

Proso różgowate - roślina energetyczna drugiej generacji

BIOMASA / ENERGETYKA

23 sierpnia 2001 roku po raz pierwszy zostały sformułowane przez Sejm deklaracje na temat rozwoju odnawialnych źródeł energii w Polsce. 4 stycznia 2005 r. opracowany został na szczeblu rządowym dokument p.t. „Polityka energetyczna w Polsce do roku 2025”, a następnie 28 marca 2006 roku „Strategia rozwoju elektroenergetyki”. Zgodnie z podanymi deklaracjami i strategiami pojawił się wskaźnik, że w roku 2010 udział odnawialnych źródeł energii w Polsce osiągnie poziom 7,5%, natomiast w roku 2020 będzie to 14% całej energii pierwotnej w kraju. Następnie pojawiły się odpowiednie akty prawne. Minister Gospodarki przygotował rozporządzenie z dnia 1 lipca 2005 roku dotyczące polityki energetycznej w Polsce do roku 2025 (Monitor Polski, MP 2005/42/562). Zgodnie z tym rozporządzeniem głównym składnikiem odnawialnych źródeł energii jest energia pozyskiwana z biomasy [Kowalik 2009]. Wieloletnia tradycja stosowania węgla jako głównego paliwa energetycznego, stosowane w przeszłości dotacje do energetyki i niskie ceny tradycyjnych nośników energii znacznie utrudniały wprowadzenie energii ze źródeł odnawialnych w Polsce. W 2006 roku 52% surowców energetycznych wykorzystywanych w Europie pochodziło z poza tego kontynentu, a przy tamtym tempie konsumpcji energii, do 2015 r., aż 72% surowców trzeba by było sprowadzać [Denisiuk 2006]. W traktacie akcesyjnym o przystąpieniu do Unii Europejskiej Polska zadeklarowała wzrost udziału odnawialnych źródeł energii w produkcji energii elektrycznej do 7,5% w roku 2010 i do 14% w roku 2020 [Niedziółka 2006]. Ponadto Rada Unii Europejskiej szóstego kwietnia 2009 roku zaaprobowwała pakiet dotyczący energii i zmian klimatycznych (CCP). Dyrektywa o energii odnawialnej [RED- renewable energy directive (RED)] jest częścią tego pakietu i została wprowadzona w życie 25 czerwiec 2009 roku. Pakiet ten uwzględnia cele do osiągnięcia do roku 2020 nazwane "20/20/20" [Flach 2009]:

- Zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych (greenhouse gases GHG) o 20% w porównaniu z rokiem 1990
- Poprawa o 20% wydajności energetycznej w stosunku do obecnych prognoz na rok 2020
- Do 2020 roku energia odnawialna ma stanowić 20% całkowitej energii zużywanej w Unii Europejskiej

Najstarszym, znanym człowiekowi, źródłem energii jest biomasa pochodzenia roślinnego. Trzysta lat temu cała zużywana energia pochodziła ze źródeł odnawialnych a jeszcze pod koniec XVIII wieku około 90% potrzeb energetycznych ludzkości pokrywało drewno [Węgrzyn 2008]. Obecnie gdy pozyskiwanie energii ze źródeł odnawialnych stało się koniecznością, biomasa jest najczęściej wykorzystywanym alternatywnym źródłem energii [Węgrzyn 2008]. Energetyczne zastosowanie biomasy ma szczególne znaczenie w krajach o znacznym udziale rolnictwa w strukturze gospodarczej [Budzyński 2004]. W Polsce w 2003 roku jej udział w strukturze wykorzystania odnawialnych źródeł energii przekraczał 90% [Węgrzyn 2008]. Biomasa w skali naszego kraju stanowi znaczny potencjał energetyczny [Denisiuk 2006]. Czynnikiem ograniczającym jest rozproszenie jej źródeł i potrzeba stosunkowo dużych obszarów do jej pozyskiwania. Międzynarodowa Agencja Energetyki ocenia, że do wyprodukowania 1GWh energii elektrycznej potrzeba ok. 60 ha rocznie plantacji energetycznych [Budzyński 2004]. W tej sytuacji szczególne uzasadnienie mają lokalne instalacje, pracujące na potrzeby mniejszych grup odbiorców [Budzyński 2004]. Biomasa jak również inne OZE mogą stanowić istotny udział w bilansie energetycznym i finansowym poszczególnych gmin, czy nawet województw naszego kraju. Mogą przyczynić się do zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego regionu, a zwłaszcza do poprawy zaopatrzenia w energię na terenach o słabo rozwiniętej infrastrukturze energetycznej.

Do biomasy należą surowce pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, które ulegają biodegradacji i pochodzą z produkcji rolniczej, a także przemysłu rolno-spożywczego. Spośród wielu rodzajów biomasy największe znaczenie ma biomasa pochodzenia roślinnego [Niedziółka 2006]. Wartość energetyczna to jeden z podstawowych parametrów termofizycznych biopaliw stałych. Waha się od 6-8 MJ kg⁻¹ dla biomasy o wilgotności 50–60% do 15–17 MJ kg⁻¹ dla biomasy podsuszanej, której wilgotność wynosi 10–20%, aż do 19 MJ kg⁻¹ dla biomasy całkowicie wysuszonej. Jednak jest ona niższa od wartości opałowej węgla i znacznie niższa od wartości opałowej gazu ziemnego. Wartość opałowa wszystkich rodzajów biomasy zależy ściśle od jej wilgotności [Niedziółka 2006]. Biomasa może być używana na cele energetyczne w procesach bezpośredniego spalania surowców stałych lub przetwarzania na biopaliwa ciekłe i gazowe [Niedziółka 2006]. W dalszej perspektywie poza bezpośrednim spalaniem w kotłach energetycznych, dodatkowo nabierać będzie znaczenia termiczna konwersja poprzez gazyfikację lub pyrolizę (procesy termicznego zgazowywania paliw w warunkach niedoboru tlenu) z wytworzeniem gazów, spalanych następnie w silnikach spalinowych lub turbinach gazowych do produkcji energii elektrycznej i ciepła w skojarzeniu. Do najpopularniejszych roślin energetycznych należą: [Denisiuk 2006]

Jednoroczne

- rzepak (*Brassica napus*)
- owies zwyczajny (*Avena sativa*)
- kukurydza (*Zea mays*)
- słonecznik (*Helianthus annuus*)
- ziemniaki (*Solanum tuberosum*)
- burak cukrowy (*Beta vulgaris*)
- sorgo sudańskie (*Sorghum sudanense*)
- konopie (*Cannabis sativa*)

Wieloletnie

- wierzba wiciowa (*Salix viminalis*)
- ślázowiec pensylwaski (*Sida hermaphrodita*)
- osika (*Populus tremula*)
- eukaliptus (*Eucalyptus*)
- topola (*Populus sp.*)
- topinambur (*Helianthus tuberosus*)
- trawy
- proso różgowe (*Panicum virgatum*)
- miskant olbrzymi (*Miscanthus sinensis gigantea*)
- miskant cukrowy (*Miscanthus sacchariflorus*)
- spartina preriowa (*Spartina pectinata*)
- palczatka Gerarda (*Andropogon gerardi*)
- rdest sachaliński (*Polygonum sachalinense*)
- róża wielokwiatowa (*Rosa multiflora*)

Potencjalnie największym odbiorcą energii z biomasy może być rolnictwo, a także mieszkalnictwo i komunikacja. Opłacalności produkcji biomasy na cele energetyczne daje szansę na poprawę

sytuacji panującej w rolnictwie. Pozwala także na zagospodarowanie nadwyżek produkcji roślinnej i powstających odpadów organicznych [Węgrzyn 2008]. Plantacje dają możliwość wykorzystania mało urodzajnych lub skażonych gleb pod uprawę, co stwarza możliwości wdrażania alternatywnej produkcji rolnej. Agroenergetyka powinna stać się nowym kierunkiem w polskim rolnictwie, który pozwoli ograniczyć skalę dostaw tradycyjnych paliw kopalnych (węgla, koksu), przyczyniając się do pozostawienia części środków finansowych w społecznościach lokalnych. Produkcja biomasy przyczyni się do stworzenia nowych miejsc pracy, niezbędnych przy jej zbiorze, transporcie, przygotowaniu do spalania lub przetworzeniu [Majtkowski 2007]. Prognoza IMBER (Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa) przewiduje, że do 2020 roku udział odnawialnych źródeł energii w bilansie energetycznym polskiej wsi i rolnictwa wzrośnie do 21,3% a więc do poziomu zapewniającego ponad 14% OZE w całym bilansie energetycznym kraju [Szeptycki 2003, Budzyński 2004]. Przeznaczenie części obszarów rolniczych na cele inne niż żywnościowe wymaga innej wiedzy i działań:

- opanowania technologii uprawy i szeroko pojętej inżynierii produkcji roślinnej pod potrzeby energetyki.
- tworzenia układów cywilnoprawnych pomiędzy wytwórcami biomasy a przetwórcą tego surowca na energię elektryczną czy energię cieplną.
- przyjęcia w otoczenie wsi ludności miejskiej z obszaru usług oraz przedsiębiorców zdolnych lokalnie zagospodarować wytworzoną biomasę.
- zdolności organizowania się lokalnej społeczności wsi i miast celem samo zaopatrzenia energetycznego [Denisiuk 2006].

ROŚLINY ENERGETYCZNE / PROSO RÓZGOWATE

Rośliny energetyczne drugiej generacji takie jak proso różgowate, czyli wieloletnie rośliny pastewne uważane są za przyszłość bioenergetyki i z tego powodu są bardzo intensywnie badane. W porównaniu do roślin pierwszej generacji - jednorocznych roślin z ziarniakami (typ owocu), produkują więcej energii przy znacznie mniejszym jej wkładzie i mają korzystniejszy bilans emisji GHG [Sanderson 2008]. *Panicum virgatum* jest używane od 50 lat w USA do ochrony gleby przed erozją oraz jako pasza dla zwierząt. Badania prowadzone od lat trzydziestych dwudziestego wieku dostarczyły ważnych danych oraz doprowadziły do stworzenia wielu odmian przeznaczonych do ochrony gleby i na cele paszowe. Od lat dziewięćdziesiątych dwudziestego wieku roślina jest używana przez Departament Energetyki Stanów Zjednoczonych (DOE United States Department of Energy) jako modelowa, zielna, roślina energetyczna do produkcji bioetanolu i energii elektrycznej. W Kanadzie Resource Efficient Agricultural Production (REAP) pracuje od 1991 roku nad wykorzystaniem *Panicum virgatum* do produkcji biomasy na cele energetyczne, bioetanolu oraz pulpy do produkcji papieru. Intensywne badania nad *Panicum* doprowadziły do powiększenia plonów, a ostatnie próby polowe wykazały że koszt uprawy w USA to jedyne 46 USD za tonę [Bals 2010]. W Europie do stosunkowo niedawna *Panicum virgatum* było znane jedynie jako trawa ozdobna [Elbersen 2000].

Produktywność roślin określa tempo wytwarzania i akumulacji suchej masy w jednostce czasu jako rezultat procesów asymilacji węgla (fotosyntezy) i dysymilacji węgla (oddychania mitochondrialnego lub fotooddychania) [Gołaszewski 2011]. Produktywność roślin silnie różnicuje typ fotosyntezy C3 lub C4. Rośliny typu C4 mają dodatkowy mechanizm wiązania CO₂ poprzez mechanizmy anatomiczne i fizjologiczne, co pozwala na zwiększenie stężenia CO₂ w komórkach. U tych roślin brak jest fazy fotorespiracji i tym samym zredukowane są straty zasymilowanej energii [Gołaszewski 2011]. W efekcie rośliny typu C4 mają szybszą fotosyntezę i większą wydajność biomasy, przy relatywnie małym zapotrzebowaniu na wodę. Większość roślin typu C4 są to rośliny

typowe dla regionów świata o klimacie tropikalnym lub subtropikalnym, co nie oznacza, że nie są uprawiane lub introdukowane w innych strefach klimatycznych, jak w Polsce. Rośliny te stanowią niespełna 5% flory świata i z energetycznego punktu widzenia są roślinami najbardziej pożądanymi. Należą do nich poza prosem różgowatym (*Panicum virgatum* L.) m.in. kukurydza zwyczajna (*Zea mays* L.), miskant (cukrowy, chiński, olbrzymi) (*Miscanthus* spp.), sorgo (*Sorghum* sp.) czy trzcina cukrowa (*Saccharum officinarum* L.) [Gołaszewski 2011].

Proso różgowe (*Panicum virgatum* L.) jest jednoliścienną rośliną wieloletnią (byliną). Rośliny wieloletnie, w przeciwieństwie do gatunków jednorocznych, wymagają jednokrotnego wykonania uprawy roli w okresie 10-15 lat oraz mniejszych dawek nawozów mineralnych. Mniejsze potrzeby nawozowe są spowodowane recyrkulacją składników mineralnych, z których duża część jest wycofywana do korzeni przed jesiennym zakończeniem wegetacji. W warunkach długotrwałej suszy oraz w okresie zasychania przed zimą wieloletnie wysokie trawy periorowe takie jak proso różgowe czy spartina są zdolne do translokacji 30% azotu znajdującego się w części nadziemnej do korzeni i rizomów [Chołuj 2008, Elbersen 2004]. Liście wielu roślin energetycznych charakteryzują się większą zawartością popiołu niż organy reprodukcyjne i pędy. Badania wykazały, że liście niektórych gatunków roślin energetycznych zawsze charakteryzują się najwyższą zawartością popiołu, prawie dwukrotnie wyższą w porównaniu z pędami. W liściach stwierdza się też najwyższą zawartość Al, Fe, N, Ca, Mg, S i Si, pierwiastków które negatywnie wpływają na jakość i użyteczność biomasy. Analizując zależność pomiędzy terminem zbioru, wielkością plonu i jakością biomasy należy pamiętać, że zależy ona od gatunku rośliny. Dla prosa różgowatego straty wynikające z opadania liści sięgają tylko kilku procent, podczas gdy w przypadku rdestowca liście stanowią 40% biomasy, a dla sorga 20% [Chołuj 2008]. W związku z tym zmiana terminu zbioru prosa może w istotny sposób poprawić jakość biomasy prosa różgowatego. Wskazane są późne zbiory, zimą lub wczesną wiosną. Oprócz utraty liści w trakcie wegetacji roślin zachodzi proces translokacji składników mineralnych z pędów do rizomów, co w istotny sposób poprawia jakość zebranej biomasy [Chołuj 2008]. Zbyt wczesne zbiory przed zakończeniem procesu wycofywania substancji z liści i łodyg do kłaczy i korzeni nie tylko pogarszają jakość biomasy ale i zmniejszają szansę przetrwania zimy, procent roślin, które odbiją na wiosnę, a nawet może spowodować utratę danego stanowiska [Elbersen 2004].

Rośliny energetyczne charakteryzują się silnym współdziałaniem środowisko x genotyp. Współdziałanie to wpływa na zawartość popiołu i składników mineralnych, włókna, cukrów fermentujących oraz wartość opałową. Odmiany prosa różgowatego w zależności od miejsca uprawy i terminu zbioru znacznie różnią się przydatnością biomasy do spalania, gazyfikacji czy przerobu na paliwa płynne [Casler 2003]. Występują dwa główne ekotypy: nizinny i wyżynny. Ten pierwszy występujący najczęściej na terenach podmokłych i zalewowych, charakteryzuje się długimi, grubymi i chropowatymi łodygami i tendencją do tworzenia kęp. Typ wyżynny jest przystosowany do terenów suchszych, ma cieńszą niż typ nizinny łodygę i posiada więcej łodyg. Często tworzy darnie [Elbersen 2004]. U *P. virgatum* występuje duży polimorfizm i często poszczególne formy są ze sobą niekompatybilne. Ma liczbę chromosomów $x=9$. Występuje w formach od diploidalnej $n=18$ do duodekaploidalnej $n=108$. Większość odmian jest tetraploidalna lub oktoploidalna [Elbersen 2000]. Wyhodowano kilka odmian uprawnych zarówno z ekotypu nizinnego jak i wyżynnego. Ogólnie rzecz biorąc odmiana nizinna daje największy plon w niskich szerokościach geograficznych, a odmian wyżynna jest odpowiednia do zimniejszego klimatu [Bals 2010]. Badania wykazały, że uprawa w Europie może być prowadzona na terenach dużo bardziej wysuniętych na północ niż ma to miejsce w Ameryce Północnej. Jest to spowodowane warunkami klimatycznymi, bardziej umiarkowanymi ze względu na obecność mórz. Wiele odmian było testowanych w warunkach Europejskich z powodzeniem.

Przykłady:

- Odmiana Cave-in-Rock jest przystosowana do NW Europy(UK, NL, D).
- Odmiana Kanlow jest przystosowana do terenów wysuniętych bardziej na południe (S-UK, S-D, N-IT). Ta odmiana może mieć problemy z przetrwaniem zimy w pierwszym roku od założenia uprawy na terenach wysuniętych na północ.
- Odmiana Alamo jest najlepiej przystosowana do warunków południowoeuropejskich (GR, IT). Podobnie jak poprzednia odmiana może nie przetrwać zimy zwłaszcza w pierwszym roku uprawy [Elbersen 2004].

Proso różgowe ma całkowitą zawartość ligniny około 17,6%, celulozy 31,0% a hemiceluloz 24,4% [USDE]. Zawartość celulozy i ligniny w biomase ma znaczenie wtedy, gdy jest ona przetwarzana na drodze biochemicznej poprzez fermentację metanową lub alkoholową. Konwersja lignocelulozowej biomasy do etanolu jest odnawialną, przyjazną dla środowiska alternatywą dla ropy [Bals 2010]. Biodegradowalność celulozy jest wyższa niż ligniny, co powoduje, że biomasa o niskiej zawartości ligniny jest bardziej przydatna do procesów fermentacji. Również wzajemne przestrzenne rozmieszczenie ligniny i celulozy w biomase ma ogromny wpływ na możliwość wykorzystania celulozy jako surowca do fermentacji [Podlaski 2010]. Biomasa Panicum jest podatna na wstępną obróbkę i hydrolizę. Niektóre badania wykazują ponad 90% konwersję węglowodanów ścian komórkowych do cukrów prostych [Bals 2010]. Wartość energetyczna celulozy może się nieznacznie zmieniać w zależności od surowca, przeciętnie ciepło spalania waha się dla celulozy w granicach 17,4 MJ kg⁻¹ podczas gdy ligniny 21,2 MJ kg⁻¹. Niższe ciepło spalania celulozy wynika z jej wyższego poziomu oksydacji [Podlaski 2010].

Podstawową trudność w uprawie roślin stwarza walka z chwastami, które są szczególnie groźne dla wolno rosnących w pierwszym roku, upraw wieloletnich roślin energetycznych. Warto też zwrócić uwagę na intensywność i związaną z tym ewentualną szkodliwość zachwaszczenia tych kultur w kolejnych latach uprawy. W północnej Europie najodpowiedniejszym okresem na siew jest kwiecień lub maj. Optymalne warunki pogodowe do zasiewu zbliżone są do tych dla kukurydzy (*Zea mays*). Jeżeli Panicum zostanie wysiane zbyt wcześnie nie będzie ono w stanie konkurować z chwastami ze względu na wolny rozwój w niskich temperaturach [Elbersen 2004]. Powszechnie wiadomo, iż gatunki wieloletnie z racji trwania na jednym stanowisku są narażone na silne zachwaszczenie, głównie chwastami wieloletnimi. Są one trudne do zwalczania, szczególnie w nowych gatunkach uprawnych, dla których nie wytypowano jeszcze środków chemicznych [Borkowska 2010]. W pierwszym roku uprawy wzrost proso różgowe jest wolny, a siewki słabo konkurują z chwastami tak więc bardzo ważne jest by w pierwszym roku uprawy je wyeliminować. Od momentu gdy w drugim roku uprawy Panicum wszędzie w zasadzie nie potrzeba już stosować żadnych zabiegów w celu ochrony przed chwastami ponieważ bez problemu wygrywa z nimi konkurencję [Elbersen 2004].

Reasumując do zalet proso różgowe należą:

- duża produkcja energii netto z hektara
- niskie koszty uprawy
- małe wymagania żywieniowe
- niska zawartość popiołu
- wydajne użycie wody
- adaptacja do różnych szerokości geograficznych
- uprawa łatwa do założenia z nasion
- przystosowanie do wzrostu na glebach nieprzydatnych rolniczo, zbyt słabych zdegradowanych
- zdolność do biosekwestracji dwutlenku węgla

LITERATURA

- Bals B, Rogers C, Jin M, Balan V, Dale B, 2010. Evaluation of ammonia fiber expansion (AFEX) pretreatment for enzymatic hydrolysis of switchgrass harvested in different seasons and locations. *Biotechnology for Biofuels*. 3:1.
- Borkowska H, Molas R, 2010. Zachwaszenie Wybranych Wieloletnich Gatunków Roślin Energetycznych W Zależności Od Wieku Plantacji. *Acta Agrophysica*, 15(1), 13-21.
- Budzyński W, Bielski S, 2004. Surowce Energetyczne Pochodzenia Rolniczego Cz. 2. Biomasa Jako Paliwo Stałe *Acta Sci. Pol., Agricultura* 3(2), 15-26.
- Casler MD, Boe AR, 2003. Cultivar x environment interactions in switchgrass. *Crop Sci.*, 43, 2226-2233.
- Chołuj D, Podlaski S, Wiśniewski G, Szmalec J, 2008. Kompleksowa ocena biologicznej przydatności 7 gatunków roślin wykorzystywanych na cele energetyczne. *Studia i Raporty IUNG – PIB zeszyt 11*.
- Denisiuk W, 2006. Produkcja Roślinna Jako Źródło Surowców Energetycznych. *Inżynieria Rolnicza* 5, 123-131.
- Elbersen HW, Christian DG, Bacher W, Alexopoulou E, Pignatelli V, van den Berg D, 2000. Switchgrass Variety Choice In Europea. 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, Sevilla, Spain.
- Elbersen HW, Christian DG, El Bassam N, Sauerbeck G, Alexopoulou E, Sharma N, Piscioneri I, 2004. A management Guide For Planting And Production Of Switchgrass As A Biomass Crop In Europe. 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, Rome, Italy 140-142.
- Flach B. et al, 2009. Netherlands-Germany EU-27/ EU-27 Biofuels Annual. Annual Report 2009. Gain Report Number: NL9014.
- Gołaszewski J, 2011. Wykorzystanie substratów pochodzenia rolniczego w biogazowniach w Polsce. *Postępy Nauk Rolniczych*, 2, 69–94.
- Kowalik PJ, Scalenghe R, 2009. Potrzeby Wodne Roślin Energetycznych Jako Problem Oddziaływania Na Środowisko W Polsce. III Ogólnopolski Kongres Inżynierii Środowiska 13-17 września 2009 r. (3) 7 61-69.
- Majtkowski W, 2007. Problemy Powstania Rynku Biomasy W Polsce. *Problemy Inżynierii Rolniczej* 1, 155-162.
- Niedziółka I, Zuchniarz A, 2006. Analiza Energetyczna Wybranych Rodzajów Biomasy Pochodzenia Roślinnego. *MOTROL*. 8A, 232–237.
- Podlaski S, Chołuj D, Wiśniewski G, 2010. Produkcja biomasy z roślin energetycznych. *Postępy Nauk Rolniczych*, 2, 163–174.
- Sanderson MA, Adler PR, 2008. Perennial Forages as Second Generation Bioenergy Crops. *International Journal of Molecular Sciences*. 9, 768-788.
- Sanderson MA, Adler PR, 2008. Perennial Forages as Second Generation Bioenergy Crops. *International Journal of Molecular Sciences*. 9, 768-788.
- Szeptycki A, Wójcicki Z, 2003. Postęp technologiczny i nakłady energetyczne w rolnictwie do 2020 r. Wyd. PTiR Kraków, 1-96.
- USDE. Biomass Program. Energy Efficiency & Renewable energy. «<http://www.eere.energy.gov>».
- Węgrzyn A, Zając G, 2008. Wybrane Aspekty Badań Efektywności Energetycznej Technologii Produkcji Biomasy Roślinnej. *Acta Agrophysica*, 11(3), 799-806.