

ENERGY BALANCE OF CULTIVATION OF CEREALS

ENERGETICKÁ BILANCIA PESTOVANIA OBILNÍN

Ržonca, J. ¹⁾, Pospíšil, R. ²⁾

¹⁾ Výzkumný ústav pro chov skotu s.r.o. Rapotín, Výzkumníků 267, 788 13 Vikýřovice, Česká republika

²⁾ Katedra rastlinnej výroby, FAPZ Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika

E-mail: jozef.rzonca@vuchs.cz , Richard.Pospisil@uniag.sk

ABSTRACT

The aim of this work was evaluate and compare the energy balance of different cultivating technologies of cereals (spring barley, and winter wheat) . The field experiments were made in year 2001 – 2003 at experimental base of the SAU in Dolná Malanta. The experiments were made in nature field conditions with three soil tillage: conventional, reduce and minimal tillage. We used the balance fertilization at the experiment. The energy efficiency was significantly for output of energy. At winter wheat inputs of supplementary energy was higher about 7,97 GJ.ha⁻¹ in mean in comparison with spring barley. The inputs of energy were the lowest at minimal tillage, lower at reduce tillage and the highest at conventional tillage. The average values of energy of crop yields at winter wheat were following: conventional tillage 86,08 GJ.ha⁻¹, reduce tillage 91,08 GJ.ha⁻¹ and minimal tillage 90,49 GJ.ha⁻¹ . And at barley were: conventional tillage 56,15 GJ.ha⁻¹, reduce tillage 53,39 GJ.ha⁻¹ and minimal tillage 67,68 GJ.ha⁻¹ . The minimal and reduce cultivating technologies make a possible saving the consumption of fossil energy.

Key words: energy balance, crop rotation, cultivation, winter wheat, spring barley

ABSTRAKT

Cieľom tejto práce bolo zhodnotiť a porovnať pestovanie hustosiatych obilnín z hľadiska energetickej bilancie, pri použití rôznych spôsobov obrábania pôdy. Poľný pokus bol prevádzaný v rokoch 2001 – 2003 na experimentálnej stanici Slovenskej poľnohospodárskej univerzity na Dolnej Malante. Sledovania prebiehali v prirodzených poľných podmienkach s tromi spôsobmi obrábania pôdy: konvenčným, redukovaným a minimalizačným obrábaním. Pri každej plodine sme uplatnili racionálne (bilančné) hnojenie na priemernú úrodovú hladinu. Pri oboch obilninách pestovaných v podmienkach bola energetická účinnosť jednoznačne v prospech výstupov energie. Najvyššie vstupy energie boli pri konvenčnom, nižšie pri

redukovanom a najnižšie pri minimalizačnom obrábaní pôdy. Priemerné hodnoty energie hospodárskej úrody pri pšenici ozimnej boli nasledujúce: konvenčné obrábanie 86,08 GJ.ha⁻¹, redukované obrábanie 91,08 GJ.ha⁻¹ a minimalizačné obrábanie 90,49 GJ.ha⁻¹. A pri jačmeni jarnom: konvenčné obrábanie 56,15 GJ.ha⁻¹, redukované obrábanie 53,39 GJ.ha⁻¹ a minimalizačné obrábanie 67,68 GJ.ha⁻¹. Redukované a minimalizačné spôsoby obrábania pôdy umožňujú úspory v spotrebe fosílnnej energie.

Kľúčové slová: energetická bilancia, oševný postup, obrábanie, pšenica ozimná, jarný jačmeň

ÚVOD

Obilniny tvoria kľúčovú skupinu plodín rastlinnej výroby Slovenska, ich pestovanie je dominantné, pretože sa podieľajú 40 % na energetickej hodnote spotrebovaných potravín a 35 % energetickej hodnoty vo výžive zvierat. (Karabínová et al., 1999)

Energetické hodnotenie je významným objektívnym meradlom poľnohospodárskej výroby zhodnocujúcim rozdiely v charaktere výsledného produktu. Umožňuje tiež porovnávať efektívnosť systémov pestovania bez závislosti od cenových výkyvov. Poskytuje nový pohľad na význam a postavenie jednotlivých plodín v štruktúre oševných postupov a náročnosti rôznych agrotechnických zásahov, čo umožňuje využitie týchto hľadísk pri návrhoch energetických racionalizačných opatrení.

Základným problémom bilancie energie v rastlinnej výrobe je miera ovplyvnenia produkčného procesu vkladmi priamej a nepriamej energie a ich výsledná účinnosť pri tvorbe biomasy či hospodársky cenného produktu vyjadreného úrodou (Kostrej, Danko, 1996).

K energetickej bilancii pestovaných plodín sa pristupuje z rôznych hľadísk. Hodnotí sa efektívnosť hnojenia, účinnosť pesticídov, rôzneho obrábania pôdy, alebo energetický vplyv predplodín, odrôd a rôznych agroekologických podmienok. Cigľar (1992), Pospíšil (1996), Ferrière et al. (1997), Balla (1998), Kováč (1998), Kotorová (1999), Risoud a Bochu (2002) a Pospíšil (2002).

MATERIÁL A METODIKA

Poľný polyfaktorový pokus bol riešený v rokoch 2001 až 2003, v rámci grantového projektu VEGA 1/8159/09 na Experimentálnej báze Dolná Malanta na pozemku s pôdnym typom hnedozeme kultizemnej na provuliálnych zaprašovaných sedimentoch. Pôdny profil má tri genetické horizonty (Ap, Bt, C), z ktorých je hlavný luvický horizont (Bt), ktorý vznikol ako dôsledok iluviálnej akumulácie premiestňovaných koloidov, horizonty Ap a C sú hlinité, smerom do hĺbky ílovito – hlinité. Ornica je mierne utlačená s pórovitosťou (Pc) 45 –

48%, podornica je utlačená s pórovitosťou 40 – 42%. Pôda má vysokú kapilárnu nasiakavosť, vysokú retenčnú kapacitu, nižší bod vädnutia (8,0 – 9,0%), čo umožňuje zadržiavať dostatočné množstvo vody v profile. Obsah humusu v horizonte Ap je stredný (1,95 – 2,28%), pH (KCl) je v rozsahu 4,7 – 5,6. Kationová sorpčná kapacita sa pohybuje v rozsahu 185 – 257 mmol. ekv. kg⁻¹ pôdy. Humusový horizont siaha do hĺbky 0,31 m, pôdotvorný substrát je v hĺbke 0,95 m. Územie, na ktorom boli pokusy realizované patrí do agroklimatickej oblasti veľmi teplej so sumou priemerných denných teplôt vzduchu ($TS \geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) za hlavné vegetačné obdobie 3 000 $^{\circ}\text{C}$ a viac. Vysokú teplotnú zabezpečenosť ($\geq 90\%$) majú poloskoré hybridy kukurice na zrno, poloneskoré (75 – 90%) a neskoré hybridy sú zabezpečené na 60 – 70%. Agroklimatická podoblasť je veľmi suchá s ukazovateľom zavlaženia v letných mesiacoch ($K_{VI-VIII} = 150\text{ mm}$) čo zaraďuje stanovište k najsuchším. Zásoba vody v pôde na začiatku jarného obdobia je 150 – 160 mm. V mesiacoch IV. – V. sa prejavuje deficit 60 – 90 mm ako dôsledok zvyšovania retenčnej bilancie a sýtosťného doplnku.

Ako modelové plodiny boli zvolené pšenica letná forma ozimná a jačmeň siaty jarný. Plodiny boli pestované v prirodzených podmienkach bez závlah s použitím konvenčnej (B1), redukovanej (B2) a minimalizačnej pestovateľskej technológie (B3), v rámci nasledujúceho osevného postupu: pšenica letná, forma ozimná (odroda Samanta) → hrach siaty + medziplodina: horčica biela → kukurica siata na zrno (hybrid FAO 310) → jačmeň jarný (odroda Jubilant) s podsevom d'ateliny lúčnej → d'atelina lúčna.

Pri každej plodine sme uplatnili racionálne (bilančné) hnojenie na priemernú úrodovú hladinu (pšenica 6 t.ha⁻¹, jačmeň 5 t.ha⁻¹).

Pre výpočet výstupu energie hospodárskej úrody (EHÚ) sa použil energetický ekvivalent 17,64 GJ pre celkovú energiu 1 tony sušiny hospodárskej úrody (HÚ).

Pre výpočet energetickej bilancie boli do vstupov dodatkovej energie (VDE) započítané nasledovné ukazovatele: energia živej práce, fosílna energia, energia aplikovaných chemických prostriedkov, energia v strojoch a energia v osive. Kvantifikácia energetických vkladov, použité energetické ekvivalenty a spôsob výpočtu a vyjadrenia výstupov energie sa uskutočnili podľa Preiningera (1987). Z energetických ukazovateľov sa vypočítali nasledovné:

- energetický zisk (EZ) $EZ = EHÚ - VDE \text{ [GJ.ha}^{-1}\text{]}$
- koeficient energetickej účinnosti (KEÚ) $KEÚ = EHÚ / VDE$
- potreba energie na 1 tonu produkcie (PE) $PE = VDE / HÚ \text{ [GJ.t}^{-1}\text{]}$.

Kvantifikácia energetických vkladov, použité energetické ekvivalenty a spôsoby výpočtov a vyjadrenia výstupov energie sú uskutočnené podľa metodiky Preiningera (1987).

Na základe týchto energetických hodnôt sme urobili energetickú bilanciu a vypočítali energetický zisk a energetickú účinnosť.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Cieľom tejto práce bolo zhodnotiť a porovnať pestovanie hustosiatych obilnín z hľadiska energetickej bilancie, pri použití rôznych spôsobov obrábania pôdy na hnedozemi kultizemnej.

Pri energetických bilanciách produkčného procesu je veľmi dôležitá kvantifikácia vstupov a výstupov energie, ako aj ďalšie energetické ukazovatele. Základom pre vypracovanie energetickej bilancie je dosiahnutá hospodárska úroda pestovanej plodiny, od ktorej sa odvíja energia hospodárskej úrody. Pri kalkulácii vstupov dodatkovej energie je významné určenie potreby energie nielen pre jednotlivé poľné plodiny, ale aj pre vykonanie potrebných agrotechnických zásahov. Dôležitú úlohu v kalkuláciách zohrávajú pôdno-klimatické podmienky, ku ktorým patrí pôdny typ, pôdny druh a zvolená agrotechnika.

Ukazovatele energetickej bilancie pre jednotlivé plodiny sú uvedené v tabuľkách 1 až 2.

Tabuľka 1 : Energetická bilancia pestovania pšenice letnej formy ozimnej

	Rok	Úroda [t.ha ⁻¹]	Energia hospodárskej úrody [GJ.ha ⁻¹]	Vstupy dodatkovej energie [GJ.ha ⁻¹]	Zisk energie [GJ.ha ⁻¹]	Koeficient energetickej účinnosti [%]	Potreba energie na 1 t [GJ.t ⁻¹]
B1	2001	3,69	65,09	11,63	53,46	5,60	3,15
	2002	6,29	110,96	13,37	97,59	8,30	2,13
	2003	4,66	82,20	15,75	66,45	5,22	3,38
	x	4,88	86,08	13,58	72,50	6,37	2,89
B2	2001	4,77	84,14	11,82	72,32	7,12	2,48
	2002	6,44	113,60	13,19	100,41	8,61	2,05
	2003	4,28	75,50	15,16	60,34	4,98	3,54
	x	5,16	91,08	13,39	77,69	6,90	2,69
B3	2001	5,71	100,72	11,55	89,17	8,72	2,02
	2002	4,83	85,20	12,26	72,94	6,95	2,54
	2003	4,85	85,55	14,51	71,04	5,90	2,99
	x	5,13	90,49	12,77	77,72	7,19	2,52

Z hľadiska produkcie energie sme zistili najvyššiu produkciu pri pšenici letnej f. ozimnej pestovanej redukovanou technológiou obrábania pôdy (x = 91,08 GJ.ha⁻¹).

Z tabuľky 1 vyplýva, že najvyššia produkcia hospodárskej úrody, ako aj energetický zisk, pri pestovaní pšenice bol dosiahnutý vo variante B2 v roku 2002 (6,44 t.ha⁻¹; 113, 60 GJ.ha⁻¹). Najvyššia energetická účinnosť bola dosiahnutá vo variante B3 v roku 2001 (8,72 %). Pri energetických bilanciách je dôležitým ukazovateľom pomer výstupov energie hospodárskej úrody k vstupom dodatkovej energie do produkčného procesu. Z ukazovateľov energetickej účinnosti a potreby energie na tonu produkcie vyplýva, že najracionálnejšou technológiou pestovania pšenice ozimnej je minimalizačné (KeÚ 6,37%; potreba energie 2,89 GJ.t⁻¹), potom redukované (KeÚ 6,90; potreba energie 2,69 GJ.t⁻¹) a najmenej efektívnejším je konvenčné obrábanie pôdy (KeÚ 7,19%; potreba energie 2,52 GJ.t⁻¹).

Tabuľka 2: Energetická bilancia pestovania jačmeňa jarného

	Rok	Úroda [t.ha ⁻¹]	Energia hospodárskej úrody [GJ.ha ⁻¹]	Vstupy dodatkovvej energie [GJ.ha ⁻¹]	Zisk energie [GJ.ha ⁻¹]	Koeficient energetickej účinnosti [GJ.ha ⁻¹]	Potreba energie na 1 t [GJ.t ⁻¹]
B1	2001	3,53	62,27	4,41	57,86	14,12	1,25
	2002	2,97	52,39	4,85	47,54	10,80	1,63
	2003	3,05	53,80	7,18	46,62	7,49	2,35
	x	3,18	56,15	5,48	50,67	10,81	1,75
B2	2001	2,8	49,39	4,23	45,16	11,68	1,51
	2002	3,26	57,51	4,76	52,75	12,08	1,46
	2003	3,02	53,27	7,00	46,27	7,61	2,32
	x	3,03	53,39	5,33	48,06	10,46	1,76
B3	2001	3,51	61,92	3,96	57,96	15,64	1,13
	2002	4,63	81,67	4,40	77,27	18,56	0,95
	2003	3,37	59,45	6,73	52,72	8,83	2,00
	x	3,84	67,68	5,03	62,65	14,34	1,36

Energeticky menej náročnou plodinou bol jačmeň jarný, pri ktorom bola priemere o 7,97 GJ.ha⁻¹ nižšia spotreba dodatkových energetických vstupov než pri pšenici ozimnej. Pri jačmeni jarnom v bola energetická účinnosť v smere redukovaná (KeÚ 10,46%; potreba energie 1,76 GJ.t⁻¹) → konvenčné(KeÚ 10,81%; potreba energie 1,75 GJ.t⁻¹) → minimalizačné obrábanie pôdy (KeÚ 14,34%; potreba energie 1,36 GJ.t⁻¹). Najvyššiu priemernú produkciu energie sme zaznamenali pri minimálnom obrábaní (x = 67,68 GJ.ha⁻¹), potom pri konvenčnom (x = 56,15 GJ.ha⁻¹) a najnižšiu pri redukovanom (x = 53,39 GJ.ha⁻¹) obrábaní pôdy.

Tabuľka 3: Mnohonásobný LSD-test porovnávania energetických parametrov pšenice letnej formy ozimnej ($\alpha = 0,05$)

parameter	sledovaný faktor		Priemer	homogénna skupina		
vstupy dodatkovvej energia	rok	2001	11,67	x		
		2002	12,,95		x	
		2003	15,15			x
	obrábanie	B3	11,67	x		
		B2	12,95	x	x	
		B1	15,,15		x	
energia hospodárskej úrody	rok	2001	81,08	x		
		2002	103,25		x	
		2003	83,08	x		
	obrábanie	B1	86,08	x		
		B2	91,08	x		
		B3	90,49	x		

Tabuľka 4: Mnohonásobný LSD-test porovnávania energetických parametrov jačmeňa siateho jarného ($\alpha = 0,05$)

parameter	sledovaný faktor		priemer	homogénna skupina		
vstupy dodatkovvej energie	rok	2001	4,20	x		
		2002	4,67		x	
		2003	6,97			x
	obrábanie	B3	5,03	x		
		B2	5.33		x	
		B1	5.48			x
energia hospodárskej úrody	rok	2003	55,37	x		
		2001	57,86	x		
		2002	63,56		x	
	obrábanie	B2	53,39	x		
		B1	56,02	x		
		B3	67,68	x		

Variabilita energetických vstupov pšenice ozimnej a jačmeňa jarného (Grofik – Flák, 1990) bola významne ovplyvnená pestovateľským ročníkom, čo sa potvrdilo aj LSD-testom (tabuľky 2 a 3). Štatisticky preukazné rozdiely sme zistili pri energetických vstupoch . Pri energii hospodárskej úrody boli rozdiely štatisticky nepreukazné.

K podobným výsledkom dospeli Kotorová a kol. (1999), Pospíšil (2002) a ďalší autori.

ZÁVER

Na základe výsledkov energetickej bilancie je možné formulovať nasledovné závery:

Pri oboch hustosiatych obilninách pestovaných v podmienkach hnedozeme kultizemnej bola energetická účinnosť jednoznačne v prospech výstupov energie.

Vyššia energia hospodárskej úrody bola dosiahnutá pri pšenici letnej forme ozimnej než pri jačmeni siatom jarnom.

Pri sledovaných hustosiatych obilninách významnú úlohu zohráva pestovateľský ročník i pôdny typ.

Najvyššie vstupy dodatkovej energie je potrebné vynaložiť pri konvenčnej technológii.

Rôzne systémy obrábania pôdy významne vplývajú na spotrebu energie fosílnych palív.

Redukované a minimalizačné spôsoby obrábania pôdy umožňujú úspory v spotrebe pohonných hmôt.

LITERATÚRA

Balla, P.: Energetická náročnosť pestovania pšenice ozimnej pri rôznych spôsoboch zakladania porastov. In: Trvalo udržateľný rozvoj poľnohospodárskej výroby na regionálnej úrovni. Zborník referátov. Michalovce: OVÚA 1998, II. diel., s. 59 – 63

Cigľar, J. et al.: Energetická analýza produkčného procesu plodín v osevnom postupe pri rôznych sústavách hospodárenia na pôde. In: Ekologické princípy hospodárenia vo vybraných agrosystémoch Slovenska, Nitra VŠP 1992, s. 57 – 64

Ferrière, J.M. – Fauveau, C. – Chabanet, G. et al.: L'analyse énergétique à l'échelle de l'exploitation agricole. Méthode, apports et limites. In: Fourrages 151, 1997, s. 331 – 350

Grofik, R. – Flak, P.: Štatistické metódy v poľnohospodárstve. 1. vyd. Bratislava: Príroda, 1990. 344 s.

Karabínová, M. – Kulík, D. – Prochádzková, M.: Obilniny I. Nitra: ÚVTIP, 1999, s.110

Kostrej, A. – Danko, J.: Analýza a modelovanie energetických ukazovateľov produkčného procesu poľných plodín. I. vydanie. Nitra: VŠP, 1996, 81 s.

Kotorová, D.: Energetická bilancia pestovania obilnín na flumizemi glejovej. In: Trvalo udržateľný rozvoj poľnohospodárskej výroby na regionálnej úrovni. Zborník referátov. Michalovce: OVÚA 1998, II. diel., s. 53 – 57

Kováč, L.: Energetická analýza diferencovaných spôsobov zakladania d'atelinotravných miešaniek. In: Zborník vedeckých prác. Michalovce: OVÚA, 1998, s. 156 – 166

Pospíšil, R.: Energetická bilancia pestovateľských systémov v podmienkach ekologického poľnohospodárstva (habilitačná práca). SPU Nitra, 1996, 182 s.

Pospíšil, R.: Energetická analýza úsporných systémov obrábania a hnojenia pôdy v rôznych sústavách rastlinnej výroby. In: Agriculture, 48, 2002 (7), s. 374 – 379

Preininger, M.: Energetické hodnocení výrobných procesů v rostlinné výrobě. Praha: UVTIZ, 1987, 29 s.

Risoud, B. – Bochu, J.L.: Bilan énergétique et émission de gaz à effet de serre à l'échelle de la ferme. In: Alter Agri. ITAB č. 55 2002, s 10 – 13