

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE

FAKULTA AGROBIOLÓGIE A POTRAVINOVÝCH  
ZDROJOV

Katedra agrochémie a výživy rastlín

**Bilancia živín v ekologickom a integrovanom systéme  
hospodárenia na pôde**

Autoreferát dizertačnej práce  
na získanie vedecko-akademickej hodnosti philosophiae doctor  
vo vednom odbore 41-03-9  
Agrochémia a výživa rastlín

Ing. Peter Jakub

Nitra 2009

Dizertačná práca bola vypracovaná v dennej forme doktorandského štúdia na Katedre agrochémie a výživy rastlín Fakulty agrobiológie a potravinových zdrojov Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre.

Doktorand: Ing. Peter Jakub  
Katedra agrochémie a výživy rastlín  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Vedúci dizertačnej práce: prof. Ing. Otto Ložek, CSc.  
Katedra agrochémie a výživy rastlín, FAPZ, SPU v Nitre

Oponenti: prof. Ing. Jaroslav Hlušek, CSc.  
Ústav agrochémie, pôdoznalství, mikrobiologie a výživy  
rostlin, Agronomická fakulta, Mendelova zemědělská  
a lesnická univerzita v Brne

prof. Ing. Ján Tomáš, CSc.  
Katedra chémie, Fakulta biotechnológie a potravinárstva,  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Ing. František Kotvas, CSc.  
Ústredný kontrolný a skúšobný ústav  
poľnohospodársky v Bratislave

Autoreferát bol rozoslaný dňa .....

Stanovisko k dizertácii vypracovala Katedra agrochémie a výživy  
rastlín FAPZ SPU v Nitre.

Obhajoba dizertačnej práce sa koná dňa ..... o ..... h pred  
komisiou pre obhajobu dizertačných prác vedného odboru 41-03-9  
Agrochémie a výživa rastlín na Fakulte agrobiológie a potravinových  
zdrojov SPU v Nitre.

Miesto konania: Katedra agrochémie a výživy rastlín  
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre  
Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra

Miestnosť: zasadačka KAVR

S dizertačnou prácou sa možno oboznámiť na dekanáte Fakulty  
agrobiológie a potravinových zdrojov SPU v Nitre.

Predseda komisie pre obhajoby vo vednom odbore 41-03-9

prof. Ing. Otto Ložek, CSc.  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

## ABSTRAKT

V dizertačnej práci sme sa venovali otázke bilancie dusíka, fosforu, draslíka, vápnika, horčika a síry. Bilancia makroživín sa sledovala na poľnom maloparcelovom pokuse, ktorý sa realizoval v pokusných rokoch 2002 až 2004 na výskumnej báze SPU Nitra - Dolná Malanta v rámci výskumného projektu VEGA č.1/8089/02. Bilancia vstupov a výstupov sa sledovala na hlinitej hnedozemi pri integrovanom (IS) a ekologickom systéme (ES) hospodárenia, v rámci 6 honového osevného postupu. V rámci IS a ES boli dva varianty: hnojený a nehnojený. Na hnojenom variante ES sa aplikovali iba organické hnojivá (maštal'ný hnoj) a na hnojenom variante IS sa okrem organických hnojív aplikovali aj priemyselné hnojivá. Hnojenie priemyselnými hnojivami sa realizovalo na základe rozborov pôdy a rastlín bilančnou metódou. Vstupy živín do sústav boli: osivom, organickými hnojivami, priemyselnými hnojivami a v prípade N aj symbiotickou a nesymbiotickou fixáciou a tiež atmosferickým spádom. Výstupy živín zo sústav boli odberom úrodou pestovanej plodiny a pri dusíku sa do úvahy brali aj straty vyplavením. Okrem bilancii živín sa vypočítalo pri každom prvku aj percento nahradenia živín, t.j. percento vstupov z výstupov, ktoré vyjadruje úroveň nahradenia vystupujúcich živín zo sústav.

Pri bilancii N sme zistili v oboch systémoch a variantoch negatívne bilancie. Na hnojenom variante v ES bol deficit N výraznejší ako v IS s percentami jeho nahradenia na 74,8 % v ES resp. 89,7 % v IS. Na nehnojenom variante bola situácia opačná. Pri bilancovaní P sme zistili na hnojenom variante IS pozitívnu ( $0,1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) a na ostatných variantoch negatívnu bilanciu. Výrazné deficity vykazovali nehnojené varianty, kde percentá nahradenia P dosiahli hodnoty len 2,9 % v IS a 2,8 % v ES. Na nehnojených variantoch bol zistený hlboký deficit K v oboch systémoch, kde percentá jeho nahradenia nedosiahli ani hodnotu 1 %. Pri vápniku na nehnojených variantoch sme opäť zistili hlboké deficity, kde percentá jeho nahradenia taktiež nedosiahli hodnotu 1 %. Na hnojenom variante IS sme však zistili najvýraznejšiu pozitívnu bilanciu, ktorá mala hodnotu  $295,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  a bola výsledkom vplyvu vápnenia na trojročný cyklus. Hlboké deficity Mg v oboch sústavách a variantoch boli dôsledkom vstup tejto živiny len prostredníctvom osiva a maštal'ného hnoja. Percentá jeho nahradenia dosiahli na hnojených variantoch 24,6 % v IS a 23,2 % v ES a na nehnojených 1,9 % v IS a 1,7 % v ES. Pri bilancovaní síry sme zistili deficit tohto prvku na oboch variantoch ekologickej, ale aj integrovanej sústavy. Percentá jej nahradenia dosiahli na hnojenom variante v ekologickej sústave 56,0 % a v integrovanej sústave 72,5 %.

## ABSTRACT

In submitted dissertation we pay attention to the balance of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulphur. A small-plot experiment was investigated in years 2002-2004 at the SPU Nitra- EXBA Dolná Malanta experimental base under the project VEGA no. 1/8089/02. Inputs/outputs balance was investigated on loamy brownsoil under integrated (IS) and ecological (ES) farming system within six-field crop rotation. In both farming systems was 2 variants: non fertilized and fertilized. On fertilized variant in ES was applied only organic fertilizers (manure) and on fertilized variant in IS was applied not only organic fertilizers, but also industrial fertilizers. Fertilization was performed on the basis of soil and plant analyses using balance method. Inputs to the both systems were by seed, by organic and industrial fertilizers, by symbiotically and asymbiotically fixation of nitrogen, by rain deposit. Outputs from both systems were by yield of crops and by egestion of nitrogen. Except balance of nutrients was also calculated a percentage of nutrients substitution, that means percentage of inputs from outputs.

The nutrient balance established a deficiency of nitrogen in both farming systems and on both variants. Fertilized variant of the ES showed higher deficiency of nitrogen than in IS, with a percentage of its substitution 74,8 % in ES and 89,7 % in IS. On non fertilized variant we noticed opposite situation. Balance of phosphorus on fertilized variant of IS was slightly positive ( $0,1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) and the rest of the variants showed negative balances. Non fertilized variants were considerably negative, where their substitution achieved only a level of 2,9 % in IS and 2,8 % in ES. By the balance of potassium on non fertilized variant in both systems was established a deep deficiency. Percentage of substitution not even reached level of 1 %. As a result of calcium balance on non fertilized variants was a deep deficiency of this element. Percentage of its substitution also not reached the level of 1 %, like in the case of potassium. Fertilized variant of IS showed the highest positive balance in the experiment, which represented  $295,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . This was a result of application of a high amount of limestone for a 3 year cycle at the beginning of the experiment. As a result of low input of magnesium (only by seed and organic manure) was a negative balance of this element in both systems and variants. Percentage of its substitution achieved level of 24,6 % in IS and 23,2 % in ES on fertilized and 1,9 % in IS and 1,7 % in ES on non fertilized variant. In the case of sulphur balance was established a deficiency of this element in both systems in both variants. Percentage of its substitution on fertilized variants achieved level of 72,5 % in IS and 56,0 % in ES.

## **OBSAH**

1. ÚVOD.....	6
2. CIELE.....	7
3. MATERIÁL A METODIKA.....	7
3.1. Charakteristika územia.....	8
3.1.1 Klimatické pomery.....	8
3.1.2. Charakteristika pôdy.....	8
3.2. Organizácia pokusu.....	9
3.3. Hnojenie a regulácia burín a ochrana proti chorobám a škodcom.....	10
3.4. Bilancia živín a jej jednotlivé položky.....	10
3.5. Agrochemické rozbory pôd a rastlín.....	11
4. VÝSLEDKY.....	12
4.1. Bilancia v integrovanej sústave.....	12
4.2. Bilancia v ekologickej sústave.....	13
5. ZÁVER.....	14
6. NÁVRH NA VYUŽITIE VÝSLEDKOV.....	16
7. POUŽITÁ LITERATÚRA.....	19
8. ZOZNAM PUBLIKOVANÝCH PRÁC AUTORA.....	20

## 1. ÚVOD

Zmenám stavu životného prostredia veľkou mierou prispieva aj poľnohospodárstvo. Nesprávne používanie technológií v rastlinnej a živočíšnej výrobe vedie k poškodzovaniu krajiny, kontaminácií pôdy a vody nežiadúcimi toxickými prvkami v dôsledku čoho dochádza k zhoršovaniu kvality poľnohospodárskej produkcie.

Hlavnou úlohou poľnohospodárstva je zabezpečiť dostatok kvalitných a zdravotne nezávadných potravín. Tento fakt je zvýraznený aj nárastom ľudskej populácie a úbytkom poľnohospodárskej pôdy. Preto sa v súčasnosti vedú diskusie o súčasných systémoch produkcie potravín, či sú schopné uspokojiť potreby takého množstva obyvateľstva a ako by mali vyzerat' budúce poľnohospodárske systémy a či budú trvalo udržateľné. Trvalá udržateľnosť, ako schopnosť zachovávať si dobré produkčné charakteristiky a zároveň priaznivé vlastnosti prostredia, hlavne pôdy, sa stáva dôležitým prvkom štúdia poľnohospodárskych produkčných systémov. Myšlienku trvalo udržateľných systémov v poľnohospodárstve najlepšie napĺňa ekologické poľnohospodárstvo, avšak intenzívny spôsob hospodárenia nespĺňa náročné podmienky trvalo udržateľného hospodárenia. Preto sa v súčasnosti uprednostňujú alternatívne spôsoby hospodárenia na pôde, ktoré sú výhodnejšie aj z ekonomického hľadiska. V ekologických systémoch je nárast produkcie často neadekvátny nárastu vstupov. Princípy ekologického poľnohospodárstva spočívajú v starostlivosti o pôdu v snahe zvýšiť jej prirodzenú úrodnosť, v rámci čo najzavretejšieho kolobehu živín v podniku pri čo najvyššom obmedzení vonkajších (energetických a chemických) vstupov. V súčasnosti na zabezpečenie výživy ľudskej populácie je nutná intenzívna poľnohospodárska výroba s veľkým množstvom vonkajších vstupov energie, ktoré by však mali byť využívané racionálne s ohľadom na ochranu životného prostredia. Z týchto dôvodov je na každej farme dôležité sledovanie vstupov a výstupov energie (napr. vo forme živín) a následná tvorba bilancie. Výsledky bilancie nám môžu veľa napovedať o tom ktorom systéme hospodárenia, napríklad o jeho nedostatkoch a výhodách. Ak poznáme nedostatky systému v určitých podmienkach, tak môžeme navrhnúť účinné opatrenia na zdokonalenie týchto systémov hospodárenia na pôde.

## 2. CIELE

Cieľom doktorandskej dizertačnej práce je bilancovanie živín v ekologickom a integrovanom systéme hospodárenia, t.j. sledovanie vstupov a výstupov jednotlivých živín v oboch sústavách hospodárenia. Okrem sledovania hlavných makroelementov (N, P, K) sa budú sledovať aj ďalšie makroelementy ako vápnik, horčík a síra.

Ciele dizertačnej práce sú nasledovné:

- stanoviť odber makroelementov (N, P, K, Ca, Mg, S) v  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  hlavným a vedľajším produktom v rámci osevného postupu ekologickej a integrovanej sústavy hospodárenia na pôde
- porovnať odbery makroživín v integrovanom a ekologickom systéme hospodárenia
- kvantifikovať vstupy sledovaných živín v  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  do oboch sústav hospodárenia
- vybilancovať vstupy a výstupy živín na hnojenom a nehnojenom variante v oboch sústavách hospodárenia na pôde
- vypočítať % nahradenia živín, t.j. percenta vstupov z výstupov v oboch pestovateľských systémoch a ich vzájomné porovnanie
- na základe získaných výsledkov navrhnúť výživárske opatrenia za účelom dosiahnutia vyrovnanej bilancie živín

Problematika optimálnej výživy poľnohospodárskych plodín v rôznych sústavách hospodárenia je v súčasnom období veľmi aktuálna. Informácie o obsahu živín v pôde a odbere hospodárskou úrodou poľnohospodárskych plodín v konkrétnych pestovateľských podmienkach umožňujú spresniť dávky živín a tým prispieť k optimalizácii energomateriálových vstupov do pôdy za účelom dopestovania kvalitnej produkcie s priaznivým dopadom na životné prostredie.

## 3. MATERIÁL A METODIKA

Poľný maloparcelový pokus sa realizoval na experimentálnej báze FAPZ SPU Nitra - Dolná Malanta v rámci projektu schváleného vedeckou grantovou agentúrou VEGA MŠ SR č.1/9083/02 : Experimentálna kvantifikácia environmentálnych indikátorov udržateľnosti v rôznych systémoch hospodárenia na pôde. Vedúcim projektu je prof. Ing. Magdaléna Lacko-Bartošová, CSc., KUPH, FAPZ, SPU v Nitre. Názov riešenej čiastkovej úlohy: Kvantifikácia vstupov a výstupov makroživín

v integrovanom a ekologickom systéme hospodárenia na pôde. Zodpovedným riešiteľom čiastkovej úlohy je prof. Ing. Otto Ložek, CSc., KAVR, FAPZ, SPU v Nitre. Experimentálna časť predloženej práce vychádza z metodiky uvedeného projektu a je riešená v troch pestovateľských sezónach: 2001/2002, 2002/2003 a 2003/2004.

### 3.1. Charakteristika územia

Experimentálna báza FAPZ SPU v Nitre je lokalizovaná v blízkosti obce Dolná Malanta vzdalenej približne 5 km od Nitry. Geograficky sa územie nachádza v západnej časti Žitavskej pahorkatiny, ktorej charakteristický trojuholníkový tvar vymedzuje pohorie Tribeč, rieky Nitra a Žitava. Lokalita experimentu má charakter roviny s nepatrným úklonom k juhu a východnej časti s úklonom k východu. Nadmorská výška dosahuje 177-180 m (Hanes et al., 1993).

Pokusné územie je zaradené a charakterizované podľa Šišku, Repy a Špánika (1997) nasledovne:

- makrooblasť teplá, teplotnou sumou  $t > 10$  °C, v rozpätí 3 100 – 2 400 °C
- oblasť – prevažne teplá, s teplotnou sumou  $t > 10$  °C, v rozpätí 3 000 – 2 800 °C
- podoblasť – veľmi suchá, s hodnotou klimatického ukazovateľa zavlažovania za VI. až VIII. mesiac  $K_{VI-VIII} = 150$  mm
- okrskok – prevažne miernej zimy, s priemerom absolútnych teplotných miním  $T_{min} = -18$  až  $-21$  °C

Z poľnohospodárskeho hľadiska je územie EXBA zaradené do kukuričnej výrobnjej oblasti.

#### 3.1.1 Klimatické pomery

Priemerná ročná teplota za sledované obdobie (2001-2004) bola 10,5 °C, pričom dlhodobý normál teplôt (1951-1980) v Nitre je 9,7 °C. Priemerná denná teplota za vegetačné obdobie (IV-IX) je 17,5 °C, pričom dlhodobý normál teplôt je 16,3 °C. Priemerné ročné atmosférické zrážky za sledované obdobie (2001-2004) boli 483 mm, pričom dlhodobý normál zrážok (1951-1980) v Nitre je 561 mm.

#### 3.1.2. Charakteristika pôdy

Pôdnym typom na pokusnej lokalite je hnedozem hlinitá. Pôdny profil hnedozeme má tri genetické horizonty (A1, Bt, C), z ktorých ako



hlavný a určujúci je luvický Bt horizont, vzniknutý v dôsledku iluviálnej akumulácie translokovaných koloidov (Hanes et al., 1993).

Hnedozem je v A1 a C horizonte hlinitá a v Bt horizonte ílovitohlinitá. Merná hmotnosť sa pohybuje v intervale 2,60 – 2,63 t.m-3. Obsah humusu humátovo-fulvátového typu je v A1 horizonte stredný (1,95-2,28 %), pomer HK/FK = 0,83.

Priemerný obsah prístupných živín v pôde na začiatku pokusu:

pHKCl 5,78-5,92 slabo kyslá

Nan 11,2 – 18,8 mg.kg-1 - stredný obsah

P (Mehlich III) 73,4 – 114,6 mg.kg-1 - vyhovujúci obsah

K (Mehlich III) 303,4 -295,5 mg.kg-1 – dobrý obsah

### 3.2. Organizácia pokusu

Bilancia živín sa sledovala na maloparcelovom pokuse pri integrovanom a ekologickom systéme hospodárenia na pôde v rámci šesť honového oševného postupu. Zastúpenie plodín v sústavách hospodárenia bolo nasledovné:

Oševný postup integrovaného systému hospodárenia:

- viacročné krmoviny 16,7 %, obilniny 50,0 %, strukoviny 16,7 %, okopaniny 16,7 %
- Oševný postup ekologického systému hospodárenia:

viacročné krmoviny 33,3 %, obilniny 33,3 %, strukoviny 16,7 %, okopaniny 16,7 %

okopaniny 16,7 %

V pokusoch sa použili nasledovné plodiny a ich odrody:

- Pšenica letná f. ozimná – Samanta
- Jačmeň jarný – Jubilant
- Kukurica siata (na siláž) - LG 2306
- Hrach siaty – Olivín
- Bôb obyčajný – Brok
- Lucerna siata - Palava

V integrovanom aj ekologickom systéme hospodárenia boli dva varianty: hnojený a nehnojený. Každá plodina sa pestovala v štyroch opakovaníach. Rozmery parcely jedného opakovania sú 10 x 10,7 m. Nehnojený variant parcely č.1 v integrovanej sústave sa označuje A1-0 a hnojený variant A1-OR. V ekologickej sústave sa nehnojený variant parcely č.1 označuje B1-0 a hnojený variant B1-OR. Pri bilancovaní jednotlivých živín sa využili priemerné úrody zo štyroch opakovaní. V oboch pestovateľských systémoch sa realizovalo konvenčné obrábanie pôdy založené na stredne hlbokoj a hlbokoj orbe (kukurica siata). Porasty boli založené podľa platných agrotechnických zásad v oboch systémoch

hospodárenia v rovnakom termíne a rovnakým spôsobom s výnimkou hnojenia a používania chemických látok na ochranu rastlín.

### 3.3. Hnojenie a regulácia burín a ochrana proti chorobám a škodcom

Na nehnojených variantoch v oboch sústavách sa hnojenie nere realizovalo. Na hnojenom variante ekologickej sústavy sa aplikovali iba organické hnojivá a na hnojenom variante integrovanej sústavy sa okrem organických hnojív aplikovali aj priemyselné hnojivá. Pri kukurici na siláž na hnojených variantoch v oboch sústavách sa aplikoval maštalný hnoj v dávke 40 t.ha<sup>-1</sup>.

Hnojenie sa realizovalo na základe rozborov pôdy a rastlín bilančnou metódou, t.j. dávky živín vo forme priemyselných hnojív boli aplikované do pôdy pri rešpektovaní zásob živín v pôde, ich využiteľnosti, využiteľnosti živín z hnojív a s prihliadnutím na plánovanú úrodu pestovaných plodín. Pri výpočte dávok hnojív sme postupovali podľa metodiky Bujnovského a Ložeka (1996).

Dávky N sme určili podľa obsahu N<sub>an</sub> v pôde a pre prihnojenie ozimnej pšenice aj podľa obsahu N v rastlinách (Michalík, Ložek, 1985).

V sledovanom období sa používali nasledovné hnojivá:

- priemyselné hnojivá:
  - dusíkaté – LAV 27 (N-27 %, Ca-8 %),
  - fosforečné – superfosfát trojitý (P-21 %, Ca-20 %, S-9,5 %),
  - draselné – draselná soľ 60 % (K-50 %)
- organické hnojivá: maštalný hnoj s nasledovným obsahom živín:

N - 0,43 %	P – 0,10 %	K – 0,59 %
Ca - 0,35 %	Mg – 0,10 %	S – 0,025 %

V dávke 40 t.ha<sup>-1</sup> maštalného hnoja sa takto do pôdy dostalo 172 kg N, 40 kg P, 236 kg K, 140 kg Ca, 40 kg Mg a 10 kg S, čo predstavovalo vstup 28,67 kg N, 6,67 kg P, 39,33 kg K, 23,33 kg Ca, 6,67 kg Mg a 1,67 kg S na 1 hektár.

Pri regulácií zaburinenosti a ochrane proti chorobám a škodcom v ekologickej sústave sa používali preventívne a nechemické, najmä mechanické opatrenia. V integrovanej sústave sa používali preventívne opatrenia a cielená chemická ochrana.

### 3.4. Bilancia živín a jej jednotlivé položky

Bilancia živín v integrovanom a ekologickom systéme hospodárenia na pôde bola realizovaná tzv. jednoduchou bilanciou živín (Zásady správneho používania hnojív, Kódex správnej poľnohospodárskej praxe v SR, Bujnovský, 2000), ktorá je založená na jednoduchom a v praxi

Pahko realizovateľnom modeli hodnotenia vstupov živín do pôdy a výstupy živín z pôdy v danom pestovateľskom systéme.

Pri bilancovaní živín sa počítalo s nasledovnými vstupmi a výstupmi:

Vstupy živín do sústav:

- osivom pestovaných plodín
- organickými hnojivami
- priemyselnými hnojivami
- atmosferickými zrážkami
- symbiotickou a nesymbiotickou fixáciou (v prípade dusíka)

Výstupy živín zo sústav:

- odberom úrodou hlavného a vedľajšieho produktu
- plynými stratami dusíka (denitrifikácia, volatilizácia)
- vyplavovaním

Výsledná bilancia všetkých sledovaných prvkov bola nakoniec vypočítaná z rozdielu vstupov a výstupov živín.

$$\text{BILANCIA} = \text{VSTUPY} - \text{VÝSTUPY} \quad (\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1})$$

Následne sa pri jednotlivých živinách vypočítalo aj percento vstupov z výstupov, t.j. % nahradenia živín, a to nasledovne:

$$\text{PODIEL NAHRADENIA ŽIVÍN} = \frac{\text{VSTUPY ŽIVÍN}}{\text{VÝSTUPY ŽIVÍN}} \times 100 \quad (\%)$$

### 3.5. Agrochemické rozbory pôd a rastlín

Pred začiatkom sledovaného obdobia, na jeseň 2001, sa vykonali agrochemické rozbory pôdnych vzoriek v oboch systémoch hospodárenia (IS a ES), ktoré sa odobrali z hĺbky 0-0,3 m. V nich sa potom stanovili nasledovné parametre :

- $\text{pH}_{\text{KCl}}$  – výmenná pôdna reakcia sa stanovila vo výluhu 0,2 M KCl potenciometricky
- obsah  $\text{N}_{\text{an}} - \text{N-NO}_3^-$  sa stanovil kolorimetricky pri použití kyseliny fenol 2-4 disulfónovej a  $\text{N-NH}_4^+$  sa stanovil kolorimetricky pri použití Nesslerovho činidla
- obsah P – sa stanovil vo výluhu Mehlich II, kolorimetricky meraním svetelnej absorbancie fosfomolybdénovej modrej
- obsah K - sa stanovil vo výluhu Mehlich II, plameňovou fotometriou

Po ukončení pokusu na jeseň 2004, sa opäť vykonali rozbor y pôdnych vzoriek, v ktorých sme zisťovali rovnaké parametre ako na začiatku pokusu. Obsah P a K podľa Mehlicha II sa prepočítal na hodnoty podľa Mehlicha III na základe výsledkov regresnej analýzy pre fosfor  $y = 0,9597 x + 7,3465$  a pre draslík  $y = 1,0162 x - 3,2877$ , kde y zodpovedá hodnote Mehlicha III a x hodnote Mehlich II (Halás, Gáborík, 2000).

Počas pokusných rokov 2002 až 2004 sa analyzovali používané osivá jednotlivých pestovaných plodín na zistenie obsahu jednotlivých živín (N, P, K, Ca, Mg, S) v týchto osivách. Získané výsledky sa využili pri výpočte vstupu živín do sústavy osivom.

Pri zbere úrod pšenice, jačmeňa a hrachu sa odoberali vzorky hlavných a vedľajších produktov, t.j. zrna a slamy. Pri zbere úrod lucerny, bôbu a kukurice na siláž sa odoberali vzorky celých nadzemných častí rastlín, nakoľko pri týchto plodinách je hlavným produktom celá nadzemná časť rastliny. Takto získané vzorky rastlinného materiálu sa potom následne analyzovali v laboratóriu. V odobratých vzorkách sa stanovili nasledovné prvky: N, P, K, Ca, Mg a S.

Metódy použité pri stanovení jednotlivých prvkov v rastlinnom materiály:

- dusík – Kjeldahlovou metódou
- fosfor, draslík, vápnik a horčík - mineralizácia mokrou cestou podľa metodiky vyvinutej vo VÚRV v Prahe – Ruzyni a následnom stanovení fosforu kolorimetricky ako fosfomolybdénovú modrú, draslíka a vápnika priamo v mineralizáte pomocou plameňového fotometra a horčíka na atómovom absorpčnom spektrofotometri
- síra - nefelometricky

## 4. VÝSLEDKY

### 4.1. Bilancia v integrovanej sústave

Suma vstupov dusíka na I/O predstavovala 112,78 kg a na I/OR 184,84 kg.ha<sup>-1</sup>. Výstupy N spolu predstavovali na I/O 187,61 kg a na I/OR 206,0 kg.ha<sup>-1</sup>. Na oboch variantoch bola výsledná bilancia negatívna, a to na nehnojenom variante bola -74,9 kg a na hnojenom -21,2 kg N.ha<sup>-1</sup>. Percento nahradenia na I/O bolo na úrovni 60,1 % a na I/OR na úrovni 89,7 %. Pri veľkom množstve faktorov, ktoré ovplyvňujú zložitost' bilancovania

vstupov a výstupov N možno považovať výslednú bilanciu na I/OR za pomerne vyrovnanú.

Pri bilancii fosforu na nehnojenom variante sa zistila negatívna bilancia tohto prvku a to  $-22,0 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$ , čo predstavuje percento nahradenia živín len na úrovni 2,9 %. Na rozdiel od I/0 na I/OR sme zistili vyrovnanú, resp. mierne pozitívnu bilanciu fosforu a to vo výške  $0,1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , čo predstavuje percento nahradenia fosforu na 100,5 %.

Na oboch variantoch integrovanej sústavy sme zistili výrazne negatívne bilancie draslíka. Na I/0 bol deficit K na úrovni  $-137,7 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , čo predstavuje jeho nahradenie len na 0,9 %. Na I/OR bol deficit draslíka  $-119,2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  a jeho % nahradenia bolo na úrovni 33,7 %.

Negatívnu bilanciu vápnika sme zistili na nehnojenom variante integrovanej sústavy a to na úrovni  $-85,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , čo predstavovalo jeho nahradenia len na 0,6 %, nakoľko vstupy vápnika boli len prostredníctvom osiva. Na I/OR bola bilancia výrazne pozitívna a dosiahla hodnotu  $216,7 \text{ kg Ca}\cdot\text{ha}^{-1}$ , čo predstavovalo jeho nahradenie na 295,6 %. Takáto výrazne pozitívna bilancia vápnika bola spôsobená vstupom vápnika do sústavy prostredníctvom vápenia.

Výrazné deficiencie horčíka sme zistili na oboch variantoch integrovanej sústavy a to na I/0  $-23,9 \text{ kg ha}^{-1}$  a na I/OR  $-21,9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , čo predstavovalo nahradenie horčíka na 1,9 % resp. na 24,6 %. Výrazne negatívne bilancie tohto prvku boli spôsobené absenciou hnojenia touto živinou.

Na nehnojenom variante IS sme bilancovaním síry zistili deficit tohto prvku na úrovni  $-17,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  a na I/OR na úrovni  $-18,8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , čo predstavovalo percento nahradenia síry na 68,3 % resp. 72,5 %.

#### **4.2. Bilancia v ekologickej sústave**

Celkové vstupy dusíka na E/0 boli  $126,17 \text{ kg}$  a na E/OR  $156,04 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Výstupy N spolu predstavovali na E/0  $192,12 \text{ kg}$  a na E/OR  $208,71 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Výsledná bilancia na E/0 bola deficitná a to  $-66,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , čo predstavovalo percento nahradenia dusíka len na 65,7 %. Na E/OR bola zistená taktiež deficitná bilancia a to na úrovni  $-52,7 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , čo predstavuje nahradenie N na 74,8 %. V porovnaní s integrovanou sústavou sa na nehnojenom variante ES zistil miernejší deficit dusíka (I/0  $-74,9 \text{ kg N}$ , E/0  $-66,0 \text{ kg N}$ ).

Na oboch variantoch ES sme zistili výrazné bilančné deficity fosforu. Na nehnojenom variante bol deficit  $-21,7 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Táto hodnota deficitu predstavovala jeho percento nahradenie len na 2,8 %. Na hnojenom

variante bol deficit fosforu  $-17,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , čo predstavovalo jeho nahradenie na 29,4 %. Zistené značné deficity tejto živiny môžeme pripísať nedostatočnému prísunu fosforu vo forme hnojív, prípadne formou iných zdrojov.

Pomerne nízke hodnoty vstupov draslíka na jednej strane a vysoké výstupy na druhej strane vyústili do výrazných deficitov pri bilancovaní draslíka. Na E/OR sme dospeli k deficitu K na úrovni  $-149,2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , pričom percento nahradenia predstavovalo hodnotu 21,4 %. Na nehnojenom variante E/0 bol deficit ešte výraznejší a to  $-166,2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , čo predstavovalo jeho nahradenia len na 0,8 %.

Bilancia vápnika na nehnojenom variante vykazovala veľmi hlboký deficit a to  $-102,9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , preto aj jeho percento nahradenia bolo len na 0,5 %. Hlboký deficit sme zistili aj na hnojenom variante a to  $-93,7 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Táto hodnota predstavovala percento nahradenia vápnika na 20,3 %. Výsledné negatívne bilancie tejto živiny boli takmer totožné v oboch variantoch (na E/0  $-24,3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  a na E/OR  $-23,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), avšak percentá nahradenia horčíka boli odlišné a to na E/O 1,7 % a na E/OR 23,2 %. Tento rozdiel bol spôsobený vyššími vstupmi Mg na hnojenom variante prostredníctvom organických hnojív.

Výsledné bilancie síry na oboch variantoch boli negatívne. Na nehnojenom variante bol deficit síry  $-17,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  a na hnojenom variante  $-30,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Percentá nahradenia síry dosiahli na E/0 hodnotu 67,5 % resp. 56,0 % na E/OR. Paradoxne sa na hnojenom variante zistil väčší deficit síry ako na nehnojenom variante. Dôvodom boli väčšie množstvá výstupov síry na hnojenom variante a to vyplavením a väčším odberom síry úrodou plodín.

## 5. ZÁVER

Z dosiahnutých výsledkov môžeme vyvodit' nasledovné závery:

1. Pri bilancovaní dusíka sme zistili v oboch pestovateľských systémoch a na oboch variantoch negatívne bilancie N. Na nehnojených variantoch boli deficity dusíka samozrejme väčšie ako na hnojených variantoch. V ekologickej sústave na hnojenom variante bol deficit dusíka vyšší ako v integrovanej sústave. Opačná situácia bola na nehnojených variantoch, kde bol deficit dusíka vyšší v integrovanej sústave oproti ekologickej sústave.

2. Pri bilancovaní fosforu sme zistili jednu z dvoch pozitívnych bilancií v rámci experimentu a bolo to na hnojenom variante integrovanej sústavy. Na druhom variante integrovanej sústavy a na oboch variantoch

ekologickej sústavy sme zistili negatívnu bilanciu fosforu. Výrazné deficiencie vykazovali najmä nehnojené varianty, kde percentá nahradenia fosforu dosiahli hodnoty len 2,9 % v integrovanej sústave a 2,8 % v ekologickej sústave. V ekologickej sústave sme zistili menej priaznivé bilancie ako v integrovanej sústave.

3. Z výsledkov bilancie draslíka v integrovanej a ekologickej sústave vyplýva, že na nehnojených variantoch bol zistený hlboký deficit tohto prvku, kde percentá nahradenia draslíka nedosiahli ani hodnotu 1 %. Na hnojených variantoch sme mohli sledovať podobnú situáciu, kde sme zistili jedny z najvýraznejších deficitov v rámci celého experimentu. V ekologickej sústave sme opäť zistili vyššie deficity ako v integrovanej sústave.

4. Pri vápniku na nehnojených variantoch bola situácia obdobná ako pri draslíku. Opäť sme zistili veľmi hlboké deficity, kde percentá nahradenia vápnika taktiež nedosiahli ani hodnotu 1 % (v IS 0,6 % a v ES 0,5 %). Na hnojenom variante integrovanej sústavy sme však zistili najvýraznejšiu pozitívnu bilanciu v rámci celého experimentu. Bilancia vápnika mala hodnotu 295,6 kg.ha<sup>-1</sup> a bola výsledkom vplyvu vápnenia na trojročný cyklus.

5. V dôsledku toho, že pri bilancii horčička bol vstup tejto živiny len prostredníctvom osiva a maštalného hnoja, sme zistili hlboké deficity horčička v integrovanej aj v ekologickej sústave, ktoré boli výraznejšie na nehnojených variantoch. Percentá ich nahradenia dosiahli hodnoty len 1,9 % v integrovanej sústave a 1,7 % v ekologickej sústave. Deficiencie na hnojených variantoch dvoch skúmaných sústav sa líšili len veľmi nepatrne a dosiahli hodnoty 24,6 % v integrovanej a 23,2 % v ekologickej sústave. Rozdiel medzi hodnotami percenta ich nahradenia bol len 1,4 %. V ekologickej sústave boli deficity horčička väčšie ako v integrovanej sústave.

6. Pri bilancovaní síry sme zistili deficit tohto prvku na oboch variantoch integrovanej sústavy a tiež aj ekologickej sústavy. Na nehnojených variantoch bol deficit takmer rovnaký. Na nehnojenom variante integrovanej sústavy bol deficit -17,0 kg.ha<sup>-1</sup>, čo predstavovalo jeho percento nahradenia na 68,3 % a na nehnojenom variante ekologickej sústavy bol deficit -17,5 kg.ha<sup>-1</sup>, čo predstavovalo jeho percento nahradenia na 67,5 %. Na hnojených variantoch bol výraznejší deficit sledovaný v ekologickej sústave.

7. Výpočtom bilancie makroživín sme zistili len dve pozitívne bilancie a to pri fosfore a vápniku na hnojenom variante integrovanej sústavy. Pri ostatných živinách, na oboch variantoch dvoch skúmaných

pestovateľských systémov boli zistené negatívne bilancie. Na nehnojených variantoch oboch sústav boli deficity výraznejšie ako na hnojených variantoch. Jedinou výnimkou bola bilancia síry v ekologickej sústave. Najmenšie deficity v oboch sústavách sme zistili pri dusíku a síre a naopak najvýraznejšie deficity sme mohli sledovať pri draslíku a horčíku.

8. Dosiahnutie vyrovnanějších bilancií živín je možné zabezpečiť recykláciou organickej hmoty zaorávaním vedľajších produktov rastlín. V našom pokuse pri integrovanej sústave by bilancia dusíka činila 9,0 kg N.ha<sup>-1</sup> a percento nahradenia dusíka by bolo na úrovni 104,7 %. Výrazné zlepšenie bilancie by v prípade zaorania vedľajších produktov plodín nastalo pri draslíku, keďže na I/OR bol deficit draslíka -119,2 kg.ha<sup>-1</sup> a jeho percento nahradenia bolo na úrovni 33,7 % a v prípade, ak by sa slama ako vedľajší produkt zaorala, by bilancia draslíka na hnojenom variante integrovanej sústavy činila iba -18,96 kg K.ha<sup>-1</sup> a nahradenie draslíka by bolo na úrovni 85,4 %.

9. S ohľadom na potrebnú ročnú dávku maštalného hnoja, ktorá predstavuje 10 t.ha<sup>-1</sup> odporúčame zvýšenie celkovej dávky maštalného hnoja na šesť honový osevný postup na 60 t.ha<sup>-1</sup> a aplikáciu rozdeliť do dvoch dávok napr. 30 + 30 t MH.ha<sup>-1</sup>.

10. Zo štatistického hodnotenie korelačných závislostí vyplýva, že sila korelačných vzťahov medzi úrodou hlavného produktu a odberom konkrétnej makroživiny (N, P, K, Ca, Mg, S) bola vyššia na hnojených variantoch výživy v integrovanej aj v ekologickej sústave ako na nehnojených variantoch výživy. V ekologickej sústave boli všetky korelačné závislosti vysoko preukazné a mali vyššie hodnoty korelačných koeficientov ako ich analogické prípady v integrovanej sústave hospodárenia na pôde.

## 6. NÁVRH NA VYUŽITIE VÝSLEDKOV

Podľa výsledkov môžeme odporučiť nasledovné opatrenia na dosiahnutie vyrovnanějších bilancií.

Mierne negatívna bilancia dusíka na hnojenom variante integrovanej sústavy (-21,2 kg.ha<sup>-1</sup>, nahradenie na 89,7 %) sa môže považovať za pomerne vyhovujúcu, vzhľadom na jeho veľmi zložitý cyklus, kde je dosť obtiažna presná kvantifikácia jednotlivých položiek vstupov a výstupov (biogénna fixácia, atmosférický spád, vyplavenie, volatilizácia, nitrifikácia a denitrifikácia, atď.). Úplne vyrovnanú, prípadne pozitívnu bilanciu dusíka by sme mohli dosiahnuť zvýšením dávok dusíka prostredníctvom priemyselných hnojív o 20-30 kg N.ha<sup>-1</sup>, pričom by



celkové dávky N negatívne neovplyvnili životné prostredie, nakoľko priemerné dávky N boli len necelých 70 kg.ha<sup>-1</sup> (organické + priemyselné hnojivá) a ich zvýšením o 30 kg by celkové dávky dusíka dosiahli úroveň okolo 100 kg.ha<sup>-1</sup>. Ďalšou možnosťou pri dosahovaní vyrovnanějších bilancií dusíka je zabezpečiť recykláciu organickej hmoty zaorávaním vedľajších produktov rastlín. Plodiny v osevnom postupe IS odobrali priemerne prostredníctvom vedľajších produktov 15,1 kg N.ha<sup>-1</sup>. Ich zapracovaním späť do pôdy by sme dosiahli vyrovnanú, resp. mierne pozitívnu bilanciú dusíka. Pri zapracovaní pozberových zvyškov však treba brať ohľad na široký pomer C:N v slame obilnín, čo spôsobuje imobilizáciu dusíka mikroorganizmami. V takom prípade treba pre potreby mikroorganizmov zabezpečiť ďalší zdroj dusíka a to v integrovanej sústave využitím menších dávok priemyselných hnojív alebo tiež organických hnojív a v ekologickej sústave využitím kvapalných organických hnojív (hnojovica, močovka), prípadne hnojenie slamou v kombinácii s podsevom ďateliny bielej na zelené hnojenie. Takto sa nakrátko porezaná slama ponechá na strnisku a po prerastení ďateliny sa celá hmota na jeseň zaorie, pričom ďalšie hnojenie dusíkom už nie je potrebné. Ďalším opatrením na zlepšenie bilancií dusíka v ekologickej sústave okrem už spomínaných opatrení je pestovanie plodín na zelené hnojenie. Okrem toho, že obohacujú pôdu o dusík (fixácia, príjem z ťažšie prístupných foriem), taktiež zabraňujú jeho stratám. Jedným z najvýznamnejších zdrojov dusíka pre ekologicke poľnohospodárstvo však naďalej ostávajú rôzne organické hnojivá. Výsledky našich pokusov poukazujú na to že, zvýšením ich dávok, prípadne ich častejšou aplikáciou sa dajú dosiahnuť priaznivejšie bilancie nielen dusíka ale aj ostatných živín. V súčasnosti je v ekologickej poľnohospodárstve povolené používanie širokého sortimentu kompostov a iných organických zdrojov N z ponuky rôznych výrobcov. Pri využívaní rôznych zdrojov dusíka je potrebné dbať na to, aby bilancia N nevykazovala výrazný nadbytok. Tento jav je však možné častejšie pozorovať hlavne v krajinách západnej Európy, než v podmienkach Slovenska. Ako uvádza Eckert (1999, cit. in OECD, 2001), že v súlade so všeobecným názorom je „bezpečný“ nadbytok dusíka taký, ktorý prostredníctvom vyplavenia nitrátov negatívne neovplyvňuje kvalitu vodných zdrojov na úrovni 50 kg.ha<sup>-1</sup>. rok<sup>-1</sup>.

Na hnojenom variante integrovanej sústavy sme zistili vyrovnanú bilanciú, resp. mierny nadbytok fosforu, čo potvrdzuje správnosť voľby metódy hnojenia pri zohľadnení obsahu prístupného fosforu v pôde a požiadaviek plodín na tento prvok. Opačná situácia bola v ES, kde sa zistil výrazný deficit fosforu. Množstvo fosforu dodaného maštalným hnojom

bolo nedostatočné, a ani zapracovanie pozberových zvyškov späť do pôdy, by úplne nezabezpečilo vyrovnanú výslednú bilanciu. Z tohto dôvodu odporúčame používanie prírodných zdrojov fosforu ako sú mleté fosfáty alebo ďalšie zdroje ako apatit super, hyperkorn a donaukorn, ktorých použitie v ekologickom poľnohospodárstve povoľuje Zákon NR SR č. 421/2004 Z. z.

Najvýraznejšie deficity v oboch sústavách sme zistili pri draslíku. Dôvody, ktoré spôsobili takéto deficity draslíka sme už opisovali v kapitole „Výsledky a diskusia“. Dosahovanie vyrovnanejších bilancií draslíka v IS môžeme dosiahnuť zvýšením dávok draslíka cez priemyselné hnojivá. Zapracovaním pozberových zvyškov pestovaných plodín sa do pôdy dostávajú významné množstvá draslíka, ktoré už potom netvoría položku na strane výstupov. V našich pokusoch predstavovali tieto hodnoty 50,1 kg K.ha<sup>-1</sup> v IS a 36,5 kg K.ha<sup>-1</sup> v ES. Rovnako ako pri fosfore, tak aj pri draslíku je povolené používanie prírodných zdrojov K na výživu rastlín v ekologickom poľnohospodárstve. Sú to draselné soli (KCl) a tiež síran draselný od rôznych dodávateľov. Využitím týchto zdrojov draslíka je možné dosahovanie vyrovnanejších bilancií tejto živiny aj v ekologickom systéme hospodárenie na pôde.

Množstvá vápnika z maštalného hnoja a z priemyselných hnojív (LAV, superfosfát) v integrovanej sústave sa ukázali ako nedostatočné, ale ďalšia aplikácia vápnika prostredníctvom udržiavacieho vápnenia mala za následok vysoko pozitívnu bilanciu. V ekologickej sústave sme zistili významný deficit vápnika, nakoľko v tomto systéme absentovalo udržiavacie vápnenie, čo sa v IS ukázalo ako rozhodujúci zdroj vápnika pre rastliny. Preto odporúčame aj v ekologickej sústave realizáciu udržiavacieho vápnenia, nakoľko vápnik z vápenných hmôt nie je len zdrojom vápnika pre rastliny, ale výrazne ovplyvňuje aj fyzikálne vlastnosti pôdy a tiež pH. Pre vápnenie je možné využiť rôzne vápence, ktoré sú uvedené v Zozname hnojív a pôdnych pomocných látok povolených v ekologickom poľnohospodárstve (č. j. 4713/2007).

Z výsledkov bilancií horčíka v oboch systémoch vyplýva, že vstupy horčíka prostredníctvom maštalného hnoja sú nedostatočné, dokonca ani pri zapracovaní vedľajších produktov plodín sa bilancie horčíka úplne nevyrovňajú. Z toho vyplýva odporúčenie používania prírodných zdrojov horčíka (síran horečnatý, dolomitický vápenec, a.i.) alebo vyšších dávok organických hnojív. Hnojenie horčíkom je dôležité napriek tomu, že pôdy v Slovenskej republike sú pomerne dobre zásobené touto živinou, avšak pri dlhodobom trvajúcich bilančných deficitoch môže klesnúť obsah prístupného Mg hlavne na ľahkých piesočnatých pôdach do

kategórie strednej (vyhovujúcej) alebo malej zásoby. Tento jav už bol pozorovaný na niektorých lokalitách západného Slovenska.

Rovnako ako pri dusíku, tak aj pri síre je zložitý presne kvantifikovať vstupy a výstupy, nakoľko cyklus síry zahŕňa množstvo procesov (mineralizácia, imobilizácia, desulfurikácia, atď.). Tak isto chýbajú presnejšie údaje o depozícií síry a o množstvách vyplavenej síry. Dosahovanie priaznivejších výsledkov pri bilancovaní tejto živiny môžeme dosiahnuť zapracovaním pozberových zvyškov do pôdy, ale hlavne používaním hnojív s obsahom síry (DASA 26/13, DASA 26/5, Duslofert Extra NPK 14-10-20 + 7 S, Duslofert Extra NPK 12-8-15 + 5 MgO + 5 S) a to hlavne pri plodinách náročných na síru. V ekologickom poľnohospodárstve môžeme rovnako využiť zapracovanie vedľajších produktov na dosiahnutie priaznivejších bilancií síry a tiež využiť zdroje síry, ktorých použitie je povolené aj v ekologickom poľnohospodárstve (síran draselný, síran horečnatý a tekutý Klomag SNB).

Nakoľko organické hnojivá značne ovplyvňujú bilanciáciu živín a dávka 40 t.ha<sup>-1</sup> MH sa nám javí ako nedostatočná, odporúčame v budúcnosti zvýšenie celkovej dávky maštalného hnoja na 60 t.ha<sup>-1</sup> v rámci osevného postupu a aplikáciu rozdeliť do dvoch dávok napr. 30 + 30 t MH.ha<sup>-1</sup>.

## 7. POUŽITÁ LITERATÚRA

1. BUJNOVSKÝ, R.: Zásady správneho používania hnojív. Kódex správnej poľnohospodárskej praxe. 2000, 68 s.
2. BUJNOVSKÝ, R.- LOŽEK, O.: Zásady výpočtu dávok hnojív a ich aplikácie. Bratislava VÚPU, 1996, 56 s. ISBN 80-85361-16-7
3. HALÁS, L. – GÁBORÍK, Š.: Porovnanie analýz pôd metódami Mehlich III. a Mehlich II. Agrochémia, 40, 2000, č.3, s.21-24
4. HANES, J.- MUCHA, V.- SISÁK, P.- SLOVÍK, R.: Charakteristika hnedozemnej pôdy na výskumno-experimentálnej báze AF VŠP Nitra, Dolná Malanta. Nitra: VES VŠP v Nitre, 1993, 49 s. ISBN 80-7137-095-9
5. MICHALÍK, I.- LOŽEK, O.: Optimalizácia dusíkatej výživy porastov ozimnej pšenice počas vegetácie. Rostlinná výroba, 31, č. 5, 1985, s. 487-494
6. OECD: Environmental indicators for agriculture. Vol. 3. Methods and results. OECD, Paris, 2001, 398 p.
7. ŠPÁNIK, R.- REPA, Š.- ŠÍŠKA, B.: Agroklimatické a fenologické pomery Nítry. SPU Nitra, VES SPU, 2002, 52 s., ISBN 80-7137-987-5

## 8. ZOZNAM PUBLIKOVANÝCH PRÁC AUTORA

1. **JAKUB, P.** : Bilancia dusíka, fosforu a draslíka v integrovanom a ekologickom systéme hospodárenia na pôde. In: MendelNET 03-konferencia posluchaču postgraduálneho doktorského štúdia. Brno: ES MZLU Brno, 2003, s.22. ISBN 80-7157-723-5
2. KOVÁČIK, P.– LACKO-BARTOŠOVÁ, M. -LOŽEK, O. -**JAKUB, P.** : Odber síry a horčíka v integrovanom a ekologickom systéme pestovania poľných plodín. In: Efektívnosť hnojív obsahujúcich síru a horčík vo výžive rastlín. Medzinárodné sympóziu v Šoporňi, SPU Nitra a Duslo, a.s. Šaľa, 2003, s.141-147
3. VARGA, L. – DUCSAY, L. - **JAKUB, P.** : Vplyv aplikácie Vermisolu na tvorbu úrody plodov a obder živín pri pestovaní zeleninovej papriky. In: Efektívnosť hnojív obsahujúcich síru a horčík vo výžive rastlín. Medzinárodné sympóziu v Šoporňi. SPU Nitra a Duslo, a.s. Šaľa, 2003, s.177-183
4. DUCSAY, L. – VARGA, L. – **JAKUB, P.** : Vplyv optimalizovaného hnojenia na tvorbu fytomasy póru pestovaného. In: Výživa rastlín v trvale udržiteľnom zemédelství. Brno: MZLU, 2003, s. 208-212.
5. **JAKUB, P.** : Výhody a nevýhody listovej aplikácie hnojív. In: Naše pole, roč. VIII. , 2004, č.4, s. 39. ISSN 1335-2466
6. **JAKUB, P.** : Bilancia dusíka, fosforu a draslíka v integrovanom a ekologickom systéme hospodárenia na pôde. XI. medzinárodná vedecká konferencia študentov a doktorandov. Nitra: SPU, 2005, s.22. ISBN 80-8069-505-9
7. **JAKUB, P.** - LOŽEK, O. : Bilancia živín v integrovanom a ekologickom systéme hospodárenia na pôde. In: MendelNET `07 AGRO-konferencie posluchačů postgraduálneho doktorského štúdia. Brno: ES MZLU Brno, 2007, s.30. ISBN 978-80-7375-119-7
8. **JAKUB, P.**: Balance of nitrogen, phosphorus and potassium in integrated and ecological farming system. In: Agri-environment and animal welfare. Book of abstracts from 2nd International conference on agricultural and rural development. Nitra: VES SPU Nitra, 2007, s. 48. ISBN 978-80-8069-961-1
9. VARGA, L. – MARČEK, M. – JAKUB, P.: Zásady hnojenia kukurice. In: Naše pole, roč. XI., 2008, č.1, s. 40-41 ISSN 1335-2466
10. **JAKUB, P.** - LOŽEK, O. – VARGA, L. – MARČEK, M.: Bilancia vápnika, horčíka a síry v integrovanom a ekologickom systéme hospodárenia na pôde. In: Agrochémia, roč. II. (38), č.2, 2008, s. 20-23. ISSN 1335-2415