

THE NUTRIENTS BALANCE OF CROP ROTATION AS AN INDICATOR OF SUSTAINABLE FARMING ON ARABLE LAND

BILANCIA ŽIVÍN V OSEVNOM POSTUPE AKO INDIKÁTOR TRVALEJ UDRŽATEĽNOSTI HOSPODÁRENIA NA ORNEJ PÔDE

¹Hanáčková Eva, ²Macák Milan, ³Candráková Eva

¹Department of Agrochemistry and Plant Nutrition, Faculty of Agrobiolgy and Food Resources, Slovak Agricultural University in Nitra, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovak Republic, e-mail: Eva.Hanackova@uniag.sk

²Department of Sustainable Agriculture and Herbology, Faculty of Agrobiolgy and Food Resources, Slovak Agricultural University in Nitra

³Department of Plant Production, Faculty of Agrobiolgy and Food Resources, Slovak Agricultural University in Nitra

Manuscript received: October 13, 2007; Reviewed: June 19, 2008; Accepted for publication: July 11, 2008

ABSTRACT

The nutrient balance of five crop rotation systems under conventional and minimal tillage with interaction of different fertilization treatments was investigated at the experimental station of Slovak Agricultural University in Nitra Dolná Malanta, during 2004-2005. The five-field crop rotation of maize (*Zea mays* L.) - winter wheat (*Triticum aestivum* L.) - spring barley (*Hordeum vulgare* L.) underseeded with red clover - red clover (*Trifolium pratense*) - common pea (*Pisum sativum* L.) and mustard as catch crop was used. The most serious deficit of nitrogen ($-62.2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$), phosphorus ($-24.0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$) and potassium ($-89.2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$) was on control treatments. Deficit of nitrogen was also found-out in treatments with mineral fertilizers application. However higher deficit of nitrogen ($-25.4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$) was registered under conventional tillage. In treatment fertilized with mineral fertilizers together with by - product of pre - crop incorporation into soil (PZ), small balance surplus of nitrogen ($8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ - B₁, $11.5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ - B₂, respectively) was calculated. The positive balance of phosphorus achieved in treatments with into soil incorporated by - products of pre - crops (in both systems of soil cultivation amounting value of $3.9 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$) can contribute to good supply of phosphorous in soil. The negative balance of potassium fluctuating from $-89.2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ (control treatment) to $-22 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ (PZ) is acceptable owing to high content of available potassium in soil of experimental stand.

Key words: nutrient balance, crop rotation, soil tillage, mineral fertilizers, post harvest residue, nutrients uptake

SÚHRN

V poľnom maloparcelovom pokuse založenom na experimentálnej báze Dolná Malanta bola v rokoch 2004 a 2005 sledovaná bilancia rastlinných živín v päť honovom oševnom postupe pri konvenčnom (B₁) a minimalizačnom obrábaní pôdy (B₂) v interakcii s hnojením priemyselnými hnojivami a využitím organickej hmoty vedľajšieho produktu (slama) a pozberových zvyškov. Hodnotené plodiny boli pestované v nasledovnom slede: kukurica siata na zrno - pšenica letná f. ozimná - jačmeň jarný s podsevom ďateliny lúčnej - ďatelina lúčna - hrach siaty + medziplodina horčica biela. Najvyšší deficit dusíka ($-62,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$), fosforu ($-24,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) a draslíka ($-89,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) bol zistený na kontrolnom nehnojenom variante. Negatívna bilancia dusíka bola zistená aj na variante hnojenom priemyselnými hnojivami pri oboch spôsoboch obrábania pôdy, s vyšším deficitom pri konvenčnom obrábaní pôdy ($-25,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$). Na variante hnojenom priemyselnými hnojivami a zapracovaní vedľajšieho produktu predplodiny (PZ) bol zistený nízky bilančný prebytok dusíka ($8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ - B₁, $11,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ - B₂). Kladná bilancia fosforu na variantoch so zapracovanými pozberovými zvyškami ($3,9 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) môže prispieť k dosiahnutiu dobrej zásoby fosforu v pôde. Zistená negatívna bilancia draslíka pohybujúca sa od $-89,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ (kontrola) do $-22 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ (var. PZ) je akceptovateľná vzhľadom k vysokému obsahu prístupného draslíka na pokusnom pozemku.

Kľúčové slová: bilancia živín, oševný postup, obrábanie pôdy, priemyselné hnojivá, pozberové zvyšky, príjem živín

DETAILED ABSTRACT

The nutrient balance of five crop rotation system under conventional and minimal tillage with interaction of different fertilization treatments was investigated at the experimental station of Slovak Agricultural University in Nitra Dolná Malanta during 2004-2005. The experimental site belongs to warm and moderate arid climatic region in the south-west of Slovakia. The long term average precipitation is 561mm, for the growing season 327 mm, altitude of 173 m. Average air temperature is 9.7 °C. The main soil type is Orthic Luvisol with medium supply of available P, high content of available K and very high content of available Mg and pH 5.7 in average. The bulk density (before experiment foundation) of topsoil was 1.46 t.m⁻³. The five-year crop rotation of maize (*Zea mays* L.) - winter wheat (*Triticum aestivum* L.) - spring barley (*Hordeum vulgare* L.) underseeded with red clover - red clover (*Trifolium pratense*) - common pea (*Pisum sativum* L.) and mustard as catch crop was used.

The fundamental tillage treatments were as follows: B₁ - conventional mouldboard ploughing to the depth of 0.3 m (under maize), mouldboard plough tillage to the depth of 0.2 m followed by surface cultivation of topsoil (winter wheat, spring barley, common pea); B₂ - minimal cultivation - offset disc ploughing to depth of 0.15 m and combined cultivator. Plots were divided into subplots (11 x 40 m) and were subjected to tillage and fertilization treatments with three replications. Three fertilization management practices were applied as follows: 0 - control without organic or mineral fertilization, PH - mineral fertilizers calculated to the designed yield level, PZ - mineral fertilizers together with by product of pre - crop incorporation into soil.

The nutrient balance of crop rotation was affected by level of mineral and organic fertilization, nutrient uptake of growing crops and by growing legumes. The most serious deficit of nitrogen was on control treatments under conventional tillage (- 65.6 kg.ha⁻¹.yr⁻¹). Deficit of nitrogen was also found-out on treatments with mineral fertilizers application under both tillage practices. However higher deficit of nitrogen (- 25.4 kg.ha⁻¹.yr⁻¹) was registered under conventional tillage. When minimal technology was applied, nitrogen deficit was reduced by 41.5 kg.ha⁻¹.yr⁻¹ in comparison to control treatment. In treatment fertilized with mineral fertilizers together with by - product of pre - crop incorporation into soil (PZ), small balance surplus of nitrogen (8 kg.ha⁻¹.yr⁻¹ - B₁, 11.5 kg.ha⁻¹.yr⁻¹ - B₂, respectively) was calculated. The most serious deficit of phosphorus was found on control treatment under minimal cultivation (- 24.6 kg.ha⁻¹.yr⁻¹). Equilibrated balance of phosphorus was obtained in treatment B₁ - PH what corresponds to the conditions of

sustainable farming on arable land. The positive balance of phosphorus achieved in treatments with into soil incorporated by - products of pre - crops (in both systems of soil cultivation amounting value of 3.9 kg.ha⁻¹.yr⁻¹) can contribute to good supply of phosphorous in soil.

Incorporation of aboveground biomass of growing crops into soil highly influenced mainly potassium balance. Deficit of potassium on PZ treatments was less by 59.5 kg.ha⁻¹.yr⁻¹ than in PH treatments, averaged over two ways of soil tillage. Negative balance of potassium fluctuating from - 89.2 kg.ha⁻¹.year⁻¹ (control treatment) to - 22 kg.ha⁻¹.year⁻¹ (PZ) is temporarily acceptable owing to high content of available potassium in soil of experimental stand.

ÚVOD

Základom úspechu trvalo udržateľného hospodárenia je uplatňovanie pôdno-ekologických zásad pri tvorbe trvalo udržateľných systémov v regióne a správna agronomická prax, počnúc pravidelným prísunom organickej hmoty a živín prijatých z pôdy úrodou pestovaných rastlín, používaním ochranného obrábania pôdy, pestovaním leguminóz, úpravou pôdnej reakcie vápnením a obmedzením erózných vplyvov a strát živín vymývaním [1, 3, 4]. Väčšina doporučení vo výžive rastlín vychádza z dôsledného bilancovania rastlinných živín. Bilancovanie živín a sledovanie ich účinnosti je vhodným prostriedkom pre rýchlu diagnostiku situácie v hospodárení so živinami na rôznych úrovniach agroekosystému [7]. V zásade platí, že k udržaniu pôdnej úrodnosti v konkrétnych pestovateľských podmienkach musia byť živiny v rovnováhe s ich výstupmi z pôdy. Na udržanie pôdnej úrodnosti sa musia živiny prijaté úrodou vrátiť buď ako hnojivo alebo biologickým rozkladom pôdnej organickej hmoty a pozberových zvyškov. Predpokladom čo najobjektívnejšej bilancie živín v pôde je získanie čo najväčšieho množstva reprezentatívnych informácií o ich vstupoch a výstupoch, a najmä uplatnenie najvhodnejšieho modelu výpočtu bilancie [8].

Cieľom príspevku je zistiť bilanciu živín v pestovateľskej sústave pri konvenčnom a minimalizačnom obrábaní pôdy v interakcii s hnojením priemyselnými hnojivami a využitím organickej hmoty vedľajšieho produktu.

MATERIÁL A METÓDY

Poľný polyfaktoriálny pokus bol založený v pokusných rokoch 2003/2004 a 2004/2005 na pozemkoch experimentálnej bázy SPU v Nitre v lokalite Dolná Malanta. V oševnom postupe bolo zaradených päť plodín (kukurica siata na zrno, pšenica letná f. ozimná, jačmeň jarný s podsevom ďateliny lúčnej, ďatelina lúčna, hrach

Tabuľka 1: Agrochemický rozbor pôdy pred založením pokusu
Table 1: Agrochemical soil analysis before experiment foundation

P _{Meh. II}	K _{Meh. II}	Mg _{Meh. II} mg.kg ⁻¹	K : Mg	pH _{KCl}	Humus _(Tiü) %
65	319	315	0,99	6,10	2,16

siaty + medziplodina horčica biela). Lokalita sa nachádza v kukuričnej výrobnjej oblasti patriacej do veľmi teplej a suchej podoblasti s nadmorskou výškou 173 m n. m. Priemerná ročná teplota vzduchu je 9,7 °C, priemerný ročný úhrn zrážok podľa dlhodobého normálu je 561 mm. Pôda je piesočnato-hlinitá hnedozem vytvorená na prolúviálnych sprašových sedimentoch. Agrochemické vlastnosti pôdy pred založením pokusu sú uvedené v tabuľke 1.

Usporiadanie pokusu bolo znáhodnené s cieľom eliminovať heterogenitu pôdy s troma opakovaniami. V práci sú sledované dva spôsoby základného obrábania pôdy: B₁ - konvenčné obrábanie pôdy (orba do hĺbky 0,3 m pri kukurici, orba do hĺbky 0,2 m pri ostatných plodinách, B₂ - minimalizačná technológia (tanierovanie do hĺbky 0,10 - 0,15 m) a tri varianty hnojenia: 0 - kontrola bez hnojenia, PH - racionálne hnojenie priemyselnými hnojivami na základe rozboru pôdy a rastlín a plánovanej úrody pestovaných plodín, PZ - racionálne hnojenie priemyselnými hnojivami + zapracovanie pozberových zvyškov (vedľajšieho produktu) predplodiny.

Odber rastlinného materiálu sa uskutočnil v plnej zrelosti, s výnimkou ďateliny lúčnej, ktorá sa zberala na začiatku kvitnutia. Na základe dosiahnutej úrody pestovaných plodín v rokoch 2004 a 2005 a stanoveného obsahu makroživín v hlavnom a vedľajšom produkte sa vypočítal odber živín. Bilancia živín (N, P, K) sa vypočítala podľa rovnice:

Čistá bilancia = Vstupy ŽIVÍN – výstupy ŽIVÍN

Pri bilancovaní dusíka sa počítalo so vstupmi do sústavy priemyselnými hnojivami, osívom, fixáciou vzdušného dusíka a atmosférickým spadom zrážkami, pri fosfore a draslíku sa počítalo len s priemyselnými hnojivami a osívom. Výstup NPK živín zo sústavy bol počítaný odberom živín úrodou hlavným a vedľajším produktom pestovaných plodín. Bilancia živín v oševnom postupe bola vypočítaná v priemere na jednu plodinu.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Poznatky o bilancovaní živín v oševnom postupe sú pomerne dobre rozpracované, avšak názory autorov na parametre zaradené do výpočtu sa rôznia. Za najjednoduchšiu možno považovať bilanciu, pri ktorej na strane vstupov sa berú do úvahy len živiny dodané do pôdy v minerálnych a organických hnojivách a na strane

výstupov len živiny prijaté z pôdy úrodou pestovaných plodín.

Prijem živín pestovanými plodinami bol ovplyvnený ročníkom, spôsobom obrábania pôdy, variantmi hnojenia a dosiahnutou úrodou. Pokusné roky 2004 a 2005 boli hodnotené ako zrážkovo normálne, líšili sa rozdelením zrážok počas vegetácie. V poveternostne priaznivejšom roku 2004 nadbytok zrážok v marci (160 % n) bol príčinou neskorej sejby jačmeňa jarného a hrachu siateho. V apríli však boli vytvorené priaznivé podmienky pre vzhádzanie. Deficit zrážok v máji (67,7 % n) bol vykompenzovaný nadbytkom zrážok v júni (134 % n). V roku 2005 bol mimoriadne suchý marec (10 % n). Deficit zrážok za obdobie mesiacov marec - jún predstavoval 26 mm (87 % n). Poveternostné podmienky pre pestovanie pšenice letnej formy ozimnej boli v oboch rokoch priaznivé.

Z poľných plodín zaradených v oševnom postupe najväčším spotrebiteľom živín bola kukurica siata na zrno (tab. 5). V priemere dvoch pokusných rokov a variantov hnojenia kukurica na zrno fytomasou prijala 352 kg.ha⁻¹ NPK živín, v roku 2005 bol príjem vyšší o 8,4 %. Deficit zrážok v období intenzívneho rastu kukurice siatej na zrno (júl, august) v roku 2004 sa prejavil nižším odberom živín pri minimalizačnej technológii. Nižší príjem sledovaných živín bol zistený u nasledovných plodín (v uvedenom poradí): pšenica letná f. ozimná, hrach siaty, ďatelina lúčna, jačmeň jarný. V priemere na jednu plodinu sa prijala fytomasou 252,4 kg.ha⁻¹ NPK živín. Najvyšší príjem živín (282,1 kg.ha⁻¹) bol na variante hnojenom priemyselnými hnojivami a zapracovaní pozberových zvyškov predplodiny pri konvenčnom obrábaní pôdy. Hodnotenie korelačných vzťahov medzi úrodou fytomasy pestovaných plodín a príjmom NPK živín je uvedené v tabuľke 3.

Zaradenie bôbových do oševného postupu sa významne podieľalo na bilancií dusíka v danej sústave hospodárenia. Symbiotická fixácia dusíka je fenoménom pozitívne vplyvujúcim na hladinu dusíka v pôde. Kováčik [9] uvádza, že podiel symbioticky viazaného dusíka na obsahu celkového dusíka v biomase ďateliny je 75 %, v biomase hrachu 50 %. V priemere dvoch pokusných rokov vstup dusíka biogénnou fixáciou predstavoval 40,8 kg.ha⁻¹.rok⁻¹. Hladinu dusíka v pôde a následne i celú bilanciu dusíka pozitívne ovplyvňuje i atmosférický spad

Tabuľka 2: Úrody poľných plodín zaradených v osevnom postupe
Table 2: Yields of arable crops in crop rotation

Rok (2)	Obrábanie/ hnojenie (3)	Úroda (1) (t.ha ⁻¹)								
		Kukurica siata na zrno (4)		Pšenica letná f. ozimná (5)		Hrach siaty (6)		Jačmeň jarný (7)		Ďatelina lúčna (8) (suš.)
		Zrno (9)	Slama (10)	Zrno	Slama	Zrno	Slama	Zrno	Slama	
2004	B ₁ – 0	11,72	12,71	7,96	8,45	4,30	3,34	4,03	2,93	3,90
	B ₁ – PH	9,36	11,98	6,45	7,11	5,03	3,39	4,07	3,29	4,30
	B ₁ – PZ	8,65	10,92	8,84	9,10	4,21	4,05	4,65	3,63	4,80
	B ₂ – 0	7,74	10,50	7,39	7,55	4,38	3,51	3,85	2,92	3,70
	B ₂ – PH	7,59	9,09	6,02	7,17	3,35	3,08	4,36	3,24	4,83
	B ₂ – PZ	9,20	9,42	7,96	7,34	4,08	3,53	5,67	3,77	4,20
	Priemer (11)	9,04	10,77	7,44	7,79	4,23	3,48	4,44	3,30	4,29
2005	B ₁ – 0	8,29	9,59	4,54	7,43	3,08	3,22	3,16	2,36	2,75
	B ₁ – PH	7,48	9,06	5,97	10,0	3,74	4,09	3,44	2,35	2,50
	B ₁ – PZ	10,18	12,34	6,05	8,98	4,90	5,09	3,46	2,59	2,30
	B ₂ – 0	9,91	11,20	5,51	7,89	3,82	4,07	2,94	2,51	2,45
	B ₂ – PH	9,14	10,32	6,10	7,72	3,86	3,90	3,88	2,80	2,40
	B ₂ – PZ	9,99	11,27	5,07	6,44	3,18	3,29	3,53	2,69	2,35
	Priemer	9,17	10,63	5,54	8,08	3,76	3,94	3,40	2,55	2,46
Priemer rokov (12)		9,11	10,70	6,49	7,94	4,00	3,71	3,92	2,93	3,38

(1) yield, (2) year, (3) tillage/fertilization, (4) maize, (5) winter wheat, (6) common pea, (7) spring barley, (8) red clover, (9) grain, (10) straw (11) average, (12) average years

Tabuľka 3: Hodnotenie korelačných vzťahov medzi úrodou fytomasy pestovaných plodín a príjmom NPK živín
Table 3: Evaluation of correlation relations between the phytomass yields of grown crops and uptake of NPK nutrients

Hodnoty korelačného koeficientu r (1)					
	Kukurica siata na zrno (2)	Pšenica letná f. ozimná (3)	Hrach siaty (4)	Jačmeň jarný (5)	Ďatelina lúčna (suš.) (6)
r	0,6863 ⁺	0,3792	0,6156 ⁺	0,9589 ⁺⁺	0,9971 ⁺⁺

Tab. hodnoty pre hladinu významnosti (7): 0,05 = 0,58; 0,01 = 0,71

(1) values of correlation coefficient, (2) maize, (3) winter wheat, (4) common pea, (5) spring barley, (6) red clover (DM), (7) table values for significance levels

zrážkami. Babošová a i. [2] v lokalite Dolná Malanta zistili vstup dusíka do pôdy zrážkami v množstve 21,5 kg.ha⁻¹.rok⁻¹.

Z výsledkov celkového bilancovania živín (priemer rokov 2004 a 2005) je zrejmé, že príjem živín pestovanými plodinami, aplikované hnojivá a zapracovaný vedľajší produkt predplodiny i pestovaných rastlín významne ovplyvnili bilanciu živín (tab. 6). Najvyšší deficit dusíka bol na kontrolnom nehnojenom variante pri konvenčnom obrábaní pôdy (- 65,6 kg.ha⁻¹.rok⁻¹), nahradenie výstupov zo vstupov predstavovalo 49,5 %. Vysoký deficit bol spôsobený vysokým odberom dusíka a vynechaním dávky dusíkatých hnojív. Odber dusíka z pôdy rastlinami však možno označiť ako efektívnu stratu dusíka z pôdy, pretože dusík je najúčinnnejším tvorcom úrody. Negatívna bilancia dusíka bola zistená aj na variante hnojenom

priemyselnými hnojivami pri oboch spôsoboch obrábania pôdy, s vyšším deficitom pri konvenčnom obrábaní pôdy (- 25,4 kg.ha⁻¹.rok⁻¹). Pri minimalizačnej technológii bol deficit dusíka v porovnaní s kontrolou nižší o 41,5 kg.ha⁻¹.rok⁻¹. Na variante hnojenom priemyselnými hnojivami a zapracovaní vedľajšieho produktu predplodiny bol zistený nízky bilančný prebytok dusíka (8 kg.ha⁻¹.rok⁻¹ - B₁, resp. 11,5 kg.ha⁻¹.rok⁻¹ - B₂). Pozberové a koreňové zvyšky rastlín sú svojím potenciálom živín významným článkom biologického kolobehu látok, ktorý zohráva pozitívnu úlohu v bilancii živín v osevnom postupe, v živinových režimoch pôd a tým aj vo výžive následných plodín [5]. Získané výsledky to potvrdzujú.

Najvyšší deficit fosforu bol zistený na kontrolnom nehnojenom variante pri minimalizačnom obrábaní

Tabuľka 4: Štatistické vyhodnotenie úrody analýzou rozptylu
 Table 4: Statistical evaluation yield by variance analysis (Statgraphics Plus)

Plodina (1)	Zdroj variability (2)	Úroda zrna t.ha ⁻¹ (3)	H _d (α=0,05)	Úroda slamy t.ha ⁻¹ (4)	H _d (α=0,05)
Kukurica siata na zrno (5)	Rok 2004	9,046 a	1,154	10,771 a	1,370
	(10) 2005	9,173 a		10,631 a	
	Obrábanie pôdy: (11)				
	Konvenčné (12)	9,279 a	1,149	11,101 a	1,343
	Minimalizačné (13)	8,939 a		10,301 a	
	Hnojenie: (14)				
	Kontrola (15)	9,417 a	1,650	11,003 a	2,012
Priemyselné hnojivá (16)	8,393 a	10,113 a			
Pozberové zvyšky (17)	9,518 a	10,987 a			
Pšenica letná forma ozimná (6)	Rok 2004	7,435 b	0,745	7,787 a	1,201
	2005	5,542 a		8,076 a	
	Obrábanie pôdy:				
	Konvenčné	6,633 a	1,087	8,511 b	1,136
	Minimalizačné	6,343 a		7,351 a	
	Hnojenie:				
	Kontrola	6,349 a	1,595	7,828 a	1,808
Priemyselné hnojivá	6,135 a	8,001 a			
Pozberové zvyšky	6,981 a	7,965 a			
Hrach siaty (7)	Rok 2004	4,224 a	0,463	3,485 a	0,414
	2005	3,764 a		3,941 b	
	Obrábanie pôdy:				
	Konvenčné	4,211 a	0,523	3,863 a	0,550
	Minimalizačné	3,778 a		3,563 a	
	Hnojenie:				
	Kontrola	3,895 a	0,813	3,535 a	0,814
Priemyselné hnojivá	3,997 a	3,615 a			
Pozberové zvyšky	4,091 a	3,989 a			
Jačmeň jarný (8)	Rok 2004	5,166 a	4,876	3,298 b	0,452
	2005	5,661 a		2,549 a	
	Obrábanie pôdy:				
	Konvenčné	4,148 a	4,419	2,858 a	0,520
	Minimalizačné	6,678 a		2,989 a	
	Hnojenie:				
	Kontrola	3,877 a	6,556	2,68 a	0,755
Priemyselné hnojivá	7,613 a	2,92 a			
Pozberové zvyšky	4,749 a	3,17 a			
Ďatelina lúčna (9) (t.ha ⁻¹ sušiny)	Rok 2004	4,288 b	0,803		
	2005	2,458 a			
	Obrábanie pôdy:				
	Konvenčné	3,425 a	0,705		
	Minimalizačné	3,322 a			
	Hnojenie:				
Kontrola	3,200 a	1,052			
Priemyselné hnojivá	3,508 a				
Pozberové zvyšky	3,413 a				

(1) crop, (2) source of variability, (3) yield of grain, (4) yield of straw, (5) maize, (6) winter wheat, (7) common pea, (8) spring barley, (9) red clover, (10) year, (11) tillage of soil, (12) conventional, (13) minimal, (14) fertilization, (15) control, (16) mineral fertilizers, (17) post harvest residue

Tabuľka 5: Príjem živín fytoomasou poľných plodín zaradených v oševom postupe,
Dolná Malanta, roky 2004 a 2005
Table 5: Nutrients uptake by biomass of growing crops in crop rotation,
Dolná Malanta, years 2004 and 2005

Obrábanie/ hnojenie (2)	Príjem NPK živín hlavným a vedľajším produktom (kg.ha ⁻¹) (1)									
	kukurica siata na zrno (3)		pšenica letná f. ozimná (4)		hrach siaty (5)		jačmeň jarný (6)		Ďatelina lúčna (7)	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
B ₁ – 0	413,7	322,7	375,2	179,2	271,6	168,5	181,9	108,5	260,9	155,1
B ₁ – PH	367,4	331,7	305,6	282,7	307,8	200,2	186,9	128,2	303,9	145,7
B ₁ – PZ	331,3	391,4	383,1	283,0	326,5	320,9	204,2	125,5	326,4	128,7
Priemer B ₁ (8)	370,8	348,6	354,6	248,3	302,0	229,9	191,0	120,7	297,1	143,2
B ₂ – 0	328,6	397,5	312,6	216,9	259,3	205,7	168,9	109,8	249,0	140,9
B ₂ – PH	283,3	344,1	302,4	212,9	234,5	210,5	183,7	139,1	339,8	137,2
B ₂ – PZ	302,4	409,0	313,6	262,1	268,7	262,8	225,9	129,5	282,3	143,5
Priemer B ₂	304,8	383,5	309,5	230,6	254,2	226,3	192,8	126,1	290,4	140,5
Priemer za obrábanie (9)	337,8	366,1	332,1	239,5	278,1	228,1	191,9	123,4	284,8	141,9

(1) NPK uptake by aboveground biomass (kg.ha⁻¹), (2) tillage/fertilization, (3) maize, (4) winter wheat, (5) common pea, (6) spring barley, (7) red clover, (8) average, (9) average tillage

pôdy (- 24,6 kg.ha⁻¹.rok⁻¹). Vyrovnaná bilancia fosforu bola dosiahnutá na variante B₁ - PH, čo zodpovedá podmienkam udržateľného hospodárenia na pôde. Na variantoch so zapracovaným vedľajším produktom predplodiny (PZ) sa dosiahla pozitívna bilancia fosforu (3,9 kg.ha⁻¹.rok⁻¹).

Absencia hnojenia draselnými hnojivami z dôvodu vysokého obsahu prístupného draslíka v pôde, resp. hnojenie draslíkom na úrovni odberu draslíka jednou tonou úrody pestovaných plodín, v záujme odľahenia hnojenia s kontrolným variantom, sa prejavila jeho vysokým deficitom pohybujúcim sa podľa variantov hnojenia a spôsobu obrábania pôdy od - 89,4 kg.ha⁻¹.rok⁻¹ (B₂ - 0) do - 17,6 kg.ha⁻¹.rok⁻¹ (B₂ - PZ). Zapravením vedľajších produktov pestovaných rastlín do pôdy bol deficit draslíka v porovnaní s variantom hnojeným priemyselnými hnojivami, v priemere za obrábanie pôdy, nižší o 59,5 kg.ha⁻¹.rok⁻¹. Negatívna bilancia živín je akceptovateľná pri vysokom obsahu prístupných živín v pôde, pri ich nízkom obsahu je potrebné zabezpečovať minimálne vyrovnanú bilanciu medzi nárokmi rastlín a ponukou živín z prostredia. Dlhodobý prebytok v bilancii živín indikuje možné znečistenie životného prostredia, zatiaľ čo trvalý deficit signalizuje vyčerpanie pôdnych zásob [7].

Dosiahnuté výsledky dokumentujú priaznivý vplyv zapravenia vedľajších produktov pestovaných rastlín do pôdy. Hlušek a i. [5] uvádzajú, že zapravením

slamy obilnín, strukovín, olejní a repných skrojok sa vracia späť do pôdy 10,2 kg N, 3,9 kg P₂O₅ a 24,5 kg K₂O v priemere na 1 ha poľnohospodárskej pôdy. Preto ich využívanie v poľnohospodárskej praxi je možno považovať za opodstatnené. Celoštátna bilancia vstupov a výstupov živín v SR v období rokov 2000-2005 bola negatívna a predstavuje v priemere deficit NPK živín - 57 kg.ha⁻¹. V roku 2005 ročný deficit dusíka činil - 20,8 kg.ha⁻¹, fosforu - 5,2 kg.ha⁻¹, deficit draslíka bol najvyšší (- 50,7 kg.ha⁻¹) [10].

Príspevok vznikol s podporou projektov VEGA č. 1/4441/07 a č. 1/1344/04

LITERATÚRA

[1] ACTON, D.F. - GREGORICH, L.J. Understanding soil health. In: Acton, D.F. - Gregorich, L.J. (eds), The health of our soils: towards sustainable agriculture in Canada. Centre Land Biol. Resour. Res., Research Branch, Agriculture Agri-Food Canada, Ottawa, 1995, pp. 5-10

[2] BABOŠOVÁ, M. - NOSKOVIČ, J. - PALATICKÁ, A.: Inputs of nitrogen by precipitation into the soil in the agricultural region of the southwestern Slovakia. In: Acta facultatis ecologiae, 16, (2007) 1: 101-105

[3] DORAN, J.W. - LIEBIG, M. - SANTANA, D.P. (1998): Soil health and global sustainability. XVIth World

Tabuľka 6: Bilancia rastlinných živín, priemer rokov 2004 a 2005
 Table 6: Balance of plant nutrients, averaged over 2004 and 2005

Vstupy (5) kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹	Dusík (kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹)(1)						Fosfor (2) (kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹)						Draslík (3) (kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹)					
	Konvenčné (6)						Obrábanie pôdy (4)						Minimalizačné (B ₂)					
	Konvenčné (B ₁)		Minimalizačné (B ₂)		Konvenčné (B ₁)		Minimalizačné (B ₂)		Konvenčné (B ₁)		Minimalizačné (B ₂)		Konvenčné (B ₁)		Minimalizačné (B ₂)			
	PH	PZ	PH	PZ	PH	PZ	PH	PZ	PH	PZ	PH	PZ	PH	PZ	PH	PZ		
Priemyselne hnojivá (8)	0	36	40	0	42	45	0	24,3	23,8	0	17,3	24,3	0	11	11,2	0	13,4	17,2
Ostivo (9)	4	4	4	4	4	4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Biogénna fixácia (10)	38,7	42,5	46,2	39,1	38,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Atmosférický spad zrážkami (11)	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VSTUPY SPOLU: (12)	64,2	104,0	111,7	64,6	106,6	109,4	0,6	24,9	24,4	0,6	17,9	24,9	1,0	12,0	12,2	1,0	14,4	18,2
Výstupy (13) kg.ha⁻¹.rok⁻¹																		
Odber hlavným produktom (14)	105,9	103,9	103,7	98,8	98,7	97,9	19,6	20,7	20,5	20,5	19,9	21,0	41,7	43,8	38,6	39,6	42,0	35,8
Odber vedľajším produktom (15)	23,9	25,5	-	24,5	25,1	-	4,4	4,6	-	4,7	4,1	-	48,3	54,5	-	50,8	49,0	-
VÝSTUPY SPOLU: (16)	129,8	129,4	103,7	123,3	123,8	97,9	24,0	25,3	20,5	25,2	24,0	21,0	90,0	98,3	38,6	90,4	91,0	35,8
ČISTÁ BILANCIA:	-65,6	-25,4	8,0	-58,7	-17,2	11,5	-23,4	-0,4	3,9	-24,6	-6,1	3,9	-89,0	-86,3	-26,4	-89,4	-76,6	-17,6
Vstup - výstup (17)	49,5	80,4	107,7	52,4	86,1	111,7	2,5	98,4	119,0	2,4	74,6	118,6	1,1	12,2	31,6	1,1	15,8	50,8
% nahradenia živín (18)																		

(1) nitrogen (kg.ha⁻¹.yr⁻¹), (2) phosphorus, (3) potassium, (4) soil tillage, (5) input, (6) conventional, (7) minimal, (8) mineral fertilizers, (9) seed, (10) biogenic fixation, (11) atmospheric deposit via rainfalls, (12) total inputs, (13) output, (14) offtake of the nutrients by main product, (15) offtake of the nutrients by by-product, (16) total outputs, (17) net balance: input - output, (18) of compensated nutrients

Congress of Soil Science, Symposium N₀ 36, ISSS-SICS, Montpellier, 7 p. (CD-ROM manuscript)

[4] HANÁČKOVÁ, E. Výživa a hnojenie rastlín v trvalo udržateľných poľnohospodárskych systémoch, in: Demo, M. - Látečka, M.a kol. Projektovanie trvalo udržateľných poľnohospodárskych systémov v krajine. Nitra: SPU, 2004, s. 110 - 136. ISBN 80-8069-391-9

[5] HLUŠEK, J. - KLÍR, J. - BALÍK, J.: Současná úroveň výživy a hnojení rostlin v ČR. Výživa rostlin a její perspektivy. Brno: MZLU, 2007, s. 15-22. ISBN 978-80-7375-068-8

[6] JURČOVÁ, O. - TORMA, S.: Vplyv osevného postupu na režim rastlinných živín v pôde. Agrochémia, IV. (40), (2000), 1: 24-26

[7] KLÍR, J.: Bilance rostlinných živín. In: Rostlinná výroba - studijný informace. Praha: ÚZPI, 1999, 60 s. ISBN 80-7271-063-1

[8] KOVÁČIK, P. Metodika bilancie živín v pôdach ekologicky hospodáriacich podnikov. Nitra: SPU, 2001, 44 s. ISBN 80-7137-957-3

[9] KOVÁČIK, P. Výživa a hnojenie rastlín v ekologickom poľnohospodárstve. in: Lacko-Bartošová, M. a kol. Udržateľné poľnohospodárstvo, Nitra: SPU, 2005, 575 s. ISBN 80-8069-556-3

[10] LOŽEK, O. - KOTVAS, F. - VOJTEK, R. - SLAMKA, P. Súčasná úroveň výživy rastlín na Slovensku. Výživa rostlin a její perspektivy. Brno: MZLU, 2007, s. 27-30. ISBN 978-80-7375-068-8

