agromonica*, 1, 96–99.
- KOCHANOWSKA R., GAMRAT R., 2007. Uprawa miskanta cukrowego (*Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hack.) – zagrożeniem dla polskich pól i lasów? *Łąkarstwo w Polsce*, 10, 223–228.
- KOCHANOWSKA R., ROGALSKI M., TRZASKOŚ M., WIECZOREK A., 2007. Zmiany zbiorowisk łąkowych na polderze Załom koło jeziora Dąbie. W: *Spontaniczna flora i roślinność na obszarach wyłączonych z użytkowania rolniczego*. *Acta Botanica Warmiae et Masuriae*, 4, 163–172.
- KOWALCZYK-JUŚKO A., KOSCIK B., 2004. Produkcja biomasy miskanta cukrowego i spartiny preriowej w zróżnicowanych warunkach glebowych oraz możliwości jej konwersji na energię. *Biuletyn IHAR*, 234, 213–218.
- KRYSZAK A., KRYSZAK J., ROGALSKI M., 2004. Utrzymanie łąk ekstensywnych. W: *Krajowy Program Rolnośrodowiskowy*. Wydawnictwo EXPERT-SITR, Koszalin, 97–102.
- MAJTKOWSKA G., MAJTKOWSKI W., 2003. Obserwacje nad rozwojem traw o typie fotosyntezy C₄ w warunkach Polski. *Biuletyn IHAR*, 225, 387–392.
- MAJTKOWSKI W., 1998. Ocena przydatności traw w zagospodarowaniu nieużytków i odłogów. *Fragmenta Agromonica*, 5, 257–262.
- MARTYN W., 2003. Ogólne warunki przyrodnicze dla uprawy roślin energetycznych. W: KOŚCIK B. (red.) *Rośliny energetyczne*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie, 28–44.

- NALBORCZYK E., 1996. Nowe rośliny uprawne i perspektywy ich wykorzystania. W: Nowe rośliny uprawne na cele spożywcze, przemysłowe i jako odnawialne źródła energii. Wydawnictwo SGGW Warszawa, 5–20.
- ROGALSKI M., SAWICKI B., BAHONKO M., WIECZOREK A., 2005. Wykorzystanie rodzimych gatunków traw jako odnawialnych źródeł energii. W: CIACIURA M. (red.) Alternatywne źródła energii, dobrodziejstwa i zagrożenia. Wydawnictwo OPTIMEX Szczecin. 15–26.
- SAWICKI B., 1995. Rośliny uprawne – alternatywa dla energetyki. *Ekoinżynieria*, 4, 35–36.
- SAWICKI B., 1999. Nowe spojrzenie na trzcinę pospolitą (*Phragmites australis*). *Folia Universitatis Agriculture Stetinesis*, 197, *Agricultura*, 75, 279–282.
- SAWICKI B., KOŚCIK K., 2003. Trawy i zbiorowiska trawiaste. W: KOŚCIK K. (red.) Rośliny energetyczne. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie, 111–135.
- SZCZUKOWSKI S., TWORKOWSKI J., 2001. Produktywność oraz wartość energetyczna biomasy wierzb krzewiastych *Salix* sp. na różnych typach gleb w Pradolinie Wisły. *Postępy Nauk Rolniczych*, 2, 29–36.
- SZCZUKOWSKI S., KOŚCIK K., KOWALCZYK-JUSKO A., TWORKOWSKI J. 2006. Uprawa i wykorzystanie roślin alternatywnych na cele energetyczne. *Fragmenta Agronomica*, 3, 300–315.
- VAN SOEST P.J., WINE R.H., 1968. Determination of lignin and cellulose in acid detergent fibre with permanganate. *Journal AOAC*, 51, 4, 780–785.

Possibilities for utilisation of extensively used coastal meadows for energy purposes

M. ROGALSKI, A. WIECZOREK, M. SZENEJKO, A. KAMIŃSKA, E. MIŁEK

Department of Ecology and Preservation of the Environment, University of Szczecin

Summary

In the paper are presented the results of studies on the energy value of selected native plants, mainly grass species that occur in natural, extensively used communities of seaside meadows situated on organic soils. In accordance with the agro-environmental programmes, such green lands should be late-mowed, which considerably reduces their nutritive value. The removal of biomass gained this way is also indispensable. Bearing this in mind, an attempt was taken up to evaluate the energy value of selected species that prevail in plant communities covering neglected large-area meadows situated by the Szczecin Lagoon, e.i. (*Phragmitetum australis*, *Phalaridetum arundinaceae*) and large-sedge reedbeds (*Caricetum acutiformis*, *Caricetum gracilis*, *Caricetum ripariae*), molinion meadows (*Molinietum coeruleae*), pastures with the common rush (*Epilobio-Juncetum effusi*), and tufted hair grass (*Deschampsietum caespitosae*) and common velvet grass meadows (*Holcetum lanati*). In the collected plant samples, the caloric value as well as crude ash content, lignin and cellulose contents were determined. Furthermore, the crop of over-ground mass was determined, as well as potential possibilities for ethanol production. From among the examined species, the common reed proved to be particularly useful for production of bio-fuels, out of which 700–750 l of ethanol can be obtained when converted to 1 ha. This species,

as well as the wood small-reed, is also suitable for use as combustible material, since the caloric value of these grasses is similar to hard coal.

Recenzent – Reviewer: *Anna Patrzalek*

Adres do korespondencji – Address for correspondence:
Prof. dr hab. Maciej Rogalski
Katedra Ekologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Szczeciński
ul. Wąska 13, 71-145 Szczecin
tel. 091 444 16 84
e-mail: rogma@univ.szczecin.pl