

Wpłynęło 02.12.2015 r.
Zrecenzowano 10.12.2015 r.
Zaakceptowano 12.12.2015 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

Energochłonność produkcji rolniczej na podstawie badań

Zdzisław WÓJCICKI ^{ABCDEF}

*Institut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Oddział w Warszawie,
Zakład Analiz Ekonomicznych i Energetycznych*

Do cytowania For citation: Wójcicki Z. 2015. Energochłonność produkcji rolniczej na podstawie badań. Problemy Inżynierii Rolniczej. Z. 4(90) s. 31–41.

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań efektywności energetycznej i energochłonności produkcji w gospodarstwie rolnym z zastosowaniem różnych przeliczników na jednostki energetyczne poszczególnych rodzajów biomasy ($\text{GJ}\cdot\text{t}^{-1}$) w zmodernizowanym gospodarstwie rodzinnym o powierzchni 45 ha UR. Zastosowano metodykę szacowania skumulowanych nakładów materiałowo-energetycznych i badania energochłonności produkcji roślinnej i zwierzęcej [WÓJCICKI 2015b]. Wykazano istotne różnice energochłonności towarowej produkcji roślinnej i zwierzęcej w zależności od zastosowanych przeliczników na jednostki energetyczne poszczególnych produktów rolniczych. Bardziej uzasadnione wydaje się stosowanie przeliczników wg wartości energetycznej (cieplnej) poszczególnych rodzajów biomasy rolniczej (wariant B). Stwierdzono, że potrzebne jest ujednoczenie tych przeliczników na jednostki bardziej zbliżone do wartości energetycznej (cieplnej) poszczególnych produktów rolniczych.

Słowa kluczowe: rolnictwo, gospodarstwo, produkcja rolnicza, energochłonność, metody badań

Wstęp

W końcu lat siedemdziesiątych XX w., z inicjatywy profesora Romana Fąfary, zakłady specjalistyczne IBMER przeprowadzały szczegółowe badania energochłonności poszczególnych produktów roślinnych i zwierzęcych na podstawie opracowanej jednolitej metodyki [ANUSZEWSKI i in. 1979].

Skumulowane nakłady materiałowo-energetyczne potrzebne do pozyskania każdego rodzaju produktu rolniczego stawały się podstawą określenia umownych przeliczników poszczególnych rodzajów biomasy na jednostki energetyczne ($\text{GJ}\cdot\text{t}^{-1}$). Te przeliczniki różniły się niejednokrotnie od wskaźników wartości energetycznej lub cieplnej (kalorycznej) produktów rolniczych [WÓJCICKI 2007].

Celem opracowania jest przedstawienie różnic między wskaźnikami energochłonności produkcji w modelowym gospodarstwie o powierzchni 45 ha UR szacowanej

na podstawie przelicznika wg nakładów energetycznych (A) i wg wartości energetycznej (B).

Badania energochłonności produkcji rolniczej

Badania efektywności energetycznej i energochłonności produkcji rolniczej wykonywane są w IBMER (obecnie ITP) od 1978 r. [ANUSZEWSKI i in. 1979; GOLKA, WÓJCICKI 2006; GRZYBEK, PAWLAK 2015a, b; KUREK 2011; PAWLAK 2006; SZEPTYCKI, WÓJCICKI 2003; TYMIŃSKI 1997; WÓJCICKI 1999; 2001; 2007; 2008; 2012; 2015a, b; ZAREMBA 1985].

Wykorzystuje się doświadczenie w tym zakresie lub współpracuje z różnymi krajowymi i zagranicznymi placówkami naukowymi [DENISIUK, PIECHOCKI 2005; DRESZER i in. 2003; KOWALSKI, KWAŚNIEWSKI 2000; KUŚ, KRASOWICZ 2001; MICHAŁEK (red.) 1998; PODKÓWKA 2003; SAWA, KOCIRA 2010; WIELICKI, WAJSZCZUK 2000].

W 2005 r. szacowano wartość produkcji uzyskanej w 2002 r. w polskim rolnictwie w jednostkach zbożowych (JZ) i ponoszone nakłady materiałowo-energetyczne (łącznie z pracą żywą ludzi i koni) w jednostkach energetycznych (GJ) [WÓJCICKI 2007; 2015b]. Ustalono, że wartość globalnej produkcji roślinnej wyniosła 600 mln JZ, a zwierzęcej 480 mln JZ. Razem produkcja globalna wyniosła 1 080 mln JZ. Na wewnętrzne potrzeby produkcyjne (nasiona, pasze i inne) zużyto 430 mln JZ, a towarowa produkcja rolnicza wyniosła 650 mln JZ, w tym 262 mln JZ produktów roślinnych i 398 mln JZ produktów zwierzęcych. Wartość tej produkcji towarowej po przeliczeniu na jednostki energetyczne wyniosła 900 mln GJ, gdy stosowano przeliczniki wg nakładów energii skumulowanej (A) lub 435 mln GJ, gdy stosowano przeliczniki wg wartości energetycznej (B).

Nakłady materiałowo-energetyczne w rolnictwie wyniosły w 2002 r. 1 288 mln GJ, w tym 550 mln GJ w produkcji roślinnej i 738 mln GJ w produkcji zwierzęcej [WÓJCICKI 2007]. Energochłonność produkcji towarowej wyniosła $1\ 288\ \text{mln GJ} / (650\ \text{mln JZ})^{-1} = 1,98$, to znaczy, że aby uzyskać produkt towarowy o wartości 1 JZ, trzeba ponieść skumulowany nakład energetyczny o wartości prawie 2 GJ (1,98).

Energochłonność energetyczna produkcji końcowej wyniosła $1\ 288\ \text{mln GJ} / (900\ \text{mln GJ})^{-1} = 1,43$ (A), lub $1\ 288\ \text{mln GJ} / (435\ \text{mln GJ})^{-1} = 2,96$ (B). Oznacza to, że energochłonność towarowej produkcji rolniczej może różnić się ponad 2-krotnie (1,43 i 2,96) w zależności od zastosowanych przeliczników energetycznych (wg A lub B). Stwierdzono, że w wariancie A stosowano zbyt małe przeliczniki energetyczne w odniesieniu do produkcji roślinnej, a zbyt duże do produkcji zwierzęcej, natomiast w wariancie B odwrotnie.

Metody i przebieg badań

W celu zobrazowania różnic między wskaźnikami energochłonności produkcji rolniczej z zastosowaniem różnych przeliczników energetycznych przeprowadzono uproszczoną analizę porównawczą. Porównywano wyniki uzyskane w badaniach energochłonności produkcji w zmodernizowanym gospodarstwie o powierzchni 45 ha UR oraz obsadzie 40 krów i 27,1 DJP pozostałego bydła z zastosowaniem

przeliczników wg nakładów energii skumulowanej (A) z wynikami badań energochłonności w tym samym gospodarstwie z zastosowaniem przeliczników wg wartości energetycznej (B).

Wyniki uzyskane w wariancie A zostały opublikowane wraz z upowszechnieniem uproszczonej metodyki badania energochłonności produkcji rolniczej stosowanej obecnie w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym (ITP) [Wójcicki 2015b]. W opracowanym wariancie B zastosowano taką samą metodykę badań oraz te same parametry uzyskiwanej produkcji szacowanej w tonach (t) i w jednostkach zbożowych (JZ). Stosowano natomiast inne umowne przeliczniki energetyczne zbliżone do wartości energetycznej (cieplnej) poszczególnych produktów rolniczych (tab. 1).

Tabela 1. Umowne przeliczniki biomasy rolniczej (t) na jednostki zbożowe (JZ) i jednostki energetyczne (GJ) wg energii skumulowanej i wg energii cieplnej
Table 1. Contractual conversion factors of agricultural biomass (t) into corn units (CU) and energy units (GJ) according to accumulated and thermal energy

Rodzaj biomasy rolniczej Type of agricultural biomass	Rodzaj przelicznika biomasy rolniczej Type of conversion factor of agricultural biomass		
	jednostki zbożowe (JZ) [JZ·t ⁻¹] corn units (CU) [CU·t ⁻¹]	jednostki energetyczne (GJ) wg energy units (GJ) acc. to	
		energii skumulowanej wariant A accumulated energy option A	wartości energetycznej (cieplnej) wariant B energy (thermal) value option B
		[GJ·t ⁻¹]	
Ziarno zbóż Cereal grain	10,0	9,0	14,0
Nasiona rzepaku Rape seeds	20,0	12,0	30,0
Słoma zbóż i rzepaku Straw of cereals and rape	1,5	1,8	16,0
Zielonki z koniczyny z trawami Green fodder of clover with grasses	1,5	0,8	3,5
Zielonki z kukurydzy, łąk i pastwisk Green fodder of corn, meadows and pastures	1,3	0,8	3,3
Zielonki z międzyplonów (mulcz) Green fodder of aftercrops (mulch)	1,1	0,8	3,0
Zakup nasion zbóż Purchase of cereal seeds	10,0	11,0	15,0
Zakup innych nasion Purchase of other seeds	20,0	30,0	30,0
Zakup pasz treściwych Purchase of concentrated feeds	12,0	13,0	16,0
Zakup koncentratów paszowych Purchase of feed concentrates	20,0	22,0	25,0
Mleko Milk	9,0	13,0	10,0
Żywiec wołowy Livestock beef	60,0	110,0	90,0
Obornik Manure	1,0	0,4	1,0
Gnojowica Slurry	0,7	0,2	0,7
Gnojówka i woda gnojowa Liquid manure and dung water	0,7	0,1	0,3

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Podejmując próbę ustalania takich umownych przeliczników, uwzględniono kolejno:

- wartość kaloryczną surowca rolniczego przeznaczonego na żywność;
- wartość cieplną surowca rolniczego przeznaczonego na biopaliwo (OZE);
- nakład materiałowo-energetyczny poniesiony na pozyskanie surowca rolniczego.

Wykorzystując ustalone wstępnie przeliczniki (tab. 1), zestawiono ilość i wartość uzyskiwanej produkcji w JZ i w GJ wg wariantu B (tab. 2) oraz oszacowano nakłady energetyczne w GJ na produkcję w gospodarstwie o powierzchni 45 UR wg wariantu B (tab. 3).

Efektywność produkcji globalnej, będąca stosunkiem uzyskanych efektów produkcyjnych określonych w JZ i poniesionych nakładów materiałowo-energetycznych oszacowanych w GJ, wynosi 1,94 wg wariantu A lub 1,81 wg wariantu B. Znaczy to, że ponosząc nakład o wartości, 1 GJ uzyskuje się produkcję globalną o wartości 1,94 JZ (wariant A) lub 1,81 JZ (wariant B).

Odwrotnością efektywności jest energochłonność wynosząca 0,52 (wariant A) lub 0,55 (wariant B) – tabela 4. Oznacza to, że aby uzyskać efekt produkcji globalnej o wartości 1 JZ, trzeba ponieść nakład energetyczny o wartości 0,52 GJ lub 0,55 GJ. Energochłonność energetyczna produkcji globalnej wynosi 0,48 wg wariantu A, lub 0,32 wg wariantu B, co znaczy, że aby uzyskać efekt produkcji globalnej o wartości oszacowanej na 1 GJ, trzeba ponieść nakład energetyczny o wartości 0,48 GJ (wariant A) lub 0,32 GJ (wariant B).

Energochłonność energetyczną produkcji towarowej oblicza się, dodając do poniesionych nakładów materiałowo-energetycznych wartość energetyczną skumulowaną w wewnętrznym zużyciu produkcyjnym produktów rolniczych (nasiona, słoma, pasze, obornik itp.). Energochłonność ta wynosi 1,16 wg A lub aż 2,30 wg B (tab. 4). Jeszcze większe różnice występują w wartościach energochłonności energetycznej towarowej produkcji zwierzęcej, która wynosi 1,14 (wariant A) i aż 2,84 (wariant B), co znaczy, że aby uzyskać efekt produkcji towarowej zwierzęcej o wartości 1 GJ, trzeba ponieść skumulowany nakład energetyczny o wartości 2,84 GJ.

W wyniku obliczeń z zastosowaniem przeliczników energetycznych (tab. 1) wg wariantu B uzyskuje się mniejsze wartości energochłonności towarowej produkcji roślinnej niż energochłonności towarowej produkcji zwierzęcej, odpowiednio 1,30 i 2,84. W obliczeniach wg wariantu A energochłonność energetyczna towarowej produkcji roślinnej była natomiast większa (1,25) od energochłonności towarowej produkcji zwierzęcej (1,14), co wskazuje na zaniżenie przeliczników energetycznych produktów rolniczych.

Podsumowanie i wnioski

W prezentowanych w niniejszym artykule badaniach wykazano istotne różnice energochłonności towarowej produkcji roślinnej i zwierzęcej w zmodernizowanym gospodarstwie rodzinnym o powierzchni 45 ha UR w zależności od zastosowanych przeliczników na jednostki energetyczne poszczególnych produktów rolniczych. Bardziej uzasadnione wydaje się stosowanie przeliczników wg wartości energetycznej (cieplnej) poszczególnych rodzajów biomasy rolniczej (wariant B).

Tabela 2. Produkcja globalna i towarowa w zmodernizowanym gospodarstwie o powierzchni 45 ha UR wyrażona w jednostkach zbożowych (JZ) i gigadżulach (GJ) wg wartości cieplnej (kalorycznej) – (B)
 Table 2. Global and commodity production in a modernized farm with an area of 45 ha AL expressed in corn units (CU) and energy units (GJ) according to thermal (calorific) value – (B)

Rodzaj produkcji rolniczej Type of agricultural production	Uzyskana produkcja ⁽¹⁾ Production output ⁽¹⁾	Przelicznik Conversion factor		Produkcja globalna Global production		Produkcja towarowa Commodity production		Zużycie wewnątrz gospodarstwa w produkcji Consumption inside the farm										
		a ²⁾	b ³⁾	[JZ] [CU]	[GJ]	[JZ] [CU]	[GJ]	[JZ] [CU]	[GJ]	[JZ] [CU]	[GJ]							
				3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
1	2																	
Ziarno pszenicy, jęczmienia i pszenżyta Grain of wheat, barley and triticale	106	10,0	14,0	1 060	1 484	1 060	1 484											
Nasiona rzepaku ozimego Winter rape seeds	22,5	20,0	30,0	450	675	450	675											
Słoma zbóż i rzepaku Straw of cereals and rape	138	1,5	16,0	207	2 208					45	480	162	1 728					
Zielonka z koniczyny z trawami Green fodder of clover with grasses	800	1,5	3,5	1 200	2 800							1 200	2 800					
Zielonka z kukurydzy, łąk i pastwisk Green fodder of corn, meadows and pastures	1 200	1,3	3,3	1 580	3 960							1 580	3 960					
Zielonka z międzyplonów (mulcz) Green fodder of after crops (mulch)	200	1,1	3,0	220	600					220	600							
Produkcja nierolnicza i usługi Non-agricultural production and services	69,3	150	150	462	462	462	462											
Razem produkcja rolnicza Total agricultural production	-	-	-	5 179	12 189	1 972	2 621	1 080	2 65	2 942	8 488							
Mleko Milk	360	9,0	10,0	3 240	3 600	3 204	3 560					36	40					
Żywiec wołowy Livestock beef	25,4	60,0	90,0	1 524	2 286	774	1 161					750	1 125					
Obornik Manure	150	1,0	1,0	150	150					150	150							
Gnojowica Slurry	600	0,7	0,72	420	420					420	420							

cd. tabeli 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Gnojówka i woda gnojowa Liquid manure and dung water	150	0,7	0,31	105	45	-	-	105	45	-	-
Produkcja nierolnicza i usługi Non-agricultural production and services	28,3	150	150	189	189	189	189	-	-	-	-
Razem produkcja zwierzęca Total animal production	-	-	-	5 628	6 690	4 167	4 910	675	615	786	1 165
Ogółem produkcja i usługi Total production and services	-	-	-		10 879	6 139	7 531	940	1 695	3 728	9 653

¹⁾ Produkcja nierolnicza i usługi w tys. zł, pozostałe w t. Non-agricultural production and services in thous. PLN, other in t.

²⁾ Produkcja nierolnicza i usługi w JZ·t⁻¹, pozostałe w JZ·t⁻¹. Non-agricultural production and services in PLN, other in CU·t⁻¹.

³⁾ Produkcja nierolnicza i usługi w GJ·t⁻¹, pozostałe w GJ·t⁻¹. Non-agricultural production and services in PLN, other in GJ·t⁻¹.

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Tabela 3. Nakłady (wydatki) poniesione na produkcję w zmodernizowanym gospodarstwie o powierzchni 45 ha UR wyrażone w jednostkach energetycznych (GJ)

Table 3. Expenditures (expenses) incurred on production in the modernized farm with an area of 45 ha AL expressed in units of energy (GJ)

Rodzaj nakładu (produktu) Type of expenditure (product)	Poniesiony nakład Incurred expenditure		Przelicznik energetyczny Energy conversion factor	Nakład energetyczny [GJ] Energy input [GJ]		
	jednostka unit	ilość quantity		razem total	w tym na produkcję including inputs on production	
1	2	3	4	5	6	7
Zakup nasion zbóż Purchase of cereal seeds		3,0	15 [GJ·t ⁻¹]	45	45	–
Zakup innych nasion Purchase of other seeds		0,8	30 [GJ·t ⁻¹]	24	24	–
Zakup pasz treściwych Purchase of concentrated feeds	t	83,3	16 [GJ·t ⁻¹]	1333	–	1 333
Zakup koncentratów paszowych Purchase of feed concentrates		48,4	25 [GJ·t ⁻¹]	1210	–	1 210
Razem produkty rolnicze Total agricultural products	–	–	–	2 612	69	2 543
Nawozy azotowe (N) Nitrogenous fertilizers		5,8	77 [GJ·t ⁻¹]	447	447	–
Nawozy fosforowe (P ₂ O ₅) Phosphate fertilizers	t	1,3	15 [GJ·t ⁻¹]	20	20	–
Nawozy potasowe (K ₂ O) Potassium fertilizers		5,7	10 [GJ·t ⁻¹]	57	57	–
Wapno nawozowe (CO) Agricultural lime fertilizer		12,0	6 [GJ·t ⁻¹]	72	72	–
Środki ochrony roślin (SA) Plant protection products		50,0	1 300 [MJ·kg ⁻¹]	15	15	–
Środki ochrony zwierząt Animal protection means	kg	50,0	1 500 [MJ·kg ⁻¹]	75	–	75
Środki czystości Cleaning products		80,0	135 [MJ·kg ⁻¹]	11	–	11
Razem agrochemikalia Total agrochemicals	–	–	–	697	611	86
olej napędowy Diesel oil	t	5,4	48 [GJ·t ⁻¹]	259	130	129
Oleje, smary i inne Oils, greases and other	kg	325,0	137 [MJ·kg ⁻¹]	44	22	22
Energia elektryczna Electric energy	MWh	19,7	11 [MJ·MWh ⁻¹]	217	7	210
Razem paliwa i energia elektryczna Total fuels and electric energy	–	–	–	520	159	361

cd. tabeli 3

1	2	3	4	5	6	7
Woda z wodociągu Water from the aqueduct	t	2 700	0,02 [GJ·t ⁻¹]	54	2	52
Części i materiały do napraw maszyn Parts and materials for machine repairs	tys. zł thous. PLN	31,0	GJ·(150) ⁻¹	207	207	–
Materiały do napraw budynków Materials for building repairs	–	30,0	GJ·(150) ⁻¹	200	–	200
Razem materiały Total materials	–	–	–	461	209	252
Usługi techniczne i inne Technical and other services	tys. zł thous. PLN	86,8	GJ·(150) ⁻¹	579	179	400
Inwestycje odnowieniowe (amortyzacja) Replacement investments (depreciation)	–	75,1	GJ·(150) ⁻¹	501	322	179
Praca własna i najemna Own and hired labour	rbh Mh	6 089	100 MJ·rbh ⁻¹ 100 MJ·Mh ⁻¹	609	154	455
Ogółem nakłady energetyczne Total energy expenditures	–	–	–	5 979	1 703	4 276

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Tabela 4. Wybrane wskaźniki efektywności energetycznej i energochłonności produkcji w zmodernizowanym gospodarstwie rodzinnym o powierzchni 45 ha UR
 Table 4. Selected indicators of energy efficiency and energy consumption of production in a modernized family farm with an area of 45 ha AL

Rodzaj wskaźnika energetycznego Type of energy indicator	Oznaczenie Symbol	Wskaźniki energetyczne w gospodarstwie Energy indicators in the farm	
		wariant A option A	wariant B option B
Efektywność produkcji globalnej Effectiveness of global production	$E_{en/g}$	$\frac{10807JZ}{5572GJ} = 1,94$	$\frac{10807JZ}{5979GJ} = 1,81$
Energochłonność produkcji globalnej (1) Energy consumption of global production (1)	$E_{en/g(1)}$	$\frac{5572GJ}{10807JZ} = 0,52$	$\frac{5979GJ}{10807JZ} = 0,55$
Energochłonność energetyczna produkcji globalnej (2) Energetic energy consumption of global production (2)	$E_{en/g(2)}$	$\frac{5572GJ}{11552GJ} = 0,48$	$\frac{5979GJ}{18879GJ} = 0,32$
Energochłonność energetyczna produkcji towarowej Energetic energy consumption of commodity production	$E_{en/t}$	$\frac{5572GJ + 3634GJ}{7918GJ} = 1,16$	$\frac{5979GJ + 11348GJ}{7531GJ} = 2,30$
Energochłonność energetyczna towarowej produkcji roślinnej Energetic energy consumption of commodity plant production	E_{en/t_r}	$\frac{1691GJ + 409GJ}{1686GJ} = 1,25$	$\frac{1703GJ + 1695GJ}{2621GJ} = 1,30$
Energochłonność energetyczna towarowej produkcji zwierzęcej Energetic energy consumption of commodity animal production	E_{en/t_z}	$\frac{3881GJ + 3225GJ}{6232GJ} = 1,14$	$\frac{4276GJ + 9653GJ}{4910GJ} = 2,84$

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Trzeba podjąć systemowe prace badawcze nad ujednoczeniem umownych przeliczników na jednostki energetyczne poszczególnych surowców rolniczych przeznaczonych na kaloryczne produkty spożywcze lub na biopaliwa (OZE) o określonej wartości cieplnej. Trzeba też zaktualizować przeliczniki produktów rolniczych na umowne jednostki zbożowe (JZ).

Bibliografia

ANUSZEWSKI R., PAWLAK J., WÓJCICKI Z. 1979. Energochłonność produkcji rolniczej. Część I. Metodyka badań energochłonności produkcji surowców żywnościowych [Energy consumption of agricultural production. Part I. Methodology of research on energy consumption of production of food raw materials]. Maszynopis. Symb. dok. XXXVIII/717. Warszawa. IBMER ss. 58.

DENISIUK W., PIECHOCKI J. 2005. Techniczne i ekologiczne aspekty wykorzystania słomy na cele grzewcze [Technical and ecological aspects of the use of straw for heating purposes]. Olsztyn. Wydaw. UWM. ISBN 83-7299-410-2 ss. 210.

DRESZER K., MICHAŁEK R., ROSZKOWSKI A. 2003. Energia odnawialna – możliwości jej pozyskiwania i wykorzystania w rolnictwie [Renewable energy – the possibilities of its acquisition and use in agriculture]. Kraków. Wydaw. PTIR. ISBN 83-91705-30-7 ss. 256.

GOLKA W., WÓJCICKI Z. 2006. Ekologiczna modernizacja gospodarstwa rolniczego [Ecological modernization of agriculture farm]. Monografia. Warszawa. IBMER. ISBN 83-89806-14-2 ss. 79.

GRZYBEK A., PAWŁAK J. 2015a. Potencjał i wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w rolnictwie [Potential and use of renewable energy sources in agriculture]. Inżynieria w Rolnictwie. Monografie. Nr 19. Falenty. Wydaw. ITP. ISBN 978-83-62416-88-2 ss. 138.

GRZYBEK A., PAWŁAK J. 2015b. Technologie produkcji i wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w rolnictwie oraz koszty i bariery ich stosowania [Technology of production and use as well as costs and barriers of renewable energy sources in agriculture]. Inżynieria w Rolnictwie. Monografie. Nr 20. Falenty. Wydaw. ITP. ISBN 978-83-62416-89-9 ss. 152.

KOWALSKI J., KWAŚNIEWSKI D. 2000. Ocena wyposażenia energetycznego i efektywność pracy w gospodarstwach Polski Południowej [Evaluation of energetic equipment and labour efficiency on family farms in the southern Poland]. Inżynieria Rolnicza. Nr 8(19) s. 125–132.

KUREK J. 2011. Badania nakładów materiałowo-energetycznych w gospodarstwach rodzinnych [Study on the material-energy inputs in family farms]. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 2(72) s. 20–38.

KUŚ J., KRASOWICZ J. 2001. Przyrodniczo-organizacyjne uwarunkowania zrównoważonego rozwoju gospodarstw rolnych [Natural and sustainable development determinants of organizational agricultural farms]. Pamiętnik Puławski. Z. 24. s. 273–288.

MICHAŁEK R. (red.) 1998. Uwarunkowanie technicznej rekonstrukcji rolnictwa [Conditions for the technical reconstruction of agriculture]. Kraków. Wydaw. PTIR. ISBN 80-390521-91-1 ss. 289.

PODKÓWKA W. 2003. Produkcja biopaliwa z rzepaku [Production of biodiesel from rapeseed oil]. Maszynopis. Bydgoszcz. ATR ss. 46.

PAWŁAK J. 2006. Ekonomiczne i organizacyjne problemy mechanizacji i energetyki rolnictwa [Economic and organization problems of mechanization and energy economy in agriculture]. Monografia. Warszawa. IBMER. ISBN 83-89806-15-0 ss. 230.

SAWA J., KOCIRA S. 2010. Kryteria zrównoważonej modernizacji gospodarstwa rodzinnego [Criteria for sustainable modernization of the family farms]. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 3(69) s. 33–40.

SZEPTYCKI A., WÓJCICKI Z. 2003. Postęp techniczny i nakłady energetyczne w rolnictwie do 2020 r. [Technological progress and energetical inputs in agriculture up to the year of 2020]. Monografia. Warszawa. IBMER. ISBN 83-86264-96-9 ss. 242.

TYMIŃSKI J. 1997. Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w Polsce do 2030 r. [Use of renewable energy sources in Poland by 2030]. Warszawa. IBMER. ISBN 83-86264-35-7 ss. 178.

WIELICKI W., WAJSZCZUK K. 2000. Zrównoważony rozwój rolnictwa w świetle rachunku ekonomicznego [Sustainable development of agriculture in the light of the economic account]. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 3(29) s. 77–84.

WÓJCICKI Z. 1999. Metody badania nakładów materiałowo-energetycznych dla polskiego rolnictwa [Methods to study material and energy inputs for Polish agriculture]. Prace Naukowo-Badawcze IBMER. Nr 3. ISSN 0209-1380.

WÓJCICKI Z. 2001. Metody badania i ocena przemian w rozwojowych gospodarstwach rodzinnych [Methods of studying and evaluation of changes in developmental family farms]. Kraków. Wydaw. PTIR. ISBN 83-862264-74-8 ss. 136.

WÓJCICKI Z. 2007. Poszanowanie energii i środowiska w rolnictwie i na obszarach wiejskich [Respecting of energy and natural environment in agriculture and on the rural areas]. Monografia. Warszawa. IBMER. ISBN 978-389806-17-8 ss. 124.

WÓJCICKI Z. 2008. Metodyka badań postępu technologicznego w gospodarstwach rodzinnych [The methods of technological progress investigation on the family farms]. Monografia. Warszawa. IBMER. ISBN 978-89806-22-3 ss. 90.

WÓJCICKI Z. 2012. Kierunki przemian w rolnictwie i technice rolniczej [Trends of changes in agriculture and agricultural technology]. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. Nr 2/1 s. 7–15.

WÓJCICKI Z. 2015a. Efekty modernizacji modelowego gospodarstwa rodzinnego [Effects of modernization of a model family farm]. Inżynieria w Rolnictwie. Monografie. Nr 21. Falenty. Wydaw. ITP. ISBN 978-83-62416-95-0 ss. 153.

WÓJCICKI Z. 2015b. Metodyka badania energochłonności produkcji rolniczej [Methodology of examining energy consumption of agricultural production]. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 4(90) s. 17–29.

ZAREMBA W. 1985. Ekonomia i organizacja mechanizacji rolnictwa [Economics and organization of agricultural mechanization]. Warszawa. Wydaw. PWRiL. ISBN 83-09-00861-9 ss. 320.

Zdzisław Wójcicki

ENERGY CONSUMPTION OF AGRICULTURAL PRODUCTION BASED ON STUDIES

Summary

This paper presents the results of studies on energy efficiency and energy consumption of production in a farm, with the use of different conversion factors into energy units of individual types of biomass ($\text{GJ}\cdot\text{t}^{-1}$), the studies were conducted in a modernized, family farm with an area of 45 ha AL. The methodology for estimating the accumulated material-energy expenditures and studying the energy consumption of plant and animal production [WÓJCICKI 2015b] was applied. Significant differences were shown in the energy consumption of commodity plant and animal production, depending on the applied conversion factors into energy units of individual agricultural products. It seems more justified to use conversion factors according to the energetic (thermal) value of individual types of agricultural biomass (option B). It was also found that it is necessary to unify these factors into units much closer to the energetic (thermal) value of individual agricultural products.

Key words: agriculture, farm, agricultural production, energy consumption, methods of study

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Zdzisław Wójcicki
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy
Oddział w Warszawie
Zakład Analiz Ekonomicznych i Energetycznych
ul. Rakowiecka 32, 02-532 Warszawa
tel. 22 542-11-67 lub 605 206 348

