

**EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA PRODUKCJI ROŚLINNEJ  
W PŁODOZMIANIE 4-POŁOWYM W ZALEŻNOŚCI OD UPROSZCZEŃ  
W UPRAWIE ROLI I POZIOMU NAWOŻENIA MINERALNEGO**

*Karol Bujak, Mariusz Frant, Elżbieta Harasim*

Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy  
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin  
e-mail: elzbieta.harasim@up.lublin.pl

**Streszczenie.** W latach 2003-2006, w drugiej rotacji płodozmianu 4-polowego (ziemniak<sup>++</sup> – pszenica jara – groch siewny – pszenica ozima), badano wpływ trzech sposobów uprawy roli (tradycyjny, częściowo uproszczony, uproszczony) i dwóch poziomów nawożenia mineralnego (średnio rocznie w rotacji 167,5 kg NPK ha<sup>-1</sup> i zwiększony o 50%) na efektywność energetyczną produkcji roślinnej. W ocenie efektywności zastosowano rachunek ciągniony. Stwierdzono, że wskaźniki oceny energetycznej zależały bardziej od gatunku rośliny uprawnej niż od badanych czynników agrotechnicznych. Najwyższą efektywnością nakładów wyróżniła się uprawa zbóż (zwłaszcza pszenicy ozimej) i grochu, a najniższą produkcja ziemniaka. W przypadku zbóż uprawa uproszczona powodowała obniżenie wskaźnika efektywności energetycznej o 3-18%. Podobnie na zwiększenie poziomu nawożenia mineralnego reagowały zboża i groch. Natomiast częściowe uproszczenie uprawy roli pod pszenicę jarą i pełne uproszczenie jej pod groch było nieco efektywniejsze od stosowania klasycznej uprawy płużnej.

**Słowa kluczowe:** płodozmian, uprawa roli, poziom nawożenia, efektywność energetyczna

**WSTĘP**

W rolnictwie zrównoważonym zaleca się zmniejszanie intensywności uprawy roli poprzez jej upraszczanie i wprowadzanie systemów bezorkowych łącznie z siewem bezpośrednim (Dzienia i in. 2006). Względy ekologiczne i ekonomiczne powodują, że poszukuje się efektywniejszych sposobów uproszczeń w uprawie roli i optymalizowania nawożenia mineralnego.

Ocenę produkcji roślinnej często ogranicza się do kryteriów produkcyjnych i ekonomicznych, natomiast jej istotnym uzupełnieniem powinien być rachunek energetyczny. Może być stosowany do oceny efektywności energetycznej po-

szczególnych zabiegów agrotechnicznych, całych technologii produkcji ziemio-  
płodów i płodozmianów (Anuszewski 1987, Dzienia i Sosnowski 1990, Gonet  
1991, Harasim 2002, Wielicki 1986).

Celem badań była ocena efektywności energetycznej różnych uproszczeń  
w uprawie roli przy dwóch poziomach nawożenia mineralnego w płodozmianie  
czteropowym.

#### MATERIAŁ I METODY

Podstawę oceny stanowią wyniki doświadczenia polowego prowadzonego  
w Gospodarstwie Doświadczalnym Czesławie (UP Lublin) na glebie płowej wy-  
tworzonej z lessu (kompleks pszenny dobry). W doświadczeniu założonym meto-  
dą split-block uwzględniono płodozmian 4-polowy (druga rotacja w latach 2003-  
2006): ziemniak<sup>++</sup> – pszenica jara – groch siewny – pszenica ozima. Czynniki  
badanymi były: I – trzy sposoby uprawy roli: A – tradycyjny, B – częściowo  
uproszczony, C – uproszczony oraz II – dwa poziomy nawożenia mineralnego:  
a) przeciętny (średnio rocznie w rotacji 167,5 kg NPK·ha<sup>-1</sup>, b) zwiększony o 50%  
od poziomu a. Każdy ze sposobów uprawy roli cechował się inną liczbą orki  
w rotacji zmianowania; w uprawie tradycyjnej było ich 7, w częściowo uprosz-  
czonej – 3, a w uproszczonej tylko 1 orka wykonana pod pierwszą roślinę rotacji  
(ziemniak nawożony obornikiem). Orki zastępowano głównie kultywatorowa-  
niem lub talerzowaniem (tab. 1).

Analizę efektywności energetycznej przeprowadzono według metody zaleca-  
nej przez FAO, gdzie wartość energetyczną plonów określono przyjmując, że  
1 kg suchej masy roślinnej odpowiada 18,36 MJ (Wielicki 1990). W ocenie  
uwzględniono plony główne (średnie z lat 2003-2006), które przeliczono na suchą  
masę a następnie na MJ. Wielkość nakładów energetycznych skumulowanych  
w środkach produkcji ustalono według faktycznego zużycia nawozów, nasion  
i sadzeniaków oraz środków ochrony roślin. Natomiast nakłady robocizny i siły  
pociągowej określono metodą technologiczną na podstawie rodzaju zabiegów  
i stosowanych maszyn, przy wykorzystaniu w obliczeniach norm i normatywów  
(Praca zbiorowa 1990). Nakłady związane ze zużyciem nośników energii, pracy  
żywej, środków technicznych i materiałów przeliczono na MJ, wykorzystując  
wskaźniki energochłonności stosowane w ciągnionym rachunku energetycznym  
(Anuszewski 1987, Wójcicki 1983). Obliczenia wykonano zgodnie z metodyką  
podaną w pracy Harasima (2006). Wskaźnik efektywności energetycznej (Ee)  
obliczono według wzoru:  $Ee = Pe/Ne$ , gdzie Pe oznacza wartość energetyczną  
plonu z 1 ha, a Ne – nakłady energetyczne poniesione na uzyskanie tego plonu.

**Tabela 1.** Obiekty uprawowe  
**Table 1.** Tillage objects

Roślina Plant	A – tradycyjny A – conventional	B – częściowo uproszczony* B – partially reduced	C – uproszczony** C – reduced
Ziemniak Potato	lato/jesień: podorywka (10-12 cm) + bronowanie (2 razy) + obornik + orka przedzimowa (25-30 cm) summer/autumn: skimming (10-12 cm) + harrowing (2 times) + manure + fall ploughing (25-30 cm)	lato/jesień: kultywatorowanie (10-12 cm) + bronowanie + obornik + orka przedzimowa (25-30 cm) summer/autumn: cultivating (10-12 cm) + harrowing + manure + fall ploughing (25-30 cm)	lato/jesień: talerzowanie (10-12 cm) + bronowanie + obornik + orka przedzimowa (25-30 cm) summer/autumn: disking (10-12 cm) + harrowing + manure + fall ploughing (25-30 cm)
	wiosna: bronowanie + kultywatorowanie (10-15 cm) + bronowanie + sadzenie spring: harrowing + cultivating (10-15 cm) + harrowing + planting		
Pszelnica jara Spring wheat	lato/jesień: orka przedzimowa (18-20 cm) summer/autumn: fall ploughing (18-20 cm)	lato/jesień: kultywatorowanie (10-12 cm) summer/autumn: cultivating (10-12 cm)	lato/jesień: bronowanie (8-10 cm) summer/autumn: harrowing (8-10 cm)
	wiosna: bronowanie + kultywatorowanie (10-15 cm) + bronowanie + siew + bronowanie spring: harrowing + cultivating (10-15 cm) + harrowing + sowing + harrowing		
Groch siewny Pea	lato/jesień: podorywka (10-12 cm) + bronowanie (2 razy) + orka przedzimowa (18-20 cm) summer/autumn: skimming (10-12 cm) + harrowing (2 times) + manure + fall ploughing (18-20 cm)	lato/jesień: kultywatorowanie (10-12 cm) + bronowanie + orka przedzimowa (do 15 cm) summer/autumn: cultivating (10-12 cm) + harrowing + fall ploughing (to 15 cm)	lato/jesień: talerzowanie (10-12 cm) + bronowanie + głęboszowanie (35-40 cm) summer/autumn: disking (10-12 cm) + harrowing + subsoiling (35-40 cm)
	wiosna: bronowanie + kultywatorowanie (10-15 cm) + bronowanie + siew + bronowanie spring: harrowing + cultivating (10-15 cm) + harrowing + sowing + harrowing		
Pszelnica ozima Winter wheat	lato/jesień: podorywka (10-12 cm) + bronowanie (2 razy) + orka siewna (18-20 cm) + bronowanie + siew + bronowanie summer/autumn: skimming (10-12 cm) + harrowing (2 times) + pre-sow ploughing (18-20 cm) + harrowing + sowing + harrowing	lato/jesień: tylko płytka orka siewna (do 15 cm) + bronowanie + siew + bronowanie summer/autumn: without after-harvest cultivation – only hallow pre-sow ploughing (ro 15 cm) + harrowing + swing + harrowing	lato/jesień: talerzowanie (10-12 cm) + bronowanie + kultywatorowanie (10-15 cm) + bronowanie + siew + bronowanie summer/autumn: disking (10-12 cm) + harrowing + cultivating (10-15 cm) + harrowing + sowing + harrowing
	wiosna: bronowanie – spring: harrowing		

\*3 orki w rotacji – 3 ploughings in rotation; \*\*1 orka w rotacji – 1 ploughing in rotation.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Pierwszą rośliną w rotacji płodozmianu był ziemniak nawożony obornikiem i uprawiany w sposób tradycyjny (bez uproszczeń) z klasyczną orką przedzimową. W przypadku pozostałych roślin wprowadzono znaczące uproszczenia w uprawie roli (tab. 1). Na sposób uprawy roli istotnie zareagowały groch i pszenica ozima (tab. 2). Częściowe uproszczenie uprawy roli (B) spowodowało obniżenie plonu nasion grochu o 9% w porównaniu z osiągniętym na obiekcie z uprawą płuzną (A). Natomiast pszenica ozima zareagowała znacznie większym obniżeniem plonowania przy przejściu kolejno z tradycyjnej uprawy do jej częściowego i pełnego uproszczenia, odpowiednio o 11 i 24%. Zróżnicowanie plonów ziemniaka i pszenicy jarej pod wpływem czynnika uprawowego okazało się nieistotnie. Średni plon w rotacji płodozmianu, wyrażony w jednostkach zbożowych, nie był zależny od sposobu uprawy roli. Wystąpiła jedynie tendencja do jego obniżki wraz z postępującym upraszczaniem uprawy roli. Zwiększenie poziomu nawożenia mineralnego powodowało istotny wzrost plonów ziemniaka (o 8%) i pszenicy ozimej (o 5%), a także średniego plonu roślin z rotacji (o 4%); (tab. 2). Spośród badanych roślin najwyższym przeliczeniowym plonem cechował się ziemniak, a najniższym groch siewny. Z pszenic forma ozima była zdecydowanie wydajniejsza od jarej.

**Tabela 2.** Produkcyjność roślin uprawnych w płodozmianie średnio z lat 2003-2006 (j.z. ha<sup>-1</sup>)  
**Table 2.** Crop productivity in crop rotation, mean for years 2003-2006 (cereal units per 1 ha)

Roślina uprawna Crop	Sposób uprawy roli* Soil tillage system			NIR <sub>(0,05)</sub> LSD <sub>(0,05)</sub>	Poziom nawożenia* Level of fertilization		NIR <sub>(0,05)</sub> LSD <sub>(0,05)</sub>	Średnio Mean
	A	B	C		a	b		
	Ziemniak++ Potato	97,8	98,1		101,4	r.n.		
Pszenica jara Spring wheat	51,8	49,6	48,1	r.n.	48,8	50,9	r.n.	49,9
Groch siewny Pea	48,2	43,8	47,3	3,79	47,4	45,4	r.n.	46,4
Pszenica ozima Winter wheat	75,8	67,3	57,8	4,07	65,4	68,4	2,77	66,9
Średnio – Mean	68,4	64,7	63,6	r.n.	64,2	66,9	2,66	65,6

\*A – tradycyjny (płużny) – conventional, B – częściowo uproszczony – partially reduced, C uproszczony – reduced, a – poziom podstawowy – basic level, b – poziom zwiększony o 50% – increased by 50%.

Analogicznie jak w przypadku produktywności roślin kształtowały się różnice w wartości energetycznej plonów głównych poszczególnych gatunków roślin uprawnych (tab. 3).

**Tabela 3.** Wartość energetyczna plonów średnio z lat 2003-2006 (GJ·ha<sup>-1</sup>)  
**Table 3.** Energy value of yields, mean for years 2003-2006 (GJ ha<sup>-1</sup>)

Roślina uprawna Crop	Sposób uprawy roli* Soil tillage system			Poziom nawożenia* Level of fertilization		Średnio Mean
	A	B	C	a	b	
Ziemniak++ – Potato	172,4	172,9	178,7	167,9	181,5	174,7
Pszenica jara – Spring wheat	80,8	77,4	75,1	76,2	79,4	77,8
Groch siewny – Pea	62,7	57,0	61,5	61,7	59,0	60,3
Pszenica ozima – Winter wheat	118,3	105,0	90,2	102,1	106,7	104,4
Średnio – Mean	108,6	103,1	101,4	102,0	106,6	104,3

\*Objaśnienia jak pod tabelą 1 – For explanations see Table 1

Wskaźniki oceny energetycznej zależały w większym stopniu od gatunku rośliny niż od badanych czynników – sposobu uprawy roli i poziomu nawożenia mineralnego. Zdecydowanie największym plonem jednostek zbożowych i zarazem najwyższą wartością energetyczną plonu cechował się ziemniak, a najniższą groch siewny (tab. 3). W uprawie ziemniaka ponoszono również największe nakłady energetyczne, około 3-4,5-krotnie wyższe niż przy uprawie zbóż i grochu (tab. 4). Na wielkość nakładów w produkcji ziemniaka znaczący wpływ miało stosowanie obornika i zbiór dużej masy plonu. Uproszczenie uprawy roli prowadziło do relatywnie małego obniżenia nakładów energetycznych – w płodozmianie średnio około 2-3%, a zwiększenie poziomu nawożenia mineralnego przyczyniło się do wzrostu nakładów średnio o 12%.

**Tabela 4.** Nakłady energetyczne ponoszone na produkcję ziemniaków średnio z lat 2003-2006 (GJ·ha<sup>-1</sup>)  
**Table 4.** Energy inputs for crops production, mean for years 2003-2006 (GJ ha<sup>-1</sup>)

Roślina uprawna Crop	Sposób uprawy roli* Soil tillage system			Poziom nawożenia* Level of fertilization		Średnio Mean
	A	B	C	a	b	
Ziemniak++ – Potato	57,4	57,1	57,9	55,3	59,6	57,5
Pszenica jara – Spring wheat	16,6	15,7	15,9	14,5	17,6	16,1
Groch siewny – Pea	13,0	12,4	12,6	11,9	13,4	12,7
Pszenica ozima – Winter wheat	21,1	19,5	19,5	18,6	21,5	20,0
Średnio – Mean	27,0	26,2	26,5	25,1	28,0	26,6

\*Objaśnienia jak pod tabelą 1 – For explanations see Table 1.

W ocenie ekologicznej produkcji roślinnej wielkość nakładów energetycznych jest uznawana za miernik stopnia zagrożenia środowiska. Osadcij (1989) przyjmuje, że nakłady przekraczające  $15 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  powodują zagrożenie ekologiczne dla środowiska naturalnego. W warunkach badań własnych za najbardziej ekologiczną, według powyższego kryterium, można uznać uprawę grochu siewnego (tab. 4). Z badań innych autorów (Harasim 2002, Osadcij 1989, Wielicki 1986) również wynika, że uprawa roślin strączkowych i motylkowatych ma charakter proekologiczny.

Dane zawarte w tabelach 2 i 4 wskazują, że energochłonność produkcji 1 jednostki zbożowej w przypadku uprawy ziemniaka była około 2-krotnie większa ( $0,58 \text{ GJ}\cdot\text{j. z.}^{-1}$ ) niż u zbóż i grochu (ok.  $0,30 \text{ GJ}\cdot\text{j. z.}^{-1}$ ).

W strukturze nakładów energetycznych dominujący udział miały paliwo (30-32%) i nawozy (24-38%); (tab. 5). Natomiast najniższym udziałem cechowały się nakłady pracy ludzkiej w uprawie grochu i zbóż (5-6%) oraz nakłady energii zawartej w środkach ochrony roślin zastosowanych w uprawie ziemniaka i grochu (ok. 4%). Spośród badanych roślin, największym udziałem robocizny w łącznych nakładach energetycznych cechował się ziemniak (ok. 20%), a w uprawie grochu znaczącą pozycję w nakładach miały nasiona (ok. 17%).

**Tabela 5.** Struktura nakładów energetycznych średnio z lat 2003-2006 (%)

**Table 5.** Structure of energy inputs, mean for years 2003-2006 (%)

Rodzaj nakładu Input category	Ziemniak Potato	Pszenvica jara Spring wheat	Groch siewny Pea	Pszenvica ozima Winter wheat
Praca ludzka – Human labour	19,9	6,1	5,1	6,0
Środki ochrony roślin – Pesticides	4,3	6,7	4,0	9,9
Sadzeniaki/nasiona – Seeds	12,1	8,2	16,9	8,0
Obornik – Manure	10,3	–	–	–
Nawozy mineralne – Mineral fertilizers	13,5	37,9	31,0	35,8
Paliwo i smary – Fuel and grease	29,0	30,2	32,1	30,2
Ciągniki i maszyny – Tractors and farm machines	10,5	10,9	10,9	10,1

Najwyższą efektywnością nakładów energetycznych wyróżniała się uprawa pszenicy ozimej, a najniższą produkcja ziemniaka (tab. 6). W przypadku zbóż, zwłaszcza pszenicy ozimej, uprawy uproszczone (B i C) powodowały obniżenie wskaźnika efektywności energetycznej, odpowiednio o 4 i 18%. Podobnie na zwiększenie poziomu nawożenia mineralnego zareagowały zboża (ok. 16%) i groch siewny (10%). Natomiast częściowe uproszczenie uprawy roli pod pszeni-

cę jarą oraz pełne uproszczenie pod groch polegające na zastąpieniu orki kultywatorowaniem lub talerzowaniem, było nieco efektywniejsze od stosowania klasycznej uprawy płużnej.

**Tabela 6.** Wskaźnik efektywności energetycznej średnio z lat 2003-2006  
**Table 6.** Energy efficiency index, mean for years 2003-2006

Roślina uprawna Crop	Sposób uprawy roli* Soil tillage system			Poziom nawożenia* Level of fertilization		Średnio Mean
	A	B	C	a	b	
Ziemniak++ – Potato	2,98	3,01	3,06	3,02	3,01	3,02
Pszenica jara – Spring wheat	4,76	4,83	4,63	5,11	4,36	4,74
Groch siewny – Pea	4,79	4,55	4,85	5,13	4,32	4,73
Pszenica ozima – Winter wheat	5,50	5,28	4,53	5,37	4,82	5,10
Średnio – Mean	4,51	4,42	4,27	4,66	4,13	4,40

\*Objaśnienia jak pod tabelą 1 – For explanations see Table 1.

Efekty upraszczania uprawy roli zależą zasadniczo od zwięzłości gleby, gatunku rośliny, zmianowania roślin, doboru specjalistycznych maszyn i narzędzi oraz przebiegu pogody (Gawrońska-Kulesza 1997, Gonet i Zaorski 1988, Kuś i in. 1988, Smagacz 2006, Włodek i in. 1999). W przypadku badań własnych można stwierdzić, że efektywność energetyczna produkcji roślinnej zależała bardziej od gatunku rośliny niż stopnia uproszczenia mechanicznej uprawy roli i poziomu nawożenia mineralnego. W zakresie wartości energetycznej plonów roślin, nakładów energii i wskaźnika efektywności wyniki są zbieżne z cytowanymi danymi literaturowymi (Harasim 2002, Kuś i in. 1988, Wielicki 1986 i 1989). W przeciętnych warunkach gospodarowania na 1 jednostkę nakładów energetycznych w produkcji roślinnej powinno się uzyskać około 4 jednostki energetyczne w produkcie (plonie) podstawowym (Wielicki 1989). Ten warunek spełnia produkcja pszenic i grochu (tab. 6). Zdecydowanie mniej efektywna energetycznie była produkcja ziemniaka, głównie z powodu dużej pracochłonności nawożenia obornikiem i zbioru dużej masy plonu. Podwyższenie poziomu nawożenia mineralnego zwiększało bardziej nakłady energetyczne niż wielkość i wartość energetyczną plonów, co w konsekwencji prowadziło do obniżenia efektywności produkcji. Podobne prawidłowości stwierdzano w innych badaniach (Kuś i in. 1988).

Energochłonność uprawy roli należy rozpatrywać zawsze łącznie z efektami produkcyjnymi. Uproszczona, energooszczędna uprawa ma uzasadnienie wów-

czas, gdy nie powoduje znaczącej obniżki plonu (Gonet 1991, Włodek i in. 1999). Z punktu widzenia efektywności energetycznej można zgodzić się z obniżeniem plonu pod warunkiem, że wartość tej obniżki wyrażana w jednostkach energetycznych jest mniejsza od oszczędności energii uzyskanej na skutek uproszczenia uprawy roli. Badania własne wykazały, że częściowe uproszczenie uprawy roli było nieco efektywniejsze od uprawy płużnej w przypadku produkcji pszenicy jarej, a pełne uproszczenie powodowało obniżenie efektywności energetycznej produkcji obu gatunków pszenicy.

#### WNIOSKI

1. Spośród roślin uprawianych w płodozmianie 4-polowym najwyższą efektywnością energetyczną wyróżniła się pszenica ozima.
2. Stosowanie uprawy uproszczonej (siew bezpośredni) powodowało obniżenie efektywności energetycznej produkcji pszenicy jarej (o 3%) i ozimej (o 18%).
3. Częściowe uproszczenie uprawy roli pod pszenicę jara i pełne uproszczenie pod groch było nieco efektywniejsze od stosowania klasycznej uprawy płużnej, odpowiednio o 2 i 1%.
4. Wyższy poziom nawożenia mineralnego skutkowało obniżeniem wskaźnika efektywności energetycznej w przypadku produkcji zbóż – pszenicy jarej (o 15%) i ozimej (o 10%) oraz grochu siewnego (o 16%).
5. Energochłonność produkcji 1 jednostki zbożowej w uprawie ziemniaka była około 2-krotnie większa niż u zbóż i grochu.
6. W strukturze nakładów energetycznych dominujący udział miały paliwo (30-32%) i nawozy (24-38%).

#### PIŚMIENNICTWO

- Anuszewski R., 1987. Metoda oceny energochłonności produktów rolniczych. Zag. Ekon. Roln., 4, 16-26.
- Dzienia S., Sosnowski A., 1990. Uproszczenia w podstawowej uprawie roli a wysokość nakładów energii. *Fragm. Agron.*, 3, 71-79.
- Dzienia S., Zimny L., Weber R., 2006. Najnowsze kierunki w uprawie roli i technice siewu. *Fragm. Agron.*, 2, 227-241.
- Gawrońska-Kulesza A., 1997. Systemy i metody uprawy roli. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 439, 185-193.
- Gonet Z., 1991. Metoda i niektóre wyniki badań energochłonności systemów uprawy roli. *Fragm. Agron.*, 2, 7-18.
- Gonet Z., Zaorski T., 1988. Energochłonność orki w różnych warunkach glebowych. *Pam. Puł.*, 91, 137-152.
- Harasim A., 2002. Kompleksowa ocena płodozmianów z różnym udziałem roślin zbożowych i okopowych. *Monogr. Rozpr. Nauk., IUNG Puławy*, 1, 1-89.



- Harasim A., 2006. Przewodnik ekonomiczno-rolniczy w zarysie. IUNG – PIB Puławy.
- Kuś J., Krasowicz S., Harasim A., 1988. Porównanie zmianowań z różnym udziałem zbóż na tle zróżnicowanej uprawy roli i nawożenia w wieloletnim doświadczeniu polowym w Grabowie. V. Efektywność energetyczna. Pam. Puł., 92, 119-132.
- Osadcij V.K., 1989. Energeticeskaja i ekologiceskaja ocenki technologij zemledlija. Tech. Siel. Choz., 3, 11-12.
- Praca zbiorowa, 1990. Katalog norm i normatywów. SGGW Warszawa.
- Smagacz J., 2006. Ocena produkcyjno-ekonomiczna różnych systemów uprawy roli. Probl. Inż. Roln., 1, 55-62.
- Wielicki W., 1986. Analiza porównawcza energochłonności roślin rolniczych. Roczn. Nauk Roln., C, 77(3), 183-190.
- Wielicki W., 1989. Analiza efektywności energetycznej w rolnictwie. Post. Nauk Roln., 1, 69-86.
- Wielicki W., 1990. Energochłonność produkcji roślinnej. Służba Rolna, 1-2, 1-6.
- Włodek S., Pabin J., Biskupski A., Kaus A., 1999. Skutki uproszczeń uprawy roli w zmianowaniu. Fol. Univ. Agric. Stein. 195, Agricultura, 74, 39-45.
- Wójcicki Z., 1983. Problemy materiałochłonności produkcji rolniczej. Roczn. Nauk Roln., C, 83(20), 41-61.

## ENERGY EFFICIENCY OF CROP PRODUCTION IN A FOUR-FIELD ROTATION AS AFFECTED BY REDUCED TILLAGE SYSTEMS AND FERTILIZATION LEVELS

*Karol Bujak, Mariusz Frant, Elżbieta Harasim*

Department of Tillage and Plant Cultivation, University of Life Sciences  
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin  
e-mail: elzbieta.harasim@up.lublin.pl

**Abstract.** In the years 2003-2006, three tillage systems (conventional, partially reduced and reduced) and two fertilization levels (167.5 kg NPK/ha/year and increased by 50%) were compared for their effect on energy efficiency of crop production in the second cycle of a four-field rotation (potatoes<sup>++</sup> – spring wheat – field peas – winter wheat). Energy efficiency was based on calculating rolling costs. Cereals, winter wheat in particular, and field peas gave the highest while potatoes the lowest energy efficiency values. Reduced tillage in cereals caused a decrease of 3-18% in the energy efficiency index. Cereals and peas responded in a similar manner to increased NPK fertilization. Conversely, reduced tillage applied to spring wheat and fully reduced tillage used for peas were more energy efficient than conventional tillage.

**Key words:** crop rotation, soil tillage, level of fertilization, energy efficiency