

SUROWCE ENERGETYCZNE POCHODZENIA ROLNICZEGO CZ. I. BIOKOMPONENTY PALIW PŁYNNYCH (ARTYKUŁ PRZEGLĄDOWY)

Wojciech Budzyński, Stanisław Bielski
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie. Praca ma charakter przeglądu polskiego piśmiennictwa na temat przydatności niektórych roślin uprawy polowej do produkcji energii odnawialnej w formie biokomponentu paliwowego (estrów wyższych kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego, bioetanolu) – cz. I. oraz biomasy jako paliwa stałego – cz. II. Biokomponenty do paliw płynnych mogą być pozyskiwane z nasion rzepaku ozimego i z nadwyżek ziarna zbóż oraz bulw ziemniaka wysokoskrobiowego. Dla zapewnienia dostaw surowca w ciągu najbliższych 5-6 lat należy ustabilizować powierzchnię zasiewów roślin energetycznych na poziomie 440-475 tys. ha rzepaku oraz 470 tys. ha żyta lub 140 tys. ha kukurydzy albo 150 tys. ha ziemniaka wysokoskrobiowego. Zwiększone – w dalszej perspektywie – zapotrzebowanie na te surowce może być także zaspokojone produkcją krajową. Z względów agrotechnicznych za najważniejsze dla zwiększenia wydajności surowców (rzepaku, zbóż, ziemniaka) z 1 ha uznaje się podniesienie efektywności plonotwórczych i plonochronnych czynników technologii produkcji. W literaturze nie znaleziono oceny efektywności przetwarzania surowców na biokomponenty, głównie z powodu braku określenia poziomu ulgi w akcyzie.

Słowa kluczowe: energia odnawialna, biomasa, estry metylowe kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego, bioetanol

WSTĘP

Wzrost zapotrzebowania na energię powinien być zaspokajany nie tylko przez węgiel, ropę i gaz ziemny, ale także przez odnawialne źródła energii. Wynika to z ograniczonego potencjału energii ze źródeł konwencjonalnych oraz tzw. bezpieczeństwa energetycznego na poziomie światowym i krajowym, a przede wszystkim z potrzeby skuteczniejszej ochrony środowiska.

Odnawialne źródła energii (OZE) występują pod różnymi postaciami i są praktycznie niewyczerpalne. Do OZE zalicza się przede wszystkim energię słońca, wiatru, wód płynących, energię geotermiczną, a także energię zgromadzoną w postaci biomasy. Ich zasoby uzupełniane są nieustannie w procesach naturalnych. Dostarczają one energii we wszystkich formach (cieplnej, elektrycznej, jako paliwa silnikowe), bez zanieczyszczenia środowiska. Wytwarzana z nich energia jest dostępna w miejscu jej pozyskiwania, co przynosi wiele korzyści społecznościom lokalnym i sprzyja rozwojowi obszarów wiejskich [Grzybek i in. 2001, <http://www.ure.gov.pl/odnowa/odnowa.html>].

Największym potencjalnym źródłem energii jest biomasa, czyli substancje pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego ulegające biodegradacji, pochodzące z produktów, odpadów i pozostałości z produkcji rolnej oraz leśnej, a także przemysłu przetwarzającego ich produkty. Wykorzystanie biomasy jest w rzeczywistości użytkowaniem energii słonecznej zaasymilowanej uprzednio przez rośliny do akumulacji węgla w tkankach [Grzybek i in. 2001, Grzybek 2003]. Pozyskiwanie energii z biomasy roślinnej jest jednym z najbardziej ekologicznych działań energetyki.

Obecnie stosowane są trzy zasadnicze kierunki pozyskiwania energii z biomasy roślin rolniczych. Pierwszym z nich, najstarszym, znanym od zarania ludzkości, a zarazem najmniej efektywnym jest bezpośrednie spalanie surowców w postaci stałej. Do tego celu wykorzystuje się przede wszystkim plony uboczne z upraw rolniczych, tj. słomę zbóż i rzepaku oraz masę roślin energetycznych – wieloletnich i jednorocznych – uprawianych na użytkach rolnych. Kolejnym kierunkiem jest przetwarzanie biomasy na paliwa ciekłe do napędu silników spalinowych, głównie na estry kwasów tłuszczowych oraz bioetanol i biometanol. Ostatnim sposobem jest wykorzystanie produktów fermentacji gnojowicy, odpadów przetwórstwa spożywczego oraz osadów ściekowych – czyli biogazu [Kowalik 1994, Grzybek 2003, Praca pod red. Gradziuka 2003, Praca pod red. Kościka 2003].

SUROWCE DO PRODUKCJI BIOKOMPONENTÓW PALIW PŁYNNYCH

Ważnym surowcem wykorzystywanym do produkcji paliw mogą być oleje z różnych roślin. W strefie klimatu umiarkowanego największy plon tłuszczu z jednostki powierzchni daje rzepak. Wynosi on średnio 750-1200 kg z ha [Budzyński i Ojczyk 1996].

Możliwości zastosowania oleju rzepakowego do celów technicznych są znane od dziesiątków lat (jako surowiec środków smarowych, linoleum, powłok ochronnych, farb drukarskich, rozpuszczalników i plastyfikatorów, polimerów, a przede wszystkim jako biopaliw w postaci czystych estrów metylowych wyższych kwasów tłuszczowych lub tylko ich dodatku do ON).

Rzepak w obrocie handlowym i przetwórczym (nasiona, śruta, olej) należy do tzw. gatunków zbiorowych, obejmujących oleiste kapustne – przede wszystkim rzepak ozimy i jary, rzepik ozimy i jary oraz gorczyce – białą, sarepską i czarną. Jednostkowa wartość energetyczna nasion i słomy roślin oleistych jest zbliżona (tab. 1), jednak ich wydajność z 1 ha jest zróżnicowana. Wartość energetyczna tłuszczu z 1 ha rzepaku ozimego (a więc tej części, która może być wykorzystana na paliwo płynne) jest co najmniej o 45% wyższa od plonu tłuszczu form jarych. Uwzględniając pełną analizę energetyczną nakładów i wytworzonych produktów różnych kapustnych roślin oleistych uzyskuje się obraz efektywności energetycznej ich uprawy (tab. 2).

Tabela 1. Wartość energetyczna roślin oleistych [Jankowski i Budzyński 2003]

Table 1. Energy value of oilseed crops [Jankowski and Budzyński 2003]

Gatunek Species	Wartość energetyczna – Energy value MJ·kg ⁻¹			
	całe nasiona, s.m. whole seeds, d.m.	tłuszcz surowy crude fat	sucha masa beztłuszczowa nasion fat-free dry matter of seeds	słoma, s.m. straw, d.m.
Rzepak ozimy Winter oilseed rape	23,5	28,4	19,7	16,5
Rzepak jary Spring oilseed rape	23,5	28,5	19,7	16,5
Gorczyca biała White mustard	23,0	31,5	19,9	16,3
Gorczyca sarepska Indian mustard	22,7	29,6	19,2	16,0
Lnianka jara Spring false flax	22,9	27,9	20,0	16,2
Katran abisyński Crambe	22,2	29,8	18,7	16,0

Tabela 2. Wybrane wskaźniki efektywności energetycznej produkcji roślin oleistych [Jankowski i Budzyński 2004]

Table 2. Selected energy effectiveness parameters for production of oilseed crops [Jankowski and Budzyński 2004]

Wyszczególnienie Item		Gatunek – Species					
		Rzepak ozimy Winter oilseed rape	Rzepak jary Spring oilseed rape	Gorczyca biała White mustard	Gorczyca sarepska Indian mustard	Lnianka jara Spring false flax	Katran abisyński Crambe
Wartość energetyczna plonu z 1 ha, GJ	nasion seeds	84,5	48,3	53,6	28,6	42,8	21,5
Yield energy value per 1 ha	nasion i słomy seeds and straw	165,7	114,0	100,8	78,0	81,4	62,3
Nakłady na produkcję z 1 ha, GJ	–	20,9	15,4	13,7	13,4	12,4	12,3
Energy input per 1 ha							
Wskaźnik efektywności energetycznej	nasion seeds	4,0	3,1	3,9	2,1	3,5	1,7
Energy effectiveness ratio	nasion i słomy seeds and straw	6,9	6,4	7,4	5,8	6,6	5,1

W cytowanych tu porównaniach autorzy określili, że zysk energii skumulowanej w oleju, makuchach i słomie roślin oleistych z 1 ha jest równoważny wartości energetycznej 3,4 t ON (z rzepaku ozimego), 2,1-2,3 t ON (z gorzycy białej, rzepaku jarego) i 1,5 t ON (z gorzycy sarepskiej i białej).

Tak więc znaczącym surowcem krajowym do produkcji estrów wyższych kwasów tłuszczowych mogą być tylko nasiona rzepaku ozimego.

Paliwo rzepakowe jest ekologicznie bezpieczne, łatwiej biodegradowalne od węglowodorowego, wytwarza mniej dymu, CO, HC i S, nie zawiera metali ciężkich. Jedynie zawartość związków azotu może być nieco wyższa [Kotowski i in. 1994, Pągowski i Wiślicki 1995, Bocheński 2003].

Nie dziwi więc, iż wiele krajów dynamicznie rozwija produkcję tego nośnika energii (ok. 14% całej produkcji oleju rzepakowego). Obecnie produkcja biopaliw z roślin oleistych (głównie rzepaku) przekroczyła w Europie 1,3 mln ton, a głównymi producentami są Niemcy, Francja i Włochy (ok. 65% produkcji europejskiej) [Pągowski i Wiślicki 1995, Chwieduk i Karbowski 2000, Pawlak 2000, Gradziuk 2002, Grzybek 2002, Ostrowska 2002, Podkówka 2002, Żmuda 2002, Bocheński 2003, Żmuda 2003, Praca pod red. Podkówki 2004]. Kraje zachodnie zapowiadają skokowy wręcz wzrost produkcji estrów kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego. Rekordowe zbiory nasion w Europie w 2004 roku (Niemcy – 5,2 mln ton, Francja – 3,8 mln ton) umożliwiają realizację takiej strategii. Dlatego już w 2004 roku w samych Niemczech sprzedaż biodiesla ma wzrosnąć do 850 tys. ton [<http://www.ufop.de>], czyli do poziomu wyższego niż określa to Dyrektywa 2003/30/EC.

Wprowadzenie w kraju zapisów owej dyrektywy, o minimalnej zalecanej domieszce biokomponentów do ON, spowoduje docelowo wzrost popytu na nasiona rzepaku energetycznego wycenianego do 2010 roku [Jankowski i Budzyński 2003, Kuś 2004] na ok. 1-1,2 mln ton (tab. 3). Tak więc łączne krajowe zapotrzebowanie przemysłu spożywczego (oleje, margaryny) i niezwywniowego (biopaliwa, smary) powinno osiągnąć poziom ok. 2,2-2,5 mln ton rocznie, czyli znacznie wyższy niż dotychczas, wynoszący 1006 tys. ton w 2003 r. i 1500 tys. ton w 2004 r. [Rosiak 2004].

Tabela 3. Prognozowane zapotrzebowanie na nasiona rzepaku energetycznego po uwzględnieniu Dyrektywy 2003/30/EC

Table 3. Forecasted demand for energy winter oilseed rape seeds following the Directive 2003/30/EC

Rok Year	Udział minimalny biokomponentów w ON Minimum participation of biocomponents in oil %	Zapotrzebowanie na biokomponenty, tys. Mg Demand for biocomponents, th. Mg	Zapotrzebowanie na nasiona rzepaku, tys. Mg Demand for winter oilseed rape seeds, th. Mg	Wymagany areal uprawy na cele energetyczne, tys. ha Plantation area required for energy purposes, th. ha
2005	2,00	138	413	153-163
2006	2,75	189	568	210-227
2007	3,50	241	723	268-289
2008	4,25	293	878	325-351
2009	5,00	344	1033	383-413
2010	5,75	396	1188	440-475

Do uprawy rzepaku energetycznego mogą być przeznaczone gleby chemicznie skażone oraz rolniczo odłogowane [Frąckowiak 2002]. Natychmiastowe wprowadzenie go na gleby agrotechnicznie zdegradowane, kwaśne, odłogowane i marginalne nie wydaje się jednak możliwe, choćby ze względu na jego wymagania agrotechniczne, poziom plonowania i opłacalność produkcji. Realne jest natomiast zapewnienie takiej produkcji w skali makro na gruntach ornych. W skali regionalnej mogą wystąpić pewne kłopoty z zimowaniem (ryzyko przemarzania za ostatnie 15 lat wynosi średnio w kraju około

17% zasiewów), także kłopoty płodozmianowe (za duże, tj. powyżej 20%, wysycenie zmianowań tym gatunkiem) oraz problemy intensywności technologii (rozdrobione, ekstensywne technologie) [Jankowski i Budzyński 2003]. Właśnie w agrotechnice należy upatrywać dużej rezerwy produkcji. Niski poziom nakładów na technologie produkcji rzepaku przy bardzo niskim wskaźniku ich kompleksowości jest, zdaniem autorów, główną przyczyną niskich zbiorów. Gdyby bowiem zwiększyć efektywność głównych czynników plonotwórczych i plonochronnych, doprowadzając do średniego plonu na poziomie 2,6-2,8 t z ha, to – progresywnie oczywiście – zbiory surowca ogółem można by zwiększyć do 3,0-3,2 mln ton.

Rolnictwo dysponuje odmianami o wysokim potencjale plonotwórczym. Nasiona przerabiane na cele energetyczne winny spełniać kryteria jakościowe dotychczasowych odmian dwuzerowych [Budzyński i Jankowski 2003, Bartkowiak-Broda i Krzymański 2004].

Dopiero w przyszłości mogą je uzupełnić lub zastąpić formy o wyższej zawartości kwasu oleinowego i niższej zawartości kwasu linolenowego (lepszej stabilności w wyższej temperaturze) i oczywiście o bezglukozynolanowej śrucie [Spasibonek 2004]. Dochód ze sprzedaży nietłuszczowej reszty nasion w formie dobrych jakościowo makuchoń lub śruty z niską zawartością glukozynolanów obniży koszt produkcji biokomponentu. Ważnym bowiem ekonomicznym problemem produkcji estrów będzie koszt ich wytwarzania i wielkość ulgi w akcyzie paliwowej. Decydujące znaczenie dla upowszechnienia się w Polsce paliw płynnych z udziałem biokomponentów będzie mieć ich cena. Aktualnie zwycięża pogląd, podparty analizą opłacalności produkcji, o potrzebie powstawania dużych (100-150 tys. ton rocznie) instalacji produkujących biodiesla. Do połowy 2004 r. resort rolnictwa wydał zezwolenie na produkcję 172 tys. ton estru oleju rzepakowego [Kasperowicz 2004].

Produkcja biodiesla rusza w Rafinerii Trzebinia. Planowana wydajność wynosi 150 tys. biodiesla, 15 tys. ton gliceryny farmaceutycznej i 250 ton gliceryny technicznej (z możliwością rozbudowy części glicerynowej). Do produkcji jest wykorzystywane się olej rzepakowy (60% wsadu), zużyte oleje roślinne oraz kwasy tłuszczowe rzepakowe. W produkcji stosuje się metanol, a reakcja jest katalizowana wodorotlenkiem potasu i kwasu siarkowego [<http://www.rafineria-trzebinia.pl/rafineria/>].

Bioetanol może być użyty bezpośrednio w odpowiednio przystosowanych silnikach jako 95% alkohol lub też jako dodatek do benzyn w postaci odwodnionego 100% alkoholu [Kupczyk i Ekielski 2002]. Bioalkohol paliwowy produkowany jest na wszystkich kontynentach. Wiodącymi producentami są kraje Ameryki Południowej. Brazylia np. produkuje ok. 46% światowej produkcji bioetanolu, tj. ok. 12 mln ton, z czego 2,7 mln ton zużywanych jest na cele paliwowe. W Europie w zakresie wytwarzania etanolu liderami są Francja, Austria, a także Niemcy i Wielka Brytania. Światową produkcję bioetanolu ocenia się obecnie na ok. 31,4 mln ton. W Polsce najwięcej etanolu wyprodukowano w 1997 roku – 240 mln litrów, z czego 46% zostało domieszane do benzyn [Ostrowska i Cieśliński 2003].

Dodawanie do benzyn silnikowych wysokooktanowych komponentów tlenowych, m.in. etanolu, niesie ze sobą szereg korzyści ekologicznych. Najważniejsze z nich to obniżenie, nawet o 60%, wydzielania sadzy i cząstek stałych. Emisja tlenu węgla i benzenu zmniejsza się od 15 do 30%, nie przyczyniając się do wzrostu efektu cieplarnianego. Dodatek bioetanolu do benzyn powoduje większą biodegradowalność. Zmniejsza się także stężenie niespalonych węglowodorów – do 10% w stosunku do składu

spalin z benzyn nie zawierających etanolu [Roszkowski 2002, Bocheński 2003, Szczypkowski i Kupeczyk 2003].

Do produkcji bioalkoholu mogą być wykorzystane różne surowce roślinne: zboża, ziemniaki, topinambury, buraki cukrowe, a także melasa oraz inne produkty odpadowe bogate w cukry [Kupczyk i Ekielski 2002, Ostrowska i Cieśliński 2003, Praca pod red. Gradziuka 2003, Kuś 2004]. Współczesne krajowe technologie otrzymywania alkoholu etylowego z płodów rolnych, choć ostatnio unowocześniane, są ciągle energochłonne. W gorzelnianach krajowych 80% spirytusu produkuje się z ziarna żyta, a tylko 20% z bulw ziemniaka [Żmuda 2003]. Zbożem, które można wykorzystać do produkcji bioetanolu, jest również pszenżyto. Mimo iż wydajność jednostkowa etanolu jest wyższa niż w przypadku żyta, dotychczas w całości przeznaczane jest ono na cele paszowe. Istnieje również możliwość produkcji etanolu z pszenicy. Do jej zalet bez wątpienia można zaliczyć wysokie plonowanie, a także znaczną ilość etanolu uzyskiwanego z jednostki powierzchni. Jednak w Polsce ze względów ekonomicznych nie wykorzystuje się tej rośliny jako surowca do produkcji biokomponentów paliw płynnych.

Zbożem najbardziej efektywnym (tab. 4) pod względem energetycznym i wydajności alkoholu z jednostki powierzchni jest kukurydza [Mystkowski 2003]. Dodatkowym jej atutem jest wysoki plon z jednostki powierzchni, przewyższający niekiedy dwukrotnie inne zboża.

Tabela 4. Plony i wydajność etanolu z wybranych gatunków roślin*
Table 4. Yields and efficiency of ethanol for selected plant species*

Roślina Plant	Wydajność etanolu litrów z 1 Mg Efficiency of ethanol litre per 1 Mg	Plon surowca Yield of raw material dt·ha ⁻¹	Wydajność etanolu litrów z 1 ha Efficiency of ethanol litre per 1 ha	Potrzebna powierzchnia tys. ha** Area needed, th. ha
Żyto Rye	350	25	875	473
Pszenżyto Triticale	360	45	1 620	255
Kukurydza Maize	420	70	2 940	141
Ziemniak Potato	110	250	2 750	150
Burak cukrowy Sugar beet	100	480	4 800	86

* obliczenia własne na podstawie danych Kusia [2004] – own calculations based on the data given by Kuś [2004]

** według zapotrzebowania na etanol w 2010 roku – 414 tys. m³ – according to the demand for ethanol in 2010 – 414 th. m³

Do produkcji etanolu można również wykorzystać ziarno nie nadające się na cele paszowe oraz pozostające po zbiorze osadki kolby oraz słomę [Lipski 2003]. Odpady pozostałe po fermentacji kukurydzy można również w całości zagospodarować i nie stanowią one zagrożenia ekologicznego. Główną przeszkodą, obniżającą atrakcyjność kukurydzy jako surowca do produkcji bioetanolu, jest długi okres wegetacji, którego wymaga kukurydza, aby wytworzyć pełnowartościowe ziarno przydatne do produkcji. Bariera ta wydaje się być jednak do pokonania w ciągu kilku lat, bowiem kukurydza

dzięki postępowi odmianowemu dynamicznie zastępuje w strukturze zasiewów gatunki uprawne.

W Polsce do przerobu w gorzelniach przeznaczają się około 7% zbiorów bulw ziemniak, najczęściej o najniższej jakości. Duży potencjał stanowią bulwy topinamburu, jednak w praktyce nie uzyskuje się alkoholu z tego gatunku. Największą wydajnością z jednostki powierzchni charakteryzuje się burak cukrowy. Może on także stanowić znaczące źródło bioetanolu z produktu odpadowego – melasy. Po wykorzystaniu melasy na bioetanol pojawia się jednak problem zagospodarowania wywaru, którego nie można zastosować jako dodatku do pasz. Można go natomiast wykorzystać do nawożenia roślin [Łabętowicz i in. 1999]. Sposoby otrzymywania surówki gorzelniczej w większości zakładów są przestarzałe, zbyt energochłonne i zanieczyszczające środowisko. Za najbardziej perspektywiczne uważane są enzymatyczne sposoby wytwarzania bioetanolu, jednakże nie zostały one wdrożone do praktyki [Kupczyk i Ekielski 2002, Roszkowski 2002].

Sprostanie wymogom Dyrektywy 2003/30/EC dotyczącej bioetanolu jako komponentu paliwowego (tab. 5) nie wydaje się trudne. Analizy Kusia [2004] wskazują, że w 2010 roku potrzeby surowcowe może pokryć produkcja z 440 tys. ha żyta bądź 168 tys. ha ziemniaka albo z 135 tys. ha kukurydzy.

Tabela 5. Minimalny udział bioetanolu w paliwach płynnych według Dyrektywy 2003/30/EC i krajowe zapotrzebowanie paliwowe na ten komponent

Table 5. Minimum participation of bioethanol in liquid fuels according to Directive 2003/30/EC and domestic fuel demand for this component

Wyszczególnienie Item	Rok – Year					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Udział bioetanolu według wartości objętościowej, % Bioethanol participation according to voluminal value, %	3,20	4,41	5,61	6,81	8,01	9,21
Zapotrzebowanie na bioetanol, tys. m ³ Demand for bioethanol, th. m ³	144	198	252	306	360	414

Również z obliczeń własnych wynika, że do pokrycia potrzeb surowcowych w 2005 roku wystarczy ~130 tys. ha ziarna żyta (8% obecnych zasiewów) i 10 tys. ha ziemniaka (1,5% obecnych upraw). Natomiast w 2010 roku trzeba będzie przeznaczyć na ten cel zbiory z około 473 tys. ha żyta lub 141 tys. ha kukurydzy albo 150 tys. ha ziemniaka. Są to wielkości małe, a zadanie łatwe do spełnienia.

Tak więc wzrost produkcji alkoholu bezwodnego sprzyjać może wykorzystaniu nadwyżek bulw ziemniaka czy zbóż, jak również innych surowców rolnych, zwłaszcza tych nieprzydatnych do produkcji żywności lub pasz. Zwiększona produkcja bioetanolu może otworzyć nowe rynki zbytu dla rolnictwa, podnieść zapotrzebowanie na produkty rolne, a w konsekwencji przyczynić się do wzrostu przychodów z gospodarstw rolnych [Gradziuk 1999, Pawlak 2000].

Trzeba wyraźnie zaznaczyć, że bioetanol i estry metylowe wyższych kwasów tłuszczowych są zapewne tylko pewnym etapem w rozwoju ekopaliw płynnych. Szczukowski i Tworowski [2004] na podstawie przeglądu literatury podają, że omawiane biokomponenty mogą mieć zastosowanie tylko przez pewien czas, jako paliwa uzupełnia-

jące w silnikach wewnętrznego spalania. Przyszłość należy jednak do metanolu uzyskiwanego z przetwarzania biomasy ligninowo-celulozowej (a nie gazu ziemnego), który w dalszym etapie przerobu daje paliwo wodorowe do ogniw o dużej sprawności i zerowej toksyczności dla środowiska [Ciechanowicz 2001]. Dopiero wtedy zrealizuje się w pełni idea tzw. zielonej energii. Technologie te jednak są jak dotąd na etapie badań.

PODSUMOWANIE

Udział odnawialnych źródeł energii w bilansie energetycznym kraju, w tym szczególnie wsi i rolnictwa wzrośnie w najbliższym 15-leciu około 4-krotnie. W tej grupie nośników energia z biomasy będzie stanowić około 35%, a biopaliwa ciekłe ok. 11% [Wójcicki 2003]. Najłatwiej i najszybciej można wdrożyć produkcję biokomponentów w postaci bioetanolu i estrów wyższych kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego.

Biokomponenty do paliw płynnych mogą być pozyskiwane z nasion rzepaku ozimego i z nadwyżek ziarna zbóż oraz bulw ziemniaka wysokoskrobiowego. Dla zapewnienia dostaw surowca w ciągu najbliższych 5-6 lat należy ustabilizować powierzchnię zasiewów roślin na cele energetyczne na poziomie 440-475 tys. ha rzepaku oraz 470 tys. ha żyta lub 140 tys. ha kukurydzy albo 150 tys. ha ziemniaka wysokoskrobiowego. Zwiększone – w dalszej perspektywie – zapotrzebowanie na te surowce może być także zaspokojone produkcją krajową. Z względów agrotechnicznych za najważniejsze dla zwiększenia wydajności surowców (rzepaku, zbóż, ziemniaka) z 1 ha uznaje się podniesienie efektywności plonotwórczych i plonochronnych czynników technologii produkcji.

PIŚMIENNICTWO

- Bartkowiak-Broda I., Krzymański J., 2004. Zalecane odmiany krajowe rzepaku dla przemysłu olejarskiego, paszowego i na cele energetyczne. *Wiś Jutra* 7, 34-39.
- Bocheński C., 2003. Biodiesel – paliwo rolnicze. *Prz. Techn. Roln. Leś.* 3, 5-7.
- Budzyński W., Jankowski K., 2003. Uprawa rzepaku ozimego jako surowca dla przemysłu petrochemicznego. *Wiś Jutra* 2, 34-38.
- Budzyński W., Ojczyk T., 1996. Rzepak – produkcja surowca olejarskiego. Wyd. ART Olsztyn.
- Chwieduk D., Karbowski A., 2000. Analiza możliwości stosowania nośników energii produkowanych w oparciu o surowce ze źródeł odnawialnych. Krajowa Agencja Poszanowania Energii, <http://www.mos.gov.pl.oze/dokumenty/>.
- Ciechanowicz W., 2001. Bioenergia a energia jądrowa. WSISiZ Warszawa.
- Dyrektywa 2003/30/EC Europejskiego Parlamentu i Rady z dnia 8 maja 2003 r. w sprawie promoci i stosowania biopaliw i innych paliw ze źródeł odnawialnych do celów transportowych.
- Frąckowiak P., 2002. Paliwo z rzepaku szansą aktywizacji obszarów wiejskich. Cz. I. Pozyskiwanie paliwa silnikowego z olejów roślinnych. *Prz. Techn. Roln. Leś.* 1, 6-9.
- Gradziuk P., 1999. Możliwości wykorzystania surowców pochodzenia rolniczego na cele energetyczne. *Rocz. Nauk. Stow. Ekonom. Roln. Agrobiz.* 1 (3), 233-238.
- Gradziuk P., 2002. Potencjał energetyczny produkcji rzepaku w Polsce. *Ekol. Techn.* 6, 163-170.
- Grzybek A., 2002. Zasoby i możliwości wykorzystania biomasy w Polsce. *Ekol. Techn.* 4, 99-105.
- Grzybek A., 2003. Kierunki zagospodarowania biomasy na cele energetyczne. *Wiś Jutra* 9, 10-11.
- Grzybek A., Gradziuk P., Kowalczyk K., 2001. Słoma energetyczne paliwo. Wyd. *Wiś Jutra*.

- Jankowski K., Budzyński W., 2003. Energy potential oilseed crops. *Elec. J. Polish Agric. Univ., Agronomy* 6 (2), www.ejpau.media.pl.
- Jankowski K., Budzyński W., 2004. Potencjał energetyczny roślin oleistych. *Probl. ekologii* 2, 31-38.
- Kasperowicz A., 2004. Biopaliwa – pierwsze wytwórnie ruszą w tym roku. *Rzepak*. Wyd. Agroserwis Warszawa, 54-59.
- Kotowski W., Lücke B., Tietze B., Petrach A., 1994. Wytwarzanie paliw płynnych z oleju rzepakowego. *Gospodarka paliwami i energią* 3, 13-16.
- Kowalik P., 1994. Potencjalne możliwości energetycznego wykorzystania biomasy w Polsce. *Gospodarka paliwami i energią* 3, 9-12.
- Kupczyk A., Ekielski A., 2002. Bioetanol – szansa dla polskiego rolnictwa. *Wiś Jutra* 5, 13-15.
- Kuś J., 2004. Prognozowane zmiany w zasiewach w świetle planowanego wzrostu powierzchni uprawy roślin na cele energetyczne. *Wiś Jutra* 3, 50-52.
- Lipski S., 2003. Kukurydza surowcem do produkcji etanolu jako komponenta biopaliw – zalety, możliwości, perspektywy. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 2, 40-41.
- Łabętowicz J., Stępień W., Gutowska A., 1999. Porównanie wartości nawozowej 3 wywarów gorzelnianych, ziemniaczanego, żytniego, melasowego w doświadczeniach. *Folia Univ. Agric. Stetin., Agricultura* 77, 213-219.
- Mystkowski E., 2003. Biopaliwa płynne – z czego produkować? *Techn. Roln.* 2, 9-10.
- Ostrowska D., 2002. Stan i perspektywy produkcji rzepaku w Polsce i Krajach Unii Europejskiej. *Wiś Jutra* 2, 1-2.
- Ostrowska D., Cieśliński M., 2003. Potencjał surowcowy do produkcji bioetanolu. *Wiś Jutra* 2, 30-31.
- Pawlak J., 2000. Czy biopaliwo może być opłacalne. *Techn. Roln.* 4, 10-11.
- Pągowski Z., Wiślicki B., 1995. Paliwo rzepakowe w ochronie powietrza, badania, zastosowania i perspektywy. *Mat. konf. Ochrona powietrza, redukcja zanieczyszczeń*, Ustroń – Jaszowiec, 18-20.
- Podkówa W., 2002. Rzepak – roślina przyszłości – surowiec do produkcji biopaliwa i pasz. *Ekologia i Technika* 5, 131-138.
- Praca pod red. P. Gradziuka, 2003. Biopaliwa. Wyd. *Wiś Jutra*.
- Praca pod red. B. Kościka, 2003. Rośliny energetyczne. Wyd. AR Lublin.
- Praca zbiorowa pod red. W. Podkówa, 2004. Biopaliwo, gliceryna, pasza z rzepaku. Wyd. ATR Bydgoszcz.
- Rosiak E., 2004. Bilans i prognozy. <http://www.kzpr.com.pl>.
- Roszkowski A., 2002. Płynne paliwa z biomasy roślinnej. *Wiś Jutra* 9, 11-15.
- Spasibionek S., 2004. Nowy typ rzepaku ozimego o wysokiej zawartości kwasu oleinowego i niskiej zawartości kwasu linolenowego (WONL) w oleju nasion. *Mat. konf. Jubileuszowej XXV Konf. Nauk. Rośliny oleiste*, Poznań.
- Szczukowski S., Tworowski J., 2004. Plantacje energetyczne wierzby i innych roślin wieloletnich. *Wiś Jutra* 3, 53-55.
- Szczykowski R., Kupczyk A., 2003. Aspekty ekonomiczne i rynkowe produkcji spirytusu surowego w Polsce. *Wiś Jutra* 2, 14-17.
- Wójcicki Z., 2003. Potencjał odnawialnych zasobów energii w rolnictwie. *Wiś Jutra* 2, 8-10.
- Żmuda K., 2002. Ekopaliwa ciekłe szansą nie tylko dla rolnictwa. *Wiś Jutra* 9, 5-9.
- Żmuda K., 2003. Możliwości wykorzystania surowców rolniczych do celów energetycznych. *Wiś Jutra* 9, 5-9.
- <http://www.ufop.de>
- <http://www.ure.gov.pl/odnowa/odnowa.html>
- <http://www.rafineria-trzebinia.pl/rafineria/>

**ENERGY RESOURCES OF AGRICULTURAL ORIGIN
PART I. BIOCOMPONENTS OF LIQUID FUEL
(REVIEW)**

Abstract. The paper reviews Polish literature on the applicability of some field crops grown to the production of renewable energy as fuel biocomponent (esters of higher fatty acids of rapeseed oil, bioethanol) – Part I and biomass as solid fuel – Part II. Liquid fuel biocomponents can be obtained from seed of winter oilseed rape and from surplus of cereals grain as well as from tubers of high starch potato cultivars. To meet the demand for stock, over the next 5-6 years the area of energy crops in Poland should cover 440,000-475,000 ha of oilseed rape and 470,000 ha of rye or 140,000 ha of maize or 150,000 ha of high starch potatoes. A higher long-term demand for the stock can be also satisfied by the domestic production. From the agrotechnical point of view, to enhance the capacity of stock (oilseed rape, cereals, potato), it seems most important to enhance the effectiveness of the factors governing the crop yielding and crop protection in production technology. There have been found no reports available in literature concerning the effectiveness of processing crop material into biocomponents.

Key words: renewable energy, biomass, rapeseed oil methyl ester, bioethanol

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 10.11.2004