

# **WINTER WHEAT (TRITICUM AESTIVUM L.) GROWING IN ECOLOGICAL AND LOW-INPUT FARMING SYSTEM IN TERM OF ENERGY BALANCE**

## **PESTOVANIE PŠENICE LETNEJ F. OZIMNEJ (TRITICUM AESTIVUM L.) V EKOLOGICKOM A KONVENČNOM SYSTÉME Z HĽADISKA ENERGETICKEJ BILANCIE**

ŠTEFAN ŽÁK, ZUZANA LEHOČKÁ, SOŇA BIELKOVÁ,

Research Institute of Plant Production, Piešťany

Výskumný ústav rastlinnej výroby, Piešťany

ŽÁK, Š. – LEHOČKÁ, Z. - BIELKOVÁ, S.: Winter wheat (*Triticum aestivum* L.) growing in ecological and low – input farming system in term of energy balance

The aim of the study was to observe the effect of different farming systems (ecological and low – input) and two levels of nitrogen fertilization defined according to the regulations valid for water protection zones (N1 – 50 % of permissible dose in the protected zone of water resources, N2 – 100 % of permissible dose in the protected zone of water resources) on grain yield, dry matter and selected energy balance traits of winter wheat variety Astella.

In the years 1999 – 2002 the stationary field experiment was established on degraded Chernozem on loess (Luvi-haplic Chernozem) in a maize-barley growing region in south-western Slovakia (near the town Piešťany) with good content of available potassium, normal content of available phosphorus and high content of available magnesium, with the humus content 1,8 – 2,0 %. The area has a continental climate with the average annual temperature 9,2<sup>0</sup>C and mean annual precipitation 593 mm.

The experimental field crop was winter wheat (*Triticum aestivum* L.) which was integrated into six-field crop rotation:

- meadow clover (variety Margot)
- winter wheat (variety Torysa) + intercrop
- field pea (variety Olivín)
- winter wheat (variety Astella)

- potato (variety Eta) fertilizing with farm-yard manure + intercrop
- spring barley (variety Atribut) with underseeding meadow clover (variety Margot)

In ecological system winter wheat was dressed by commercial compost (commercial name Vitahum, producer EBA Bratislava, Slovakia), in low input system winter wheat was dressed by nitre form of nitrogen.

The rates of phosphorus and potassium were determined on the planned grain yield per hectare: 7 tons of winter wheat, 6 tons of spring barley, 4 tons of field pea, 20 tons of potatoes and 10 tons of clover.

Besides the yield height we observed dry matter yield, energy input per ha, per 1 ton of production, gross energy per ha, gross energy gain per ha, per 1 ton of production, per 1 ton of dry matter, energy efficiency, specific energy consumption and energy effectiveness.

Obtained results were evaluated by variance analysis.

The results show that yield height and practically all studied parameters were strongly affected by a year. Higher grain yield of winter wheat variety Astella at average of four years was in low input farming system than in ecological farming system.

In term of energy production rate more stabile and more certain is winter wheat growing in low input system in comparison with ecological system and higher level of nitrogen fertilization (N2) is also preferable. However in term of energy efficiency, energy effectiveness and specific energy consumption ecological farming system and lower level of nitrogen fertilization (N1) appears to be more favourable. Ecological farming system and lower level of nitrogen fertilization has besides production aspect more positive effect on environment. This fact is very hardly quantified but it is important for a good and healthy life.

Our results show that both farming systems of winter wheat can be advice for practice, but in term of energy production rate more certain is winter wheat growing in low input farming system. Ecological farming systems have positive effect on living environment.

**Key words:** winter wheat, farming systems, nitrogen rates, grain yield, energy balance components

Rastlinná výroba patrí k tým odvetviam národného hospodárstva, ktoré vyrobia viac energie ako spotrebujú. Je to spôsobené tým, že rastliny sú schopné pri fotosyntéze využívať energiu slnečného žiarenia pre syntézu relatívne zložitých a na energiu bohatých organických zlúčenín z anorganických látok, ktoré majú nízku potenciálnu energiu (Stražil, 1987). Úroveň vstupov i výstupov energie rastlinnej výroby i energie jednotlivých plodín je pochopiteľne

limitovaná konkrétnymi jednotkami stanovišťa, akými sú napr. klíma či pôda, ktoré človek nemôže výrazne ovplyvniť, ale aj faktormi, ktoré človek ovplyvniť môže, akými sú napr. dodatkové vklady energie, použité systémy hospodárenia, pestovateľské technológie, štruktúra osevu a pod (Pospíšil – Vilček, 2000).

Účelom energetického hodnotenia je odhaľovanie existujúcich rezerv a optimalizácia energetických vkladov do výrobného procesu z hľadiska dosiahnutia čo najvyššieho výrobného efektu pri nízkej mernej spotrebe energie (Preininger, 1987).

Energetické hodnotenie je jedno z významných objektívnych meradiel účelnosti poľnohospodárskej výroby. Umožňuje porovnávať značne odlišné spôsoby výroby z hľadiska energetickej efektívnosti. Energetická efektívnosť úzko súvisí nie len s ekonomickým, ale aj s ekologickým hľadiskom poľnohospodárskej výroby (Kucharovic, Kováč, 2002).

Koncepcia rozvoja ekologického poľnohospodárstva do roku 2010 prerokovaná vo vedení MP SR v roku 1995 stanovila rozsah do roku 2010 v SR na výmeru 100 – 150 000 ha PP (Kováč, 2001). 17.3.2005 bol na porade vedenia ministerstva pôdohospodárstva SR schválený Akčný plán rozvoja ekologického poľnohospodárstva v SR do roku 2010. Podľa tohto dokumentu by sa malo v horizonte do roku 2010 dosiahnuť rozšírenie ekologickým spôsobom obhospodarovanej poľnohospodárskej pôdy na minimálne 5 % z celkovej rozlohy poľnohospodárskej pôdy v SR.

Pšenica letná f. ozimná je našou najrozšírenejšou a najplastickejšou obilninou, ktorá sa pestuje takmer vo všetkých pôdno - klimatických podmienkach Slovenska. Nové možnosti poskytuje i ekologické pestovanie pšenice, s produkciou ktorej sa v SR začalo od polovice 90. rokov. Do produkčného procesu pestovania plodín spolu s klimatickými faktormi v podstatnej miere môže zasiahnuť i agronóm úpravou a modifikáciou pestovateľského prostredia (Klimeková a kol., 2004).

Cieľom príspevku je porovnať pestovanie pšenice letnej f. ozimnej v rôznych systémoch hospodárenia z energetického hľadiska.

## **MATERIÁL A METODIKA**

V príspevku sme analyzovali vstupy a výstupy energie pri pestovaní pšenice letnej f. ozimnej po hrachu v poľnom stacionárnom pokuse v Borovciach pri Piešťanoch za roky 1999 – 2002. Pokus bol založený v kukurično – jačmennej výrobnjej oblasti, s nadmorskou výškou 172 m.n.m. Pôda je hlinitá, černozem hnedozemná. Obsah humusu v ornici je stredný, pôdna reakcia neutrálna. Dlhodobý zrážkový normál je 593 mm, priemerná ročná teplota

predstavuje 9,2 °C. Stanovište pokusu je v pásme ochrany vody. Použité dávky a druhy agrochemikálií zohľadňovali príslušnú legislatívu ochrany vôd.

Pšenicu letnú f. ozimnú odrodu Astella sme pestovali v dvoch systémoch hospodárenia a to v ekologickom a low-input systéme. Osevný postup v ekologickom systéme (podľa zásad ekologického poľnohospodárstva, bez použitia chémie, so zaoraním pozberových zvyškov s medziplodinami) a v low-input systéme (so zaoraním pozberových zvyškov a s medziplodinami) je rovnaký, 6-honový : d'atelina lúčna (odroda Margot) - pšenica letná f. ozimná (odroda Torysa) + medziplodina - hrach siaty (odroda Olivín) - pšenica letná f. ozimná (odroda Astella) + maštalný hnoj pod ľuľok zemiakový – ľuľok zemiakový (odroda Eta) + medziplodina - jarný jačmeň (odroda Atribút) s podsevom d'ateliny lúčnej (odroda Margot).

Hnojenie fosforom a draslíkom sme robili podľa zásady import = export, pričom hnojenie v prvom roku bolo stanovené na základe plánovanej úrody (pšenica letná f. ozimná 7 t, jačmeň siaty jarný 6 t, hrach siaty 4 t, ľuľok zemiakový 20 t, d'atelina lúčna 10 t a kukurica siata 8 t). V ďalších rokoch sme dávky P a K korigovali (zvyšovali, alebo znižovali) podľa skutočnej úrody v predchádzajúcom roku. Hnojenie P a K sme na variantoch so zapracúvaním pozberových zvyškov rastlín korigovali podľa množstva živín v pozberových zvyškoch a ich využitia. Výpočet P a K sme vykonali podľa platných metodických postupov.

Úroveň hnojenia dusíkom bola popri systémoch hospodárenia druhým faktorom pokusu. Hnojenie dusíkom bolo nasledovné: N 1 - 50 % povolených dávok dusíka v pásme ochrany vody a N 2 - maximálne povolené dávky dusíka v pásme ochrany vody. Pšenicu letnú f. ozimnú sme hnojili dusíkom v dávke 40 kg N / 80 kg N a dávka je rozdelená v N1 na 20 - 20 kg N a v N2 na 30 - 30 - 20 kg N. V ekologickom systéme (ES – N1, ES – N2) sme prihnojovali pšenicu kompostom Vitahum (f. EBA Bratislava, závod Pezinok) v low-input systéme (LIS – N1, LIS – N2 ) liadkovou formou.

Popri úrode zrna sme v rokoch 1999 - 2002 hodnotili aj úrodu sušiny, vstupy energie na hektár, na 1 tonu úrody, na 1 tonu sušiny; brutto energiu na hektár, zisk brutto energie z hektára, na 1 tonu úrody, na 1 tonu sušiny; energetickú účinnosť, mernú spotrebu energie a energetickú efektívnosť. Dosiiahnuté výsledky sme spracovali do tabuliek, graficky a vyhodnotili analýzou variancie.

### ***Energetická analýza***

Výpočet energetických parametrov bol vykonaný podľa metodiky FMZVŽ č.7/1987 „Energetické hodnocení výrobních procesů v rostlinné výrobě“ (Preininger, 1987) a publikácie „Energetika sústav hospodárenia na pôde“ (Pospíšil - Vilček, 2000).

V rámci energetickej bilancie boli vypočítané:

- vstupy dodatkovej energie (DE): ( živá práca, strojová práca, osivá, priemyselné hnojivá, maštal'ný hnoj, pesticídy). Do energie priemyselných hnojív, maštal'ného hnoja a pesticídov bola započítaná aj energia na ich aplikáciu. V príspevku bilancujeme iba vstupy k pšenici letnej f. ozimnej pestovanej po hrachu
- brutto energia úrody (EÚ)
- brutto energia sušiny (ES)
- zisk brutto energie :  $ZE = EÚ - DE \text{ (GJ.ha}^{-1}\text{)}$
- energetická účinnosť :  $EnÚ = ZE/EÚ \times 100 \text{ (\%)}$
- merná spotreba energie :  $MSE = DE/EÚ$
- energetická efektívnosť:  $EE = EÚ/DE$

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Rozdielny priebeh počasia v rokoch 1999 – 2002 sa prejavil na výške *úrod zrna pšenice*, keď v priemere pokusu sme dosiahli  $6,33 \text{ t.ha}^{-1}$  a za všetky varianty sme získali z hektára podľa rokov  $5,48 - 5,71 - 8,34 - 5,79 \text{ t.ha}^{-1}$  zrna. Rozdiely v úrodách sú vždy štatisticky vysoko preukazné (tab. 1 a 3).

Úroda zrna pšenice bola v priemere rokov za sledované obdobie vysoko preukazne nižšia v ekologickom systéme ( $6,11 \text{ t.ha}^{-1}$ ) ako v low – input systéme ( $6,55 \text{ t.ha}^{-1}$ ), podobne ako pri N1 ( $6,26 \text{ t.ha}^{-1}$ ) v porovnaní s N2 ( $6,40 \text{ t.ha}^{-1}$ ). Medzi úrovňami hnojenia v ES i v LIS nebol zistený štatisticky významný rozdiel, ale v LIS - N1 aj v LIS - N2 sme dosiahli vysoko preukazne vyššiu úrodu ako v ES - N1 resp v ES - N2. Interakcia systémov hospodárenia a rokov bola vysoko preukazná, čo znamená, že úrodu zrna pšenice modifikovalo počasia v jednotlivých rokoch. Počasie preukazne modifikovalo aj účinnosť hnojenia. V ekologickom systéme sa úrody pohybovali od  $5,36$  po  $7,92 \text{ t.ha}^{-1}$  a v low - input systéme od  $5,39$  po  $8,76 \text{ t.ha}^{-1}$ . Počasie ovplyvnilo úrodu zrna pšenice 86 %, systém pestovania 3% a úroveň hnojenia iba 0,3 %.

*Úroda sušiny* v priemere pokusu za všetky roky, systémy a úrovne hnojenia bola  $14,64 \text{ t.ha}^{-1}$  a v rokoch sa pohybovala  $12,67 - 13,20 - 19,28 - 13,39 \text{ t.ha}^{-1}$ . Rozdiely medzi rokmi boli štatisticky vysoko preukazné, s výnimkou rokov 2000 – 2002 (nepreukazný rozdiel) a 1999 – 2000 (preukazný rozdiel, tab.1 a 3).

Za sledované obdobie bola v priemere rokov úroda sušiny vysoko preukazne vyššia v low –input systéme ako v ekologickom systéme. Medzi úrovňami hnojenia N1 a N2 bol

zistený štatisticky preukazný rozdiel, ale medzi úrovňami hnojenia ES – N1 a ES – N2, podobne ako LIS – N1 a LIS – N2 nebol zistený významný rozdiel. Medzi variantmi LIS N1 – ES N1 a LIS N2 – ES N2 sme dosiahli vysoko preukazne vyššiu úrodu v LIS. Interakcia systémov a rokov bola vysoko preukazná, čo znamená, že úrodu sušiny modifikovalo počasie v jednotlivých rokoch.

Vplyv počasia na úrodu zrna pšenice je všeobecne známy a zaoberajú sa ním viacerí autori ( Kotorová a kol., 2004; Žák – Kováč a kol., 2002; Kováč, 2001 a iní). Podľa autorov Jamriška - Hašana (2005) má ročník spolu s hnojením podstatný vplyv na úrodu pšenice. Naše výsledky potvrdili tieto poznatky v plnej miere, keď pri úrode zrna pšenice i úrode sušiny sme zistili štatisticky významné rozdiely medzi rokmi i medzi úrovňami hnojenia.

Úroda zrna pšenice pri ekologickom pestovaní je podľa viacerých autorov nižšia (Prugar, 1999, Stehlo – Gálik, 2002, Kováč a kol., 2002 a iní). V našich pokusoch sme zistili pokles úrody v ekologickom systéme v priemere rokov o 7%.

*Vstupy dodatkovej energie na hektár* sme bilancovali ku pšenici a za všetky roky a varianty pokusu boli 15,85 GJ, keď pri jednotlivých systémoch v priemere rokov varírovali pri ES – N1 12,02 GJ, ES – N2 13,42 GJ, LIS – N1 17,07 GJ a LIS – N2 21,25 GJ. Pri ES – N1 bola štruktúra vstupov nasledovná: ľudská práca 14,1 %, strojová práca 50,7%, organické hnojivá 11,6% a osivá 23,6%, pri ES – N2 ľudská práca 14,5 %, strojová práca 45,5%, organické hnojivá 20,9% a osivá 21,1%, pri LIS – N1: ľudská práca 7,3%, strojová práca 35,85%, CHOP 8,4%, priemyselné hnojivá 31,9 % a osivá 16,60% a pri LIS – N2: ľudská práca 5,8%, strojová práca 28,7%, CHOP 6,7%, priemyselné hnojivá 45,4% a osivá 13,4%. Grafické znázornenie zloženia vstupov dodatkovej energia je uvedené v grafe 1.

*Vstupy dodatkovej energie na tonu úrody* za všetky roky a varianty v priemere boli 2,58 GJ, keď pri jednotlivých systémoch v priemere rokov varírovali pri ES – N1 2,04 GJ, ES – N2 2,21 GJ, LIS – N1 2,78 GJ a LIS – N2 3,28 GJ. Podľa rokov sa pohybovali od 1,83 GJ (2001) po 2,98 GJ (1999). *Vstupy dodatkovej energie na tonu sušiny* za všetky roky a varianty boli 1,12 GJ, keď pri jednotlivých variantoch v priemere rokov varírovali pri ES – N1 0,88 GJ, ES – N2 0,96 GJ, LIS –N1 1,20 GJ a LIS – N2 1,42 GJ. Podľa rokov sa pohybovali od 1,13 GJ (2000) po 1,78 GJ (2001). Bližšie údaje o vstupoch energie sú uvedené v tabuľkách 1 a 3.

Potenciálne vstupy dodatkovej energie pšenice udávajú Pospíšil – Vilček (2001) v pôdno-ekologických podoblastiach Slovenska od 22,95 po 28,09 GJ. S týmito údajmi korelujú údaje viacerých autorov (Repka, Danko 1991, Podoba, Zaťko 1986, Hruška, - Janíček 1982 a iní). Vstupy v našom pokuse boli nižšie ako je tento predpoklad aj preto, že

išlo o ekologické, resp. low input systémy pestovania. Podobné údaje uvádzajú aj Fazekašová – Líška (1995), ktorí tiež udávajú, že hlavný vklad predstavujú živiny, použité mechanizačné prostriedky a nafta. V štruktúre dodatkovej energie v našom pokuse má významnú úlohu strojová práca, hnojivá a osivá.

Výsledky hodnotenia *brutto energie z hektára* sú uvedené v tabuľkách 1 a 3. Na výške brutto energie vyprodukovanej z hektára sa prejavila rozdielna výška úrod, keď v priemere pokusu za všetky varianty sme zistili produkciu 95,79 GJ. Rozdiely vo vyprodukovanej energii medzi rokmi boli štatisticky významné.

Brutto energia vyprodukovaná z hektára za sledované obdobie v priemere rokov bola vysoko preukazne vyššia v low input systéme ako v ekologickom systéme a preukazne vyššia v úrovni hnojenia N2 ako N1. Interakcia systémov hospodárenia a rokov bola vysoko preukazná, interakcia rokov a hnojenia preukazná. V ekologickom systéme sa produkcia brutto energie pohybovala od 81,13 po 119,83 GJ.ha<sup>-1</sup>, kým v low input systéme od 81,52 po 132,57 GJ.ha<sup>-1</sup>. Počasie ovplyvnilo množstvo brutto energie 86 %, systém pestovania 3% a úroveň hnojenia iba 0,3 %.

V hodnoteniach literárne údaje nie sú jednotné, čo je spôsobené rôznymi prírodno – výrobnými podmienkami i použitými systémami, technológiami a opatreniami. Tiež údaje energetických hodnôt použitých hnojív, nafty, pesticídov sú rôzne, podobne ako i energetické hodnoty sušiny biomasy (Hruška, Janíček, 1982). Literatúra udáva pomerne veľké rozdiely v produkcii brutto energie, keď Fazekašová - Líška, (1995) udávajú 143,1 GJ.ha<sup>-1</sup>, Vilček - Gutteková (1997) podobne ako Pospíšil – Vilček (2001) udávajú rozmedzie 77,59 – 107,15 GJ.ha<sup>-1</sup>, Preininger (1987) 104,40 GJ.ha<sup>-1</sup> a Hruška – Janíček (1982) 207,40 GJ.ha<sup>-1</sup>. V našom pokuse sme mali síce nižšie vstupy energie, ale výstupy brutto energie sa pohybovali od 81,13 GJ.ha<sup>-1</sup> v roku 2002 v ES po 132,57 GJ.ha<sup>-1</sup> v roku 2001 v LIS. Tieto výsledky korelujú s autormi Fazekašová - Líška (1995), Vilček - Gutteková (1997), Pospíšil – Vilček (2001), sú však nižšie ako údaje udávané Hruškom a Janíčkom (Hruška, Janíček, 1982) a vyššie ako udáva Preininger (1987).

*Zisk brutto energie z hektára* za všetky roky a varianty bol 79,93 GJ. V ekologickom systéme sa zisk brutto energie z hektára pohyboval od 69,96 po 106,04 GJ.ha<sup>-1</sup>, kým v low input systéme od 61,68 po 115,75 GJ.ha<sup>-1</sup>. Podľa rokov sa pohyboval od 66,69 GJ.ha<sup>-1</sup> (1999), cez 71,47 GJ.ha<sup>-1</sup> (2000), 110,90 GJ.ha<sup>-1</sup> (2001) po 70,65 GJ.ha<sup>-1</sup> (2002). V zisku brutto energie z hektára za sledované obdobie v priemere rokov nebol štatisticky významný rozdiel medzi systémami, ani medzi úrovňami hnojenia.

*Zisk brutto energie na tonu úrody* za všetky roky a varianty bol 12,55 GJ. V ekologickom systéme sa zisk brutto energie z tony úrody pohyboval od 12,85 po 13,89 GJ a v low input systéme od 11,45 po 13,21 GJ. Podľa rokov sa pohyboval od 12,15 GJ (1999) po 13,30 GJ (2001). Zisk brutto energie na tonu úrody v sledovanom období bol vysoko preukazne vyšší v ekologickom systéme ako v low input systéme a v N1 úrovni hnojenia oproti N2 úrovni hnojenia. Interakcia systémov a rokov bola vysoko preukazná, čo znamená, že zisk brutto energie na tonu úrody modifikovalo počasie v jednotlivých rokoch. Počasie ovplyvnilo zisk brutto energie na tonu úrody na 38 % obdobne ako systém pestovania (38 %) a úroveň hnojenia na 6 %.

*Zisk brutto energie na tonu sušiny* za všetky roky a varianty bol 5,36 GJ. V ekologickom systéme sa zisk brutto energie z tony sušiny pohyboval od 5,56 po 5,79 GJ, v low input systéme od 4,53 po 5,60. Podľa rokov sa pohyboval od 5,05 GJ (2002) po 5,70 GJ (2001). Zisk brutto energie na tonu sušiny bol vysoko preukazne vyšší v ekologickom systéme ako v low input systéme, ale medzi úrovňami hnojenia sme nezistili štatisticky významný rozdiel. Výnimkou bol iba vysoko preukazne vyšší zisk brutto energie na tonu sušiny v ES –N2 ako v LIS –N2 a preukazne vyšší zisk brutto energie na tonu sušiny v LIS – N1 ako v LIS N2.

Potenciálny zisk brutto energie z hektára pri pšenici udávajú Pospíšil – Vilček (2001) v rozmedzí 54,65 – 76,06 GJ.ha<sup>-1</sup> a Preininger (1987) v hodnote 79,14 GJ.ha<sup>-1</sup>. Zisk brutto energie v našom pokuse sa pohyboval od 61,68 GJ.ha<sup>-1</sup> v LIS v roku 2002 po 115,75 GJ.ha<sup>-1</sup> tiež v LIS v roku 2001, čo možno hodnotiť ako výsledky zodpovedajúce literárnym údajom.

*Energetická účinnosť brutto energie* za všetky roky a varianty bola 82,79%. V ekologickom systéme sa energetická účinnosť brutto energie pohybovala od 83,68 po 88,48%, v low-input systéme od 75,61 po 87,29%. Podľa rokov sa pohybovala od 79,64 (1999) po 87,89% (2001). V energetickej účinnosti brutto energie v sledovanom období sme zistili vysoko preukazne vyššie hodnoty v ekologickom systéme a v N1 úrovni hnojenia. Počasie ovplyvnilo úrodu zrna pšenice na 40 %, systém pestovania na 32 % a úroveň hnojenia na 7 %.

*Merná spotreba brutto energie* za všetky roky a varianty bola 0,17. V ekologickom systéme sa merná spotreba brutto energie pohybovala od 0,12 po 0,15 a v low - input systéme od 0,13 po 0,24. Podľa rokov sa pohybovala od 0,12 (2001) po 0,19 (1999 a 2002). V mernej spotrebe brutto energie v sledovanom období boli vysoko preukazne lepšie hodnoty v ekologickom systéme a v úrovni hnojenia N1. Počasie ovplyvnilo úrodu zrna pšenice na 37 %, systém pestovania na 37 % a úroveň hnojenia na 5 %.



Mernú spotrebu energie sme dosiahli pri pšenici letnej f. ozimnej od 0,12 v roku 2001 v ES po 0,24 v roku 1999 v LIS, čo je v súlade s údajmi Preiningera (1987), ktorý pri tejto plodine udáva hodnotu 0,24.

*Energetická efektívnosť brutto energie* za všetky roky a varianty bola 6,32%. V ekologickom systéme sa energetická efektívnosť brutto energie pohybovala od 6,66% po 8,71%, v low – input systéme od 4,13% po 7,95%. Podľa rokov sa pohybovala od 5,39% (1999) po 8,33% (2001). V energetickej efektívnosti brutto energie v sledovanom období boli vysoko preukazne priaznivejšie hodnoty v ekologickom systéme a úrovni hnojenia N1. Počasie ovplyvnilo úrodu zrna pšenice 51 %, systém pestovania 32 % a úroveň hnojenia 6 %.

Energetickú efektívnosť udávajú Vilček - Gutteková (1997) v rozmedzí od 3,38 do 3,81 GJ, Hruška – Janiček (1982) od 1,90 po 4,40 GJ. V našom pokuse sme zistili energetickú efektívnosť pri pšenici letnej f. ozimnej od 4,13 po 8,71 GJ, teda mierne zvýšenú oproti literárnym údajom.

Z hľadiska množstva energetickej produkcie je istejšie a stabilnejšie pestovanie pšenice letnej f. ozimnej v low input systéme ako v ekologickom systéme a výhodnejšia je tiež úroveň hnojenia N2. Z pohľadu energetickej efektívnosti, energetickej účinnosti či mernej spotreby energie je však výhodnejší ekologický systém a nižšia hladina hnojenia. Ekologický systém pestovania pšenice, podobne ako nižšia úroveň hnojenia má však popri výrobnej stránke pozitívny vplyv na životné prostredie, čo je síce ťažko kvantifikovateľné, ale dôležité pre zdravší a kvalitnejší život.

## ZÁVER

V rokoch 2000 – 2002 sme na experimentálnej báze VÚRV Piešťany v Borovciach skúmali vplyv dvoch systémov hospodárenia (ekologický a low input systém) a dve úrovne hnojenia (nižšia N1 a vyššia N2) na úrodu a bilanciu brutto energie pšenice letnej f. ozimnej. Zistili sme, že pšenica reaguje na ekologický systém pestovania miernym znížením úrod, čo však nevylučuje jej úspešné pestovanie i týmto spôsobom.

- Úroda zrna pšenice i úroda sušiny bola vyššia v low input systéme ako v ekologickom, pričom v oboch systémoch bola vyššia pri vyššej úrovni hnojenia (N2)
- Hodnotené znaky boli vždy vysoko preukazne ovplyvnené priebehom počasia v sledovaných rokoch.
- Produkcia brutto energie z hektára bola v ekologickom systéme nižšia o 7 % ako v low – input systéme (vysoko preukazný rozdiel) a pri N1 úrovni hnojenia o 2% nižšia ako pri N2 (preukazný rozdiel).

- Zisk brutto energie z hektára bol v low – input systéme prakticky rovnaký ako v ekologickom systéme. Podobne pri N1 úrovni hnojenia bol zisk brutto energie z hektára rovnaký ako pri N2
- Nižšie vstupy dodatkovej energie boli v ekologickom systéme ako v low input systéme a v oboch systémoch boli vstupy vyššie pri vyššej úrovni hnojenia.
- Energetická účinnosť brutto energie dosiahla v ekologickom systéme 85,62 %, čo je o 5,6% viac ako v low – input systéme (vysoko preukazný rozdiel). Pri nižšej úrovni hnojenia sme zistili vyššiu energetickú účinnosť brutto energie o 2,6% (vysoko preukazný rozdiel).
- Merná spotreba brutto energie bola v ekologickom systéme 0,14, kým v low – input systéme až 0,20 (vysoko preukazný rozdiel). Pri nižšej úrovni hnojenia sme zistili nižšiu mernú spotrebu brutto energie (0,16) ako pri vyššej úrovni (0,18) (vysoko preukazný rozdiel).
- Energetická efektívnosť brutto energie dosiahla v ekologickom systéme 7,25% , kým v low input systéme to bolo 5,39% (vysoko preukazný rozdiel). Pri nižšej úrovni hnojenia sme zistili vyššiu energetickú efektívnosť brutto energie (6,71%) ako pri vyššej úrovni 5,93% (vysoko preukazný rozdiel).
- Na 1 tonu úrody bol potrebný v ekologickom systéme vklad 2,13 GJ a zisk brutto energie predstavoval 13,00 GJ. V low – input systéme bol vklad na tonu úrody 3,03 GJ a zisk brutto energie bol 12,10 GJ. Z pohľadu týchto hodnotených znakov je medzi systémami štatisticky významný rozdiel, keď vysoko preukazne vyšší vstup je pri low input systéme, kým vysoko preukazne vyšší zisk brutto energie je pri ekologickom systéme. Podobná situácia je aj v úrode sušiny.
- Výsledky ukázali, že pre prax možno odporučiť obidva systémy pestovania pšenice. Z hľadiska výšky energetickej produkcie však istejšie je pestovanie v low – input systéme. Ekologické pestovanie pšenice má však priaznivejší vplyv na životné prostredie.

Výsledky boli získané v rámci úlohy RVT 27-10 Výskum agro-environmentálnych systémov so zreteľom na biodiverzitu a trvalo udržateľný rozvoj.

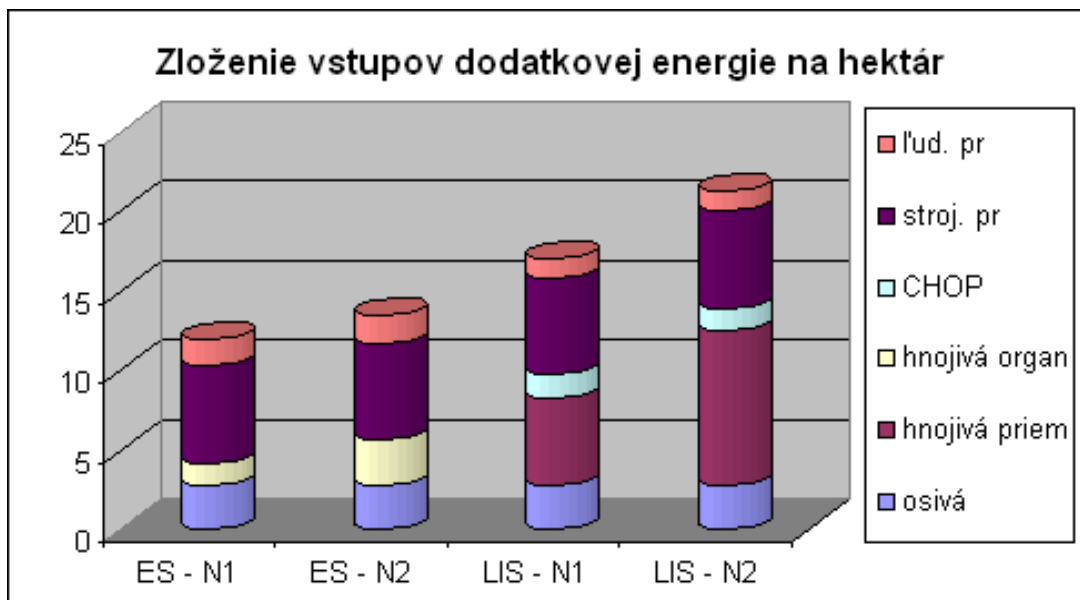
Literatúra

1. Fazekašová, D. - Líška, E.: Energetická bilancia niektorých plodín v závislosti od produkčnej schopnosti pôd flyšovej oblasti., Poľnohospodárstvo, roč 41, 1995, č.4, str. 261 – 267.
2. Hruška, L. – Jeníček, J.: Energetická účinnosť niektorých plodín v kukuričnom výrobnom type. Rostlinná výroba, roč. 28, 1982, č. 11, 1270 – 1274.
3. Klimeková, M. – Kucharovic, A. – Kováč, K. – Babulicová, M.: Analýza účinkov vplyvu odrody, predplodiny a intenzity pestovania na úrodu pšenice letnej f. ozimnej
4. Kováč, K.: Ekologické pestovanie rastlín. Vydanie prvé, Nitra: SPU, 2001, 162 s., ISBN 80-7137-914-X.
5. Kováč, K. – Babulicová, M. – Kucharovic, A.: Produkčný a akumulčný potenciál pšenice pestovanej ekologickým a konvenčným spôsobom. In: Ekologické poľnohospodárstvo a ekonomika výroby bioproduktov, Zborník vedeckých prác z medzinárodnej konferencie, Košice, 11-12 apríl 2002, Nitra: Agrotar, s. 138 - 144, ISBN: 80-88943-15-9.
6. Kotorová, D. – Pospíšil, R. – Ržonca, J. – Balla, P. – Danilovič, M.: Porovnanie energetickej bilancie pestovania hustosiatych obilnín na fulvizemi glejovej a hnedozemi kultizemnej. In: Zborník vedeckých prác OVUA Michalovce, 2004, č. 20, s. 121 – 127, ISBN: 80-969094-1-X.
7. Kucharovic, A. – Kováč, K.: Energetická bilancia pestovateľských technológií pšenice letnej f. ozimnej. In: aktuálne problémy riešené v agrokomplexe, Nitra: SPU v Nitre, 2002, s. 140-143, ISBN: 80-8069-126-6.
8. Podoba, J. - Zaťko, J.: Vplyv niektorých agrotechnických opatrení na energetickú bilanciu produkcie ozimnej pšenice Viginta, In: Poľnohospodárstvo, roč.32, 1986, č.2, s.113 – 121.
9. Pospíšil, R. - Vilček, J.: Energetika sústav hospodárenia na pôde. Vydanie prvé. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, 2000, 108 s., ISBN: 80-85361-75-2
10. Preininger, M.: Energetické hodnotenie výrobných procesů v rostlinné výrobě. Metodika, Praha: ÚVTIZ, 1987, č.7, 29 s.
11. Prugar, J.: Kvalita rostlinných produktů ekologického zemědělství. Studijní informace - Rostlinná výroba, č. 5, 1999, 79 s., ISBN: 80-7271-048-6, ISSN: 0323-2301
12. Repka, J. – Danko, J.: Energetická efektívnosť pestovania plodín pri veľkovýrobných technológiách. In: Rostlinná výroba, roč. 37, 1991, č. 9, s. 745 - 752

13. Stehlo, P. - Gálik, J.: Ekonomika výroby ekoproductov.. In: Ekologické poľnohospodárstvo a ekonomika výroby bioproductov, Zborník vedeckých prác z medzinárodnej konferencie, Košice, 11-12 apríl 2002, Nitra: Agrotar, s. 62 - 69, ISBN: 80-88943-15-9.
14. Stražil, Z.: Bilance energie a efektivity vkladů v zavlažovaných a nezavlažovaných půd., (záverečná správa), Praha: VÚRV, 1987, 29 s.
15. Vilček, J. – Gutteková, M.: Potenciálne predpoklady a efektívnosť pestovania plodín z hľadiska ich energetickej bilancie. Poľnohospodárstvo, 43, 1997, č. 10, str. 733 – 744.
16. Žák, Š. – Kováč, K. a kol.: Vplyv low-input systémov hospodárenia na bilanciu energo-materiálových tokov a ekonomické hľadiská., (Záverečná správa), Piešťany: VÚRV, 2002. 52 s.

Graf 1

Zloženie vstupov dodatkového energie pri pestovaní pšenice letnej f. ozimnej  
 Input of additional energy structure at winter wheat growing



Tabuľka 1

Rozhodujúce znaky energetickej bilancie a ich štatistické vyhodnotenie

Determining energy balance characteristics and their statistical evaluation

Znak <i>Indicator</i>	Úroda v t.ha <sup>-1</sup> <i>Grain yield</i>	Úroda sušiny v t.ha <sup>-1</sup> <i>Dry matter yield</i>	Vstupy energie na hektár (GJ) <i>Energy input per ha</i>	Vstup energie na tonu úrody (GJ) <i>Energy input per 1 ton of production</i>	Vstup energie na tonu sušiny (GJ) <i>Energy input per 1 ton of dry matter</i>	Brutto energia úrody z hektára (GJ) <i>Gross energy per 1 ha</i>
<b>Celkový Ø</b> <i>Total average</i>	6,33	14,64	15,85	2,58	1,12	95,79
<b>Roky (A) Years</b>						
1999 (a)	5,48	12,67	16,25	2,98	1,29	82,94
2000 (b)	5,71	13,20	15,08	2,62	1,13	86,39
2001 (c)	8,34	19,28	15,12	1,83	1,79	126,20
2002 (d)	5,79	13,39	16,97	2,89	1,25	87,62
SS	87,08	465,41	40,86	13,01	2,43	19922,1
d.f.	3	3	3	3	3	3
MS	29,02	155,13	13,61	4,33	0,81	6640,71
F	487,51	485,90	96,84	141,69	133,06	495,08
Hd 0,05	0,19	0,45	0,30	0,14	0,06	2,92
Hd 0,01	0,28	0,64	0,43	0,20	0,08	4,20
Významnosť <i>Significance</i>	a-b+; a-c,d, b-c, d++	a-b+; a-c,d, b-c, c-d++	a-b,c,d, b-d, c-d++	a-b,c, b-c,d, c-d++	a-b,c, b-c,d, c-d++	a-b+; a-c,d, b-c, c-d++
<b>Systémy (B) Systems</b>						
ES (1)	6,11	14,13	12,73	2,13	0,92	92,51
LIS (2)	6,55	15,14	18,98	3,03	1,31	99,06
SS	3,00	16,06	626,50	12,96	2,43	684,73
d.f.	1	1	1	1	1	1
MS	3,00	16,06	626,50	12,96	2,43	684,73
F	50,53	50,30	4455,01	423,51	400,58	51,41
Hd 0,05	0,13	0,31	0,21	0,09	0,04	2,07
Hd 0,01	0,19	0,45	0,30	0,14	0,06	2,97
Významnosť <i>Significance</i>	1-2++	1-2++	1-2++	1-2++	1-2++	1-2++
<b>Hnojenie (C) Fertilization</b>						
N1 (I)	6,26	14,47	14,45	2,41	1,04	94,72
N2 (II)	6,40	15,14	17,26	2,75	1,19	96,85
SS	0,31	1,70	126,33	1,86	0,04	72,59
d.f.	1	1	1	1	1	1
MS	0,31	1,70	126,33	1,86	0,04	72,59
F	5,37	5,35	898,40	60,95	56,96	5,41
Hd 0,05	0,13	0,31	0,21	0,09	0,04	2,07
Hd 0,01	0,19	0,45	0,30	0,14	0,06	2,97
Významnosť <i>Significance</i>	I-II+	I-II+	I-II++	I-II++	I-II++	I-II+
A x B	++	++	++	++	++	++
A x C	+	+	++	+	+	+
B x C	-	-	+	++	++	-

A x B x C	-	-	++	++	++	+
Zvyšok SS	0,53	2,87	1,26	0,27	0,05	120,72
Rest d.f.	9	9	9	9	9	9
MS	0,05	0,31	0,14	0,03	0,006	13,41
Celkom SS	101,22	541,1	961,73	34,42	6,43	23160,4
Totally d.f.	63	63	63	63	63	63

Tabuľka 2

Znaky brutto energetickej bilancie a ich štatistické vyhodnotenie  
Gross energy balance characteristics and their statistical evaluation

Brutto energia <i>Gross energy</i>						
Znak <i>Indicator</i>	Zisk brutto energie z hektára <i>Gross energy gain per ha</i>	Zisk brutto energie na tonu úrody <i>Gross energy gain per 1 ton of production</i>	Zisk brutto energie na tonu sušiny <i>Gross energy gain per 1 ton of dry matter</i>	Energetická účinnosť <i>Energy efficiency</i>	Merná spotreba energie <i>Specific energy consumption</i>	Energetická efektívnosť <i>Energy effectiveness</i>
Celkový Ø <i>Total average</i>	79,93	12,55	5,36	82,79	0,17	6,32
Roky (A) <i>Years</i>						
1999 (a)	66,69	12,15	5,25	79,64	0,19	5,39
2000 (b)	71,47	12,51	5,44	82,71	0,17	5,99
2001 (c)	110,90	13,30	5,70	87,89	0,12	8,33
2002 (d)	70,65	12,24	5,05	80,93	0,19	5,56
SS	20670,94	13,01	3,66	629,61	0,055	89,44
d.f.	3	3	3	3	3	3
MS	6890,31	4,33	1,22	209,87	0,018	29,81
F	448,55	141,69	4,64	58,64	155,43	319,76
Hd 0,05	3,13	0,14	0,41	1,51	0,008	0,24
Hd 0,01	4,50	0,20	0,58	2,17	0,012	0,35
Významnosť <i>Significance</i>	a-d+; a-b,c, b-c, c-d++	a-b,c, b-c,d, c-d ++	a-c+; c-d++	b-d+; a-b,c, b-c, c-d++	a-b,c, b-c,d, c-d++	a-b,c, b-c,d, c-d++
Systémy (B) <i>Systems</i>						
ES (1)	79,78	13,00	5,62	85,62	0,14	7,25
LIS (2)	80,08	12,10	5,09	79,96	0,20	5,39
SS	1,42	12,96	4,74	511,89	0,055	55,00
d.f.	1	1	1	1	1	1
MS	1,42	12,96	4,74	511,89	0,055	55,00
F	0,09	423,51	17,02	143,03	466,60	589,93
Hd 0,05	2,21	0,09	0,28	1,07	0,006	0,17
Hd 0,01	3,18	0,14	0,41	1,53	0,008	0,24
Významnosť <i>Significance</i>	-	1-2++	1-2++	1-2++	1-2++	1-2++
Hnojenie (C) <i>Fertilization</i>						
N1 (I)	80,17	12,72	5,50	84,08	0,16	6,71
N2 (II)	79,69	12,38	5,22	81,50	0,18	5,93
SS	3,65	1,87	1,31	106,70	0,008	9,60
d.f.	1	1	1	1	1	1

MS		3,65	1,87	1,31	106,70	0,008	9,60
F		0,23	60,95	5,01	29,81	73,47	102,99
Hd 0,05		2,21	0,08	0,28	1,07	0,006	0,17
Hd 0,01		3,18	0,14	0,41	1,53	0,008	0,24
Významnosť Significance		-	I-II++	-	I-II++	I-II++	I-II++
A x B		++	++	-	++	++	++
A x C		+	+	-	-	++	++
B x C		-	++	-	-	++	-
A x B x C		+	++	-	-	++	++
Zvyšok	SS	138,24	0,27	2,36	32,21	0,001	0,83
Rest	d.f.	9	9	9	9	9	9
	MS	15,36	0,03	0,26	3,57	0,0001	0,09
Celkom	SS	23363,92	34,42	28,10	1577,30	0,149	174,50
Totally	d.f.		63	63	63	63	63

Tabuľka 3

Rozhodujúce znaky energetickej bilancie

Determining energy balance characteristics

Znak <i>Indicator</i>		Úroda v t.ha <sup>-1</sup> <i>Grain yield (t.ha<sup>-1</sup>)</i>	Úroda sušiny v t.ha <sup>-1</sup> <i>Dry matter yield (t.ha<sup>-1</sup>)</i>	Vstupy energie na hektár (GJ) <i>Grain yield (t.ha<sup>-1</sup>)</i>	Vstup energie na tonu úrody (GJ) <i>Energy input per 1 ton of grain yield (GJ)</i>	Vstup energie na tonu sušiny (GJ) <i>Energy input per 1 ton of dry mater (GJ)</i>	Brutto energia úrody z hektára (GJ) <i>Gross energy of grain yield per 1 ha (GJ)</i>
Rok <i>year</i>	Systém <i>System</i>	rok x systém <i>year x system</i>					
1999	ES	5,57	12,89	12,67	2,28	0,99	84,36
1999	LIS	5,39	12,46	19,84	3,68	1,59	81,52
2000	ES	5,60	12,94	12,27	3,22	0,96	84,74
2000	LIS	5,82	13,45	17,88	3,02	1,30	88,02
2001	ES	7,92	18,31	13,79	1,74	0,75	119,83
2001	LIS	8,76	0,26	16,45	1,92	0,83	132,57
2002	ES	5,36	12,40	12,17	2,27	0,98	81,13
2002	LIS	6,22	14,38	21,77	3,50	1,51	94,12
Systém <i>system</i>	Hnojenie <i>fertilization</i>	systém x hnojenie <i>system x fertilization</i>					
ES	N1	6,05	13,99	12,03	2,24	0,88	91,60
ES	N2	6,17	14,28	13,43	2,21	0,96	93,44
LIS	N1	6,47	14,95	16,87	2,78	1,20	97,85
LIS	N2	6,63	15,32	21,09	3,28	1,42	100,27
Znak <i>Indicator</i>		Zisk brutto energie z hektára	Zisk brutto energie na	Zisk brutto energie na	Energetická účinnosť <i>Energy</i>	Merná spotreba energie	Energetická efektívnosť <i>Energy</i>

		<i>Gross energy gain per 1 ha</i>	<i>tonu úrody Gross energy gain per 1 ton of grain yield</i>	<i>tonu sušiny Gross energy gain per 1 ton of dry matter</i>	<i>efficiency</i>	<i>Specific energy consumption</i>	<i>effectiveness</i>
<i>Rok year</i>	<i>Systém System</i>	<i>rok x systém year x system</i>					
1999	ES	71,69	12,85	5,56	83,68	0,15	6,66
1999	LIS	61,68	11,45	4,95	75,61	0,24	4,13
2000	ES	72,42	12,91	5,58	85,34	0,15	6,94
2000	LIS	70,52	12,12	5,30	80,07	0,20	5,05
2001	ES	106,04	13,89	5,79	88,48	0,12	8,71
2001	LIS	115,75	13,21	5,60	87,29	0,13	7,95
2002	ES	68,96	12,86	5,56	84,97	0,15	6,68
2002	LIS	72,35	11,63	4,53	76,88	0,23	4,45
<i>Systém system</i>	<i>Hnojenie fertilization</i>	<i>systém x hnojenie system x fertilization</i>					
ES	N1	79,54	13,09	5,56	86,54	0,13	7,57
ES	N2	80,01	12,91	5,58	84,70	0,15	6,92
LIS	N1	80,79	12,55	5,34	81,63	0,18	5,84
LIS	N2	79,36	11,85	4,85	78,30	0,22	4,94