

BALANCE OF NUTRIENTS IN CROP ROTATION UNDER THE APPLICATION OF DECAYED SLUDGE AS ORGANIC FERTILIZER

BILANCIA ŽIVÍN V OSEVNOM POSTUPE PRI APLIKÁCII VYHNITÉHO KALU AKO ORGANICKÉHO HNOJIVA

Bašistová S., Ložek O.

Katedra agrochémie a výživy rastlín, FAPZ, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Trieda Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika.

E-mail: stankab@pobox.sk, Otto.Lozek@uniag.sk

ABSTRACT

In field semi- operational experiment performed in years 2001 - 2003 at Kolíňany on loamy-sand soil with weak acid soil reaction the inputs and outputs of NPK nutrients in/out of farming system were quantified and the balance of main nutrients under 5 variants of nutrition was calculated. There were included four crops in rotation represented by maize for silage, spring barley, sugar beet and sunflower. Variants of fertilization were differentiated under each crop by different rates of organic fertilizers. Total balance of nutrients on the average of three years showed that the highest deficit of nitrogen ($N = -68,33 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$) and potassium ($K = -59 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$) was found out in control variant (NPK). Deficit of nitrogen was also found in the variants fertilized by decayed sludge fluctuating from -14 (DS 100) to $-42 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$. Surplus of nitrogen was recorded in variants fertilized with farm-yard manure ($+13,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ - FYM- 25 and $+79 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ - FYM 50, respectively). Balance of P was positive in all fertilized variants fluctuating from $5,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ (control variant) to $35,7 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ (FYM 50). Positive balance of K was found out in variants with applied organic fertilizers. Its values fluctuated from $+14,2$ (DS- 50) to $+102,7 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ (FYM- 50).

Key words: balance of nutrients, farm-yard manure, decayed sludge, NPK- fertilizer

ABSTRAKT

V poľnom poloprevádzkovom pokuse realizovanom v rokoch 2001 - 2003 v ŠPP Kolíňany na hlinitopiesočnatej pôde so slabou kyslou pôdnou reakciou sme kvantifikovali vstupy a výstupy N, P, K z poľnohospodárskej sústavy a vypočítali bilanciu hlavných živín pri piatich variantoch výživy. Do oševného postupu boli zaradené štyri plodiny (kukurica siata na siláž, jačmeň siaty jarný, repa cukrová a slnečnica ročná). Varianty hnojenia boli pri každej plodine diferencované rozdielnymi dávkami organických hnojív. Pri celkovom bilancovaní živín v priemere troch pokusných rokov bol zistený najvyšší deficit dusíka ($N = -68,33 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) a draslíka ($K = -59 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) na kontrolnom variante. Deficit dusíka bol zistený aj na variantoch hnojených vyhnitým kalom pohybujúci sa od $-14, 0$ (kal -100) do $-42 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Nadbytok dusíka bol zistený na variantoch hnojených maštal'ným hnojom ($+13,3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$: MH- 25, resp. $+79 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$: MH- 50). Bilancia fosforu bola

kladná na všetkých variantoch hnojenia pohybujúca sa od 5 (kontrola) do 35,7 kg. ha⁻¹.rok⁻¹ (MH- 50). Kladná bilancia K bola zistená na variantoch s aplikovanými organickými hnojivami a jej hodnoty sa pohybovali od + 14,2 (kal- 50) do + 102,7 kg.ha⁻¹.rok⁻¹(MH- 50).

Kľúčové slová: bilancia živín, maštalný hnoj, vyhnitý kal, NPK- hnojivo

ÚVOD

Bilancia živín a sledovanie ich účinnosti je vhodným prostriedkom pre rýchlu diagnostiku situácie v hospodárení so živinami na rôznych úrovniach agroekosystému (Klír, 2000). Dlhodobý prebytok v bilancii živín indikuje možné znečistenie životného prostredia, zatiaľ čo trvalý deficit signalizuje vyčerpanie pôdných zásob. V oboch prípadoch môže nastať narušenie stabilného stavu (Torma, 2003).

Základným princípom trvalej udržateľnosti využívaných pôd je vyrovnaná bilancia organických látok a živín v systéme hospodárenia.

Z hľadiska vyrovnanej bilancie organických látok, je potrebná dávka maštalného hnoja 10 t.ha⁻¹.rok⁻¹. V súčasnosti sa dostávajú do popredia rôzne alternatívne formy využívania organickej hmoty. Jednou z možností, ktorá zároveň prispieva k ochrane životného prostredia, je kontinuálna anaeróbna fermentácia exkrementov hospodárskych zvierat pri súčasnej výrobe bioplynu. Získaný vedľajší produkt – vyhnitý substrát (kal) používaný na hnojenie poľných plodín je nepáchnuca a z hygienického hľadiska nezávadná, tmavá amorfná zmes suspenzných a koloidných látok. Autori Pospíšil a Bitter (2001) charakterizujú vyhnitý kal ako pohotovú zdroj dusíka s hodnotou pH od 7,63 do 8,5, ktorý neokysľuje pôdu, prispieva k lepšiemu využitiu fosforu z pôdy a zvyšuje obsah organickej hmoty v pôde. Hnojivé využitie vyhnitého substrátu znižuje nároky na potrebu priemyselných hnojív, výrazne redukuje požiadavky na pesticídy, zlepšujú sa hydrofyzikálne vlastnosti pôdy, čo má pozitívny vplyv na celkový vlhový režim pôdy (Igaz, 2001).

MATERIÁL A METODIKA

Na sledovanie využitia a účinkov substrátu po kontinuálnej výrobe bioplynu na pôdu, úroveň a kvalitu rastlinnej produkcie bol od v rokoch 2001-2003 realizovaný poľný poloprevádzkový pokus v ŠPP v Koliňanoch v blízkosti vybudovanej bioplynovej stanice na piesočnato- hlinitej hnedozemi na spraši.

Parcela je zaradená v BPEJ 0244205, podľa produkčného potenciálu je v kategórii 2.

Agrochemická charakteristika pôdy pred založením pokusu je uvedená v tabuľke 1.

Tabuľka 1: Agrochemické vlastnosti pôdy pred založením pokusu (Kolíňany, rok 2001)

Hĺbka (m)	Obsah prístupných živín v pôde (mg.kg ⁻¹)					N	C _{ox} (%)	C : N	pH/KCl
	N _{an}	P	K	Ca	Mg	(%)			
0,0-0,3	6,80	21	200	2 600	275	0,18	1,24	6,89	5,7

V oševnom postupe bola pestovaná kukurica siata na siláž, slnečnica ročná, jačmeň siaty jarný a repa cukrová.

Predsejbové hnojenie bolo uskutočnené na všetkých variantoch hnojenia kombinovaným hnojivom NPK 15-15-15 v rovnakej dávke 250 kg. ha⁻¹ ku všetkým plodinám zaradeným v oševnom postupe. Varianty hnojenia sú pri každej plodine diferencované rozdielnymi dávkami organických hnojív:

1. variant kontrola = NPK 15-15-15
2. variant MH 25 = NPK 15-15-15 + maštal'ný hnoj v dávke 25 t. ha⁻¹
3. variant kal 50 = NPK 15-15-15 + kal v dávke 50 t. ha⁻¹
4. variant MH 50 = NPK 15-15-15 + maštal'ný hnoj v dávke 50 t. ha⁻¹
5. variant kal 100 = NPK 15-15-15 + kal v dávke 100 t. ha⁻¹

Maštal'ný hnoj bol aplikovaný na jeseň v roku 1999 v dávke 40 t. ha⁻¹ a na jeseň v rokoch 2001 a 2002 v dávke určenej metodikou pokusu. Vyhnitý substrát bol aplikovaný vo všetkých experimentálnych rokoch. Chemický rozbor aplikovaných organických hnojív je uvedený v tabuľke 2.

Tabuľka 2: Chemický rozbor organických hnojív

Materiál	Rok	Obsah živín v mg.kg ⁻¹ sušiny						C _{ox} %	Sušina %
		N	P	K	Ca	Mg	S		
Vyhnitý kal	2001	16 827	4 688	52 800	17 500	7 875	4 500	29,99	1,33
Vyhnitý kal	2002	22 658	4 226	54 727	22 093	6 388	6 750	34,46	1,66
Vyhnitý kal	2003	23 924	5 276	45 022	39 773	9 199	8 929	35,25	6,32
Maštal'ný hnoj	2002	27468	5 812	24 321	16 350	5 109	7 750	-	21,19
Maštal'ný hnoj	2003	16 805	3 242	23 236	34 232	4 098	5 187	-	22,93

Odber živín úrodou dosiahnutou v rokoch 2001 až 2003 sa vypočítal na základe dopestovanej hospodárskej úrody a stanoveného obsahu makroživín v hlavnom a vedľajšom produkte.

Bilancia živín (N,P,K) bola vypočítaná podľa rovnice:

$$\text{ČISTÁ BILANCIA} = \text{VSTUPY} - \text{VÝSTUPY}$$

Pri bilancovaní sa počítalo so vstupmi do sústavy cez priemyselné hnojivá, organické hnojivá (maštal'ný hnoj a biokal), osivo, pri dusíku a draslíku aj prostredníctvom

atmosferického spad. Výstup NPK živín zo sústavy bol vypočítaný z odberu živín úrodou hlavného a vedľajšieho produktu, pri dusíku sa počítalo aj so stratami dusíka denitrifikáciou, volatilizáciou a vyplavovaním.

Percento nahradenia vstupov a výstupov sa vypočítalo podľa vzorca:

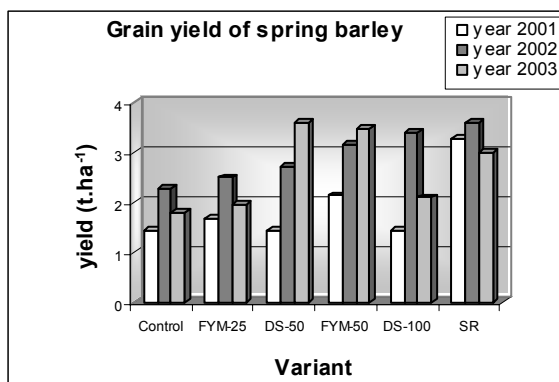
$$\% \text{ NAHRADENIA} = \frac{\text{VSTUPY ŽIVÍN}}{\text{VÝSTUPY ŽIVÍN}} \cdot 100$$

VÝSLEDKY A DISKUSIA

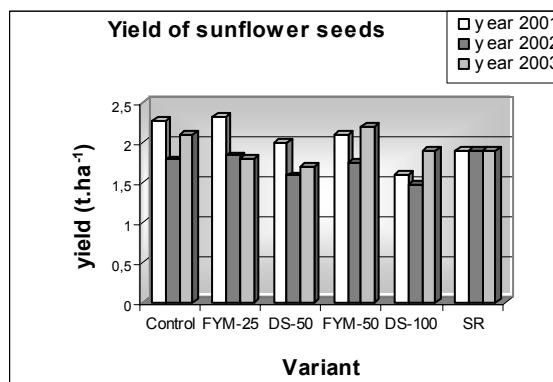
V rastlinnej produkcii má hlavné postavenie pri bilancovaní živín hodnotenie vstupov živín do pôdy prostredníctvom priemyselných a organických hnojív, a na druhej strane hodnotenie výstupov živín z pôdy vo forme úrod pestovaných plodín.

Úrody poľnohospodárskych plodín sú odrazom integrovaného vplyvu klimatických a pôdných činiteľov pôsobiacich na rastlinný organizmus v priebehu rastu a vývinu. Ide o polyfaktoriálny, a tým i komplexný účinok, do ktorého však mnohostranne zasahuje človek na základe svojich poznatkov (Fecenko, Ložek, 2000).

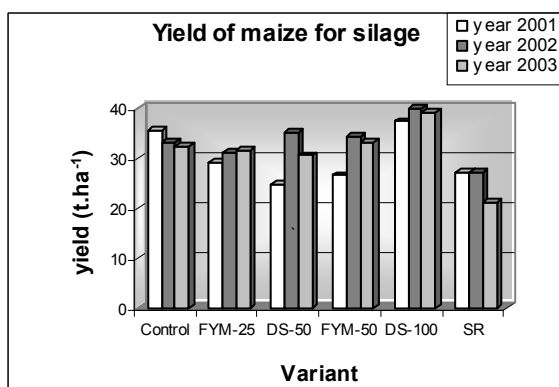
Úrody pestovaných plodín dosiahnuté v rokoch 2001 až 2003 sú znázornené na obr. 1-4.



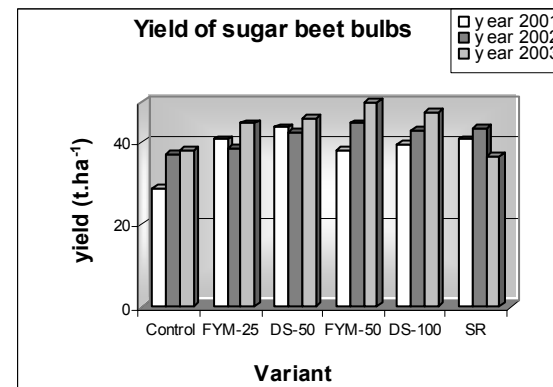
Obrázok 1-úroda zrna jačmeňa jarného



Obrázok 2-úroda slnečnice ročnej



Obrázok 3-úroda kukurice siatej na siláž



Obrázok 4-úroda buliev repy cukrovej

Poznámka: SR – Slovenská republika
FYM – maštal'ný hnoj
DS – vyhnitý substrát (kal)

Úrodotvorný efekt vyhnitého kalu sa prejavil pri pestovaní kukurice na siláž a repe cukrovej. V priemere troch pokusných rokov najvyššia úroda kukurice na siláž sa dosiahla na variante hnojenom kalom v dávke $100\text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, v porovnaní s kontrolou zvýšenie predstavovalo 14,9%. Najvyššia úroda buliev repy cukrovej sa dosiahla na variante kal 50, čo je nárast v porovnaní s kontrolou o 26,1%.

Odber živín hlavným a vedľajším produktom pestovaných plodín tvorí najväčšiu položku výstupov. Najvyšší odber dusíka, v prepočte na jednu plodinu zaradenú v osevnom postupe, ($89,8\text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) bol na variante kal 100.

Najvyšší odber fosforu ($14,4\text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) a draslíka ($98,2\text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) bol na variante s aplikovaným maštalným hnojom v dávke $50\text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tabuľka 3).

Chemická analýza aplikovaných organických hnojív umožňuje kvantifikovať vstup živín prichádzajúcich do pôdy (tabuľka 2). Aplikáciou $50\text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ maštalného hnoja sa do pôd dodalo $161,2\text{ kg N}$, $32,9\text{ kg P}$ a $174,7\text{ kg K}$. Vstup živín aplikovaním kalu v dávke $100\text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ je podstatne nižší.

Pri celkovom bilancovaní živín v trojročnom poľnom poloprevádzkovom pokuse bola v priemere dosiahnutá negatívna bilancia dusíka na kontrolnom variante ($-68,3\text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) a variantoch s aplikovaným kalom, s vyšším deficitom na variante kal 50 ($-42\text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, resp. $-14\text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ na variante kal 100).

K vyrovnanej bilancií dusíka v danej poľnohospodárskej sústave je najbližšie variant MH 25. Odčerpalo sa o $15\text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ menej ako sa aplikovalo, to znamená, že sa nahradilo 113,5% dusíka. Nadbytok N (viac ako $50\text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), považovaný za kritérium hodnotenia možného negatívneho vplyvu dusíka na životné prostredie, bol zistený na variante hnojenom maštalným hnojom v dávke $50\text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($+79,1\text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$). Negatívna bilancia dusíka, ktorá je však priaznivá z pohľadu ochrany vodných zdrojov pred znečistením touto živinou, nemôže byť akceptovaná z pohľadu stabilizácie rastlinnej produkcie (Bujnovský, Miklovič, 2002). Samotné hodnoty bilancie dusíka nepresahujúce $+50\text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, nie sú uspokojivou zárukou ochrany vodných zdrojov pred znečistením touto živinou (OECD, 2001).

Pozitívna bilancia fosforu bola na všetkých variantoch hnojenia. Prebytok fosforu sa pohyboval od $+5,0\text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ (kontrola) do $+35,7\text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ (MH 50). Bilančný prebytok fosforu do $10\text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ je hodnotený ako nízky, vysoký prebytok fosforu je nad $20\text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (MP SR, 2004).

Na variantoch hnojených organickými hnojivami bol zistený prebytok draslíka pohybujúci sa od $14,2$ (kal- 50) do $102,7\text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ (MH 50).

Na pôdach s vysokým obsahom fosforu a draslíka je pozitívna bilancia týchto živín indikátorom neefektívnych vstupov z pohľadu ekonomiky rastlinnej výroby. V našom pokuse na lokalite s nízkym obsahom fosforu a stredným obsahom draslíka, kladná bilancia týchto živín plní funkciu postupného zvyšovania obsahu P a K živín do cieľovej kategórie, t.j. do

„dobrého“ obsahu prístupných živín v pôde. Po dosiahnutí optimálneho obsahu fosforu a draslíka v pôde je potrebné už realizovať vyrovnanú bilanciu živín.

ZÁVER

Deficit dusíka bol pri celkovom bilancovaní zistený aj na variantoch hnojených vyhnitým kalom. Pohyboval sa od $-14,0$ na variante kal 100, do $-42 \text{ kg. ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ na variante kal 50. Najvyšší deficit dusíka ($N = -68,33 \text{ kg. ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$) ako aj draslíka ($K = -59 \text{ kg. ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$), bol v priemere troch pokusných rokov zistený na kontrolnom variante. Na variantoch hnojených maštal'ným hnojom bol zistený nadbytok dusíka ($+13,3 \text{ kg. ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$: MH 25, resp. $+79 \text{ kg. ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$: MH 50). Bilančný prebytok dusíka na variante hnojenom maštal'ným hnojom v dávke 50 t.ha^{-1} , predstavuje už reálne nebezpečenstvo ohrozenia zložiek životného prostredia.

Bilancia fosforu bola kladná na všetkých variantoch hnojenia, pohybujúca sa od 5 (kontrola) do $35,7 \text{ kg. ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ (MH 50). Kladnú bilanciu P na všetkých variantoch hnojenia možno hodnotiť ako investíciu do úrodnosti pôdy, a to z dlhodobého pohľadu, vzhľadom k veľmi malému obsahu prístupného fosforu v pôde.

Kladná bilancia K bola zistená na všetkých variantoch s aplikovanými organickými hnojivami a jej hodnoty sa pohybovali od $+14,2$ (kal 50) do $+102,7 \text{ kg. ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ (MH 50). Potvrdilo sa, že organické hnojivá sú významným zdrojom draslíka, čo je potrebné zohľadniť aj pri určovaní dávok priemyselných hnojív.

LITERATÚRA

- Bujnovský, R., Miklovič, D., 2002. Efektívne využívanie živín v poľnohospodárskom podniku – nevyhnutná súčasť úspešného hospodárenia. In: Agrochémia, VI.(42.), 2002, 1, 28-30.
- Fecenko, J., Ložek, O., 2000. Výživa a hnojenie poľných plodín. Nitra: SPU, 2000, 452 s.
- Igaz, D., 2001. Spracovanie tekutých organických odpadov a ich využitie v poľnohospodárskej krajine z hľadiska ochrany životného prostredia. Autoreferát dizertačnej práce. Nitra: SPU, 2001, 25 s.
- Klír, J. 2000. Balance rostlinných živin. Stud. Informace- Rostl. Výr. Praha: ÚZPI, 2000, 60 s.
- Kováčik, P. 2001. Metodika bilancie živín v pôdach ekologicky hospodáriacich podnikov. Nitra: SPU, 2001, 44 s. ISBN 80-7137-957-3
- MP SR. 2005. Návrh vyhlášky. Zákon o ASP.
- OECD, 2001. Environmental indicators for agriculture. Vol. 3. Methods and results. Paris: OECD, 398 s.

Pospíšil, R., Bitter, J. 2001. 2001. Vplyv využitia vyhnitého kalu po výrobe bioplynu na úrodnosť pôdy. In: Naše pole, V., 2001, 10., s. 35-37

Torma, S., 2003. Bilanci živín v poľnohospodárskych pôdach a jej výsledky v SR. In: Agro, VIII. 2003, 6, s. 38-40.

Tabuľka 3: Bilancia rastlinných živín (priemer rokov 2001 – 2003), Kolíňany

VSTUPY ŽIVÍN kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹	N (kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹)					P (kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹)					K (kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹)				
	Kontrola	MH 25	Kal 50	MH 50	Kal 100	Kontrola	MH 25	Kal 50	MH 50	Kal 100	Kontrola	MH 25	Kal 50	MH 50	Kal 100
Priemyselné hnojivá	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	31.1	31.1	31.1	31.1	31.1
Maštalný hnoj	-	80.6	-	161.2	-	-	16.5	-	33.0	-	-	87.4	-	174.8	-
Vyhnitý substrát	-	-	34.8	-	69.7	-	-	7.8	-	15.6	-	-	69.8	-	139.6
Osivo	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Atmosférická depozícia zrážkami	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	-	-	-	-	-	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
CELKOVÉ VSTUPY	45.8	126.4	80.6	207.0	115.5	16.7	33.2	24.5	49.7	32.3	36.4	123.8	106.2	211.2	176.0
VÝSTUPY ŽIVÍN kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹	N (kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹)					P (kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹)					K (kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹)				
	Kontrola	MH 25	Kal 50	MH 50	Kal 100	Kontrola	MH 25	Kal 50	MH 50	Kal 100	Kontrola	MH 25	Kal 50	MH 50	Kal 100
Odber živín úrodou hlavného produktu	52.0	51.1	56.9	63.7	63.7	9.0	9.7	9.3	10.6	10.7	51.8	49.4	45.4	56.8	58.9
Odber živín úrodou vedľajšieho produktu	25.1	24.9	28.7	27.2	28.8	2.7	2.9	3.1	3.4	3.1	34.9	41.1	46.6	51.7	44.3
Plynné straty N	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vyplavovanie	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Celkové výstupy	114.1	113.0	122.6	127.9	129.5	11.7	12.6	12.4	14.0	13.8	86.7	90.5	92.0	108.5	103.2
	N (kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹)					P (kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹)					K (kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹)				
	Kontrola	MH 25	Kal 50	MH 50	Kal 100	Kontrola	MH 25	Kal 50	MH 50	Kal 100	Kontrola	MH 25	Kal 50	MH 50	Kal 100
Čistá bilancia	- 68.3	13.4	- 42.0	79.1	- 14.0	5.0	20.6	12.1	35.7	18.5	- 50.3	33.3	14.2	102.7	72.8
Percento nahradenia	40.1	111.9	65.7	161.8	89.2	142.7	263.5	197.6	355.0	234.1	42.0	136.8	115.4	194.7	170.5

