

Właściwości chemiczne i biologiczne traw a produkcja biogazu

P. GOLIŃSKI¹, W. JOKŚ²

¹*Katedra Łąkarstwa, Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu,*
²*Hodowla Roślin Szelejewo, Spółka z o.o.*

Chemical and biological properties of grasses and biogas production

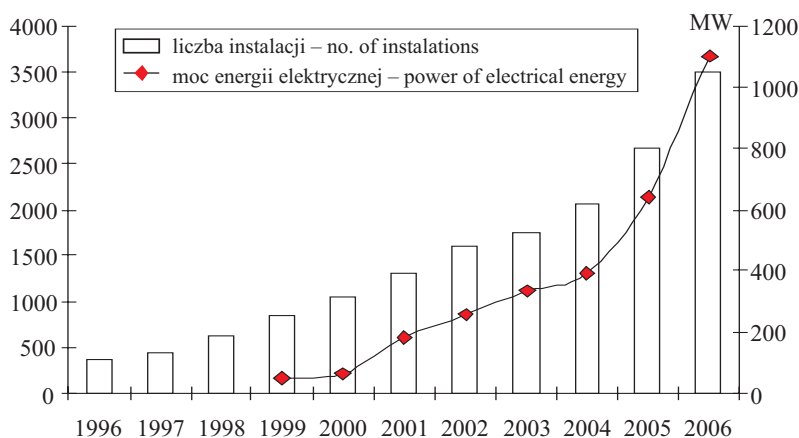
Abstract. The objective of this research project was to determine grass biological and chemical properties from the point of view of their suitability for biogas production. On the basis of a thorough review of both domestic and foreign literature on the subject as well as our own experiments on yields and chemical composition of some selected grasses cultivated at the Szelejewo Plant Breeding Station Ltd., the authors determined the usefulness of these grasses for biogas production and their properties affecting energy production efficiency in biogas facilities. In addition, a model assessment of the conversion of grass into biogas in comparison with milk production from the economical point of view was carried out. It was found that grass dry matter yield and their chemical composition exerted the strongest impact on such assessment.

Key words: biogas, chemical composition, grass species, maize, methane, yield

1. Wstęp

Alternatywą wykorzystania biomasy roślinnej do celów energetycznych wobec spalania jest produkcja biogazu (ELSÄSSER, 2006; NARODOSLAWSKY, 2003; TAUBE i wsp., 2007). W efekcie skomplikowanych procesów chemicznego przetwarzania surowców roślinnych (hydroliza, faza acidogenna, faza acetogenna, faza metanogenna, odsiarczanie) w specjalnie przystosowanych do tego celu instalacjach, tzw. biogazowniach, następuje wytwarzanie gazów, które ulegają konwersji na energię elektryczną oraz ciepłą (ANDERSON i FERGUSSON, 2006; DENISIUK, 2005). Podstawowym składnikiem biogazu jest metan, którego udział w ogólnej objętości mieści się zwykle w zakresie 50–55%, dochodząc maksymalnie do 75%. Metan wyróżnia się wysoką wartością opałową na poziomie 35,8 MJ m⁻³. Tym samym w 1 m³ biogazu skumulowane jest 5,3 kWh energii chemicznej. W procesie produkcyjnym w biogazowni można z niej pozyskać 2,1 kWh energii elektrycznej, 2,4 kWh ciepłej, przy stratach technologicznych na poziomie 0,8 kWh (BRAUN, 2006). Specyfiką produkcji energii z biogazu są bardzo duże nakłady inwestycyjne na budowę instalacji oraz dobra organizacja bazy surowcowej. Szacuje się, że nakłady na budowę typowej biogazowni o mocy 300–500 kW wynoszą około 12000 zł kW⁻¹. Jedyna do tej pory działająca w Polsce biogazownia o mocy 720

kW została wybudowana kosztem 6,5 mln zł. Mimo to w krajach Europy Zachodniej tj. Niemcy, Dania, Austria, Wielka Brytania, obserwuje się dynamiczny wzrost liczby biogazowni rolniczych (ANDERSON i FERGUSON, 2006; HERRMANN i TAUBE, 2006; PÖTSCH i wsp., 2004). W Niemczech w 2005 roku, w porównaniu do 1995 r., liczba tych instalacji zwiększyła się dziesięciokrotnie (ryc. 1). Łączna moc biogazowni w tym kraju w 2006 roku przekroczyła 1200 MW w odniesieniu do energii elektrycznej (TAUBE i wsp., 2007).



Ryc. 1. Rozwój biogazowni w Niemczech (TAUBE i wsp., 2007)
Fig. 1. Biogas plant development in Germany

Biogazownia rolnicza powinna być zlokalizowana w pobliżu fermy bydła lub trzody chlewnej, w której powstaje gnojowica stanowiąca istotny element procesu technologicznego produkcji biogazu. Niezwykle ważne dla tego typu instalacji jest zapewnienie odpowiedniej bazy surowcowej, która w czasie funkcjonowania biogazowni generuje największe koszty (KELM i TAUBE, 2007). Do najczęściej wykorzystywanych surowców (substratów) niezbędnych w biogazowni zalicza się kiszonkę z kukurydzy, ziarno i otręby zbóż, wysłodki buraczane, ziemniaki, odpady organiczne, a także biomasę i kiszonkę z traw (AMON i wsp., 2003; 2005; DENISIUK, 2005; BENKE, 2006; GRÖBLINGHOFF i wsp., 2007; OECHSNER i wsp., 2003).

Celem pracy jest określenie właściwości biologicznych i chemicznych traw z punktu widzenia ich przydatności do produkcji biogazu.

2. Koncepcja pracy i jej zakres

W niniejszej pracy przeanalizowano i dokonano syntezy wyników badań z zakresu wykorzystania traw do produkcji biogazu, a także ich właściwości determinujących efektywność produkcji energii w biogazowniach. Punktem wyjścia był szeroki przegląd literatury krajowej i zagranicznej. Posłużono się także wynikami z własnych prac

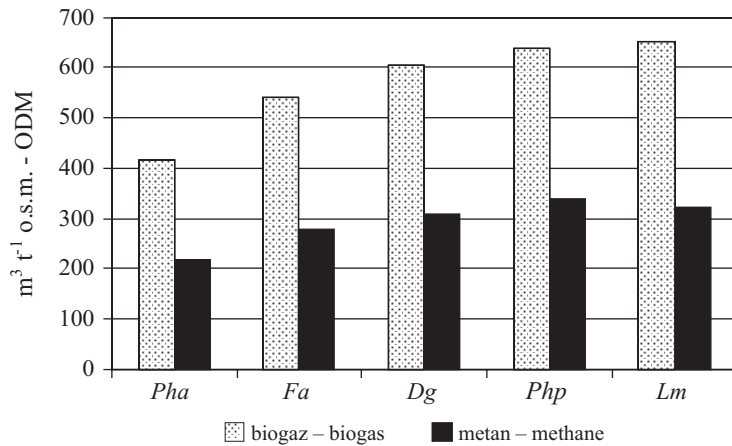
badawczych z doświadczeń ścisłych i produkcyjnych nad plonowaniem i koncentracją energii u wybranych traw uprawnych w Hodowli Roślin Szelejewo Spółka z o.o. z lat 1993–95. W przypadku kukurydzy, ze względu na brak danych z doświadczeń poletkowych, zastosowano wyniki plonowania i jakości biomasy z upraw produkcyjnych. Ponadto przeprowadzono symulację produkcji biogazu i energii elektrycznej w tej firmie z wykorzystaniem traw energetycznych. Dokonano również modelowej oceny przetwarzania traw na biogaz w porównaniu do produkcji mleka w aspekcie ekonomicznym. Praca ma charakter koncepcyjno–przeglądowy z elementami badań własnych.

3. Przydatność traw do produkcji biogazu

O wykorzystaniu traw do produkcji biogazu decyduje jednostkowa wydajność metanu oraz plon biomasy. Jak podają LEMMER i OECHSNER (2001), w odniesieniu do 1 kg s.m., produkcja metanu z biomasy pochodzącej ze zbiorowisk trawiastych zlokalizowanych na obszarach chronionego krajobrazu wynosi 0,08 m³, z kiszonki z runi łąkowej w warunkach ekstensywnego użytkowania 0,22 m³, runi trawnikowej 0,26 m³, kiszonki z kukurydzy 0,30 m³, a kiszonki z traw w uprawie polowej 0,39 m³. Okazuje się, że do produkcji biogazu najlepiej nadaje się run z intensywnie użytkowanych cztero-kośnych łąk oraz zasiewów traw na gruntach ornych (BENKE, 2006; GRÖBLINGHOFF i LÜTKE ENTRUP, 2006; GRÖBLINGHOFF i wsp., 2007). Jednakże zróżnicowana zawartość suchej masy w plonie poszczególnych odrostów w okresie wegetacji umożliwia uzyskanie z runi trawiastej koszonej w fazie początku kwitnienia tylko około 100 m³ biogazu w przeliczeniu na 1 tonę, podczas gdy z kukurydzy zbieranej w fazie dojrzałości woskowej ziarna aż 180 m³ t⁻¹ (LEMMER i OECHSNER, 2001). Jak podaje WEILAND (2007), kukurydza stanowiąc bardziej jednorodny surowiec jest przetwarzana w biogazowni w 90%, podczas gdy trawy jedynie na poziomie około 50%. W świetle najnowszych badań z tego zakresu (GRÖBLINGHOFF i wsp., 2007) wynika, że run trwałych użytków zielonych oraz traw w uprawie polowej posiada potencjał produkcji metanu na poziomie 4000–4400 m³ ha⁻¹, co odpowiada średnio plonującym uprawom kukurydzy. Jak donoszą AMON i wsp. (2003), z wysoko plonujących upraw kukurydzy można uzyskać nawet 12000 m³ metanu w przeliczeniu na hektar, czyli 3–krotnie więcej w porównaniu do runi pozyskanej z 1 ha intensywnych użytków zielonych.

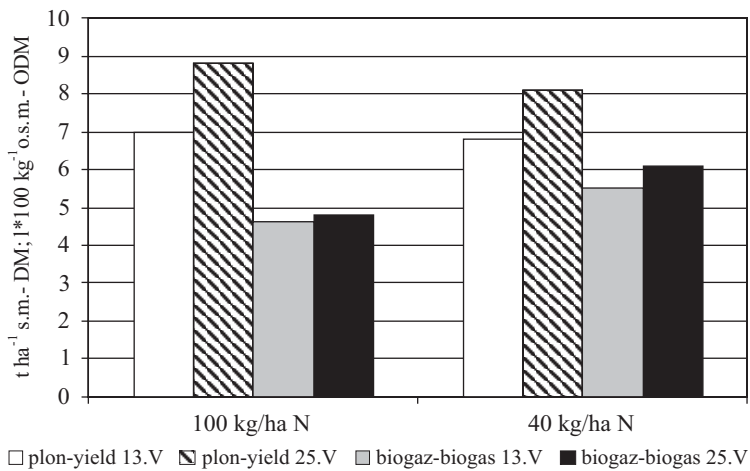
Specyfika składu chemicznego poszczególnych gatunków traw wpływa na wydajność biogazu i metanu. Okazuje się, że najmniejszą wydajnością biogazu odznacza się mózga trzcinowata (*Pha*), przekraczając nieznacznie 400 m³ t⁻¹ organicznej suchej masy (ryc. 2). Zdecydowanie bardziej wydajne są kupkówka pospolita (*Dg*), tymotka łąkowa (*Php*) oraz życica wielokwiatowa (*Lm*), gdyż umożliwiają uzyskanie ponad 600 m³ biogazu w przeliczeniu na tonę o.s.m. Jak podają GRÖBLINGHOFF i wsp. (2007), udział metanu w biogazie z traw jest zróżnicowany i waha się od 49,6% (*Lm*) do 53,4% (*Php*).

W obrębie gatunku skład chemiczny traw zależy od szeregu czynników natury biologicznej, siedliskowej i agro-/pratoteknicznej. Z tego względu modyfikowanie uwarunkowań wzrostu i rozwoju traw powinno mieć istotny wpływ na produkcję biogazu. Tezę tą potwierdzają badania nad intensywnością użytkowania pierwszego odrostu *Lolium*



Ryc. 2. Wydajność biogazu i metanu z biomasy różnych gatunków traw (GRÖBLINGHOFF i wsp., 2007)

Fig. 2. Biogas and methane production from biomass of different grass species



Ryc. 3. Wpływ intensywności użytkowania *Lolium multiflorum* (odmiany 2n) na plon suchej masy i produkcję biogazu z pierwszego odrostu (GRÖBLINGHOFF i LÜTKE ENTRUP, 2006)

Fig. 3. Effect of intensity utilization of *Lolium multiflorum* (2n cultivars) on dry matter yield and biogas production from first regrowth

multiflorum (ryc. 3). Zgodnie z oczekiwaniami zwiększone nawożenie azotem z 40 do 100 kg ha⁻¹, a także opóźnienie terminu zbioru, przyczyniły się do wzrostu plonowania. Zależności te nie potwierdziły się jednak w odniesieniu do produkcji biogazu. Okazało się, że zbiór życicy wielokwiatowej w późniejszym terminie zwiększył produkcję biogazu, natomiast wzrost dawki azotu był istotnym czynnikiem zmniejszającym jego pozyskanie. Rozstrzygający w tym przypadku okazał się skład chemiczny surowca,

wyróżniający się większą zawartością białka przy wyższych dawkach azotu w porównaniu do runi zebranej w warunkach nawożenia azotem na poziomie 40 kg ha⁻¹.

Skład chemiczny runi jest zatem ważnym czynnikiem wpływającym na produkcję biogazu z traw. Jak podają GRÖBLINGHOFF i wsp. (2007), występują istotne zależności pomiędzy produkcją biogazu a zawartością składników pokarmowych w runi (tab. 1).

Dodatnio skorelowana z produkcją biogazu jest zawartość włókna surowego, bezażotowych związków wyciągowych oraz węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie. Natomiast negatywnie na wytwarzanie biogazu wpływa zawartość białka ogólnego w runi trawiastej, czego dowodem jest bardzo wysoki współczynnik korelacji. Podobnie niekorzystnym składnikiem dla pozyskiwania biogazu z traw jest popiół surowy. Użyte zależności, zdaniem w/w Autorów, wskazują, że do produkcji biogazu zdecydowanie lepiej nadaje się surowiec w zaawansowanych stadiach rozwojowych niż młoda run w stadium dojrzałości pastwiskowej. Jednakże jak podają AMON i wsp. (2003), zwlekanie ze zbiorem po uzyskaniu przez trawy pełni kwitnienia zmniejsza wydajność biogazu z ich biomasy.

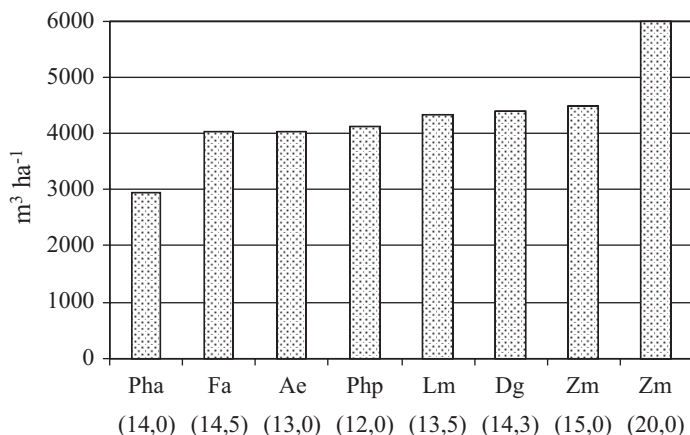
Tabela 1. Współczynniki korelacji pomiędzy produkcją biogazu a zawartością składników pokarmowych w runi (NIRS)

Table 1. Correlation coefficients between biogas production and content of nutrients in sward (NIRS)

Wyszczególnienie – Item	Współczynnik korelacji – Correlation coefficient
Białko ogólne – Crude protein	-0,87**
Włókno surowe – Crude fibre	0,66**
Tłuszcz surowy – Crude fat	0,13
BZW – Nitrogen-free extractives	0,71**
Popiół surowy – Crude ash	-0,75**
Kwaśne włókno detergentowe – Acid detergent fibre	-0,47
Węglowodany rozpuszczalne w wodzie – WSC	0,74**

Spśród właściwości biologicznych traw wpływających w istotny sposób na produkcję biogazu najważniejsza jest produktywność (TAUBE i wsp., 2007). Jak podają GRÖBLINGHOFF i wsp. (2007), produkcja metanu waha się od około 3000 m³ ha⁻¹ w przypadku mozgi trzcinowatej (*Pha*) do około 4500 m³ ha⁻¹ z uprawy kukurydzy (*Zm*) plonującej na poziomie 15 t ha⁻¹ s.m. (ryc. 4). Wydajność metanu z kukurydzy odznaczającej się plonem 20 t ha⁻¹ s.m. wynosi 6000 m³ ha⁻¹.

W kontekście przydatności traw do celów energetycznych, zwłaszcza do produkcji biogazu, istotny jest ich potencjał plonowania w określonych warunkach siedliskowych (SCHITTENHELM i wsp., 2005). Okazuje się, że w naszym kraju jest on dostatecznie wysoki, aby zapewnić dobrą bazę surowcową dla biogazowni. Na podstawie wyników badań w Hodowli Roślin Szelejewo przeprowadzonych w warunkach stosowania intensywnego nawożenia płony suchej masy traw, które mogą być wykorzystane do produkcji biogazu, wynoszą w przypadku *Lolium multiflorum* 17,7 t ha⁻¹, *Festulolium braunii* 17,0 t ha⁻¹, a *Festuca arundinacea* nawet 18,3 t ha⁻¹ (tab. 2). W efekcie uprawy innych gatunków traw nieco uzyskano mniejsze plony od 13,8 t ha⁻¹ (*Lolium perenne*) do



Ryc. 4. Wydajność metanu z biomasy różnych gatunków traw – w nawiasach podano plon s.m. (t ha⁻¹) (GRÖBLINGHOFF i wsp., 2007)

Fig. 4. Methane production from biomass of different grass species – in brackets the DM yield is given (t ha⁻¹)

Tabela 2. Potencjał produkcji biogazu i energii elektrycznej z różnych gatunków traw uprawianych w Hodowli Roślin Szelejewo (wartości średnie)

Table 2. Potential of biogas and electrical energy from different grass species cultivated in Plant Breeding Szelejewo (mean values)

Gatunek Species	Plon s.m. DM yield (t ha ⁻¹)	Koncentracja energii (JPM kg ⁻¹ s.m.) Energy concen- tration (UFL kg ⁻¹ DM)	Wydajność bio- gazu (m ³ t ⁻¹ s.m.) Biogas produc- tion per 1 t DM (m ³)	Produkcja bio- gazu Biogas produc- tion (m ³ ha ⁻¹)	Energia elek- tryczna Electrical energy (kWh ha ⁻¹)
<i>Agrostis gigantea</i>	15,9	0,70	434	6905	14501
<i>Festuca arundinacea</i>	18,3	0,75	378	6925	14543
<i>Festulolium braunii</i>	17,0	0,90	430	7310	15351
<i>Lolium multiflorum</i>	17,7	0,80	473	8372	17581
<i>Lolium perenne</i>	13,8	0,87	441	6088	12785
<i>Phleum pratense</i>	14,5	0,76	462	6696	14062
<i>Zea mays</i>	11,9	0,90	630	7492	15733

15,9 t ha⁻¹ (*Agrostis gigantea*). W tych samych warunkach siedliskowych plony kukurydzy kształtowały się na poziomie 11,9 t ha⁻¹. Gatunki traw odznaczały się dużym zróżnicowaniem w koncentracji energii, w zakresie od 0,70 JPM kg⁻¹ s.m. (*Agrostis gigantea*) do 0,9 JPM kg⁻¹ s.m. (*Festulolium braunii* i *Zea mays*). Wykorzystując dane literaturowe dotyczące wydajności biogazu z poszczególnych traw z uwzględnieniem ich produktywności i koncentracji energii obliczono potencjalną ilość uzyskanego biogazu i energii elektrycznej. Spośród analizowanych traw w HR Szelejewo najbardziej do

produkcji biogazu nadaje się *Lolium multiflorum*, a następnie kukurydza i *Festulolium braunii*. Najmniejszą przydatność do uprawy z przeznaczeniem biomasy na biogaz odnotowano w przypadku *Lolium perenne*, której potencjał był o 27% mniejszy w porównaniu do *Lolium multiflorum*.

Kwestią otwartą jest zagadnienie hodowli traw dla celów energetycznych. Z punktu widzenia produkcji biogazu cele hodowli tej grupy roślin są zbieżne z wykorzystaniem paszowym traw. Podstawowym kryterium selekcji pozostanie plon suchej masy przy zachowaniu dobrych parametrów jakościowych runi. Jednakże hodowli traw dla celów energetycznych nie można wykluczyć (EDER, 2006). Świadczą o tym sukcesy w hodowli kukurydzy. LANDBECK i SCHMIDT (2005) podają, że wprowadzenie do materiału hodowlanego z Europy północno-zachodniej genów pochodzących z Meksyku i Peru umożliwiło zwiększenie potencjału plonotwórczego nowych odmian kukurydzy do 30 t ha⁻¹ w odniesieniu do suchej masy.

4. Produkcja biogazu z traw w aspekcie ekonomicznym

O sposobie racjonalnego wykorzystania traw decyduje rachunek ekonomiczny. Użytki zielone, zarówno trwałe jak i przemienne, o wysokiej produktywności i bardzo dobrej jakości runi, które mogłyby być bazą surowcową dla biogazowni, stanowią jednocześnie doskonałe źródło paszy dla przeżuwaczy, zwłaszcza krów mlecznych. Z tego względu przy aktualnie dobrej rentowności produkcji mleka i żywca wołowego będą wykorzystywane w pierwszej kolejności jako paszowiska (tab. 3). Analizy modelowe,

Tabela 3. Przychód z przetworzenia traw na mleko i energię elektryczną w Hodowli Roślin Szelejewo
Table 3. Output from converting of grasses into milk and electrical energy in Plant Breeding Szelejewo

Gatunek Species	Przychód z produkcji (zł ha ⁻¹) – Output from production (PLZ ha ⁻¹)	
	mleko – milk	energia elektryczna – electrical energy
<i>Agrostis gigantea</i>	21480	5251
<i>Festuca arundinacea</i>	24480	5267
<i>Festulolium braunii</i>	27000	5559
<i>Lolium multiflorum</i>	26280	6367
<i>Lolium perenne</i>	21120	4627
<i>Phleum pratense</i>	19320	5092
<i>Zea mays</i>	18840	5698

Dane wyjściowe: krowy o masie 600 kg, dzienne pobranie s.m. = 17 kg przy założeniu 13,8 JPM na produkcję 20 l mleka i potrzeby bytowe; cena 1 kg mleka = 1,2 zł ; cena 1 kWh energii elektrycznej = 0,36 zł

Initial data: cows by 600 kg liveweight, daily intake of DM = 17 kg in condition of 13.8 JPM on production of 20 kg milk and live requirements; price of milk = 1.2 PLZ kg⁻¹; price of electrical energy = 0.36 PLZ kWh⁻¹

jakie przeprowadzono w HR Szelejewo w odniesieniu do przychodu z produkcji mleka w porównaniu do energii elektrycznej z biogazu w zależności od gatunku trawy jako bazy paszowej lub surowcowej, wskazują, że przetworzenie traw na biogaz zapewnia średnio 24% przychodu uzyskanego z tytułu ich paszowego wykorzystania w chowie krów mlecznych. Warto nadmienić, że wskaźnik ten charakteryzuje się znacznym zróżnicowaniem w zależności od gatunku i waha się od 21% (*Festulolium braunii*) do 30% (kukurydzy). Można więc stwierdzić, że największą konkurencyjnością ekonomiczną w przetwarzaniu biomasy na biogaz w aktualnych uwarunkowaniach cenowych wyróżnia się kukurydza, a najmniejszą *Festulolium braunii*.

Uzyskane wyniki dowodzą, że aktualnie przetwarzanie w naszym kraju runi i kisonki z traw w biogazowniach, podobnie jak biomasy innych roślin uprawnych, w warunkach stosunkowo niskich cen energii elektrycznej i ciepłej oraz ponoszenia dużych kosztów inwestycyjnych na budowę instalacji jest nieopłacalne. Jak wskazują analizy ekonomiczne przeprowadzone w Polsce, produkcja energii elektrycznej i ciepłej z biogazu może być rentowna, pod warunkiem braku lub ponoszenia bardzo niskich kosztów na zakup lub wyprodukowanie biomasy roślinnej (LEISTNER, 2007). Niewątpliwie dużą przydatnością do produkcji biogazu odznacza się ruń trawników, wielokrotnie koszonych w okresie wegetacji, która ma charakter surowca odpadowego.

5. Podsumowanie

Podstawowy wpływ na wielkość produkcji biogazu z traw, w odniesieniu do jednostki powierzchni bazy surowcowej, ma ich produktywność. Płenne gatunki traw, tj. życica wielokwiatowa, kupkówka pospolita, kostrzewa trzcinowa wyróżniają się większym potencjałem produkcji biogazu. W porównaniu do pastewnych gatunków traw, większą przydatnością do produkcji biogazu odznacza się jednak kukurydza ze względu na większą o prawie 1/3 jednostkową wydajność biogazu z organicznej suchej masy surowca.

O efektywności wykształcania biogazu z traw decyduje ich skład chemiczny. Produkcja biogazu z traw jest dodatnio skorelowana z zawartością bezazotowych związków wyciągowych, w tym węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie oraz włókna surowego, natomiast negatywnie z koncentracją białka, popiołu i kwaśnego włókna detergentowego. Z punktu widzenia właściwości chemicznych surowca optymalnym terminem zbioru runi do produkcji biogazu jest faza kłoszenia traw. Do produkcji biogazu nadaje się także ruń trawników i inna biomasa traw o charakterze surowca odpadowego, ale o dobrych parametrach jakościowych. Hodowla traw przeznaczonych do produkcji biogazu pozostaje w sferze teorii. Jej cele są zbieżne z wykorzystaniem paszowym traw.

Spśród traw uprawianych w Hodowli Roślin Szelejewo najbardziej do produkcji biogazu nadaje się życica wielokwiatowa, a następnie kukurydza i *Festulolium braunii*. Najmniejszą przydatność do uprawy z przeznaczeniem biomasy na biogaz odnotowano w przypadku życicy trwałej, której potencjał był o 27% mniejszy w porównaniu do życicy wielokwiatowej.

Przetwarzanie w naszym kraju runi i kisonki z traw w biogazowniach, podobnie jak biomasy innych roślin uprawnych, jest aktualnie nieopłacalne. Rozstrzygające w tym względzie są stosunkowo niskie ceny energii elektrycznej i ciepłej oraz duże koszty inwestycyjne na budowę biogazowni w aspekcie dobrej rentowności produkcji mleka i żywca wołowego. Przetworzenie traw na biogaz zapewnia tylko około 24% przychodu uzyskanego z tytułu ich paszowego wykorzystania w chowie krów mlecznych i jest uzależnione od specyfiki gatunkowej. Zróżnicowanie tego wskaźnika waha się od 21% dla *Festulolium braunii* do 30% w przypadku kukurydzy.

Literatura

- AMON T., KRYVORUCHKO V., AMON B., BODIROZA V., ZOLLITSCH W., BOXBERGER J., 2005. Biogaserzeugung aus Grünlandbiomasse im Alpenraum. *Landtechnik*, 60, 336-337.
- AMON T., KRYVORUCHKO V., AMON B., MOITZI G., LYSON D., HACKL E., JERICIM D., ZOLLITSCH W., PÖTSCH E.M., 2003. Optimierung der Biogaserzeugung aus den Energiepflanzen Mais und Klee gras. Endbericht.
- ANDERSON G.Q.A., FERGUSSON M.J., 2006. Energy from biomass in the UK: sources, processes and biodiversity implications. *Ibis*, 148, 180-183.
- BENKE M., 2006. Erste Ergebnisse zum Anbau von Ackerfuttergräsern zur Biogaserzeugung. GFP-Workshop „Futterpflanzen – Perspektiven für die energetische Nutzung“, Freising, <http://www.lfl.bayern.de/ipz/gruenland/18480>
- BRAUN R., 2006. Energiebilanz von Biogasanlagen. *Nachwachsende Rohstoffe*, 42, 3-3.
- DENISIUK W., 2005. Produkcja roślinna jako źródło surowców energetycznych. *Inżynieria Rolnicza*, 80, 5, 123-131.
- EDER J., 2006. Maisanbau für die Biogasanlage. Produktionstechnik und Sortenfragen. GFP-Workshop „Futterpflanzen – Perspektiven für die energetische Nutzung“, Freising, <http://www.lfl.bayern.de/ipz/gruenland/18480>
- ELSÄSSER M., 2006. Alternativen der Nutzung von Grasaufwüchsen als Biomasse zur Energieerzeugung und ihre Problematik. *Rundgespräche der Kommission für Ökologie*, Band 31 „Gräser und Grassland“, München, 135-146.
- GRÖBLINGHOFF F.F., LÜTKE ENTRUP N., 2006. Gräser in Biogasanlagen – erste Ergebnisse aus Nordrhein-Westfalen. GFP-Workshop „Futterpflanzen – Perspektiven für die energetische Nutzung“, Freising, <http://www.lfl.bayern.de/ipz/gruenland/18480>
- GRÖBLINGHOFF F.F., LÜTKE ENTRUP N., BERENDONK C., CLEMENS J., 2007. Biogaserzeugung mit kurzlebigen und ausdauernden Gräsern. *Mitteilungen der AGGF*, 8, 161-164.
- HERRMANN A., TAUBE F., 2006. Die energetische Nutzung von Mais in Biogasanlagen – Hinkt die Forschung der Praxis hinterher? *Berichte über Landwirtschaft*, 84, 165-197.
- KELM M., TAUBE F., 2007. Energiebilanz der Biogaserzeugung aus Gras- und Maissilage. *Mitteilungen der AGGF*, 8, 209-212.
- LANDBECK M., SCHMIDT W., 2005. Energiemais – Ziele, Strategien und erste Züchtungserfolge. *International Energy Farming Congress*, Papenburg.
- LEISTNER R., 2007. Wirtschaftliche Aspekte der Biogaserzeugung in Polen. *Materiały niepublikowane, Hodowla Roślin, Szelejewo*.
- LEMMER A., OECHSNER H., 2001. Einsatz von Mähgut landwirtschaftlich nicht genutzter Flächen als Kosubstrat in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. *Tagungsband zur 5. Internationalen*

- Tagung „Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Hohenheim, 398-401.
- NARODOSLAWSKY M., 2003. Alternative Grünlandnutzung – stoffliche Verwertung grüner Biomasse in der „Grünen Bioraffinerie“. Bericht zum 9. Alpenländisches Expertenforum „Das Österreichische Berggrünland – ein aktueller Situationsbericht mit Blick in die Zukunft“, HBLFA Raumberg–Gumpenstein, 77-79.
- OECHSNER H., LEMMER A., NEUBERG C., 2003. Feldfrüchte als Gärsubstrat in Biogasanlagen. *Landtechnik*, 3, 146-147.
- PÖTSCH E.M., PFUNDTNER E., MUCH P., 2004. Nutrient content and hygienic properties of fermentation residues from agricultural biogas plant. *Grassland Science in Europe*, 9, 1055-1057.
- SCHITTENHELM S., WEILAND P., SOURELL H., 2005. Einfluss der Wasserversorgung auf den Biomasse- und Biogasertrag 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 new forage production systems? *Grassland Science in Europe*, 12, 463-471.
- WEILAND P., 2007. Biogas – Stand und Perspektiven der Erzeugung und Nutzung in Deutschland. *Agrarspectrum*, 40, 111-122.

Chemical and biological properties of grasses and biogas production

P. GOLIŃSKI¹, W. JOKS²

¹*Department of Grassland Sciences, August Cieszkowski – Agricultural University of Poznań*, ²*Plant Breeding Szelejewo, Ltd. Company*

Summary

The objective of this research project was to determine grass biological and chemical properties from the point of view of their suitability for biogas production. On the basis of a thorough review of both domestic and foreign literature on the subject as well as our own experiments on yields and chemical composition of some selected grasses cultivated at the Szelejewo Plant Breeding Station Ltd., the authors determined the usefulness of these grasses for biogas production and their properties affecting energy production efficiency in biogas facilities. In addition, a model assessment of the conversion of grass into biogas in comparison with milk production from the economical point of view was carried out.

It was found that grass productivity exerts the main influence on biogas efficiency from grasses when calculated in relation to the unit of area of the raw material base. Productive grass species, i.e.: Italian ryegrass, cocksfoot and tall fescue, are characterised by greater potentials for biogas production. In comparison with fodder grass species, maize exhibits a much higher suitability for biogas production. Moreover, grass chemical composition exerts a considerable influence on biogas production. Biogas production from grasses was found to be positively correlated with the content of nitrogen-free extracts, including water soluble carbohydrates as well as crude fibre and negatively correlated with the concentrations of protein, ash and acid detergent fibre. From the point of view of raw material chemical properties, the phase of ear formation appears to be the most optimal harvesting period for the grass sward to be used for biogas production. Biogas can

also be manufactured from lawn sward as well as other grass biomass of by-product nature provided the employed material is characterised by good quality parameters. The breeding of grasses intended for biogas production still remains purely theoretical and its aims coincide with grass fodder utilisation. From among grasses cultivated at the Szelejewo Plant Breeding Station Ltd., Italian ryegrass, maize and *Festulolium braunii* appear to be most suitable for biogas production. Perennial ryegrass was determined as the grass which is least suitable for the production of biomass for biogas as its potential was 27% lower in comparison with the Italian ryegrass. At the moment, the conversion of grass sward and silage in biogas facilities as well as biomass from other crop plants remains uneconomical in Poland. This is due to relatively low prices of electrical and heat energy as well as high investment expenditures for the construction of biogas facilities, especially in view of the fact that milk and beef production continue to be profitable. The conversion of grasses into biogas guarantees only 24% of the income which can be obtained from the fodder utilisation of grasses in dairy cattle breeding and depends on species specificity. Variations of this index range from 21% for the *Festulolium braunii* to 30% – in the case of maize.

Recenzent – Reviewer: *Tadeusz Michalski*

Adres do korespondencji – Address for correspondence:

Prof. dr hab. Piotr Goliński

Katedra Łąkarstwa, Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

ul. Wojska Polskiego 38/42, 60-627 Poznań

tel. (061) 848-7414, fax (061) 848-7424

e-mail: pgolinsk@au.poznan.pl