

vedecký časopis pre racionálne využívanie agrochemikálií v poľnohospodárstve
scientific journal for rational utilization of agrochemicals in agriculture

AGRO

chémia | chemistry

volume XXII. (58)

2018

AGRO

c h é m i a

vedecký časopis pre racionálne využívanie
agrochemikálií v poľnohospodárstve



AGRO

c h e m i s t r y

scientific journal for rational utilization
of agrochemicals in agriculture

Ročník XXII. (58), číslo 2/2018, vydané október 2018

Vychádza dvakrát ročne

Šéfredaktor: prof. Ing. Otto Ložek, CSc.
Zást. šéfredaktora: doc. Ing. Pavol Slamka, PhD.
Vedúca redaktorka: doc. Ing. Oľga Roháčiková, PhD.

Redakčná rada:

predseda: prof. Ing. Otto Ložek, CSc.
prof. Ing. Jiří Balík, CSc. (ČZU Praha, ČR)
prof. Ing. Jaroslav Hlušek, CSc.
(MENDELU Brno, ČR)
Ing. František Kotvas, CSc.
Ing. Vincent Lacko
prof. Ing. Tomáš Lošák, PhD.
(MENDELU Brno, ČR)
prof. dr. hab. Barbara Filipek-Mazur
(Akademia Rolnicza, Krakow, Poľsko)
doc. Ing. Peter Ondříšek, CSc.
prof. Ing. Rostislav Richter, DrSc.
(MENDELU Brno, ČR)
doc. Ing. Pavol Slamka, PhD.
prof. Dr. hab. Ewa Szychaj-Fabisiak
(UT-P, Bydgoszcz, Poľsko)
prof. Ing. Pavel Tlustoš, CSc.
(ČZU Praha, ČR)
prof. Ing. Ján Tomáš, CSc.
Ing. Kamil Vali (Duslo, a. s.)
prof. Ing. Václav Vaněk, CSc.
(ČZU Praha, ČR)

Adresa redakcie: Vydavateľstvo SPU, Tr. A. Hlinku 2,
949 76 Nitra
Tel.: 037/641 45 69
Fax: 037/651 15 93
e-mail: olga.rohacikova@uniag.sk
otto.lozek@uniag.sk
pavol.slamka@uniag.sk

Vydavateľ: Slovenská poľnohospodárska univerzita
v Nitre, verejná vysoká škola,
Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra
IČO 00397482

Povolené MK SR pod registračným číslom 1711/97
Časopis je excerptovaný do medzinárodného systému
AGRIS FAO

Časopis je možné zakúpiť alebo objednať v predajni kníh
v suteréne pavilónu „CH“ SPU v Nitre

web: www.agrochemia.uniag.sk

Sadzba: Tatiana Šmehilová

ISSN 1335-2415, EV 3392/09

© SPU Nitra a Duslo, a. s., 2018

Volume XXII. (58), Number 2/2018

It is published twice a year

Editor-in chief: prof. Ing. Otto Ložek, CSc.
Co-Editor: doc. Ing. Pavol Slamka, PhD.
Executive editor: doc. Ing. Oľga Roháčiková, PhD.

Editorial board:

Chairman: prof. Ing. Otto Ložek, CSc.
prof. Ing. Jiří Balík, CSc. (ČZU Praha, CR)
prof. Ing. Jaroslav Hlušek, CSc.
(MENDELU Brno, CR)
Ing. František Kotvas, CSc.
Ing. Vincent Lacko
prof. Ing. Tomáš Lošák, PhD.
(MENDELU Brno, CR)
prof. dr. hab. Barbara Filipek-Mazur
(Akademia Rolnicza, Krakow, Poland)
doc. Ing. Peter Ondříšek, CSc.
prof. Ing. Rostislav Richter, DrSc.
(MENDELU Brno, CR)
doc. Ing. Pavol Slamka, PhD.
prof. Dr. hab. Ewa Szychaj-Fabisiak
(UT-P, Bydgoszcz, Poland)
prof. Ing. Pavel Tlustoš, CSc.
(ČZU Praha, ČR)
prof. Ing. Ján Tomáš, CSc.
Ing. Kamil Vali (Duslo, a.s.)
prof. Ing. Václav Vaněk, CSc.
(ČZU Praha, CR)

Address of editorial office: Publishing centre of SUA
Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, SR
Tel.: +421 37 641 45 69
Fax: +421 37 651 15 93
e-mail: olga.rohacikova@uniag.sk
otto.lozek@uniag.sk
pavol.slamka@uniag.sk

Permitted by MK SR with registration number 1711/97

The journal is comprised in international system of AGRIS FAO

The journal can be bought or ordered at the Slovak University
of Agriculture in Nitra

web: www.agrochemia.uniag.sk

Set-type: Tatiana Šmehilová

ISSN 1335-2415, EV 3392/09

© SPU Nitra and Duslo, a. s., 2018

Uplatnění mimokořenové výživy hořčíkem u révy vinné (*Vitis vinifera* L.)

Foliar application of magnesium to grapevine (*Vitis vinifera* L.)

Tereza Zezulová, Jaroslav Hlušek, Jakub Eibl, Mojmír Baroň, Ladislav Varga, Eduardo von Bennewitz, Tomáš Lošák

We monitored the effect of foliar applications of magnesium on yields and some qualitative parameters of grapevine cv. Zweigelt, locality Nosislav, South Moravia, Czech Republic, in three-year field experiment (2011–2013) The fertilizer was Epso Top (16% MgO, 13% S), applied 4x during vegetation (BBCH 15-19; 55; 75 and 83, respectively) at total rates of 1.93 kg.ha⁻¹ Mg and 3.86 kg.ha⁻¹ Mg (1.25% and 2.5% solutions). In a number of cases the year significantly affected the yields and yield quality. Grape yields (a 3-year average) increased with increasing rates of Mg by 7.6–11.2% over the unfertilized control. In the first two years the sugar content of the three treatments did not differ (20.0–20.9 °NM); in the last year it decreased in both of the fertilized treatments (17.3–16.6 °NM) in contrast to the unfertilized control (19.3 °NM). The contents of titratable acids and the pH of grape must did not differ significantly among the treatments (8.73–10.86 g.l⁻¹ and pH 3.02–3.25, respectively). The content of Mg in leaves (% dry matter) increased during vegetation; and on a 3-year average it increased at the stage of grape softening (BBCH 83) with increasing rates of fertilizers as follows: 0.36% Mg (control) – 0.44% Mg (lower rate of Mg) – 0.48% Mg (higher rate of Mg). Basing on the results we can recommend foliar applications of the Epso Top fertilizer also in vineyards with a good supply of soil Mg, particularly because it stimulates grape yields.

grapevine, foliar fertilization, magnesium, yield, sugar, titratable acids, pH of grape must

Réva vinná (*Vitis vinifera* L.) je jednou z ekonomicky nejzajímavějších plodin (24). Produkce kvalitních hroznů vhodných pro přípravu hodnotného vína závisí na řadě faktorů (4), včetně adekvátní výživy a hnojení (8, 17). Hořčík (Mg) je důležitý makrobiogenní prvek s řadou fyziologických funkcí v rostlině. Jeho význam je v mnoha směrech spojený s fotosyntézou. Tvóří centrální atom chlorofylu a aktivuje řadu enzymatických procesů v rostlině (1, 16). Deficit hořčíku redukuje obsah chlorofylu v listech a mění poměr mezi chlorofylem a:b. Vizually můžeme na listech pozorovat chlorózu, která začíná na starších listech, přičemž na bílých odrůdách se nedostatek Mg projevuje žlutým zbarvením okrajů listů, u modrých červeným zbarvením okolí hlavních cévních svazků na čepelích (mezižebná chloróza). Průměrný obsah Mg v listech se podle našich výsledků pohybuje kolem 0,3 % v sušině. Chloróza révy vinné se objevuje na listech v případě, když klesne koncentrace Mg v listech pod 0,15 % (8). Příčinou chlorózy je buď deficiencie hořčíku, vysoký obsah vápníku v půdě

(karbonátové půdy) či kombinace těchto faktorů (5, 11, 14). Příjem hořčíku keřem révy je také ovlivněn antagonistickým vlivem Ca a K, přičemž Garcia et al. (3) zjistili signifikantní redukci obsahu Mg v bobulích na půdách s vysokou zásobou Ca, která byla také spojena s nárůstem obsahu celkových kyselin. Skinner a Matthews (19) popisují deficienci Mg také na půdách s nízkou hodnotou půdní reakce (pH) ve vinici a nízkým obsahem fosforu. Deficit Mg může rovněž zvýšit riziko atrofie úponků (2, 13). Výskyt fyziologických chorob – scvrkávání bobulí (berry shrivel) a nekróza třapiny (stalk necrosis), které negativně ovlivňují kvalitu hroznů (pokles jejich cukernatosti a nárůst obsahu kyselin), jsou rovněž diskutovány v souvislosti s disharmonií ve výživě hořčíkem či draslíkem, ale nebyly dosud jednoznačně potvrzeny (9). Mimokořenová aplikace hnojiv obsahujících hořčík je obvyklou praktikou ke korekci výživářských disbalancí při pěstování révy vinné (4, 22, 23). Mimokořenovou výživou lze významně ovlivnit jak výnos, tak i kvalitu hroznů. Kromě toho lze zabránit i přehnojování půd a snížit riziko ohrožení životního prostředí. Při mimokořenové výživě lze dosáhnout až 85 % účinnosti živin, zatímco při aplikaci do půdy pouze 30 – 60 %. Současně je třeba zdůraznit, že hlavním místem příjmu živin je kořen a mimokořenová výživa je pouze doplňkem. Dávku 30–48 kg.ha⁻¹ Mg (při dobrém obsahu v půdě) není možné dostat do révového keře ani pěti opakovanými nízkoprocenními postřiky. Proto v příštím období musí následovat hnojení do půdy (při zásobě živiny v půdě v kategoriích nízká – vyhovující – dobrá). Nicméně mimokořenová výživa umožňuje operativní korekci výživného stavu révového keře a v případě mikrobiogenních prvků může pokrýt jejich celkovou potřebu. Její účinnost ovlivňuje nejen rychlost příjmu, ale i mobilita aplikovaných živin v rostlině. U nemobilních živin (patří k nim i hořčík) je proto třeba postřiky opakovat. Nemobilní živiny v rostlině mohou být ve foliární výživě velmi účinné a mohou odstranit příznaky deficiencie. Mimokořenová výživa je vysoce účinná i preventivně nebo v případech omezeného příjmu hořčíku z půdy, což je i za sucha, které se stává čím dál větším problémem pro zemědělství (6, 7).

Cílem 3-letého polního experimentu bylo posoudit vliv dvou dávek hořčíku aplikovaných formou mimokořenové výživy na výnos hroznů a jejich vybrané kvalitativní parametry.

Materiál a metody

Experimentální lokalita patřící podniku Vinice Hustopeče s. r. o., se nachází v Jihomoravském kraji v obci Nosislav (49° 0' 50" s. š., 16° 39' 16" v. d.), 20 km jižně od Brna, viniční trať Přední hory. Vinohrad je exponován na jihozápad v nadmořské výšce 185 m.n.m. s průměrným ročním úhrnem srážek 480 mm a průměrnou teplotou vzduchu 9,2 °C. Vinice byla vysazena v roce 2000, její celková rozloha je 7 ha a spon výsadby je 3 × 1 m s celkovým počtem 23 331 keřů (3 333 keřů na ha). Pěstovanou odrůdou je Zweigeltrebe. Pěstitelský tvar v pokusné vinici je střední vedení rýnsko-hessenské na 2 kordony. Meziřadí byla zatravněna a během vegetace 3 – 4-krát mulčována. Prostor mezi jednotlivými hlavami byl udržován v bezplevelném stavu pomocí herbicidů. Vinohrad je zahrnut v systému integrovaného pěstování rostlin. Z hlediska půdního druhu je na pokusné lokalitě těžká půda (jílovito-hlinitá), půdní typ černozem. Před založením pokusu byly odebrány vzorky půdy z hloubky 0 – 0,3 m a 0,3 – 0,6 m pro zjištění

Tabulka 1: Agrochemická charakteristika zeminy před založením experimentů
Table 1: Agrochemical characteristics of the soil before setting the experiment

	Obsah prvku (mg.kg ⁻¹) (1)					pH/CaCl ₂
	P	K	Ca	Mg	K : Mg	
Hloubka (2) 0 – 0,3 m	46	485	6 959	385	1,26	7,42
Obsah	nízký (3)	vysoký (4)	velmi vysoký (5)	dobrý (6)	dobrý (6)	alkalická (7)
Hloubka (2) 0,3 – 0,6 m	45	308	7 776	353	0,87	7,58
Obsah	nízký (3)	dobrý (6)	velmi vysoký (5)	dobrý (6)	dobrý (6)	alkalická (7)

(1) nutrient content in mg.kg⁻¹, (2) depth, (3) low, (4) high, (5) very high, (6) good, (7) alkaline

Tabulka 2: Varianty experimentu
Table 2: Treatments of the experiment

Varianta číslo (1)	Hnojivo (2)	Koncentrace roztoku (%) (3)	Celková dávka Mg (kg.ha ⁻¹) (4)
1	-	-	-
2	Epsa Top	1,25	1,93
3	Epsa Top	2,5	3,86

(1) treatment number, (2) fertilizer, (3) concentration of solution (%), (4) total rate of Mg (kg.ha⁻¹)

agrochemické charakteristiky půdy, která je uvedena v tabulce 1 (15).

Obsah oxidovatelného uhlíku (C_{ox}) byl nízký – v hloubce do 0,3 m 1,59 % a v hloubce 0,3 – 0,6 m 1,29 %. Všechny varianty pokusu byly na jaře, před rašením oček, hnojeny do půdy dusíkem a fosforem, v dávkách 60 kg.ha⁻¹ N ve formě ledku amonného s vápencem (27 % N) a 37 kg.ha⁻¹ P ve formě amofosu (12 % N a 22,7 % P).

Mimokořenově bylo aplikováno hnojivo Epsa Top, což je síran hořečnatý s obsahem 16 % MgO a 13 % S jako nízkoprocenní roztok (1,25 – 2,5 %) ve dvou dávkách. Epsa Top je dobře rozpustný ve vodě a tudíž vhodný k foliární aplikaci a odstranění akutního nedostatku hořčíku v rostlině. Pro svůj přírodní původ je možné použití i v ekologickém zemědělství. V tabulce 2 jsou uvedeny jednotlivé varianty pokusu, přičemž každá varianta zahrnovala 6 keřů a byla 4-krát opakována.

Mimokořenová aplikace hnojiv proběhla 4-krát během vegetace pomocí zádového motorového rosiče Stihl SR 430 v dávce 400 l roztoku na ha při každé aplikaci. V tabulce 2 je uvedena celková dávka aplikovaného hořčíku po 4 aplikacích. U všech variant, včetně kontrolní (voda), bylo vždy přidáno smáčeadlo Trend 90 (0,1 %). První hnojení proběhlo v růstové fázi BBCH 15-19 (9 a více listů je rozvinuto), druhé ve fázi BBCH 55 (květenství se zvětšuje, jednotlivé kvítky jsou dosud hustě nahloucheny), třetí ve fázi BBCH 75 (bobule velikosti hrachu, hrozny visí) a poslední ve fázi BBCH 83 (zaměkávání bobulí). Termínově to odpovídalo přibližně (v závislosti na roku) konci května až polovině srpna. Pesticidní ochrana experimentální plochy probíhala v souladu se zbytkem vinice, přičemž nebyly použity žádné sirnaté fungicidy. Listové čepele byly odebrány 4-krát během vegetace v intervalu 7 – 15 dní po aplikaci hnojiv. Dle Schallera 2006 (18) byly z každé hlavy odebrány 3 listy, vždy naproti květenství (celkem 18 listů na variantu), přičemž řapíky byly odstraněny. Vzorky hroznů se odebíraly ručně vždy po jednom hroznu z keře (celkem 6 hroznů na variantu) a okamžitě analyzovány na ZF MENDELU v Lednici. Byl hodnocen výnos hroznů na ha, jejich cukernatost, obsah titrovatelných kyselin a pH moštu. Použité analytické a statistické metody jsou podrobně popsány v příspěvcích Zatloukalová et al. (22) a Zlámalová et al. (23). Odlišná malá písmena ve sloupcích (a, b, c)

signalizují signifikantní rozdíly v daném roce mezi variantami, zatímco odlišná velká písmena (A, B, C) označují signifikantní diference v řádku u dané varianty, tedy mezi roky.

Výsledky a diskuze

Výnosy hroznů

Výnosy hroznů (tabulka 3) byly signifikantně ovlivněny vlivem ročníku, kdy ve 3. roku experimentu byly výnosy dvojnásobné oproti 1. roku. Největší vliv mělo množství a rozložení srážek a teploty během roku. V prvních 10 měsících roku 2011 vykazovala suma srážek pouze 88,2 % oproti jiným letům a 7 měsíců bylo pod dlouhodobým průměrem, kdy extrémně nízké srážky spadly v únoru, pouze 18,5 % oproti dlouhodobému průměru (1961 – 1990). Současně s tím vykazovala průměrná teplota vzduchu v dubnu, srpnu a září 2011 výrazně nadprůměrné hodnoty. Kombinace obojího přispěla k nejnižším výnosům v prvním roce sledování. Naopak příznivé environmentální podmínky ve třetím roce experimentu přispěly k nejvyšším dosaženým výnosům v průběhu pozorování.

Ve všech letech je možno pozorovat signifikantní nárůst výnosu (tabulka 3) při nejvyšší dávce hořčíku (var. 3) oproti variantě hořčíkem nehnojené (var. 1). Nižší dávka hořčíku (var. 2) nevykázala průkazné rozdíly oproti oběma zbývajícím variantám. Z hlediska 3-letých průměrů narůstal výnos hroznů s aplikovanou dávkou hořčíku o 7,6 – 11,2 %. Rovněž Májer (13) zjistil v polních experimentech s odrůdou Ryzlink vlašský pozitivní vliv mimokořenové aplikace hořké soli (Epsa Top) na výnosové a kvalitativní parametry hroznů, kdy aplikoval 5 % roztok celkem 3 krát po opadu květů. Zatloukalová et al. (22) popisují 3,1 – 6,7 % nárůst výnosu hroznů odrůdy Ryzlink vlašský v lokalitě Žabčice u Brna po 5 aplikacích 5 % roztoku Epsa Top (9,65 % Mg, 13 % S) a Epsa Combitor (7,8 % Mg, 13 % S, 4 % Mn a 1 % Zn).

Hnojivo Epsa Top obsahuje kromě hořčíku rovněž nezanedbatelné množství rozpustné síranové síry (13 % S). Dříve nebyla problematika síry věnována patřičná pozornost, protože velkou část její potřeby pro rostliny pokrývaly imise SO₂ z ovzduší. V současné době je síra oceňována jako významný makrobiogenní prvek, který zvyšuje účin-

Tabulka 3: Výnos hroznů

Table 3: Grape yield

Varianta číslo (1)	Rok (2)						Průměrný výnos (rel. %) (3)
	2011		2012		2013		
	t.ha ⁻¹	rel. %	t.ha ⁻¹	rel. %	t.ha ⁻¹	rel. %	
1	9,7 b C	100,0	13,5 b B	100,0	19,7 b A	100,0	100,0
2	10,3 ab C	106,8	14,7 ab B	108,7	21,1 ab A	107,3	107,6
3	10,8 a C	111,4	15,0 a B	110,9	21,9 a A	111,2	111,2

(1) treatment number, (2) year, (3) an average yield in rel. %

Mean values of grape yields in kg per ha, $n = 4$, different small letters (a, b) indicate significant differences at the level of $P < 0.05$ among individual treatments within the same year and different uppercase letters (A, B, C) indicate significant differences at the level of $P < 0.05$ among individual years (the same statistical evaluation for the tables 4 – 6)

Tabulka 4: Obsah cukrů v hroznech

Table 4: Sugar content in grapes

Varianta číslo (1)	Rok (2)						Průměrný obsah cukrů (rel. %) (3)
	2011		2012		2013		
	°NM (4)	rel. %	°NM (4)	rel. %	°NM (4)	rel. %	
1	20,9 a A	100,0	20,5 a A	100,0	19,3 a A	100,0	100,0
2	20,9 a A	100,1	20,0 a A	97,4	17,3 b B	89,3	95,6
3	20,9 a A	100,3	20,9 a A	101,7	16,6 b B	85,9	95,9

(1) treatment number, (2) year, (3) an average sugar content in rel. %, (4) degrees of the Normalised Must-measuring device (°NM)

Tabulka 5: Obsah titrovatelných kyselin (g.l⁻¹)

Table 5: Content of titratable acids in grape must (g.l⁻¹)

Varianta číslo (1)	Rok (2)						Průměrný obsah titrovatelných kyselin (rel. %) (3)
	2011		2012		2013		
	g.l ⁻¹	rel. %	g.l ⁻¹	rel. %	g.l ⁻¹	rel. %	
1	8,87 a B	100,0	9,10 a B	100,0	10,86 a A	100,0	100,00
2	9,24 a AB	104,1	9,13 a B	100,2	10,04 a A	92,3	98,8
3	8,73 a B	98,3	8,98 a B	98,6	10,31 a A	94,9	97,1

(1) treatment number, (2) year, (3) an average titratable acids content in rel. %

nost a využití dusíku a tím stimuluje výnos a redukuje riziko jeho ztrát, zejména vyplavení jeho nitrátové formy (16). Vliv aplikovaného hnojiva na výskyt houbových chorob u révy nebyl sledován, protože pokusná plocha byla pesticidně ošetřována shodně se zbytkem vinice, i když fungicidní efekt je spíše připisován elementární formě síry.

Obsah cukrů

Z kvalitativních parametrů byl v hroznech révy vinné zjišťován obsah cukrů, titrovatelných kyselin a pH moštu, protože jejich kombinací dostává víno svoji typickou ročníkovou chuť. Obsah cukrů byl stanoven refraktometricky a vyjádřen ve stupních normalizovaného moštoměru (°NM), viz tabulka 4. V prvních dvou letech nebylo mezi všemi variantami významných rozdílů v obsazích cukru. Ve třetím roce aplikace vykázaly obě hnojené varianty pokles cukernatosti v porovnání s nehnojenou kontrolní variantou o 10,7 – 14,1 %.

Obsah titrovatelných kyselin

V obsazích titrovatelných kyselin (tabulka 5) nebylo mezi variantami významných diferencí (8,73 – 10,86 g.l⁻¹). Signifikantní vliv ročníku se prokázal pouze nárůstem jejich obsahu ve 3. roce oproti zbylým 2 letům.

Rovněž Krempa et al. (10) zjistili ve 2-letých pokusech minimální rozdíly v obsazích kyselin mezi nehnojenou variantou odrůd Muškát žlutý a Furmint (8,09 g.l⁻¹

a 9,20 g.l⁻¹) oproti aplikaci N, Mg (8,04 g.l⁻¹ a 9,31 g.l⁻¹) a N, Mg, S (8,22 g.l⁻¹ a 9,26 g.l⁻¹). Podobně Zatloukalová et al. (22) detekovali neprůkazné změny v obsazích kyselin po 5 aplikacích 5 % roztoku Epsa Top (13,25 g.l⁻¹) oproti nehnojené kontrole (13,15 g.l⁻¹). Zlámalová et al. (23) popisují při mimokořenové výživě K (K₂SO₄ – soluSOP 52; 43 % K, 18 % S) či v kombinaci s Mg (Epsa Top) neprůkazné rozdíly oproti nehnojené kontrole ve 2 letech, přičemž ve 3. roce nastalo u hnojených variant významné snížení oproti kontrole.

pH moštu

V hodnotách pH moštu nebylo mezi variantami významných diferencí, přičemž hodnoty kolísaly v úzkém rozpětí pH 3,02 – 3,25 (tabulka 6). Zatloukalová et al. (22) dosáhli shodných zjištění v experimentu popisovaném výše (v kapitole věnované výnosu hroznů a jejich cukernatosti), přičemž v jejich pokusech pH moštu kolísalo v rozpětí 3,07 – 3,11. Taktéž Zlámalová et al. (23) uvádějí při mimokořenové výživě K (K₂SO₄ – soluSOP 52) či v kombinaci s Mg (Epsa Top) úzké rozpětí pH moštu 3,13 – 3,16.

Přestože je význam hořčičku jako esenciální rostlinné živiny dobře znám, vliv hořčičnaté výživy na kvalitativní parametry je popisován zřídka (4, 21). Gerendás a Fühns (4) uvádějí, že pokud aplikované dávky hořčičku překročí požadované nároky pro maximální výnos, výjimečně se to odrazí v nárůstu kvality. Tato tvrzení jsou v souladu

Tabulka 6: pH hroznového moštu
Table 6: The pH of grape must (juice)

Varianta číslo (1)	Rok (2)						Průměrné pH moštu (rel. % (3))
	2011	2012	2013				
		rel. %		rel. %		rel. %	
1	3,16 a A	100,0	3,17 a A	100,0	3,02 a A	100,0	100,0
2	3,24 a A	102,5	3,12 a A	98,5	3,10 a A	102,4	101,1
3	3,25 a A	103,0	3,15 a A	99,5	3,11 a A	102,9	101,9

(1) treatment number, (2) year, (3) an average pH of grape must in rel. %

Tabulka 7: Obsah Mg v čepelích listů v jednotlivých růstových fázích (průměr za 3 roky)
Table 7: Mg content in leaf blades in the individual growth stages (average of 3 years)

Průměrný obsah Mg v listech za tři roky (% v sušině) (2)				
Varianta číslo (1)	BBCH 15-19	BBCH 55	BBCH 75	BBCH 83
1	0,18	0,29	0,31	0,36
2	0,20	0,33	0,38	0,44
3	0,22	0,37	0,41	0,48

(1) treatment number, (2) 3-year average content of Mg in leaf blades (% in dry matter)

s našimi dosaženými výsledky, protože obě dávky hořčičku stimulovaly výnos ve všech 3 letech (tabulka 3), ovšem nárůst cukernatosti se neprokázal (tabulka 4). Pokles cukernatosti u všech variant ve 3. roce oproti zbylým dvěma letům bude zřejmě výsledkem obecně známé negativní korelace mezi výnosem a kvalitou, protože ve 3. roce bylo dosaženo výrazně vyššího výnosu oproti druhému a zejména prvnímu roku experimentu. Rovněž Zatloukalová et al. (22) zjistili u odrůdy Ryzlink vlašský neprůkazný vliv 5 mimokořenových aplikací hnojiva Epso Top (5 % roztok) na obsah cukrů v hroznech v porovnání s nehnojovou kontrolou. Taktéž Krempa et al. (10) zaznamenali ve 2-letých experimentech minimální rozdíly v cukernatosti u kontrolní varianty odrůdy Muškát žlutý (22,65 °NM) oproti aplikaci N, Mg (22,30 °NM) a N, Mg, S (22,50 °NM). Naopak Takacs et al. (20) popisují, že mimokořenová aplikace Mg během léta přispěla (také preventivně) k vyšší fotosyntéze a vyššímu obsahu cukrů v hroznech.

Obsah Mg v listech

Průměrný obsah Mg v listových čepelích odebraných ve 4 růstových fázích (v intervalu 7 – 15 dní po mimokořenové aplikaci) uvádí tabulka 7.

Z výsledků je patrné, že v průběhu vegetace se obsah Mg v listech zvyšoval, přičemž shodný trend je možno rovněž pozorovat při stupňovaných dávkách hnojiva Epso Top. Ve fázi zaměkávání bobulí (BBCH 83) se v průměru 3 let zvyšoval obsah Mg (% v sušině) s dávkou hnojiva následovně: 0,36 % Mg (kontrola) – 0,44 % Mg (nižší dávka Mg) – 0,48 % Mg (vyšší dávka Mg), tabulka 7. Tyto výsledky korespondují s poznatky Zatloukalové et al. (22), kteří popisují podobně po 5 mimokořenových aplikacích 5 % roztoků hnojiva Epso Combitop (Mg, S, Mn, Zn) a Epso Top (Mg, S) průkazné zvýšení obsahu Mg v listech odrůdy Ryzlink vlašský na 0,42 – 0,49 % Mg, oproti kontrolní variantě s 0,29 % Mg. Taktéž Takacs et al. (20) popisují, že mimokořenová aplikace Mg během léta se odrazila na vyšším obsahu Mg v listech.

Závěr

Z výsledků tříletých experimentů s mimokořenovou aplikací hořčičku u révy vinné je možno vyvodit následující závěry:

- Výnos hroznů révy vinné narůstal s aplikovanou dávkou o 7,6 – 11,2 % oproti nehnojené kontrole.
- Průkazné zvýšení bylo pouze ve spojení s vyšší dávkou hořčičku (3,86 kg.ha⁻¹ Mg aplikovaného sumárně ve 4 postřicích o koncentraci 2,5 % a dávce roztoku 400 l.ha⁻¹).
- V řadě případů byl zjištěn signifikantní vliv ročníku z hlediska úrovně výnosu a jeho kvality.
- Obsah cukrů se v prvních dvou letech neměnil mezi všemi třemi variantami (20,0 – 20,9 °NM) a v posledním roce poklesl u obou hnojených variant (17,3 – 16,6 °NM) oproti nehnojené kontrole (19,3 °NM).
- V obsazích titrovatelných kyselin, ani pH moštu nebylo mezi variantami signifikantních diferencí (8,73 – 10,86 g.l⁻¹, resp. pH 3,02 – 3,25).
- Obsah Mg v listech (% v sušině) narůstal v jak v průběhu vegetace, tak i s aplikovanou dávkou, přičemž ve fázi zaměkávání bobulí (BBCH 83) se v průměru 3 let zvyšoval s dávkou hnojiva následovně: 0,36 % Mg (kontrola) – 0,44 % Mg (nižší dávka Mg) – 0,48 % Mg (vyšší dávka Mg).
- Na základě dosažených výsledků je možno doporučit mimokořenovou aplikaci hnojiva Epso Top i na vinicích s dobrou zásobou Mg v půdě a to především s ohledem na stimulaci výnosu hroznů.

Literatura

- (1) FECENKO, J. – LOŽEK, O. 2000. Výživa a hnojení poľných plodín. Nitra : SPU, 2000, 452 s.
- (2) FÜRI, J. – HAJDÚ, L. 1980. Magnesium – its deficiency and treatment. Kertészeti és Szőlészeti, 1980, no. 17, pp. 1–7.
- (3) GARCIA M. – DAVEREDE, C. – GALLEGO, P. – TOUMI, M. 1999. Effect of various potassium-calcium ratios on cation nutrition of grape grown hydroponically. In Journal of Plant Nutrition, 1999, no. 22, pp. 417–425.
- (4) GERENDÁS, J. – FÜHR, H. 2013. The significance of magnesium for crop quality. In Plant Soil, 2013, no. 368, pp. 101–128.
- (5) GLUHIČ, D. – HERAK, ČUSTIČ, M. – PETEK M. – ČOGA, L. – SLUNJSKI, S. – SINČIČ, M. 2009. The content of Mg, K and Ca ions in vine leaf under foliar application of magnesium on calcareous soils. In Agriculturae Conspectus Scientificus, 2009, no. 74, pp. 81–84.

- (6) GRIESSER, M. – WEINGART, G. – SCHOEDL-HUMMEL, K. – NEUMANN, N. – BECKER, M. – VARMUZA, K. – LIEBNER, F. – SCHUHMACHER, R. – FORNECK, A. 2015. Severe drought stress is affecting selected primary metabolites, polyphenols, and volatile metabolites in grapevine leaves (*Vitis vinifera* cv. *Pinot noir*). In *Plant Physiology and Biochemistry*, 2015, no. 88, pp. 17–26.
- (7) HLUŠEK, J. – LOŠÁK, T. – ZATLOUKALOVÁ, A. 2015a. Listová výživa révy vinné hořčíkem. In *Vinařský obzor*, 2015, č. 108, s. 297–299.
- (8) HLUŠEK, J. – BAROŇ, M. – BURG, P. – LOŠÁK, T. – PAVLOUŠEK, P. – ŠAFRÁNKOVÁ, I. – ZEMÁNEK, P. 2015. Réva vinná. 1. vyd., Praha : Profi Press, 2015, 151 s. ISBN 978-80-86726-67-0.
- (9) KNOLL, M. – ACHLEITNER, D. – REDL, H. 2010. Sugar accumulation in 'Zweigelt' grapes as affected by „Traubenwelke“. In *Vitis*, 2010, no. 49, pp. 101–106.
- (10) KREMPA, P. – LOŽEK, O. – SLAMKA, P. – VARGA, L. 2009. Effectiveness of N-P-K-Mg-S fertilizers on yield and quality of grape-vine in Tokaj viniculture region. In *Agrochemistry*, 2009, no. 49, pp. 23–27.
- (11) KSOURI, R. – GHARSALLI, M. – LACHAAL, M. 2005. Physiological responses of Tunisian grapevine varieties to bi-carbonate-induced iron deficiency. In *Journal of Plant Physiology*, 2005, no. 162, pp. 335–341.
- (12) LANG, A. 1983. Turgor-related translocation. In *Plant, Cell and Environment*, 1983, no. 6, pp. 683–689.
- (13) MÁJER, J. 2004. Magnesium Supply of the Vineyards in The Balaton-Highlands. In *Acta Horticulturae*, 2004, no. 652, pp. 175–182.
- (14) MARSCHNER, H. 2002. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed., London : Academic Press, 2002.
- (15) MEHLICH, A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. In *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1984, no. 15, pp. 1409–1416.
- (16) MENGEL, K. – KIRKBY, E. A. 2001. Principles of Plant Nutrition. 5th Ed. London : Kluwer Academic Publishers, 2001.
- (17) MORETTI, G. 2002. Effect of foliar treatments of magnesium, manganese, and zinc on grafted vines in the nursery. In *Acta Horticulturae*, 2002, no. 594, pp. 647–652.
- (18) PAVLOUŠEK, P. 2011. Pěstování révy vinné. 2011, 336 s. ISBN 978-80-247-3314-2.
- (19) SKINNER, P. W. – MATTHEWS, M. A. 1990. A novel interaction of magnesium translocation with the supply of phosphorus to roots of grapevine (*Vitis vinifera* L.). In *Plant, Cell and Environment*, 1990, no. 13, pp. 821–826.
- (20) TAKACS-HAJOS, M. – SZABO, L. – RACZ, I. – MATHE, A. – SZOKE, E. 2007. The effect of Mg-leaf fertilization on quality parameters of some horticultural species. In *Cereal Research Communications*, 2007, no. 35, pp. 1181–1184.
- (21) TROLOVE, S.N. – WHEELER, S. – SPIERS, A. 2008. A comparison of three methods of magnesium application to grapes. In *Agronomy New Zealand*, 2008, no. 38, pp. 69–76.
- (22) ZATLOUKALOVÁ, A. – LOŠÁK, T. – HLUŠEK, J. – PAVLOUŠEK, P. – SEDLÁČEK, M. – FILIPČÍK, R. 2011. The effect of soil and foliar applications of magnesium fertilisers on yields and quality of vine (*Vitis vinifera*, L.) grapes. In *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 2011, no. 59, pp. 221–226.
- (23) ZLÁMALOVÁ, T. – ELBL, J. – BAROŇ, M. – BĚLÍKOVÁ, H. – LAMPÍŘ, L. – HLUŠEK, J. – LOŠÁK, T. 2015. Using foliar applications of magnesium and potassium to improve yields and some qualitative parameters of vine grapes (*Vitis vinifera*, L.). In *Plant, Soil and Environment*, 2015, no. 61, pp. 451–457.
- (24) ZÖRB, CH. – SENBAYRAM, M. – PEITER, E. 2014. Potassium in agriculture – Status and perspectives. In *Journal of Plant Physiology*, 2014, no. 171, pp. 656–669.

Ing. Tereza Zezulová,
 prof. Ing. Jaroslav Hlušek, CSc., dr.h.c.,
 Ing. Jakub Elbl, Ph.D.,
 doc. Ing. Mojmir Baroň, Ph.D.,
 prof. Ing. Tomáš Lošák, Ph.D.
 Mendelova univerzita v Brně
 Zemědělská 1
 613 00 Brno, Česká republika
 e-mail: losak@mendelu.cz

doc. Ing. Ladislav Varga, Ph.D.
 Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
 Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov
 Katedra agrochémie a výživy rastlín
 Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra

Assoc. prof. Eduardo von Bennewitz
 Institute of Plant Production and Protection
 Universidad Austral de Chile
 Campus Isla Teja
 Isla Teja s/n. Valdivia, Chile

Poděkování
 Výzkum byl podpořen společností K+S KALI GmbH,
 Kassel, Německo.

Acknowledgement
 The study was supported by K + S KALI GmbH,
 Kassel, Germany.



Ilustračné foto

Vplyv pozberových zvyškov a biostimulátorov na pH a parametre sorpcie pôdy

Effects of crop residues and bio-stimulators on soil pH and soil sorption parameters

Vladimír Šimanský

The effects of application of crop residues and bio-stimulators on changes in soil pH and sorption parameters were studied. There were established a small pots laboratory experiments with following variants: two soil types (Haplic Luvisol, Haplic Chernozem), two crop residues (residues of winter wheat and oil rape), and two bio-stimulators (BETALIQ and TRICHOMIL). Overall, soil type, crop residues and time of incubation had statistically significant influence on soil pH and soil sorption parameters. Bio-stimulators did not affect mentioned soil characteristics. During the investigated time (180 days of incubation), the values of hydrolytic acidity increased in both soils (more intensive in Haplic Luvisol than Haplic Chernozem). The dynamic of changes in cation exchange capacity values were significantly different in Haplic Luvisol compared to Haplic Chernozem. Before experiment, the sorptive complex of both soils was fully saturated. During the incubation in all treatments with crop residues as well as bio-stimulators a significant decrease in base saturation were observed. Overall, interaction crop residues together with time of incubation had statistically significant effect on soil pH and soil sorption parameters.

Betaliq, Trichomil, Chernozem, Luvisol, Crop residues

Využívanie pôdy pre poľnohospodárske účely je jednou z hlavných príčin degradácie pôd. Harrison a Pearce (8) uviedli, že celosvetovo je antropogénnou degradáciou postihnutá 1/3 pôdneho fondu. Jedným z najvýznamnejších faktorov, ktorý môže eliminovať negatívne dopady antropogénnej degradácie pôd je dostatok kvalitných organických látok v pôde. Následkami znižovania obsahu pôdnej organickej hmoty trpí na Slovensku asi 60 % z výmery poľnohospodárskych pôd. Pri bilancii hnojenia pôd organickými hnojivami sa odhaduje v súčasnosti najmenej 30 – 50 % deficit (z hľadiska potreby organických látok), keďže produkcia organických hnojív v posledných rokoch sa pohybuje okolo 10 miliónov ton ročne, čiže v priemere menej ako 5 ton na hektár (13). Z hľadiska množstva, sú v agro-ekosystémoch najväčším zdrojom organickej hmoty pozberové a koreňové zvyšky pestovaných plodín (19). Stupeň vplyvu rastlinných zvyškov na formovanie pôdnej úrodnosti závisí nielen od ich množstva, ale aj od ich chemického zloženia. Zapracovávanie pozberových zvyškov do pôdy vedie k zvyšovaniu obsahu uhlíka (15), dusíka (6), ale môžu sa meniť aj ostatné pôdne vlastnosti. Hussain et al. (11) uviedol, že zapracované zvyšky rastlín sú zdrojom C, a vyšší obsah C v pôde má priaznivý vplyv na kationovú výmennú kapacitu. Pravidelný prísun

organických látok do pôdy má za následok zlepšovanie kvality pôd. Pri regulácii procesov transformácie organických vstupov do pôd budú zrejme v budúcnosti intenzívne využívané rôzne biopreparáty, ktoré podporia pozitívne humifikačné procesy v pôdach (22). Biostimulátory sú organo-minerálne látky, ktoré podporujú rozklad pozberových zvyškov (14) pričom majú pozitívny efekt aj na úrodu pestovaných plodín (4), prostredníctvom zlepšenia príjmu živín z pôdy (13).

Pôdne prostredie je z hľadiska jeho chemických, fyzikálnych či biologických parametrov rozdielne. Na základe vyššie uvedeného je zrejme, že aj efekt pozberových zvyškov a biostimulátorov v rôznych pôdnych typoch bude rozdielny. Cieľom tejto práce bolo získať poznatky o vzájomnom vzťahu: rastlinné zvyšky – biostimulátory – pôdne typy, pričom dôraz bol kladený najmä na vplyv pozberových zvyškov a biostimulátorov na zmeny chemických indikátorov kvality pôdy – na pôdnu reakciu a sorpčné vlastnosti.

Materiál a metodika

Zeminy na založenie inkubačného pokusu boli odobrané z orníc hnedozeme kultizemnej (HM) z lokality Golianovo a černozeme kultizemnej (ČM) z lokality Drážovce. Zeminy pred založením pokusu boli analyzované a výsledky sú uvedené v tabuľke 1. Do oboch zemín boli pridané pozberové zvyšky pšenice ozimnej (PŠ) v pomere slama : korene = 2 : 1; s prvkovým zložením: % C = 45; % N = 0,9; C : N = 50 a repky olejky (RO) v pomere slama : korene = 1 : 1; s prvkovým zložením: % C = 44; % N = 1,1; C : N = 40. V pokuse sa testovali biostimulátory BETALIQ (Redam, s.r.o., Smržice, ČR) a TRICHOMIL (výrobok Bioma, s.r.o. Trnava, SR).

Založené boli nasledovné varianty pokusu:

- HM – kontrola (hnedozem)
- HM + PŠ – hnedozem + pozberový zvyšky pšenice ozimnej
- HM + PŠ + B – hnedozem + pozberový zvyšky pšenice ozimnej + betaliq
- HM + PŠ + T – hnedozem + pozberový zvyšky pšenice ozimnej + trichomil
- HM + RO – hnedozem + pozberový zvyšky repky olejky
- HM + RO + B – hnedozem + pozberový zvyšky repky olejky + betaliq
- HM + RO + T – hnedozem + pozberový zvyšky repky olejky + trichomil
- ČM – kontrola (černozem)
- ČM + PŠ – černozem + pozberový zvyšky pšenice ozimnej
- ČM + PŠ + B – černozem + pozberový zvyšky pšenice ozimnej + betaliq
- ČM + PŠ + T – černozem + pozberový zvyšky pšenice ozimnej + trichomil
- ČM + RO – černozem + pozberový zvyšky repky olejky
- ČM + RO + B – černozem + pozberový zvyšky repky olejky + betaliq
- ČM + RO + T – černozem + pozberový zvyšky repky olejky + trichomil

Laboratórne pokusy boli založené v troch opakovaníach na dobu 7, 14, 28, 60, 90 a 180 dní do nádob o objeme 0,22 dm³. Do pripravených nádob, na dne so sitkom a filtračným papierom sa navážilo 200 g zeminy a 4 g rastlinných zvyškov. Na úpravu pomeru C : N vo variantoch

Tabuľka 1: Vlastnosti pôd pred založením pokusu

Table 1: Soil properties before experiment

Pôdny typ (1)	C _{ox} (%) (4)	pH _{H₂O} (5)	pH _{KCl} (6)	H (7)	S (8)	T (9)	V (10)
				mmol.kg ⁻¹			%
HM (2)	1,08	6,47	5,27	23,4	166,2	189,4	87,8
ČM (3)	1,59	7,75	6,85	6,42	296,2	302,6	98,0

(1) soil type, (2) Haplic Luvisol, (3) Haplic Chernozem, (4) soil organic carbon, (5) soil pH in H₂O, (6) soil pH in KCl, (7) hydrolytic acidity, (8) sum of basic cations, (9) cation exchange capacity, (10) base saturation

C_{ox} – celkový organický uhlík, pH_{H₂O} – aktívna pôdna reakcia, pH_{KCl} – výmenná pôdna reakcia, H – hydrolytická kyslosť, S – suma výmenných bázických kationtov, T – celková sorpčná kapacita, V – stupeň nasýtenia sorpčného komplexu bázickými kationmi, HM – hnedozem, ČM – černoze

Tabuľka 2: Štatistické vyhodnotenie pôdnej reakcie a ukazovateľov sorpcie

Table 2: Statistical evaluation of soil pH and sorption parameters

Faktor		pH _{H₂O} (7)	pH _{KCl} (8)	H (9)	S (10)	T (11)	V (12)
Pôdny typ (1)	P-Value	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	ČM (5)	5,76	5,50	36,1	188,2	224,2	83,6
	HM (6)	5,15	4,67	54,1	112,6	166,6	67,8
	±limits	0,07	0,07	2,01	4,19	4,31	1,11
Pozberové zvyšky (2)	P-Value	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0154	0,0000
	PŠ	5,36	5,00	48,4	144,4	192,7	73,7
	RO	5,55	5,17	41,7	156,4	198,1	77,7
	±limits	0,07	0,07	2,01	4,19	4,31	1,11
Biostimulátor (3)	P-Value	0,1570	0,4021	0,2467	0,2577	0,7022	0,1640
	0	5,41	5,06	46,2	148,0	194,2	75,0
	BETA	5,49	5,12	44,2	151,7	195,8	76,3
	TRI	5,45	5,08	44,8	151,5	196,3	75,8
	±limits	0,08	0,09	2,46	5,13	5,28	1,36
Doba inkubácie (4)	P-Value	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	7	6,39	5,90	22,6	180,0	202,5	88,2
	10	6,21	5,89	30,2	176,5	207,5	83,9
	14	5,66	5,23	31,3	158,9	189,1	83,5
	28	5,11	4,70	45,6	148,0	193,5	75,1
	60	5,36	5,19	53,0	136,3	189,3	71,1
	90	4,90	4,56	68,9	130,6	199,5	64,1
	180	4,53	4,11	63,9	122,5	186,6	64,0
	±limits	0,12	0,13	3,75	7,83	8,06	2,08

(1) soil type, (2) crop residues, (3) bio-stimulators, (4) time of incubation, (5) Haplic Luvisol, (6) Haplic Chernozem, (7) soil pH in H₂O, (8) soil pH in KCl, (9) hydrolytic acidity, (10) sum of basic cations, (11) cation exchange capacity, (12) base saturation

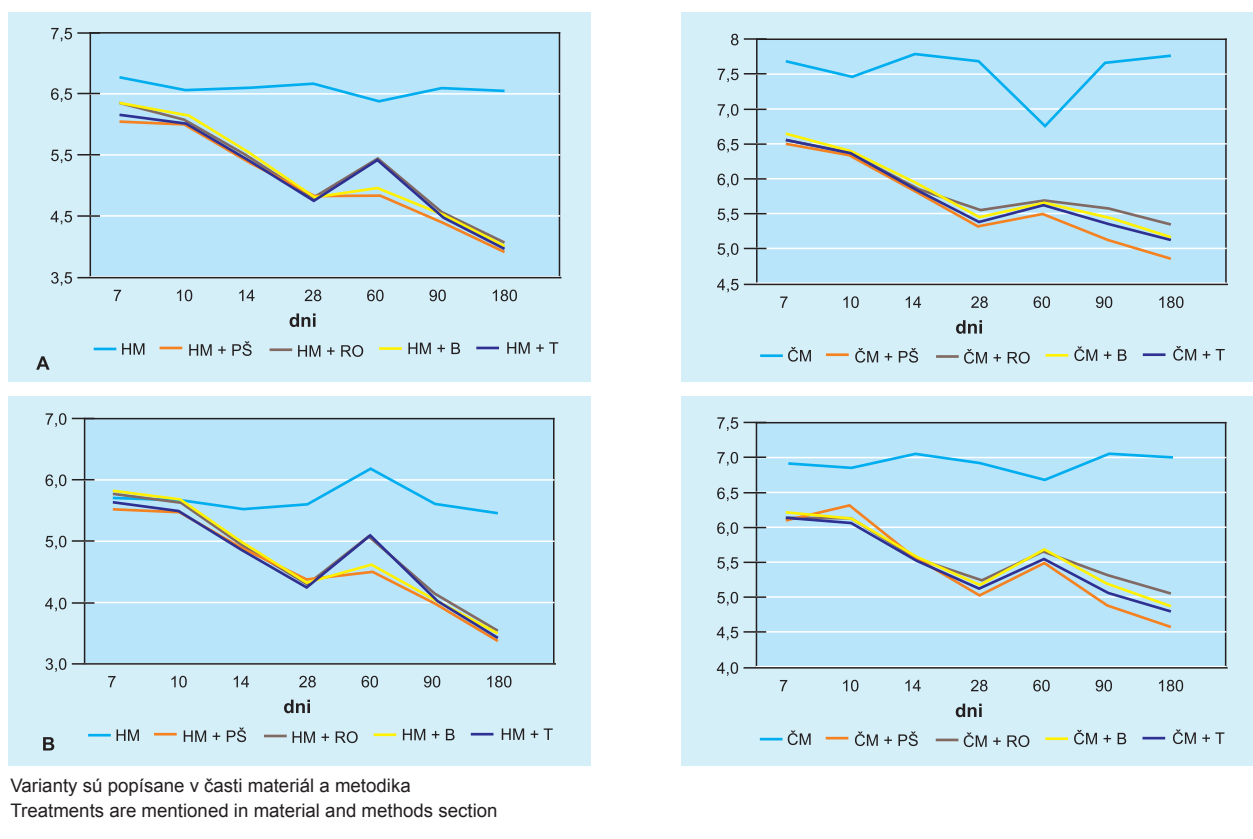
pH_{H₂O} – aktívna pôdna reakcia, pH_{KCl} – výmenná pôdna reakcia, H – hydrolytická kyslosť, S – suma výmenných bázických kationtov, T – celková sorpčná kapacita, V – stupeň nasýtenia sorpčného komplexu bázickými kationmi, HM – hnedozem, ČM – černoze

s rastlinnými zvyškami sa aplikoval N zodpovedajúci použitiu v praxi, a to 1 kg N na 100 kg rastlinných zvyškov, vo forme (NH₄)₂SO₄ a k variantom s biostimulátormi sa použil ich 1 % roztok. Pokus bol umiestnený v inkubačnej miestnosti, kde počas experimentu boli udržiavané optimálne podmienky (teplota 23 – 25 °C, vlhkosť 50 % PVK – 60 % PVK) pre rozklad organickej hmoty. Po ukončení inkubácie boli jednotlivé vzorky pôdy zo založených variantov analyzované. Stanovená bola aktívna a výmenná pôdna reakcia – potenciometricky (10), ale i parametre sorpčného komplexu ako: hydrolytická kyslosť (H) – titračne vo výluhu 1 mol.dm⁻³ CH₃COONa, suma výmenných bázických kationtov (S) – titračne vo výluhu 1 mol.dm⁻³ HCl – Kappenová metóda (10), a následne boli vypočítané hodnoty celkovej sorpčnej kapacity (T = H + S) a stupňa nasýtenia pôdneho sorpčného komplexu (V = S × 100/T).

Výsledky a diskusia

Hodnoty aktívneho pH boli štatisticky vysoko preukázane závislé od pôdneho typu, aplikovaných pozberových zvyškov a doby inkubácie zemín. Testované biostimulátory významne aktívne pH nezmenili. Priemerné hodnoty aktívneho pH boli o 0,61 pH jednotky vyššie v zemine z černoze (ČM) v porovnaní so zeminou z hnedozeme (HM). Pozberové zvyšky pšenice ozimnej (PŠ) štatisticky významne znížili aktívne pH v porovnaní so zvyškami repky olejky (RO). Hodnoty aktívneho pH sa za sledované obdobie 180 dní štatisticky významne znížili zo slabo kyslého do silne kyslého, čo svedčí o výraznej acidifikácii v oboch použitých zemínach. Výraznejší pokles hodnôt aktívneho pH bol pozorovaný v zemine z HM. Vo všetkých variantoch s pozberovými zvyškami bol upravený pomer C : N pridaním síranu amónneho, ktorý mohol byť príčinou výrazného oxysľovania počas inkubácie oboch zemín.

Obrázok 1: Dynamika zmien A) aktívnej pôdnej reakcie, B) výmennej pôdnej reakcie
Figure 1: Dynamic of A) soil pH in H₂O, B) soil pH in KCl



Navyše, Blevinsa et al. (3) uviedli, že hnojenie dusíkom zintenzívňuje nitrifikáciu, čo má za následok pokles pH. To, že tento proces bol menej výrazný v zemine s černoziemou súvisí s jej pufrácnou schopnosťou (7, 20, 22). Černoziemé majú vyšší obsah humusu ako hnedozeme a vyvinuli sa na nespevnených sedimentoch, prevažne eolických karbonátových sprašiach (2, 21), čo vysvetľuje získané výsledky, keďže pufrácný systém pôd je úzko spojený práve s obsahom karbonátov a humusu v pôdach. Počas celého obdobia inkubácie sa hodnoty aktívneho pH vo variante HM + PŠ lineárne znižovali priemerne o 0,37 pH jednotky, čo bolo takmer identické zníženie ako vo variante HM + RO (obrázok 1; tabuľka 3). V zemine z ČM v porovnaní s HM bol za sledované obdobie pozorovaný miernejší pokles aktívneho pH vo variantoch s pozberovými zvyškami PŠ v porovnaní s pozberovými zvyškami RO. Ako bolo vyššie uvedené, černoziemé sú pôdy kvalitnejšie, majú vyššiu tlmivú schopnosť a teda aj lepšie odolávajú zmenám pH ako hnedozeme. Efekt rastlinných zvyškov na zmeny pH môže súvisieť s ich rozkladom, kedy vznikajú organické látky, ktoré majú charakter kyselín, polyelektrolytov (1, 22). Avšak, ako potvrdzujú získané výsledky, intenzita ich vplyvu bola rozdielna (obrázok 1; tabuľka 3), čo je odrazom ich rozdielneho chemického zloženia (18). Biostimulátory sú látky, ktoré môžu ovplyvňovať rozklad pozberových zvyškov (14, 16, 17), prostredníctvom čoho sa môže meniť aj pH pôdy. Aj keď zo sumárneho hodnotenia biostimulátorov na hodnoty pH vyplynulo, že testované prípravky významne nezmenili hodnoty aktívnej pôdnej reakcie (tabuľka 2), zaznamenaný bol štatisticky významný lineárny pokles v pH_{H₂O} po ich aplikácii za celú dobu

inkubácie, pričom priaznivejší vplyv bol zistený v zemine z ČM ako HM. V zemine z HM za sledované obdobie inkubácie vo variantoch, kde bol aplikovaný biostimulátor TRICHOMIL sa hodnoty pH_{H₂O} priemerne znížili o 0,34 pH jednotky, kým po aplikácii testovaného BETALIQ-u sa hodnoty pH_{H₂O} priemerne znížili o 0,4 pH jednotky. V ČM, medzi testovanými biostimulátormi, nebol pozorovaný žiadny rozdiel na zmeny aktívneho pH za sledované obdobie. Identická tendencia či už pri posúdení priemerných hodnôt za sledované obdobie (tabuľka 2), resp. pri posúdení dynamiky zmien (obrázok 1; tabuľka 3) bola pozorovaná aj pri hodnotách výmenného pH.

Hodnoty hydrolytickej kyslosti (H) boli štatisticky výrazne vyššie takmer o 50 % v zemine z HM v porovnaní so zeminou z ČM. Zapracované rastlinné zvyšky RO štatisticky významne znížili hodnoty H o 14 % v porovnaní s rastlinnými zvyškami PŠ. Celkovo priemerné hodnoty H v dôsledku inkubácie sa štatisticky významne zvýšili. Aplikované biostimulátory nemali významný efekt na priemerné hodnoty hydrolytickej kyslosti. Z dynamiky zmien hodnôt H počas doby inkubácie je zrejmy štatisticky významný lineárny nárast, avšak výraznejšie sa hydrolytická kyslosť zvyšovala v zemine z HM v porovnaní s variantmi z ČM. Vo variantoch z HM výrazné rozdiely medzi pridanými pozberovými zvyškami resp. aplikovanými biostimulátormi neboli zistené, kým v zemine z ČM boli významné (obrázok 2A; tabuľka 3). Počas celého inkubačného obdobia sa hodnoty H vo variante ČM + PŠ lineárne zvyšovali priemerne o 6,6 mmol.kg⁻¹ H⁺ v porovnaní s variantmi ČM + RO (zvýšenie o 3,6 mmol.kg⁻¹ H⁺). Z biostimulátorov v zemine z ČM štatisticky výraznejšie zvyšoval hodnoty

Tabuľka 3: Trendy pH a parametrov sorpcie pôdy ($y = \text{pH}$ alebo parameter sorpcie) v čase ($x = \text{doba inkubácie}$) v závislosti od variantu

Table 3: Trends of soil pH and sorption parameters ($y = \text{soil pH}$ or sorption parameter) with time ($x = \text{time of incubation}$) in dependence on treatment

Variant (1)	pH _{H₂O} (2)		pH _{KCl} (3)	
	rovnica linearity (4)	R ² (5)	rovnica linearity	R ²
HM	$y = -0,03x + 6,7$	0,2901	$y = -0,01x + 5,72$	0,0045
HM + PŠ	$y = -0,37x + 6,5$	0,9677	$y = -0,36x + 6,01$	0,9381
HM + RO	$y = -0,36x + 6,69$	0,8676	$y = -0,34x + 6,13$	0,799
HM + B	$y = -0,39x + 6,74$	0,9495	$y = -0,38x + 6,23$	0,9214
HM + T	$y = -0,34x + 6,55$	0,8442	$y = -0,34x + 6,03$	0,7845
ČM	$y = -0,01x + 7,63$	0,0065	$y = 0,01x + 6,87$	0,0405
ČM + PŠ	$y = -0,28x + 6,79$	0,9364	$y = -0,27x + 6,50$	0,8301
ČM + RO	$y = -0,20x + 6,67$	0,848	$y = -0,18x + 6,30$	0,7555
ČM + B	$y = -0,24x + 6,78$	0,8969	$y = -0,21x + 6,38$	0,7897
ČM + T	$y = -0,24x + 6,70$	0,9021	$y = -0,21x + 6,32$	0,8187
	H (6)		S (7)	
HM	$y = 0,10x + 19,81$	0,0109	$y = -0,81x + 160,0$	0,0784
HM + PŠ	$y = 11x + 12,28$	0,9335	$y = -8,5x + 141,7$	0,9316
HM + RO	$y = 10,54x + 9,71$	0,9275	$y = -10,21x + 158,3$	0,9498
HM + B	$y = 11,48x + 8,70$	0,9276	$y = -9,05x + 148,9$	0,8531
HM + T	$y = 10,50x + 11,54$	0,9291	$y = -11,38x + 158,4$	0,9664
ČM	$y = 0,15x + 5,37$	0,1465	$y = -0,55x + 266,4$	0,0079
ČM + PŠ	$y = 6,57x + 14,14$	0,8701	$y = -13,14x + 233,4$	0,8906
ČM + RO	$y = 3,61x + 17,14$	0,8285	$y = -9,39x + 233,0$	0,8513
ČM + B	$y = 4,51x + 15,79$	0,8215	$y = -11,6x + 236,3$	0,8055
ČM + T	$y = 4,98x + 15,59$	0,8805	$y = -9,73x + 229,1$	0,8975
	T (8)		V (9)	
HM	$y = -0,71x + 179,9$	0,0526	$y = -0,10x + 88,9$	0,0396
HM + PŠ	$y = 2,73x + 153,2$	0,465	$y = -6,22x + 91,1$	0,958
HM + RO	$y = 0,28x + 168,0$	0,0136	$y = -6,19x + 94,2$	0,9563
HM + B	$y = 3,10x + 155,8$	0,5432	$y = -4,79x + 85,1$	0,7316
HM + T	$y = -0,89x + 169,9$	0,0867	$y = -6,44x + 93,5$	0,9589
ČM	$y = -0,39x + 271,7$	0,0042	$y = -0,05x + 97,9$	0,1113
ČM + PŠ	$y = -6,49x + 247,3$	0,6272	$y = -3,45x + 95,1$	0,9124
ČM + RO	$y = -5,62x + 249,5$	0,5797	$y = -1,90x + 93,5$	0,9372
ČM + B	$y = -7,11x + 251,9$	0,4893	$y = -2,44x + 94,3$	0,9463
ČM + T	$y = -4,62x + 244,7$	0,5629	$y = -2,58x + 94,2$	0,9236

Treatments are mentioned in material and methods section

(1) treatment, (2) soil pH in H₂O, (3) soil pH in KCl, (4) linear equation, (5) coefficient of determination, (6) hydrolytic acidity, (7) sum of basic cations, (8) cation exchange capacity, (9) base saturation

Variants sú popísané v časti materiál a metódika

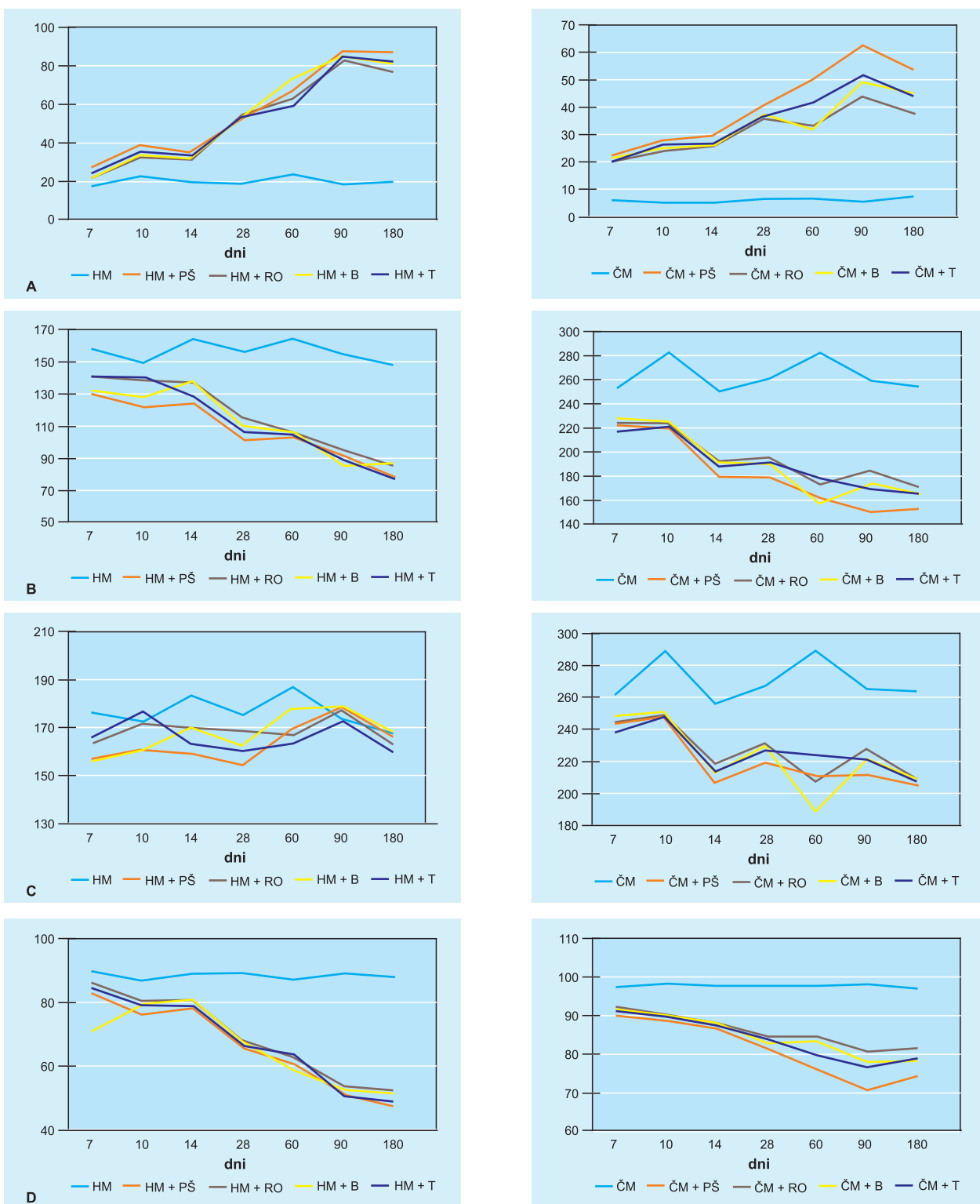
pH_{H₂O} – aktívna pôdna reakcia, pH_{KCl} – výmenná pôdna reakcia, H – hydrolytická kyslosť, S – suma výmenných bázických kationov, T – celková sorpčná kapacita, V – stupeň nasýtenia sorpčného komplexu bázickými kationmi

H TRICHOMIL ako BETALIQ. V tabuľke 2 je uvedené aj štatistické zhodnotenie priemerných hodnôt parametrov sorpcie za celé inkubačné obdobie v závislosti od sledovaných faktorov. Hodnoty sumy výmenných bázických kationov (S), celkovej sorpčnej kapacity (T) a stupňa nasýtenia sorpčného komplexu bázickými kationmi (V) boli štatisticky vysoko preukazne závislé od pôdneho typu, aplikovaných pozberových zvyškov, ale i dĺžky inkubačného obdobia. Aplikované biostimulátory nemali žiadny preukazný efekt na priemerné hodnoty sorpčných parametrov pôdy. Dynamika zmien v hodnotách S po pridaní pozberových zvyškov, ale i biostimulátorov v oboch zemi-

nách bola výrazne odlišná (obrázok 2B; tabuľka 3). V dôsledku aplikácie pozberových zvyškov pšenice ozimnej do zeminy hnedozeme sa hodnoty S lineárne znižovali a to priemerne o 20 % v porovnaní s aplikovanými pozberovými zvyškami RO za celé obdobie. Diametrálne odlišná situácia bola zistená v zemine černozeme. Aplikované pozberové zvyšky PŠ v ČM hodnoty S lineárne zvyšovali a to priemerne o 40 % v porovnaní s pozberovými zvyškami RO. Dôvodom môže byť fakt, že pozberové zvyšky repky olejky majú priaznivejšie chemické, ale i prvkové zloženie (5, 22) a ich rozklad je ovplyvnený aj samotným pôdnym prostredím, z čoho môže vychádzať aj značná odlišnosť

Obrázok 2: Dynamika zmien A) hydrolytickej kyslosti, B) sumy výmenných bázických katiónov C) celkovej sorpčnej kapacity a D) stupňa nasýtenia sorpčného komplexu bázickými katiónmi

Figure 2: Dynamic of A) hydrolytic acidity, B) sum of basic cations, C) cation exchange capacity and D) base saturation



Variety sú popísane v časti materiál a metodika
 Treatments are mentioned in material and methods section

Tabuľka 4: Štatistické vyhodnotenie interakcií medzi sledovanými faktormi

Table 4: Statistical evaluation interaction among investigated factors

Interakcie (1)		pH _{H₂O} (8)	pH _{KCl} (9)	H (10)	S (11)	T (12)	V (13)
Pôdny typ + rastlinné zvyšky (2)	P-Value	0,8166	1,0000	0,0287	0,2067	0,8680	0,1957
Pôdny typ + biostimulátory (3)		0,6565	0,6573	0,1255	0,7197	0,6966	0,4095
Pôdny typ + doba inkubácie (4)		0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000
Rastlinné zvyšky + biostimulátory (5)		0,7043	0,4336	0,4703	0,2889	0,3557	0,2842
Raslinné zvyšky + doba inkubácie (6)		0,0407	0,0255	0,0088	0,8059	0,4200	0,1387
Biostimulátory + doba inkubácie (7)		0,6529	0,5256	1,0000	0,9255	0,9201	0,9999

pH_{H₂O} – aktívna pôdna reakcia, pH_{KCl} – výmenná pôdna reakcia, H – hydrolytická kyslosť, S – suma výmenných bázičných katiónov, T – celková sorpčná kapacita, V – stupeň nasýtenia sorpčného komplexu bázičnými katiónmi

(1) interactions, (2) soil type + crop residues, (3) soil type + bio-stimulators, (4) soil type + time of incubation, (5) crop residues + bio-stimulators, (6) crop residues + time of incubation, (7) bio-stimulators + time of incubation, (8) soil pH in H₂O, (9) soil pH in KCl, (10) hydrolytic acidity, (11) sum of basic cations, (12) cation exchange capacity, (13) base saturation

v dynamike zmien hodnôt sumy výmenných bázičných katiónov, ale i ostatných parametrov pôdnej sorpcie. Obdobný efekt bol pozorovaný aj v prípade skúšaných biostimulátorov. V zemine z HM bol pozorovaný výraznejší pokles S v dôsledku prídania TRICHOMIL-u a naopak v zemine z ČM bol zaznamenaný evidentnejší pokles S v dôsledku prídania BETALIQ-u. Heitkötter a Marschner (9) uviedli, že pridávanie organických látok do pôdy významným spôsobom ovplyvňuje katiónovú výmennú kapacitu. Po humifikácii rastlinných zvyškov sa zvyšuje aj sorpčná schopnosť pôdy prostredníctvom väčšieho množstva organických koloidov s vyššou katiónovú sorpčnou kapacitou (7), ale aj prostredníctvom ich vyššieho merného povrchu (12). Dynamika zmien v hodnotách T bola diametrálne odlišná v zemine z HM ako v zemine z ČM. Pozberové zvyšky PŠ menej výrazne zvýšili hodnoty T v porovnaní z RO, naopak v zemine z ČM pozberové zvyšky PŠ výrazne znížili hodnoty T v porovnaní so zvyškami RO. Ako bolo vyššie uvedené (tabuľka 2) stupeň nasýtenia sorpčného komplexu v zemine z ČM bol o 24 % väčší v porovnaní so zeminou z HM. Obe použité zeminy v inkubačnom pokuse na jeho začiatku mali sorpčný komplex plne nasýtený, avšak v priebehu inkubácie oboch zemín a všetkých variantov ako s pridanými pozberovými zvyškami, tak i biostimulátormi dochádzalo k štatisticky výraznému lineárnemu poklesu stupňa nasýtenia. Výraznejší pokles bol zistený v prípade zeminy z HM, v prípade pozberových zvyškov vo variantoch s PŠ a v prípade biostimulátorov vo variantoch s TRICHOMIL-om.

Z hodnotených interakcií faktorov ovplyvňujúcich ako pôdnu reakciu, tak i parametre sorpcie je zrejmé, že kombinácia pôdny typ a doba inkubácie štatisticky významne zmenili priemerné hodnoty týchto parametrov (tabuľka 4). Kombinácia pozberových zvyškov spolu s dobou inkubácie mali štatisticky významný vplyv na zmeny priemerných hodnôt aktívnej a výmennej pôdnej reakcie, ale i hodnôt H. Ostatné vzájomné interakcie sledovaných faktorov štatisticky významne neovplyvnili hodnoty pH a parametrov sorpcie.

Záver

Celkovo boli hodnoty pH a parametrov sorpcie štatisticky vysoko preukazne závislé od pôdneho typu, aplikovaných pozberových zvyškov a doby inkubácie zemín. Testované biostimulátory štatisticky významne nezmenili sledované ukazovatele. Výrazná acidifikácia (t. j. pokles aktívneho a výmenného pH a nárast hodnôt hydrolytickej kyslosti) bola pozorovaná v dôsledku rozkladu pozberových

zvyškov rastlín v oboch zemínach, pričom tento efekt bol menej výraznejší v zemine z černoze. V dôsledku zníženia pH a zvýšenia hydrolytickej kyslosti sa v oboch zemínach znížil obsah sumy výmenných bázičných katiónov, čo negatívne ovplyvnilo i celkovú sorpčnú kapacitu a stupeň nasýtenia oboch zemín. Z dynamiky zmien hodnôt pH a parametrov sorpcie je evidentné, že tieto parametre sa intenzívnejšie menili v dôsledku rozkladu pozberových zvyškov pšenice ozimnej ako repky olejky.

Z hodnotených interakcií faktorov ovplyvňujúcich ako pôdnu reakciu, tak i parametre sorpcie je zrejmé, že kombinácia pôdny typ a doba inkubácie štatisticky významne zmenili priemerné hodnoty týchto parametrov. Kombinácia pozberových zvyškov spolu s dobou inkubácie mali štatisticky významný vplyv nie len na zmeny priemerných hodnôt aktívnej a výmennej pôdnej reakcie, ale i hodnôt hydrolytickej kyslosti. Interakcie medzi pôdnym typom, pozberovými zvyškami a biostimulátormy neboli potvrdené.

Literatúra

- ANDERSSON, S. – NILSSON, S. I. – SAETRE, P. 2000. Leaching of dissolved organic carbon and dissolved organic nitrogen in mor humus as affected by temperature and pH. In Soil biology and biochemistry, 2000, 32, p. 1–10.
- BIELEK, P. 2017. Pôdoznalectvo pre environmanažérov. Nitra : SPU, 318 s. ISBN 978-80-552-1682-9.
- BLEVINS, R.L. – THOMAS, G.W. – CORNELIUS, P.L. 1977. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. In Agron. J., 69, 1977, pp. 383–96.
- ČERNÝ, I. – PAČUTA, V. – ERNST, D. – GAŽO, J. 2018. Tvorba úrody a cukornatosti repy cukrovej v závislosti od ročníka a foliárnej aplikácie biologicky aktívnych látok a hnojív. In LCaR, roč. 134, 2018, č. 4, s. 141–154.
- FRIEDEL, J. K. – MUNCH, J. C. – FISCHER, W. R. 1996. Soil microbial properties and the assessment of available soil organic matter in a haplic luvisol after several years of different cultivation and crop rotation. In Soil Biol. Biochem., 28, 1996, pp. 479–488.
- GALANTINI, J. – ROSELL, R. 2006. Long-term fertilization effects on soil organic matter quality and dynamics under different production systems in semiarid Pampean soils. In Soil & Tillage Research, 87, 2006, pp. 72–79.
- HANES, J. 1999. Analýza sorpčných vlastností pôdy. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy Bratislava, 1. vyd., 1999, 138 s. ISBN 80-85361-47-7.
- HARRISON, P. – PEARCE, F. 2000. Atlas of Population & Environment. Los Angeles: American Association for the Advancement of Science and University California Press, 2000, 215 p. ISBN 0-520-23081-7.

- (9) HEITKÖTTER, J. – MARSCHNER, B. 2015. Interactive effects of biochar ageing in soils related to feedstock, pyrolysis temperature, and historic charcoal production. In *Geoderma*, 245–246, 2015, pp. 56–64.
- (10) HRIVŇÁKOVÁ, K. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – BARANČÍKOVÁ, G. – BEZÁK, P. – BEZÁKOVÁ, Z. – DODOK, R. – GREČO, V. – CHLPÍK, J. – KOBZA, J. – LIŠTJAK, M. – MALIŠ, J. – PÍŠ, V. – SCHLOSSEROVÁ, J. – SLÁVIK, O. – STYK, J. – ŠIRÁŇ, M. 2011. Jednotné pracovné postupy rozborov pôd. Bratislava: VUPOP, 2011, 136 s. ISBN 978-80-89128-89-1.
- (11) HUSSAIN, I. – OLSON, K.R. – EBELHAR, S.A. 1999. Long-term tillage effects on soil chemical properties and organic matter fractions. In *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 63, 1999, pp. 1335–1341.
- (12) LIANG, B. – LEHMANN, J. – SOLOMON, D. – KINYANGI, J. – GROSSMAN, J. – O'NEILL, B. – SKJEMSTAD, J.O. – THIES, J. – LUIZAO, F.J. – PETERSEN, J. – NEVES, E.G. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. In *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 70, 2006, pp. 1719–1730.
- (13) PAČUTA, V. – RAŠOVSKÝ, J. – ČERNÝ, I. 2017. Vplyv ročníka, odrody a biopreparátov Alga 300 P, K a Alga 600 na úrodné parametre repy cukrov. In *LCaŘ*, roč. 133, 2017, č. 7–8, s. 232–236.
- (14) ŠIMANSKÝ, V. – SZOMBATHOVÁ, N. 2011. Basal, potential and relative respiration with dependence on applied crop residues and bio-stimulators in Haplic Chernozems. In *Journal of Central European Agriculture*, vol. 12, 2011, no. 4, pp. 702–715.
- (15) ŠIMANSKÝ, V. – TOBIAŠOVÁ, E. – CHLPÍK, J. 2008. Soil tillage and fertilization of Orthic Luvisol and their influence on chemical properties, soil structure stability and carbon distribution in water-stable macro-aggregates. In *Soil & Tillage Research*, vol. 100, 2008, no. 1–2, pp. 125–132.
- (16) ŠIMANSKÝ, V. – ZAUJEC, A. – TOBIAŠOVÁ, E. 2006a. Vplyv biostimulátora Trichomil na transformačné procesy. In *Biotechnology 2006 [CD-ROM]*. České Budějovice : Scientific Pedagogical Publishing, 2006, s. 1050–1052. ISBN 8085645-53-X.
- (17) ŠIMANSKÝ, V. – ZAUJEC, A. – TOBIAŠOVÁ, E. 2006b. Vplyv biostimulátora Beta-Liq na transformačné procesy pozberových zvyškov pšenice letnej formy ozimnej a kapusty repkovej pravej. In *Biotechnology 2006 [CD-ROM]*. České Budějovice: Scientific Pedagogical Publishing, 2006, s. 1053–1055. ISBN 8085645-53-X.
- (18) TORMA, S. – VILČEK, J. 2018. Pozberové zvyšky cukrovej repy a ich význam v kolobehu živín. In *LCaŘ*, roč. 133, 2017, č. 9–10, s. 285–287.
- (19) VÁCHOVÁ, R. – KOLÁŘ, L. – MUCHOVÁ, Z. 2016. Primární organická půdní hmota a humus, dvě složky půdní organické hmoty. Nitra : SPU, 2016, 122 s. ISBN 978-80-552-1467-2.
- (20) WHALEN, J.K. – CHANG, C. – CLAYTON, G.W. – CAREFOOT, J.P. 2000. Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils. In *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64, 2000, pp. 962–966.
- (21) ZAUJEC, A. – CHLPÍK, J. – NÁDAŠSKÝ, J. – SZOMBATHOVÁ, N. – TOBIAŠOVÁ, E. 2009. *Pedológia a základy geológie*. 1 vyd., Nitra : SPU, 2009, 399 s. ISBN 978-80-552-0207-5.
- (22) ZAUJEC, A. – ŠIMANSKÝ, V. 2006. Vplyv biostimulátorov rozkladu rastlinných zvyškov na pôdnu štruktúru a organickú hmotu pôdy. *Vedecká monografia*. Nitra : SPU, 2006. 112 s. ISBN 80-8069-779-5.
- (23) ZELENÁ SPRÁVA. 2014. *Správa o poľnohospodárstve a potravinárstve v Slovenskej republike za rok 2013*. Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum.

*doc. Ing. Vladimír Šimanský, PhD.,
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre,
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov,
Katedra pedológie a geológie,
Tr. Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra,
e-mail: Vladimir.Simansky@uniag.sk*



ilustračné foto

Aktuálny stav a vývoj obsahu mikroživín v poľnohospodárskych pôdach Slovenska

Current state and development of micronutrients in agricultural soils of Slovakia

Jozef Kobza

Current state and development of micronutrients (Cu, Zn, Mn) are presented in this contribution. Microelements have been monitored in soil monitoring network which consists of 318 monitoring sites where all main soil types and geology in various climatic regions of Slovakia are included. Therefore the concrete soils concerning their content of micronutrients are evaluated separately with regard to their land use (arable land and grassland). Microelements were determined by analytical procedures of DTPA extraction according to Lindsay-Norvell method. On the basis of obtained results it may be said that the content of microelements (Cu, Zn, Mn) is mostly medium to high.

Finally, only the slight decrease of micronutrients has been indicated during the last 20 years (period of microelements monitoring in Slovakia).

soil monitoring, microelements, copper, zinc, manganese, Slovakia

Názov mikroživiny sa odvodzuje jednak z toho, že ich rastliny potrebujú v porovnaní s makroživinami vo veľmi malých množstvách, ako aj z toho, že ich obsah v pôde je veľmi nízky. Mikroživiny sa vyznačujú tým, že ich nedostatok, ako aj prebytok v pôde v rozpustnej forme pôsobí škodlivo. Obsah mikroživín v pôde závisí od mineralogického zloženia. Vyšší obsah mikroživín majú pôdy, ktoré obsahujú ľahšie zvetrateľný mineralogický podiel, ktorý sa skladá najmä z biotitu, augitu a olivínu. Vysoký obsah mikroživín majú tiež pôdy v blízkosti rudných ložísk a metalického zrudnenia (8). Na druhej strane vápence, ako aj dolomitické vápence neobsahujú potrebné mikroživiny, môžu však obsahovať mangán (6).

V monitorovacej sieti pôd Slovenska sledujeme tri základné mikroživiny, a to meď, zinok a mangán, a to len od 2. monitorovacieho cyklu (od roku 1997). Na ich extrakciu sme použili vylúhovadlo DTPA (kyselina dietyléntriámín-pentaoctová) podľa Lindsay-Norvella (9). Patrí do kategórie slabších vylúhovadiel za účelom stanovenia tých

množstiev prvkov, ktoré sa môžu za určitých podmienok (pôdna reakcia, teplota, vlhkosť, sorpčná kapacita a pod.) pomerne ľahko dostávať cez koreňovú sústavu rastlín do ich vegetatívnych a generatívnych orgánov, a teda kvalitatívne ovplyvňovať produkciu poľnohospodárskych plodín. I keď tieto prvky sa hodnotia prevažne len z pohľadu kontaminácie pôd, svoje postavenie majú v malých koncentráciách aj pri výžive rastlín (5).

V tomto príspevku hodnotíme súčasný, aktuálny stav mikroživín (Cu, Zn, Mn), ako aj ich doterajší vývoj v poľnohospodárskych pôdach Slovenska.

Materiál a metódy

V príspevku sme vychádzali z podkladov permanentného systému monitorovania pôd Slovenska, ktorého sieť bola konštruovaná na základe ekologického princípu. To znamená, že monitorovacie lokality zahŕňajú všetky hlavné pôdne predstavitelne, ako aj pôdotvorné substráty, taktiež klimatické oblasti, znečistené aj relatívne čisté oblasti, špeciálne kultúry (vinice, chmeľnice), pričom zohľadňujeme aj druh pozemku (orná pôda, trvalé trávne porasty). Výsledkom takéhoto prístupu vznikla nepravidelná monitorovacia sieť 318 lokalít v rámci SR, pričom odber a analýzy pôdnych vzoriek sa realizuje v pravidelných 5-ročných cykloch v ornici aj podornici poľnohospodárskych pôd. Analýzy mikroživín (Cu, Zn, Mn) boli vykonané na pracovisku laboratórnych činností pri NPPC – VÚPOP v Bratislave podľa jednotných pracovných postupov rozborov pôd (9) a boli analyzované v extrakte DTPA (kyselina dietyléntriámín-pentaoctová). Dosiahnuté výsledky pochádzajú z najnovšieho – v poradí už piateho ukončeného monitorovacieho cyklu poľnohospodárskych pôd Slovenska (2013 – 2017) a boli spracované a vyhodnotené podľa zaužívaných štatistických postupov podľa konkrétnych pôdnych typov Slovenska.

Pre hodnotenie výsledkov mikroživín v pôdach Slovenska sa v súčasnosti používajú kritéria uvedené v tabuľke 1.

Výsledky a diskusia

V rámci monitoringu pôd Slovenska permanentne sledujeme a hodnotíme základné mikroživiny, a to meď, zinok a mangán v povrchovom horizonte poľnohospodárskych pôd.

1. Meď (Cu)

Meď je jednou z dôležitých mikroživín ktorej nedostatok obmedzuje rast koreňov niektorých rastlín (najmä viniča) a spôsobuje chlorózu listov. Obmedzená môže byť i tvorba kvetov a častým príznakom je i vädnutie rastlín. Je esenciálna pre rastliny, pre zvieratá, ale aj pre človeka, a preto je potrebná v malých množstvách aj v zložkách potravy. Na nedostatok medi citlivo reaguje šalát a špenát, ale aj

Tabuľka 1: Kritériá pre hodnotenie obsahu mikroživín (7)

Table 1: Criteria for evaluation of micronutrients content (7)

Mikroživiny (1)	Pôdny druh (2)	Obsah (mg.kg ⁻¹) (6)		
		malý (3)	stredný (4)	vysoký (5)
Cu (Lindsay – Norvell)	L, S, T	do 0,80	0,81 – 2,70	nad 2,70
Zn (Lindsay – Norvell)	L, S, T	do 1,00	1,01 – 2,50	nad 2,50
Mn (Lindsay – Norvell)	L, S, T	do 10,0	10,1 – 100,0	nad 100,0

(1) micronutrients, (2) soil use, (3) low, (4) medium, (5) high, (6) content in mg.kg⁻¹

Tabuľka 2: Obsah medi (výluh DTPA) v ornici poľnohospodárskych pôd Slovenska
Table 2: Content of copper (DTPA) in agricultural soils (arable layer) of Slovakia

Pôdy (1)	Druh pozemku (18)	Cu (mg.kg ⁻¹)				
		min. hodnota (21)	max. hodnota (22)	smerodajná odchýlka (23)	variálny koeficient (%) (24)	priemer (25)
Pseudogleje a luvizeme (2)	OP (19)	0,30	2,23	0,38	47,61	0,80 (m) (26)
	TTP (20)	1,36	5,01	1,04	41,78	2,48 (s) (27)
Hnedozeme (3)	OP	0,86	20,20	3,62	109,09	3,31 (v) (28)
Černozeme na sprášiacich (4)	OP	0,44	2,29	0,61	56,21	1,10 (s)
Fluvizeme na karb. fluv. sed. (5)	OP	0,26	30,70	7,91	134,89	5,87 (v)
Fluvizeme na nekarb. fluv. sed. (6)	OP	0,91	39,50	8,54	132,93	6,43 (v)
Kambizeme na vulkanitoch (7)	TTP	0,18	3,33	1,12	68,03	1,65 (s)
	OP	0,53	6,57	2,64	96,90	2,73 (v)
Kambizeme na kryštaliniku (8)	OP	0,63	30,20	9,44	175,80	5,37 (v)
	TTP	0,50	46,10	13,20	166,01	7,95 (v)
Kambizeme na flyši (9)	TTP	1,04	5,56	1,16	48,66	2,39 (s)
	OP	0,45	2,51	0,71	51,42	1,39 (s)
Kambizeme na karb. substr. (10)	TTP	0,97	3,08	0,88	45,20	1,95 (s)
	OP	1,14	3,02	1,05	58,25	1,80 (s)
Rendziny na karb. substrátoch (11)	TTP	1,50	4,57	1,13	36,62	3,10 (v)
	OP	0,75	3,89	1,57	61,60	2,56 (s)
Čiernice na karb. fluv. sed. (12)	OP	0,31	3,31	0,86	77,93	1,10 (s)
Čiernice na nekarb. fluv. sed. (13)	OP	1,41	5,70	1,24	41,63	2,99 (v)
Podzoly a rankre podzolové (14)	TTP	0,18	3,65	1,25	144,98	0,86 (s)
Regozeme na karb. pieskoch (15)	OP	0,67	15,40	6,32	149,91	4,22 (v)
Regozeme na nekarb. pieskoch (16)	OP	0,64	0,88	0,12	15,80	0,77 (m)
Slaniská a slance (17)	TTP	2,08	11,30	3,06	78,50	3,91 (v)

(1) Soils, (2) Planosols + Albeluvisols, (3) Luvisols, (4) Chernozems, (5) Fluvisols on carbonate fluvial sediments, (6) Fluvisols on non-carbonate fluvial sediments, (7) Cambisols on volcanic rocks, (8) Cambisols on crystalline rocks, (9) Cambisols on flysch, (10) Cambisols on carbonate rocks, (11) Rendzic Leptosols, (12) Mollic Fluvisols on carbonate fluvial sediments, (13) Mollic Fluvisols on non-carbonate fluvial sediments, (14) Podzols, (15) Regosols on carbonate sands, (16) Regosols on non-carbonate sands, (17) Solonchaks and Solonetz, (18) land use, (19) arable land, (20) grassland, (21) minimum, (22) maximum, (23) standard deviation, (24) coefficient of variability, (25) mean, (26) low content, (27) medium content, (28) high content

repa cviklová a struková zelenina (4). Všeobecne možno povedať, že obsah Cu v prirodzených pôdach je odrazom dvoch hlavných faktorov, a to pôdotvorných substrátov a pôdotvorných procesov (1). Charakteristickým znakom distribúcie Cu v pôdach je jej akumulácia v povrchových humusových horizontoch (adsorpcia, komplexácia s organickými látkami, mikrobiálna fixácia a pod.) (2, 3).

V tabuľke 2 uvádzame základné štatistické charakteristiky medi v ornici v konkrétnych pôdnych predstaviteľoch poľnohospodárskych pôd Slovenska.

Priemerný obsah medi v poľnohospodárskych pôdach Slovenska sa pohybuje prevažne v rozpätí od 0,77 do 7,95 mg.kg⁻¹, čo je obsah malý až vysoký (8). Vyšší obsah medi bol zistený na niektorých kyslých pôdach v oblasti vplyvu geochemických anomálií, taktiež v pôdach pod vinicami, kde sa najmä v minulosti používali mednaté prípravky na ochranu rastlín. Na základe nami dosiahnutých výsledkov, možno konštatovať, že obsah medi v poľnohospodárskych pôdach Slovenska je prevažne stredný (tabuľka 2). Najnižšie hodnoty medi boli zistené na regozemiach na kremitych viatych pieskoch (najmä oblasť Záhoria), ako aj na niektorých pseudoglejoch a luvizemiach, ktoré sa nachádzajú v kotlinových oblastiach Slovenska. Do úvahy treba vziať aj značnú heterogenitu tohto prvku v pôdach Slovenska (tabuľka 2), najmä pri kambizemiach na kryštaliniku, kde sa variálny koeficient dosahuje hodnotu viac ako 100% a ktoré sú do značnej miery ovplyv-

nené výskytom, resp. vplyvom geochemických anomálií najmä v horských a podhorských oblastiach, taktiež na podzoloch a fluvizemiach (výrazný transport pôdno-sedimentárneho materiálu i zo vzdialenejších oblastí) (tabuľka 2). Vzhľadom na to, že v rámci monitorovania pôd SR nie je možné z finančného hľadiska prehodnocovať každú parcelu, odporúčame preto na jednotlivých parcelách merať hodnotený prvok vo vzťahu ku konkrétnej pôde a pestovanej plodine.

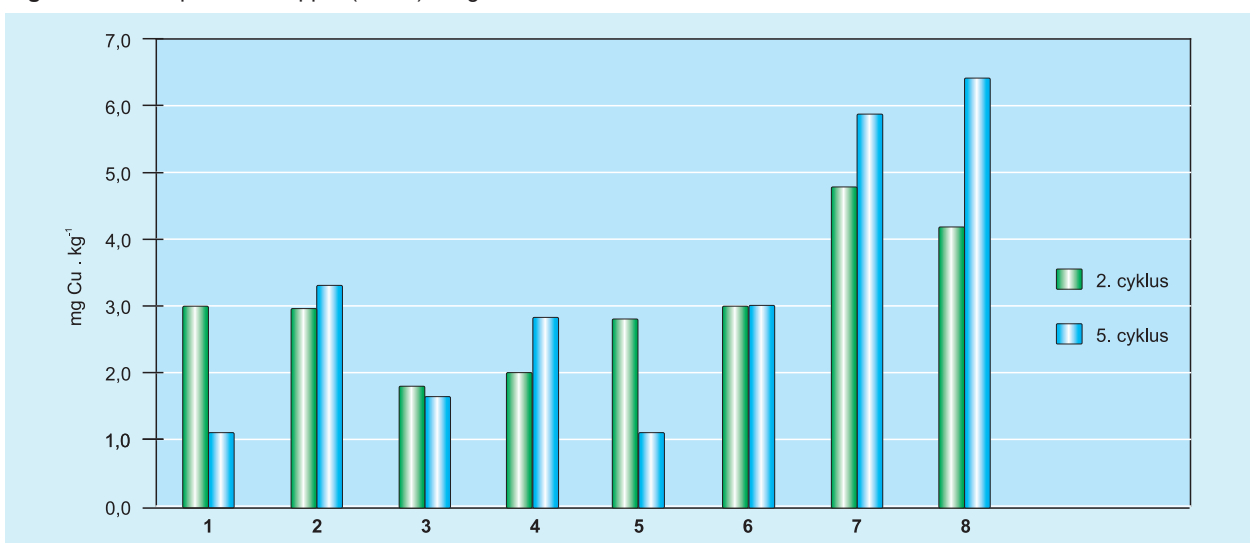
Vývoj obsahu medi za doteraz sledované obdobie je znázornený na obrázkoch 1 a 2.

Doterajší vývoj obsahu medi v hodnotených pôdach Slovenska je viac alebo menej variabilný. Medzi ornými pôdami a pôdami pod trvalými trávnyimi porastami v rámci toho istého pôdneho typu neboli zistené výraznejšie rozdiely, čo ukazuje skôr na prirodzenú zásobenosť tejto mikroživiny v pôdach a jej určité optické disproporcie v časovom horizonte sú skôr výsledkom prirodzenej variability (obrázok 2).

2. Zinok

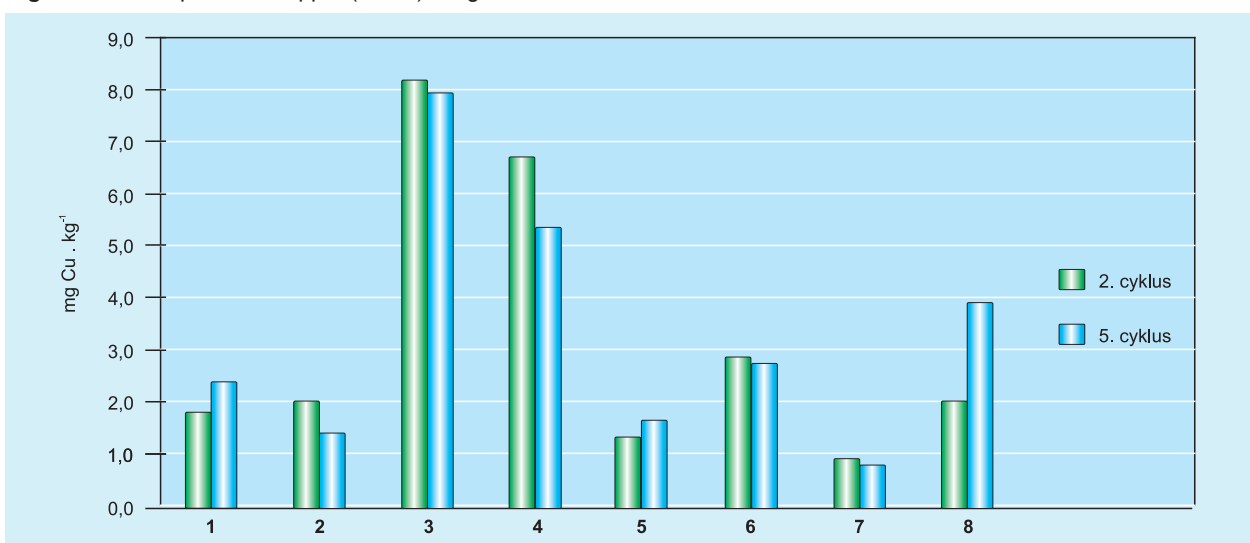
Zinok je v zemskej kôre distribuovaný relatívne rovnomerne s tendenciou jeho koncentrácie v ultrabázických horninách. Je to chalkofílny prvok, ktorý sa koncentruje v jednoduchých sulfidoch (ZnS). Zn je mobilný a pre rastliny prístupný najmä v ľahkých kyslých pôdach. Naopak imobilizácia zinku je podporovaná prítomnosťou vápnika

Obrázok 1: Vývoj obsahu medi (DTPA) v poľnohospodárskych pôdach Slovenska
Figure 1: Development of copper (DTPA) in agricultural soils of Slovakia



(1) Chernozems, (2) Cutanic Luvisols, (3) Planosols + Albeluvisols, (4) Rendzic Leptosols, (5) Mollic Fluvisols on carbonate fluvial sediments, (6) Mollic Fluvisols on non-carbonate fluvial sediments, (7) Fluvisols on carbonate fluvial sediments, (8) Fluvisols on non-carbonate fluvial sediments

Obrázok 2: Vývoj obsahu medi (DTPA) v poľnohospodárskych pôdach Slovenska
Figure 2: Development of copper (DTPA) in agricultural soils of Slovakia



(1) Cambisols on flysch (grassland), (2) Cambisols on flysch (arable land), (3) Cambisols on crystalline rocks (grassland), (4) Cambisols on crystalline rocks (arable land), (5) Cambisols on volcanic rocks (grassland), (6) Cambisols on volcanic rocks (arable land), (7) Regosols on acid eolic sands (arable land), (8) salined soils (grassland)

a fosforu (2,3). Zinok je aktivátorom a stabilizátorom enzýmov, riadiacich metabolizmus rastlín. Ovplyvňuje spotrebu cukrov, oxidačné procesy a transformáciu aminokyselín. Pri jeho nedostatku sa znižuje syntéza RNK, bielkovín, škrobu a je porušená tvorba chlorofylu (5).

Za optimálnu hladinu zinku v pôde považujeme hodnoty na úrovni 1,01 – 2,5 mg.kg⁻¹ – stredný obsah (7).

V tabuľke 3 uvádzame základné štatistické charakteristiky zinku v ornici konkrétnych pôdných predstaviteľov poľnohospodárskych pôd Slovenska.

Obsah zinku v ornici poľnohospodárskych pôd Slovenska sa pohybuje priemerne v rozpätí 0,74 – 5,07 mg.kg⁻¹

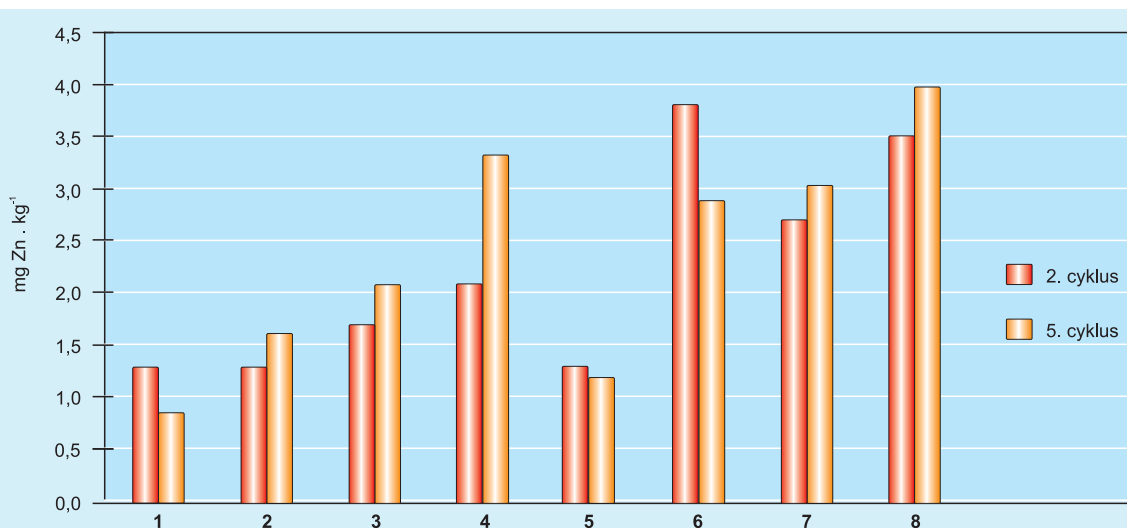
(tabuľka 3), čo je obsah malý až vysoký. Obsah zinku je podobne ako pri medi v pôdach značne variabilný, o čom svedčia hodnoty variačného koeficienta, ktoré sú na niektorých pôdach vyššie ako 100 %, napr. pri pseudoglejoch a luvizemiach, fluvizemiach, ako aj niektorých kambizemiach (tabuľka 3). Najvyššie hodnoty zinku (3 – 4,58 mg.kg⁻¹) boli namerané na podzoloch, na fluvizemiach, ale aj na rendzinách a značnej časti kambizemí, čo sú prevažne horské a podhorské pôdy. Najnižšie hodnoty obsahu zinku boli zistené na černozemiach a niektorých pseudoglejoch a luvizemiach, čo sú naše intenzívne obhospodarované pôdy (0,74 – 0,85 mg.kg⁻¹) – tabuľka 3. Napokon pozitívny

Tabuľka 3: Obsah zinku (DTPA) v ornici poľnohospodárskych pôdach Slovenska
Table 3: Content of zinc (DTPA) in agricultural soils (arable layer) of Slovakia

Pôdy (1)	Druh pozemku (18)	Zn (mg.kg ⁻¹)				
		min. hodnota (21)	max. hodnota (22)	smerodajná odchýlka (23)	variálny koeficient (%) (24)	priemer (25)
Pseudogleje a luvizeme na spraš. hlinách (2)	OP (19)	0,21	3,73	0,80	108,29	0,74 (m) (26)
	TTP (20)	1,05	7,19	1,83	53,34	3,44 (v) (27)
Hnedozeme (3)	OP	0,33	3,55	0,80	49,70	1,61 (s) (28)
Černozeme (4)	OP	0,39	2,32	0,49	58,02	0,85 (m)
Fluvizeme na karb. fluv. sed. (5)	OP	1,08	23,3	4,47	148,19	3,02 (v)
Fluvizeme na nekarb. fluv. sed. (6)	OP	0,56	23,60	5,35	134,80	3,97 (v)
Kambizeme na vulkanitoch (7)	TTP	1,66	3,74	0,73	26,72	2,73 (v)
	OP	2,45	3,73	0,56	19,03	2,92 (v)
Kambizeme na kryštaliniku (8)	OP	0,63	1,98	0,52	44,16	1,18 (s)
	TTP	1,71	15,90	3,67	72,35	5,07 (v)
Kambizeme na flyši (9)	TTP	1,10	8,78	2,10	50,70	4,15 (v)
	OP	0,53	2,16	0,52	40,17	1,30 (s)
Kambizeme na karb. substrátoch (10)	TTP	0,42	2,99	1,09	77,63	1,41 (s)
	OP	0,53	5,74	2,75	104,68	2,62 (v)
Rendziny na vápencoch (11)	TTP	0,69	6,64	2,04	61,28	3,32 (v)
	OP	3,23	6,14	1,20	26,13	4,58 (v)
Čiernice na karb. fluv. sed. (12)	OP	0,56	2,42	0,67	56,46	1,19 (s)
Čiernice na nekarb. fluv. sed. (13)	OP	0,35	5,66	1,65	57,26	2,89 (v)
Podzoly a rankre podzolové (14)	TTP	1,38	8,93	3,09	71,22	4,34 (v)
Regozeme na karb. pieskoch (15)	OP	0,52	2,21	0,64	42,42	1,53 (s)
Regozeme na nekarb. pieskoch (16)	OP	0,95	1,34	0,22	20,52	1,08 (s)
Slaniská a slance (17)	TTP	0,56	3,96	1,16	80,28	1,44 (s)

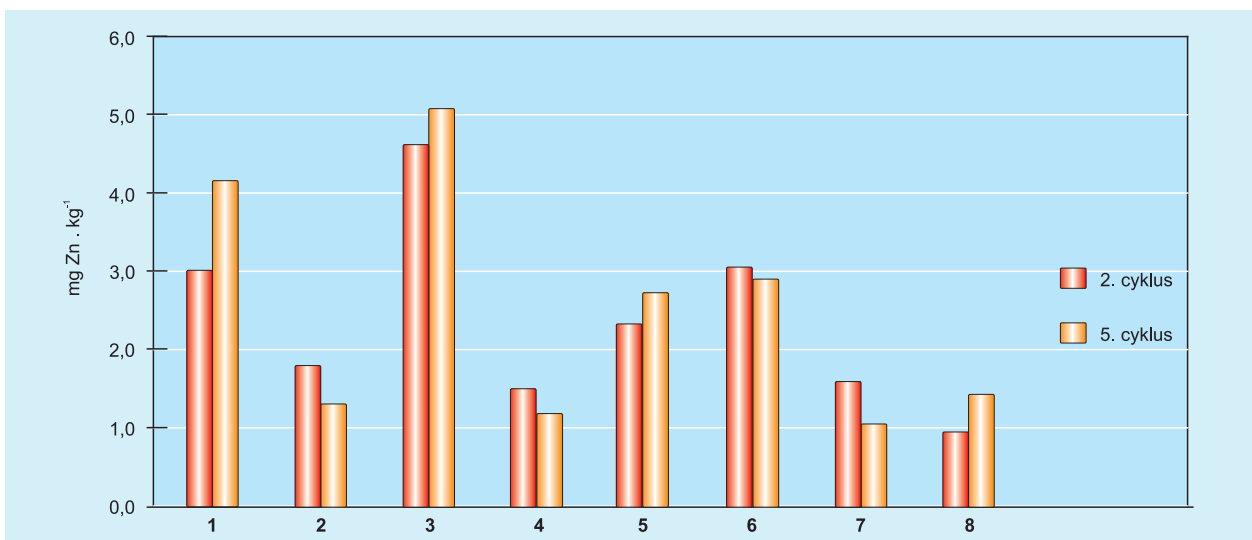
(1) Soils, (2) Planosols + Albeluvisols, (3) Luvisols, (4) Chernozems, (5) Fluvisols on carbonate fluvial sediments, (6) Fluvisols on non-carbonate fluvial sediments, (7) Cambisols on volcanic rocks, (8) Cambisols on crystalline rocks, (9) Cambisols on flysch, (10) Cambisols on carbonate rocks, (11) Rendzic Leptosols, (12) Mollic Fluvisols on carbonate fluvial sediments, (13) Mollic Fluvisols on non-carbonate fluvial sediments, (14) Podzols, (15) Regosols on carbonate sands, (16) Regosols on non-carbonate sands, (17) Solonchaks and Solonetz, (18) land use, (19) arable land, (20) grassland, (21) minimum, (22) maximum, (23) standard deviation, (24) coefficient of variability, (25) mean, (26) low content, (27) high content, (28) medium content

Obrázok 3: Vývoj obsahu zinku (DTPA) v poľnohospodárskych pôdach Slovenska
Figure 3: Development of zinc (DTPA) in agricultural soils in Slovakia



(1) Chernozems, (2) Cutanic Luvisols, (3) Planosols + Albeluvisols, (4) Rendzic Leptosols, (5) Mollic Fluvisols on carbonate fluvial sediments, (6) Mollic Fluvisols on non-carbonate fluvial sediments, (7) Fluvisols on carbonate fluvial sediments, (8) Fluvisols on non-carbonate fluvial sediments

Obrázok 4: Vývoj obsahu zinku (DTPA) v poľnohospodárskych pôdach Slovenska
Figure 4: Development of zinc (DTPA) in agricultural soils of Slovakia



(1) Cambisols on flysch (grassland), (2) Cambisols on flysch (arable land), (3) Cambisols on crystalline rocks (grassland), (4) Cambisols on crystalline rocks (arable land), (5) Cambisols on volcanic rocks (grassland), (6) Cambisols on volcanic rocks (arable land), (7) Regosols on acid eolic sands (arable land), (8) salined soils (grassland)

vplyv karbonátov na obmedzenie príjmu niektorých prvkov vrátane zinku dokumentujú aj niektorí autori (11). Za optimálnu hladinu zinku v pôde považujeme hodnoty na úrovni 1,01 – 2,5 mg.kg⁻¹ – stredný obsah (7).

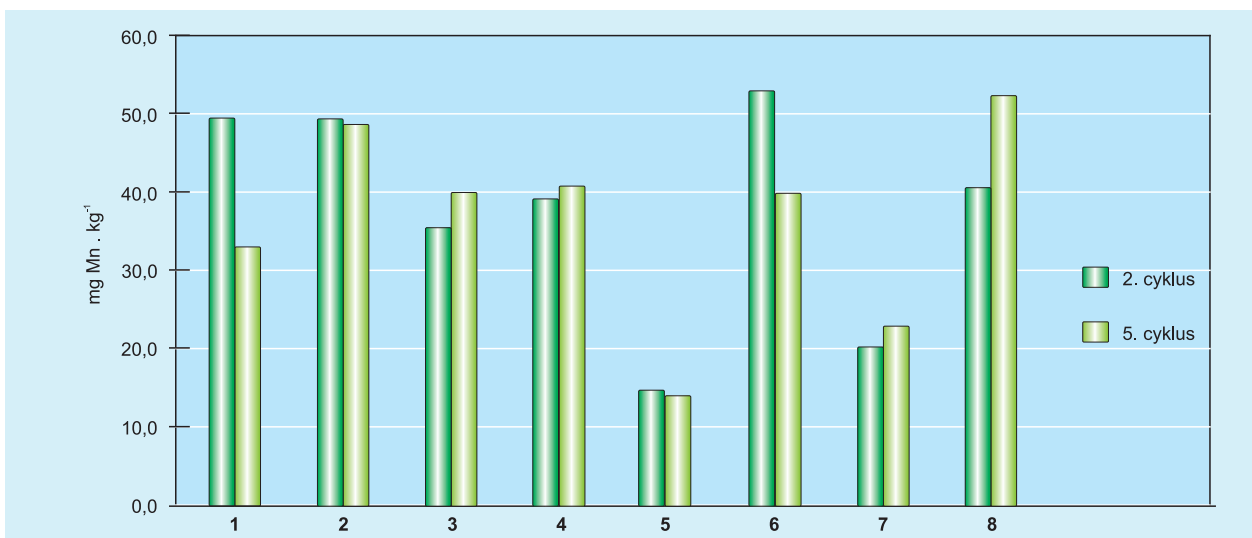
Vývoj obsahu zinku za doteraz sledované obdobie je znázornený na obrázkoch 3 a 4.

Vývoj obsahu zinku je bez výraznejších zmien, určité amplitúdy v smere mierneho zníženia alebo zvýšenia varíruje v rámci prirodzenej variability. Rozdiely v obsahu zinku v poľnohospodárskych pôdach Slovenska od začiatku monitorovania nie sú výrazné.

3. Mangán

Je najbežnejším stopovým prvkom v litosfére. Súčasne ovplyvňuje správanie mnohých iných mikroživín. Rozdiely mangánu v pôdach sú do značnej miery ovplyvnené pedogenezou, tiež súvisia aj s obsahom ílovej frakcie v pôdach (2). Mangán v rastlinách zvyšuje intenzitu dýchania, látkovej premeny a tak stimuluje rozvoj vegetatívnych orgánov. Pozitívne ovplyvňuje tvorbu kyseliny L-askorbovej (vitamínu C), ako aj syntézu RNK a DNK. Jeho nedostatok sa prejavuje obmedzením tvorby chloroplastov, čím

Obrázok 5: Vývoj obsahu mangánu (DTPA) v poľnohospodárskych pôdach Slovenska
Figure 5: Development of manganese (DTPA) in agricultural soils of Slovakia



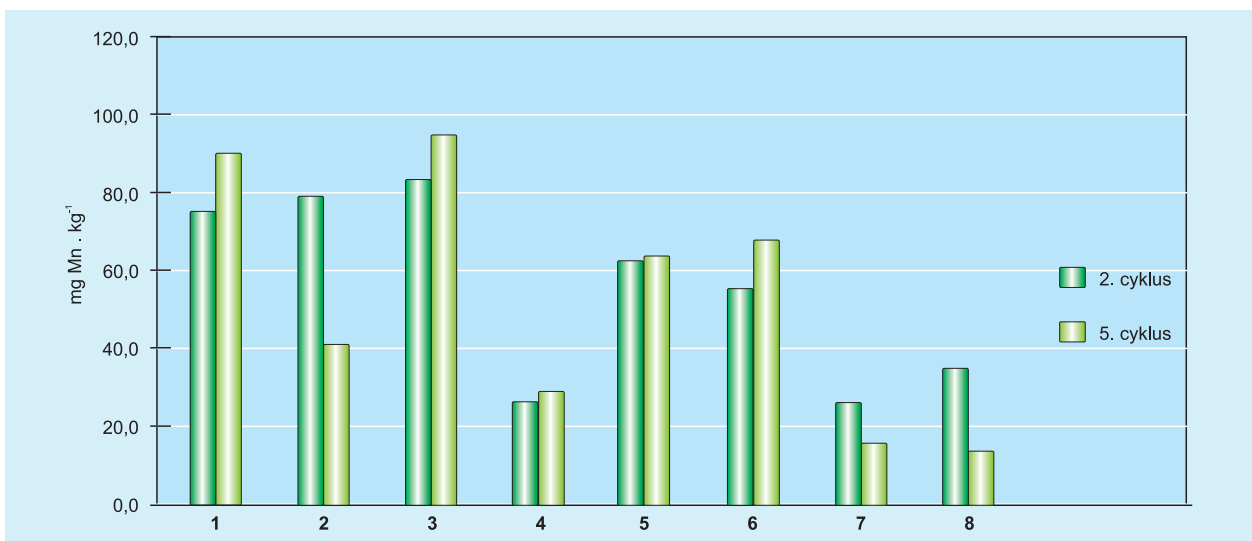
(1) Chernozems, (2) Cutanic Luvisols, (3) Planosols + Albeluvisols, (4) Rendzic Leptosols, (5) Mollic Fluvisols on carbonateous fluvial sediments, (6) Mollic Fluvisols on non-carbonateous fluvial sediments, (7) Fluvisols on carbonateous fluvial sediments, (8) Fluvisols on non-carbonateous fluvial sediments

Tabuľka 4: Obsah mangánu (DTPA) v ornici poľnohospodárskych pôd Slovenska
Table 4: Content of manganese (DTPA) in agricultural soils (arable layer) of Slovakia

Pôdy (1)	Druh pozemku (18)	Mn (mg.kg ⁻¹)				
		min. hodnota (21)	max. hodnota (22)	smerodajná odchýlka (23)	variabilný koeficient (%) (24)	priemer (25)
Pseudogleje a luvizeme na spraš. hlinách (2)	OP (19)	1,95	28,70	6,08	57,28	10,62 (s) (26)
	TTP (20)	12,40	109,00	26,00	37,66	69,03 (s)
Hnedozeme (3)	OP	7,57	115,00	32,36	66,80	48,44 (s)
Černozeme (4)	OP	8,59	70,10	18,98	57,86	32,80 (s)
Fluvizeme na karb. fluv. sed. (5)	OP	9,45	44,70	8,14	35,68	22,81 (s)
Fluvizeme na nekarb. fluv. sed. (6)	OP	19,90	126,00	29,89	57,35	52,13 (s)
Kambizeme na vulkanitoch (7)	TTP	18,40	186,00	55,42	86,55	64,03 (s)
	OP	56,70	86,50	13,42	19,78	67,87 (s)
Kambizeme na kryštaliniku (8)	OP	10,20	38,60	8,79	30,47	28,85 (s)
	TTP	36,80	179,00	39,52	41,48	95,27 (s)
Kambizeme na flyši (9)	TTP	38,80	255,00	57,85	64,02	90,36 (s)
	OP	9,20	104,00	25,62	62,84	40,76 (s)
Kambizeme na karb. substrátoch (10)	TTP	14,90	62,60	22,90	70,27	32,60 (s)
	OP	11,40	36,10	14,00	70,27	19,93 (s)
Rendziny (11)	TTP	13,90	189,00	53,20	90,87	58,54 (s)
	OP	15,70	34,60	8,31	36,34	22,87 (s)
Čiernice na karb. fluv. sed. (12)	OP	6,35	26	5,26	38,17	13,78 (s)
Čiernice na nekarb. fluv. sed. (13)	OP	6,16	125,00	29,96	75,42	39,73 (s)
Podzoly a rankre podzolové (14)	TTP	0,17	6,81	2,21	105,13	2,10 (m) (27)
Regozeme na karb. pieskoch (15)	OP	4,39	17,70	5,05	47,19	10,71 (s)
Regozeme na nekarb. pieskoch (16)	OP	8,51	20,00	6,41	40,34	15,90 (s)
Slaniská a slance (17)	TTP	9,08	23,50	4,64	34,33	13,52 (s)

(1) Soils, (2) Planosols + Albeluvisols, (3) Luvisols, (4) Chernozems, (5) Fluvisols on carbonateous fluvial sediments, (6) Fluvisols on non-carbonateous fluvial sediments, (7) Cambisols on volcanic rocks, (8) Cambisols on crystalline rocks, (9) Cambisols on flysch, (10) Cambisols on carbonateous rocks, (11) Rendzic Leptosols, (12) Mollic Fluvisols on carbonateous fluvial sediments, (13) Mollic Fluvisols on non-carbonateous fluvial sediments, (14) Podzols, (15) Regosols on carbonateous sands, (16) Regosols on non-carbonateous sands, (17) Solonchaks and Solonetz, (18) land use, (19) arable land, (20) grassland, (21) minimum, (22) maximum, (23) standard deviation, (24) coefficient of variability, (25) mean, (26) medium content, (27) low content

Obrázok 6: Vývoj obsahu mangánu (DTPA) v poľnohospodárskych pôdach Slovenska
Figure 6: Development of manganese (DTPA) in agricultural soils of Slovakia



(1) Cambisols on flysch (grassland), (2) Cambisols on flysch (arable land), (3) Cambisols on crystalline rocks (grassland), (4) Cambisols on crystalline rocks (arable land), (5) Cambisols on volcanic rocks (grassland), (6) Cambisols on volcanic rocks (arable land), (7) Regosols on acid eolic sands (arable land), (8) salined soils (grassland)

sa znižuje fotosyntéza, v dôsledku čoho je nižšia tvorba sacharidov a škrobu (5).

V tabuľke 4 uvádzame základné štatistické charakteristiky mangánu v ornici v konkrétnych pôdnych predstaviteľoch poľnohospodárskych pôd Slovenska.

Priemerný obsah mangánu v ornici poľnohospodárskych pôd Slovenska sa pohybuje v širokom rozpätí 2,10 – 95,27 mg.kg⁻¹ (tabuľka 4), čo je obsah malý až stredný (7). Potvrdili to aj doterajšie výsledky agrochemického skúšania pôd (ASP) na poľnohospodárskych pôdach Slovenska (8). Najnižšie hodnoty obsahu mangánu sme zistili na podzolochoch, regozemiach a zasolených pôdach (2,10 – 15,90 mg.kg⁻¹). Nedostatok mangánu vzniká skôr nevhodnými stanovištnými podmienkami, ako jeho neprítomnosťou v pôde (4).

Najvyššie hodnoty obsahu mangánu boli zistené prevažne na kambizemiach (tabuľka 4). Doterajší vývoj obsahu mangánu v poľnohospodárskych pôdach Slovenska je graficky znázornený na obrázkoch 5 a 6.

Vzhľadom na to, že je známa značná priestorová prirodzená heterogenita obsahu mangánu v pôdach, tendencia jeho vývoja v pôdach Slovenska nie je preto jednoznačná, čo sme potvrdili aj v predchádzajúcich prácach (8, 10). Jeho určitá variabilita v čase je skôr spôsobená spôsobom kultivácie, ako aj pedogénnymi procesmi, najmä eróziou pôd, pretože táto mikroživina sa do pôdy bežne neaplikuje a neaplikovala sa ani v minulosti. Celkovo však môžeme konštatovať, že ani pri mangáne nevykazujeme v priemere deficit v našich pôdach s výnimkou veľmi kyslých pôd – podzolov a rankrov podzolových, regozemí a zasolených pôd – slanísk a slančov. Obsah mangánu v prevažnej väčšine intenzívne využívaných poľnohospodárskych pôd je v priemere stredný (tabuľka 4).

Záver

V príspevku sme sa pokúsili zhodnotiť aktuálny stav a doterajší vývoj mikroživín (Cu, Zn, Mn) v poľnohospodárskych pôdach Slovenska.

Na základe našich doterajších najnovších zistení z výsledkov monitoringu pôd Slovenska možno konštatovať, že obsah základných mikroživín (Cu, Zn, Mn) v poľnohospodárskych pôdach sa pohybuje v pomerne širokom rozpätí, a to od malej až po vysokú zásobenosť, pričom v priemere prevažuje stredná zásobenosť. Z tohto pohľadu nie je v súčasnosti potreba vykonávať špeciálne regulačné opatrenia na úpravu zásobenosti mikroživín v poľnohospodárskych pôdach Slovenska, i keď v poslednom období sme zaznamenali predsa len ich určitý pokles. Vzhľadom na to, že v rámci monitorovania pôd Slovenska nie je možné z finančného hľadiska prehodnocovať každú parcelu, ako aj vo vzťahu k ich preukázanej značnej variabilite, doporučujeme na jednotlivých parcelách merať mikroživiny vo vzťahu ku konkrétnej pôde a pestovanej plodine. Prípadné lokálne deficity, prejavované určitými karenčnými poruchami poľných plodín, je možné napraviť formou foliárneho postreku príslušnou živinou, ako ekonomicky najpriateľnejší spôsob. Avšak pri zakladaní vytrvalých kultúr (ovocné sady, vinice, chmeľnice) je potrebné prípadné deficity v obsahoch jednotlivých mikroživín odstrániť aplikáciou príslušného hnojiva do pôdy na hodnotu stredného obsahu. Tieto opatrenia nie je potrebné vykonávať každoročne, postačia – vzhľadom na doterajší vývoj obsahu mikroživín v pôdach Slovenska – dlhodobejšie intervaly (1-krát za 10 – 15 rokov).

Literatúra

- (1) ALLOWAY, B. J. 1999. Schwermetalle in Boden. Berlin : Springer, Verlag, 1999, 540 p.
- (2) ČURLÍK, J.- ŠEFČÍK, P. 1999. Geochemický atlas SR. Časť V: Pôdy. Bratislava : MŽPSR a VÚPOP, 1999, 99s. + mapové prílohy. ISBN 80-88833-14-0.
- (3) ČURLÍK, J. 2011. Potenciálne toxické stopové prvky a ich distribúcia v pôdach Slovenska. 1. vyd., Bratislava : PF UK, 2011, 462 s. ISBN 978-80-967696-3-6.
- (4) DEMO, M. – HRIČOVSKÝ, I. – BIELEK, P. – FEHÉR, A. – FRANČÁKOVÁ, H. – GINTEROVÁ, A. – HANÁČKOVÁ, E. – HRAŠKA, Š. – HRONSKÝ, Š. – HÚSKA, D. – JUREKOVÁ, Z. – LANDA, Z. – POSPÍŠIL, R. – REHÁK, Š. – RÓZOVÁ Z. – SÝKOROVÁ, Z. – VALŠÍKOVÁ, M. 2002. Trvalo udržateľné technológie v záhradníctve. Nitra : SPU, 2002, 581 s. ISBN 80-8069-056-1.
- (5) FECENKO, J. – LOŽEK, O. 2000. Výživa a hnojenie poľných plodín. Nitra : SPU, Šafa : Duslo, a. s. 2000, 422 s. ISBN 80-7137-777-5.
- (6) IVANIČ, J. – BENKO, V. – BIZÍK, J. – FECENKO, J. – MASARYK, Š. 1975. Výživa a hnojenie plodín. 1. vyd., Bratislava : Príroda, 1975, 358 s.
- (7) JURÁNI, B. – NEUBERG, J. – ZELENÝ, F. 1985. Hnojenie mikroživinami. Komplexní metodika výživy rastlín. Praha : UVTIZ, 1985, s. 151–169.
- (8) KOBZA, J. – GÁBORIK, Š. 2008. Súčasný stav a vývoj obsahu makro- a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. Bratislava : VÚPOP, 2008, 58 s. ISBN 978-80-89128-47-1.
- (9) KOBZA, J. – HRIVŇÁKOVÁ, K. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – BARANČIKOVÁ, G. – BEZÁK, P. – DODOK, R. – GREČO, V. – CHLPÍK, J. – LIŠJAK, M. – MALIŠ, J. – PÍŠ, V. – SCHLOSSEROVÁ, J. – SLÁVIK, O. – STYK, J. – ŠIRÁŇ, M. 2011. Jednotné pracovné postupy rozborov pôd. Bratislava : VÚPOP, 2011, 136 s. ISBN 978-80-89128-89-1.
- (10) KOBZA, J. – BARANČIKOVÁ, G. – DODOK, R. – HRIVŇÁKOVÁ, K. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – PÁLKA, B. – PAVLENDA, P. – SCHLOSSEROVÁ, J. – STYK, J. – ŠIRÁŇ, M. 2014. Monitoring pôd SR. Súčasný stav a vývoj monitorovaných vlastností pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu (2007 – 2012). Bratislava : NPPC – VÚPOP, 2014, 252 s. ISBN 978-80-8163-004-0. ISBN 978-80-89128-89-1.
- (11) LUBBEN, S. – SAUERBECK, D. 1991. The uptake and distribution of heavy metals by spring wheat. In Water, Air and Soil Pollution, 37-58, 1991, pp. 239–247.

prof. Ing. Jozef Kobza, CSc.
NPPC – Výskumný ústav pôdozvedectva
a ochrany pôdy Bratislava,
RP – Banská Bystrica, Mládežnícka 36,
974 04 Banská Bystrica
a FPV – UMB, Tajovského 40,
974 01 Banská Bystrica, tel.: 048/310 02 41,
e-mail: j.kobza@vupop.sk



Ilustračné foto

Rast trávniku po hnojení organickými hnojivami a klasickým NPK hnojením

Turf growing after fertilization by organic fertilizers and conventional NPK fertilization

Peter Hric, Ľuboš Vozár, Peter Kovár

The aim of this experiment was to compare influence of organic and inorganic fertilizers on turf growing. The experiment was carried out in warm and dry conditions in area of Nitra (2012–2014). We watched 4 treatments (1. without fertilization, 2. saltpetre with dolomite, superphosphate, potassium salt, 3. organic fertilizer Condit 5-1-1 and 4. organic fertilizer Veget 3-2-1) in the experiment. The highest average height of vegetation was found on turf fertilized by Condit (112.25 mm). The highest total height of vegetation was at treatment fertilized by Condit (594.57 mm). Using Veget fertilizer was observed lower turf growing than with use of Condit and inorganic fertilizers. Turfs with application of organic and inorganic fertilizers have a higher height of above-ground phytomass than unfertilized control.

turf, fertilizing, organic fertilizers

Intenzita rastu a produkcia nadzemnej fytohmoty sú jedným z ukazovateľov pri posudzovaní kvality trávniku. Cieľom pestovania trávnikov je znížiť počet kosieb a minimalizovať narastanie zelenej hmoty, čo možno ovplyvniť šľachtením nových odrôd. Okrem toho, narastanie a produkcia nadzemnej fytohmoty je ovplyvnená podmienkami konkrétneho stanovišťa, výživou, ročným obdobím, závlahou, intenzitou a spôsobom využívania, zložením vysiatej trávnej miešanky a pod. (5, 11).

Pri hnojení trávnikov sa využívajú rôzne formy a druhy hnojív. Prísun živín k rastlinám sa zabezpečuje pomocou priemyselných a organických hnojív. V trávnikárstve sa takmer vôbec nepoužívajú klasické hospodárske hnojivá (hnojovica, močovka a pod.) z dôvodu zložitejšej aplikácie. Klasické organické hnojivá nahrádzajú organické hnojivá, ktoré sú v sušenej forme, neobsahujú živé semená burín a škodlivé mikroorganizmy. Veľmi priaznivo ovplyvňujú výživový stav rastlín a ich kondíciu. Vzhľadom na pozvoľné a postupné uvoľňovanie živín, hnojivo zásobuje rastlinu živinami počas celej vegetácie. Ovplyvňuje tepelný, vzdušný, vodný režim pôdy, podporuje tvorbu hrudkovitej štruktúry pôdy a má priaznivý vplyv na obsah organickej hmoty v pôde (8, 9). Veľkou výhodou je, že nespôsobujú „popálenie“ trávniku v porovnaní s niektorými priemyselnými hnojivami a zvyšujú celkovú populáciu pôdných mikroorganizmov (7).

Cieľom experimentu bolo porovnať vplyv organických a anorganických hnojív na rast trávniku v bezzávlahových podmienkach.

Materiál a metódy

Trávnikovú pokus sa realizoval v Demonštračnej a výskumnej báze Katedry trávnych ekosystémov a kŕmnych plodín FAPZ SPU v Nitre v rokoch 2012 až 2014. Experimentálna plocha sa nachádza v miernom klimatickom pásme teplej a suchej oblasti. Priemerná ročná teplota dosahuje 9,7 °C a priemerný ročný úhrn zrážok je 561 mm (1). Priebeh poveternostných podmienok v sledovanom období znázorňuje tabuľka 1. Pôdnym typom je ílovito-hlinitá fluvizem. Agrochemické vlastnosti pôdy pokusného stanovišťa pred založením porastu uvádzame v tabuľke 2.

Trávnik bol založený 4. októbra 2011. Použila sa miešanka určená pre zakladanie nízkych, pomaly rastúcich nezaťažovaných trávnikov s podielom *Lolium perenne* L. (30 %), *Festuca rubra* L. (50 %) a *Festuca ovina* L. (20 %). Veľkosť parcelky bola 2,4 m² v troch opakovaniach. Pri zakladaní porastu bolo použité hnojivo „Starter“ NPK 20-20-8 (25 g.m⁻²). Experiment sa realizoval v bezzávlahových podmienkach.

Tabuľka 1: Priemerné mesačné teploty (°C) a zrážky (mm) za vegetačné obdobie v rokoch 2012 – 2014

Table 1: Average monthly temperatures (°C) and precipitation (mm) in vegetation period in 2012–2014

Rok (1)	Indikátor (2)	Mesiac (3)								Vegetačné obdobie (4)	
		III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	Σ	Ø
2012	Ø teplota (°C) (5)	7,41	11,23	17,29	20,86	22,77	21,47	18,02	10,77	–	16,23
	Σ zrážky (mm) (6)	2,80	36,10	19,60	70,10	61,40	7,30	31,40	80,60	309,30	–
2013	Ø teplota (°C)	3,20	12,10	15,50	19,30	22,70	21,80	14,70	12,10	–	15,18
	Σ zrážky (mm)	106,20	20,40	77,80	46,70	2,10	73,90	60,00	30,50	417,60	–
2014	Ø teplota (°C)	9,33	12,37	15,24	19,35	21,81	18,86	16,78	12,10	–	15,73
	Σ zrážky (mm)	15,40	48,90	57,60	52,50	64,10	55,90	122,00	34,60	451,00	–

(1) year, (2) indicator, (3) month, (4) vegetation period, (5) temperature, (6) precipitation

Zdroj: Katedra biometeorológie a hydroológie, FZKI, SPU v Nitre, Ø – priemer, Σ – suma

Source: Department of Biometeorology and Hydrology, HLEF SUA in Nitra, Ø – mean, Σ – sum

Tabuľka 2: Agrochemické vlastnosti pôdy pokusného stanovišťa

Table 2: Agrochemical properties of soil on the experimental site

N _i	P	K	Mg	Ca	C _{ox}	pH
mg.kg ⁻¹					g.kg ⁻¹	
1 823,2	58,3	336	541	6 067	7,7	6,78

V experimente sa sledovali štyri varianty:

1. variant – bez hnojenia (v texte „kontrola“),
2. variant – LAD, P₂O₅, K₂O (v texte „N+P+K“),
3. variant – organické hnojivo Condit ® 5-1-1 (v texte „Condit“),
4. variant – organické hnojivo Veget ® 3-2-1 (v texte „Veget“).

Charakteristika použitých hnojív:

- o Starter: Trávnikové hnojivo pre nový a jarný výsev trávniku s pomerom živín NPK: 20-20-8 + formaldehydová močovina. Granulát poskytuje optimálne zásobenie porastu živinami počas 10 – 12 týždňov. Hnojivo bolo aplikované pri predsejbovej príprave pôdy v dávke 25 g.m⁻².
- o LAD: Liadok amónny s dolomitom (LAD) je sivobiely granulát dusičnanu amónneho s jemne mletým dolomitom, ktorého prítomnosť znižuje prirodzenú kyslosť hnojiva. Obsahuje 27 % dusíka.
- o Superfosfát: 19 % P₂O₅. Jednoduchý superfosfát sa používa na základné hnojenie fosforom pri príprave pôdy pred sejbou alebo sadením, ale aj počas vegetácie.
- o Draselná soľ: 60 % K₂O je najkoncentrovanejšie draselné hnojivo.
- o Condit: z hľadiska prvkového zloženia obsahuje C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe atď., v podobe organických zložiek škrobovej suroviny z mlynského obilia (30 %), obohateného hydrolyzátu srvátky (30 %), lignocelulózovej suroviny zo spracovania dreva (30 %), obohateného hydrolyzou srvátky (30 %) a v 10 % minerálnom podiele zeolit sodno-hlinitého kremičitanu.
- o Veget: má vlastnosti vysokokvalitného organického hnojiva s postupným uvoľňovaním hlavných živín i dôležitých stopových prvkov. V porovnaní s maštalným hnojom tvorí modernú náhradu maštalného hnoja.

Pri stanovení dávky hnojiva bola za základ daná odporúčaná dávka 18 g.m⁻² N, čo zodpovedá požiadavkám pre intenzívne využívané trávniky (4, 10, 12). Systém hnojenia uvádzame v tabuľke 3.

Experiment sa realizoval v bezzávlahových podmienkach. Trávník sa kosil pri dosiahnutí priemernej výšky 80 – 100 mm na výšku 50 mm.

V poraste sa sledovala:

- o priemerná výška porastu v kosbe (mm) – pred každou kosbou sa stanovovala výška porastu pomocou pravítka a vyjadriala sa ako priemer 10 meraní v parcelke,
- o celková výška porastu (mm) – vyjadrená ako súčet prírastkov výšky v kosbe za rok.

Štatistické hodnotenia sa robili pomocou programu STATISTICA 7.1 complete CZ.

Tabuľka 3: Systém hnojenia

Table 3: System of fertilization

Typ hnojiva (počet aplikácií za rok) (1)	Celoročná dávka (g) (2)	Dátum aplikácie (3)			
		začiatok vegetácie (4)	začiatok júna (5)	polovica júla (6)	začiatok septembra.(7)
		dávka hnojiva na variant (8)			
LAD (4×)	160	40	40	40	40
P ₂ O ₅ (1×)	130,43	130,43			
K ₂ O (2×)	69,40	34,7		34,7	
Condit (1×)	864,00	864,00			
Veget (1×)	1440,00	1440,00			

(1) type of fertilizer (number of applications per year), (2) yearly dose, (3) date of application, (4) beginning of vegetation, (5) beginning of June, (6) half of July, (7) beginning of September, (8) dose of fertilizer to treatment

Výsledky a diskusia

Testovaním vplyvu aplikácie organických hnojív na trávnik sme zistili, že priemerná výška porastu v kosbe (tabuľka 4) bola v roku 2012 najvyššia na variante hnojenom N + P + K (102,68 mm). Trávník po aplikácii hnojiva Veget zaznamenal nižšiu priemernú výšku porastu v kosbe (94,66 mm) ako kontrola (95,99 mm). Porovnanie hodnôt smerodajnej odchýlky (δ) ukázalo, že účinkom hnojív N + P + K sa trávnik vyvíjal rovnomernejšie (δ = 1,63) ako na porastoch hnojivých organickými hnojivami (δ = 1,71 – 1,83).

V druhom roku sme evidovali nárast priemernej výšky porastu v kosbe na hnojených porastoch (94,97 mm–120,05 mm). Trávník hnojený Conditom zaznamenal najvyššiu priemernú výšku 120,05 mm a zároveň aj najvyššiu variabilitu nameraných hodnôt (δ = 3,49). Výrazný pokles výšok dosiahla nehnojená kontrola a to v porovnaní s Conditom o 48,02 mm v porovnaní s N + P + K o 42,56 mm a v porovnaní s Vegetom o 22,94 mm.

V poslednom roku hodnotenia (2014) sme zaznamenali zvýšenie rastu trávniku do výšky takmer na všetkých hodnotených variantoch. Porovnanie hodnôt smerodajnej odchýlky ukázalo, že účinkom hnojiva Condit sa trávnik vyvíjal nerovnomernejšie (δ = 2,87) ako na ostatných variantoch (δ = 1,52 – 1,96).

Z hodnôt priemernej výšky porastov v kosbe za celé sledované obdobie (2012 – 2014) vidieť, že trávniky vyživované organickými hnojivami a N + P + K hnojivom boli preukazne vyššie ako nehnojená kontrola. Najvyššiu priemernú výšku porastu dosiahol variant hnojený Conditom (112,25 mm) a súčasne mal aj najmenej vyrovnaný rast (δ = 2,93). Nepreukazne nižšia priemerná výška porastu sa dosiahla na variante hnojenom N + P + K (111,06 mm), ale s podstatne vyrovnaným rastom (δ = 1,92). Veget vyprodukoval priemernú výšku porastu 95,86 mm čo je preukazne vyššia hodnota ako na kontrole (83,75 mm). V našom pokuse dosiahli hnojené varianty vyššie priemerné výšky porastov ako kontrola. Dané zistenie potvrdzuje tvrdenie (13), že hnojenie dusíkom výrazne urýchľuje rast tráv v trávnikoch.

Celková výška porastu je uvedená v tabuľke 5. V roku 2012 varianty hnojené organickými hnojivami rástli pomalšie (370,60 – 409,70 mm) ako nehnojená kontrola (412,20 mm), čo sa prejavilo aj v ich celkovej výške. Najvyššie rástol trávnik po aplikácii N + P + K (448,70 mm). V tomto roku sme zaznamenali negatívny účinok nedostatku zrážok na rast trávnikov (tabuľka 1). Viacerí autori (2, 3, 6) upozorňujú, že nedostatok vody ovplyvňuje funkčné prejavy rastlín a realizáciu ich rastovo-produkčného potenciálu.

Tabuľka 4: Priemerná výška porastu
Table 4: Average height of vegetation

Variant (1)	Rok 2012 (2)		Rok 2013 (2)		Rok 2014 (2)		2012 – 2014	
	výška (mm) (3)	δ	výška (mm)	δ	výška (mm)	δ	výška (mm)	δ
Kontrola (4)	95,99	2,16	72,03	1,30	83,24	1,52	83,75b	2,02
N + P + K	102,68	1,63	114,59	2,00	115,90	1,77	111,06a	1,92
Condit	99,25	1,71	120,05	3,49	117,45	2,87	112,25a	2,93
Veget	94,66	1,83	94,97	1,76	97,94	1,96	95,86c	1,86

Indexy (a, b, c) znamenajú štatisticky preukazné rozdiely v rámci stĺpca (Fisher LSD test, $\alpha = 0.05$). δ – smerodajná odchýlka
Different index (a, b, c) means statistically significant differences within column (Fisher LSD test, $\alpha = 0.05$). δ – standard deviation
(1) treatment, (2) year, (3) height, (4) control

Tabuľka 5: Celková výška porastu (mm)
Table 5: Total height of vegetation (mm)

Variant (1)	Rok 2012 (2)	Rok 2013 (2)	Rok 2014 (2)	2012 – 2014
	Σ výšok (3)	Σ výšok	Σ výšok	
Kontrola (4)	412,20	198,30	365,67	325,39b
N + P + K	448,70	581,33	724,67	584,90a
Condit	409,70	630,47	742,00	594,57a
Veget	370,60	404,70	527,33	434,21ab

Indexy (a, b, c) znamenajú štatisticky preukazné rozdiely v rámci stĺpca (Fisher LSD test, $\alpha = 0.05$). Σ – suma
Different index (a, b, c) means statistically significant differences within column (Fisher LSD test, $\alpha = 0.05$). Σ – sum
(1) treatment, (2) year, (3) height, (4) control

V roku 2013 hnojené porasty boli výrazne vyššie (404,70 – 630,47 mm) ako kontrola (198,30 mm). Maximum dosiahol porast hnojený organickým hnojivom Condit (630,47 mm), potom nasledoval variant hnojený s N + P + K (581,33 mm) a nakoniec s Vegetom (404,7 mm). Nehnojený porast mal celkovú výšku len 198,3 mm.

V poslednom hodnotenom roku 2014 sme zaznamenali podobný trend vývoja rastu trávnikov ako v predchádzajúcom roku. Hnojené varianty dosiahli najvyššie hodnoty celkovej výšky porastu (527,33 – 742,00 mm). Nehnojená kontrola dosiahla celkovú výšku trávniku na úrovni 365,67 mm.

V priemere troch rokov najintenzívnejšie rástli hnojené varianty. Štatistickým vyhodnotením sme zistili, že hnojenie organickým hnojivom Condit a anorganickými hnojivami N + P + K malo štatisticky preukazný vplyv na celkovú výšku porastu (584,90 mm a 594,57 mm) v porovnaní s nehnojenou kontrolou (325,39 mm).

Záver

Na základe dosiahnutých výsledkov môžeme konštatovať, že hodnotením priemernej výšky a celkovej výšky porastov sa zaznamenali najvyššie hodnoty po hnojení organickým hnojivom Condit (5-1-1). Počas celého sledovaného obdobia (2012–2014) sa porovnaním hodnôt smerodajnej odchýlky zistilo, že tento variant mal najmenej vyrovnaný rast. Po aplikácii organického hnojiva Veget (3-2-1) trávnik dosahoval nižšiu výšku ako po hnojení Conditom (5-1-1) a skupinou anorganických hnojív (LAD, P₂O₅, K₂O). Najnižšiu priemernú výšku (83,75 mm) a celkovú výšku (325,39 mm) porastu vyprodukovala nehnojená kontrola.

Literatúra

- (1) BABOŠOVÁ, M. – NOSKOVIČ, J. 2014. Kvalita atmosférických zrážok v oblasti mesta Nitra-Dolná Malanta, Nitra : SPU, 2014, 65 s.
- (2) BRESTIČ, M. – OLŠOVSKÁ, K. 2001. Vodný stres rastlín: príčiny, dôsledky, perspektívy. Nitra : SPU, 2011, 149 s.

- (3) BRESTIČ, M. – OLŠOVSKÁ, K. – HAUPTVOGEL, P. 2008. Život rastlín v meniacich sa podmienkach prostredia: evolučná perspektíva pre 21. storočie. Brno : Tribun EU s.r.o., 2008, 132 s.
- (4) CAGAŠ, B. – ŠEVČÍKOVÁ, M. – HRABĚ, F. – STRAKOVÁ, M. – HEJDUK, S. – JANKŮ, L. – KNOT, P. – LOŠÁK, M. – STRAKA, J. 2011. Zakládání a ošetřování krajinných trávnicků a travnatých ploch veřejné zeleně: certifikovaná metodika. Brno : Svaz zakládání a údržby zeleně, 2011, 65 s.
- (5) GREGOROVÁ, H. 2009. Špeciálne trávnikárstvo. Nitra : SPU, 2009, 148 s.
- (6) KOSTREJ, A. a i. 2000. Funkčné parametre produkčného procesu obilnín v meniacich sa podmienkach prostredia. Nitra : Agroinštitút, tlačiarenské stredisko, 2000, 110 s.
- (7) LIU, L. X. – HSIANG, T. – CAREY, K. – EGGENS, J. L. 1995. Microbial populations and suppression of dollar spot disease in creeping bentgrass with inorganic and organic amendments. In Plant Disease, 1995, no. 79, pp. 144–147.
- (8) NARDI, S. – MORARI, F. – BERTI, A. – TOSONI, M. – GIARDINI, L. 2004. Soil organic matter properties after 40 years of different use of organic and mineral fertilizers. In European Journal of Agronomy, 21, 2004, pp. 357–367.
- (9) RASMUSSEN, P. E. – HAROLD, P. C. 2008. Long-term impacts of tillage, fertilizer, and crop residue on soil organic matter in temperate semiarid regions. In Advances in Agronomy, vol. 45, 2008, no. 5, pp. 93–97.
- (10) SVOBODOVÁ, M. 2004. Trávnik. Praha : Grada Publishing a.s., 2004, 91 s.
- (11) TURGEON, A. J. 2012. Turfgrass management. 9th edition. New Jersey : Prentice Hall Upper Saddle River, 2012, 408 p.
- (12) VANĚK, V. a i. 2013. Výživa poľných a záhradných rastlín. Nitra : Profi Press SK, 2013, 175 s.
- (13) WIECKO, G. 2006. Fundamentals of tropical turf management. Cambridge: CABI Publishing, 2006, 208 p.

Ing. Peter Hric, PhD.,
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre,
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov,
Katedra trávnych ekosystémov a krmných plodín,
Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika,
e-mail: Peter.Hric@uniag.sk

Obsah makro a mikroživín v pôde a jednotlivých častiach kukurice a ich bioakumulácia v kukurici po aplikácii rozdielnych dávok biouhlia

Content of macro and micronutrients in the soil and individual parts of corn plant and its bioaccumulation in corn after application of different biochar doses

Vladimír Šimanský, Nora Polláková, Martin Juriga

The aim of this study was to investigate the effect of biochar (B) applied at different doses (0 t.ha⁻¹, 10 t.ha⁻¹ and 20 t.ha⁻¹), on contents of macro and micronutrients in a silty loam Haplic Luvisol (Dolná Malanta, Slovakia) as well as in parts of maize plant. Application of 20 t.ha⁻¹ of biochar had significant effects on increase of soil pH, total contents of Ca as well as available K and Zn in the soil. The content of total and available Mn and Ni in the soil significantly decreased under higher application dose of biochar compared to control (B0). Significantly lower Ca and Cu content was found in stalks of corn grown on the plots where biochar was applied at the dose of 20 t.ha⁻¹ compared to treatment without biochar (B0). The application of biochar at both doses decreased significantly bioaccumulation of Ca in seeds of corn. The application of 10 t.ha⁻¹ of biochar increased bioaccumulation of Ni in roots by 40%.

biochar, soil pH, nutrients, bioaccumulation, corn

Biouhlie, známe aj ako „nové čierne zlato“, je vedľajší produkt, ktorý vzniká pri pyrolýze biologických materiálov v prostredí bez prístupu kyslíka, resp. pri jeho obmedzenom pôsobení a vyznačuje sa vysokým obsahom stabilného uhlíka (12). Veľký záujem zo strany agronomickej praxe o aplikáciu tohto materiálu do pôd podnietil vedec kú komunitu zaoberať sa detailnejšie jeho vlastnosťami (14). Ukázalo sa, že z hľadiska trvalo udržateľnej produkcie môže byť biouhlie zaujímavý nástroj na zlepšenie pôdnych vlastností. Inšpirácia aplikovať biouhlie do pôdy prišla zo strednej Amazónie, kde je zmapovaných až do 350 ha človekom vytvorených „čiernych“ pôd pochádzajúcich ešte z pred Kolumbovského obdobia známych ako Terra preta (de Indio), ktoré sa vyznačujú vysokou úrodnosťou (23). Známe sú poznatky aj z iných častí sveta, ako napr. z Nemecka, Švajčiarska, Japonska, Číny. Biouhlie zvyšuje pH a to hlavne kyslých pôd (5). Niekoľko štúdií poukázalo na pozitívny efekt aplikovaného biouhlia na sekvestráciu uhlíka a tým pádom zvyšovanie jeho obsahu v pôde (11, 27, 28). Biouhlie (16) výrazným spôsobom ovplyvňuje kolobeh dusíka v pôde. Okrem chemických vlastností, má biouhlie významný vplyv na

zlepšovanie fyzikálnych (18, 25), ale i biologických vlastností pôd (13, 26).

Biouhlie je považované za významný zdroj živín a preto sa do pôdy okrem zlepšenia jej vlastností odporúča aplikovať aj kvôli zvýšeniu úrod pestovaných plodín (5, 7). Na druhej strane boli zaznamenané prípady, kde biouhlie nemalo žiadny efekt na úrodu, resp. dokonca malo negatívny vplyv na úrodu (5, 6). V týchto prípadoch to je spôsobené tým, že biouhlie môže zvyšovať imobilizáciu živín, ktoré potom nie sú prístupné pre rastliny v dostatočných koncentráciách (22). Príjem živín z pôdy do rastlín je ovplyvnený množstvom faktorov a často sme svedkami toho, že príjem jednej živiny blokuje príjem druhej (32). Taktiež, uvoľňovanie živín z hnojív je rozdielne. Z tohto dôvodu informácie o množstve živín po aplikácii biouhlia v rôznych pôdno-klimatických podmienkach majú svoje opodstatnenie. Na ich základe sú potom farmári schopní realizovať hnojenie jednotlivými hnojivami vrátane biouhlia a rozhodovať o racionálnych aplikačných dávkach.

Na základe vyššie uvedeného sme predpokladali, že aplikované biouhlie zlepši pôdne pH, zvýši obsah celkových, ale i prístupných živín v pôde. Vyššia aplikačná dávka bude mať pozitívnejší efekt v porovnaní s nižšou aplikačnou dávkou. Preto, cieľom tejto práce bolo kvantifikovať vplyv dvoch rozdielnych dávok biouhlia na množstvo makro a mikroživín v pôde a ich následný prestup do jednotlivých častí kukurice.

Materiál a metódy

Práca bola riešená na experimentálnej báze SPU Nitra (Dolná Malanta), kde bol v roku 2014 založený pokus s biouhliem. Pokus bol založený na hlinitej hneдозemi kultivnej s nízkym obsahom celkového organického uhlíka (9,13 g.kg⁻¹). Toto územie patrí do agroklimatickej oblasti veľmi teplej s priemernou ročnou teplotou vzduchu ≤10 °C a priemerným ročným úhrnom zrážok 550 mm.

Experiment pozostával z nasledovných variantov:

1. B0 – bez hnojenia (kontrola),
2. B10 – biouhlie v dávke 10 t.ha⁻¹,
3. B20 – biouhlie v dávke 20 t.ha⁻¹.

Biouhlie bolo vyrobené pyrolýzou obilných pliev a odpadového kalu pri výrobe papiera v pomere hmoty 1 : 1, pri teplote 550 °C po dobu 30 minút. Základné chemické a fyzikálne parametre vyrobeného biouhlia sú uvedené v tabuľke 1.

Na jeseň v roku 2017 (pred zberom kukurice na zrno, ktorá sa tu v tomto roku pestovala) sa pôdne vzorky pre stanovenie pH, makro a mikroživín odobrali z A horizontu (do 0,2 m) z každého variantu a jeho opakovania (celkovo 3 opakovania každého variantu). Pôdne vzorky sa zhomogenizovali, vysušili a následne podrobili analyzovaniu. V rovnakom čase bol odobraný aj rastlinný materiál, t. j. na každom variante a každom opakovaní sa odobrali celé rastliny kukurice, ktoré sa následne rozdelili na jej jednotlivé časti ako sú: koreň, stonky, listy, šúľky. Jednotlivé časti boli pomaly dosušené pri teplote 65 °C, rozomleté a následne analyzované. V pôdnych vzorkách bolo stanovené aktívne (pomer destilovaná voda a zemina 2,5 : 1) a výmenné (pomer 1M KCl a zemina 2,5 : 1) pH – potenciometricky. V pôdnych a rastlinných vzorkách bol celkový dusík stanovený metódou podľa Kjeldahla (21). Celkové obsahy P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Ni a Zn sa analyzovali po rozklade spopolnených vzoriek lúčavkou kráľovskou. Ob-

Tabuľka 1: Základné chemické a fyzikálne vlastnosti biouhlia
Table 1: Basic chemical and physical properties of the biochar

Komponent (1)	Obsah (2)
Veľkosť častíc (mm) (3)	1 – 5
Popol (g.kg ⁻¹) (4)	383
Veľkosť povrchu (m ² .g ⁻¹) (5)	21,7
TOC (g.kg ⁻¹) (6)	531
Nt (g.kg ⁻¹)	14
pH	8,8
P (g.kg ⁻¹)	6,20
K (g.kg ⁻¹)	15
Na (g.kg ⁻¹)	0,77
Ca (g.kg ⁻¹)	57
Mg (g.kg ⁻¹)	3,9
Mn (mg.kg ⁻¹)	150
Cu (mg.kg ⁻¹)	25
Ni (mg.kg ⁻¹)	7
Zn (mg.kg ⁻¹)	110

(1) component, (2) content, (3) biochar particle size, (4) ash, (5) specific surface area (6) total organic carbon

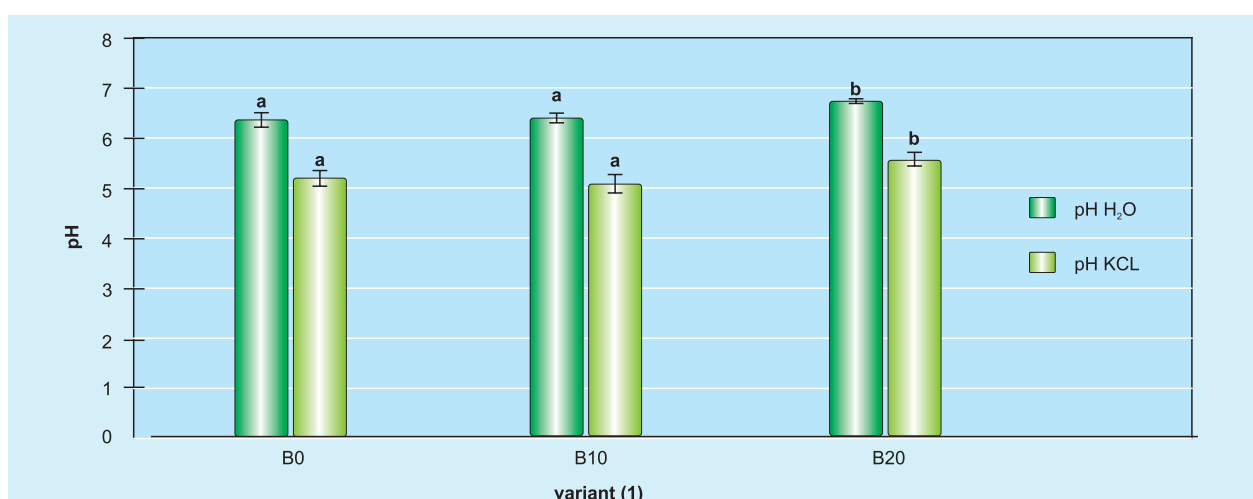
sah celkového P bol stanovený spektrofotometricky ako fosfomolybdénová modrá, zatiaľ čo zostávajúce prvky boli analyzované metódou AAS (Perkin Elmer AA 2100). Obsahy bioprístupných foriem P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Ni a Zn boli stanovené po extrakcii vzoriek v 1 mol.l⁻¹ roztokom HCl. Obsah bioprístupného P v extrakte bol analyzovaný spektrofotometricky ako fosfomolybdénová modrá, zatiaľ čo zostávajúce prvky boli analyzované metódou AAS (Perkin Elmer AA 2100). Bioakumulačný faktor bol vypočítaný ako pomer koncentrácie jednotlivých prvkov v listoch (stonkách, semenách, koreňoch) a koncentráciou prvkov v pôde (31). Výsledky boli vyhodnotené jednofaktorovou analýzou rozptylu. Priemerné hodnoty medzi va-

riantmi hnojenia boli posúdené LSD testom s minimálnou hladinou významnosti $P \leq 0,05$.

Výsledky a diskusia

Aktívna pôdna reakcia sa pohybovala v rozpätí od 6,21 do 6,79, t. j. od slabokyslého po neutrálne aktívne pH. Hodnoty výmennej pôdnej reakcie sa pohybovali od kyslej po slabokyslú (od 4,90 po 5,74). V dôsledku aplikácie biouhlia v dávke 20 t.ha⁻¹ sa hodnoty aktívnej, ale i výmennej pôdnej reakcie štatisticky významne zvýšili o 0,37 pH jednotky (obrázok 1). Podobné trendy, tzn. zvýšenie pH v dôsledku aplikácie biouhlia už boli publikované v predchádzajúcich rokoch na tomto experimente (5, 29), ale i v odlišných pôdno-klimatických podmienkach (9). Biouhlie má spravidla alkalické pH, v popole obsahuje základné kationy a pri jeho výrobe dochádza k vyzrážaniu uhličitanov, čo sú faktory, ktoré sa najmä po aplikácii do kyslých pôd podieľajú na zvyšovaní pH pôd (9). Biouhlie je okrem neutralizačného účinku aj cenným zdrojom živín a jeho aplikácia môže zásadným spôsobom ovplyvňovať kolobeh dusíka v pôde (5). Napríklad, Nelissen et al. (16) uviedli, že aplikácia biouhlia zvýšila obsah N v pôde od 25 % do 40 %. Naše výsledky túto skutočnosť nepotvrdili (tabuľka 2). Obsah celkového P sa pohyboval v rozpätí od 0,47 g.kg⁻¹ do 0,53 g.kg⁻¹ a obsah prístupného P bol v rozpätí od 0,20 g.kg⁻¹ do 0,27 g.kg⁻¹ a aplikácia biouhlia v oboch dávkach nemala vplyv na zmeny ich hodnôt v pôde, čo bolo v rozpore s našim predpokladom. Očakávali sme, že aplikácia biouhlia v dôsledku zvýšenia pH na slabokyslé, zvýši obsah najmä prístupného P. V kyslom pH môže byť problém s fixáciou P, pretože organické látky majú vysokú afinitu s Al a Fe. Na druhej strane so zvyšujúcou sa dávkou biouhlia, môže dôjsť až k alkalite pôdy a vyzrážaniu sa P spolu s Ca iónmi (17). Štatisticky významné rozdiely v obsahu prístupného K boli zistené medzi aplikovanými dávkami 10 t.ha⁻¹ a 20 t.ha⁻¹ biouhlia, avšak v porovnaní s nehnojenu kontrolou, štatisticky významný rozdiel

Obrázok 1: Štatistické vyhodnotenie aktívnej a výmennej pôdnej reakcie
Figure 1: Statistical evaluation of soil pH



(1) treatment

Rozdielne písmená medzi stĺpcami rovnakej farby (priemerné hodnoty) signalizujú štatisticky významný rozdiel – LSD test

Different letters (a, b) between columns at the same colour indicate that treatment means are significantly different at $P \leq 0.05$ according to LSD multiple-range test

Tabuľka 2: Obsah celkových a prístupných makroživín v pôde

Table 2: Content of total and available macronutrients in soils

Variant (1)	N _t (2) (g.kg ⁻¹)	P (g.kg ⁻¹)		K (g.kg ⁻¹)		Ca (g.kg ⁻¹)		Mg (g.kg ⁻¹)	
		celkový (3)	prístupný (4)	celkový	prístupný	celkový	prístupný	celkový	prístupný
B0	1,30±0,09a	0,48±0,05a	0,20±0,04a	7,03±0,51a	0,39±0,07ab	3,26±0,09a	3,67±0,24ab	1,55±0,12a	0,25±0,03a
B10	1,29±0,05a	0,47±0,02a	0,20±0,09a	7,17±0,35a	0,35±0,03a	3,37±0,27a	3,63±0,30a	1,68±0,14a	0,25±0,04a
B20	1,39±0,05a	0,53±0,03a	0,27±0,06a	7,48±0,25a	0,45±0,05b	3,79±0,15b	4,13±0,20b	1,64±0,01a	0,28±0,03a

(1) treatment, (2) content of total nitrogen, (3) total, (4) available

Tabuľka 3: Obsah celkových a prístupných mikroživín v pôde

Table 3: Content of total and available micronutrients in soil

Variant (1)	Cu (mg.kg ⁻¹)		Mn (mg.kg ⁻¹)		Ni (mg.kg ⁻¹)		Zn (mg.kg ⁻¹)	
	celkový (2)	prístupný (3)	celkový	prístupný	celkový	prístupný	celkový	prístupný
B0	14,8±0,51a	5,47±0,34a	773±6,20ab	247±29,05a	29,5±0,66b	4,57±0,20a	53,5±2,68a	4,90±0,31a
B10	14,5±0,11a	5,43±0,22a	784±11,61b	263±34,62ab	28,3±0,85ab	4,83±0,27a	53,2±1,22a	5,53±1,25ab
B20	14,4±0,32a	5,70±0,49a	768±2,42a	321±24,40b	27,9±0,53a	5,27±0,15b	54,8±1,35a	6,93±0,79b

(1) treatment, (2) total nutrient content, (3) available

Tabuľka 4: Obsah makro a mikroprvkov v jednotlivých častiach kukurice

Table 4: Content of macro and micronutrients in parts of corn plant

Živina (1)	Variant (2)	Rastlinné časti kukurice (3)			
		korene (4)	stonky (5)	listy (6)	semená (7)
N (g.kg ⁻¹)	B0	4,77±0,44a	4,41±0,50a	5,50±0,47a	14,1±1,79a
	B10	4,29±1,51a	5,02±0,98a	5,94±1,35a	13,5±1,34a
	B20	5,32±0,77a	3,44±0,93a	4,38±0,99a	12,1±1,60a
P (g.kg ⁻¹)	B0	0,41±0,12a	0,68±0,31a	0,51±0,20a	1,94±0,11a
	B10	0,56±0,25a	0,70±0,40a	0,55±0,37a	1,81±0,08a
	B20	0,64±0,31a	0,57±0,32a	0,37±0,20a	1,77±0,21a
K (g.kg ⁻¹)	B0	3,97±1,29a	17,6±1,45a	3,48±0,78a	3,20±0,28a
	B10	7,10±2,95a	16,5±2,26a	3,78±1,00a	3,23±0,06a
	B20	4,51±1,87a	16,0±0,26a	2,46±0,28a	3,42±0,12a
Ca (g.kg ⁻¹)	B0	9,64±2,97a	2,00±0,18a	10,1±1,32ab	2,03±0,73b
	B10	8,09±1,05a	2,47±0,42a	13,1±2,27b	0,17±0,09a
	B20	11,6±1,47a	2,36±0,51a	9,01±1,43a	0,12±0,03a
Mg (g.kg ⁻¹)	B0	2,02±0,14a	0,99±0,25a	2,22±0,12a	0,98±0,06a
	B10	2,13±0,12a	1,10±0,34a	2,63±0,43a	0,96±0,01a
	B20	1,92±0,22a	1,15±0,17a	2,57±0,42a	0,95±0,05a
Mn (mg.kg ⁻¹)	B0	189±30,49a	5,83±1,84a	101±24,65a	4,00±1,38a
	B10	283±89,08a	7,83±1,36a	121±27,07a	3,40±1,56a
	B20	259±54,44a	5,97±1,52a	100±23,59a	4,40±0,26a
Cu (mg.kg ⁻¹)	B0	9,20±1,84a	3,60±0,54ab	9,60±1,75a	2,40±0,06a
	B10	12,0±2,49a	3,90±1,21b	9,67±1,48a	2,23±0,01a
	B20	9,43±1,66a	2,20±0,41a	7,83±2,53a	2,57±0,05a
Ni (mg.kg ⁻¹)	B0	10,1±0,12a	1,63±0,29a	15,1±3,47a	1,03±0,24a
	B10	13,9±1,41b	1,90±0,57a	16,9±4,53a	0,87±0,15a
	B20	12,7±2,65ab	1,60±0,48a	16,1±3,68a	1,00±0,34a
Zn (mg.kg ⁻¹)	B0	54,5±3,38a	15,2±4,66a	19,6±6,26a	23,2±2,73a
	B10	50,5±5,75a	18,4±6,93a	17,5±4,90a	23,0±0,87a
	B20	45,1±3,69a	18,1±6,28a	19,4±3,89a	22,9±0,90a

(1) nutrient, (2) treatment, (3) part of corn plant, (4) roots, (5) stems, (6) leaves, (7) seeds

Tabuľka 5: Bioakumulácia makro a mikroprvkov v jednotlivých častiach kukurice
Table 5: Bioaccumulation of macro and micronutrients in parts of corn plant

Živina (1)	Variant (2)	Rastlinné časti kukurice (3)			
		korene (4)	stonky (5)	listy (6)	semená (7)
N (g.kg ⁻¹)	B0	3,66±0,11a	3,41±0,63ab	4,22±0,19ab	10,8±0,92b
	B10	3,32±1,03a	3,90±0,68b	4,62±0,94b	10,5±0,61b
	B20	3,81±0,53a	2,46±0,60a	3,14±0,67a	8,66±0,96a
P (g.kg ⁻¹)	B0	0,83±0,16a	1,45±0,82a	1,07±0,54a	4,03±0,27b
	B10	1,18±0,52a	1,48±0,81a	1,17±0,77a	3,84±0,12ab
	B20	1,22±0,67a	1,05±0,55a	0,70±0,38a	3,33±0,34a
K (g.kg ⁻¹)	B0	0,57±0,22a	2,50±0,12b	0,50±0,15a	0,45±0,02a
	B10	1,00±0,44a	2,29±0,28ab	0,53±0,15a	0,45±0,03a
	B20	0,60±0,25a	2,14±0,06a	0,33±0,05a	0,46±0,03a
Ca (g.kg ⁻¹)	B0	2,97±0,93a	0,61±0,07a	3,10±0,37ab	0,62±0,24b
	B10	2,41±0,41a	0,74±0,17a	3,94±0,92b	0,05±0,03a
	B20	3,07±0,29a	0,63±0,16a	2,38±0,42a	0,03±0,01a
Mg (g.kg ⁻¹)	B0	1,30±0,08a	0,64±0,15a	1,44±0,16a	0,63±0,02a
	B10	1,28±0,17a	0,67±0,24a	1,59±0,38a	0,57±0,04a
	B20	1,17±0,14a	0,70±0,11a	1,56±0,26a	0,58±0,03a
Mn (mg.kg ⁻¹)	B0	0,24±0,04a	0,01±0a	0,13±0,04a	0,01±0a
	B10	0,36±0,12a	0,01±0a	0,16±0,04a	0,01±0a
	B20	0,34±0,20a	0,01±0a	0,13±0,03a	0,01±0a
Cu (mg.kg ⁻¹)	B0	0,62±0,11a	0,24±0,05ab	0,65±0,10a	0,16±0,02a
	B10	0,83±0,18a	0,27±0,08b	0,66±0,44a	0,15±0,02a
	B20	0,66±0,13a	0,16±0,03a	0,54±0,18a	0,18±0,02a
Ni (mg.kg ⁻¹)	B0	0,35±0,01a	0,06±0,02a	0,51±0,29a	0,03±0,01a
	B10	0,49±0,05b	0,06±0,02a	0,60±0,15a	0,03±0,01a
	B20	0,46±0,10ab	0,06±0,02a	0,58±0,43a	0,04±0,01a
Zn (mg.kg ⁻¹)	B0	1,02±0,22a	0,28±0,08a	0,37±0,14a	0,43±0,06a
	B10	0,95±0,10a	0,34±0,13a	0,33±0,09a	0,43±0,01a
	B20	0,82±0,05a	0,33±0,10a	0,35±0,22a	0,42±0,01a

(1) nutrient, (2) treatment, (3) part of corn plant, (4) roots, (5) stems, (6) leaves, (7) seeds

nebol pozorovaný. Rovnaký trend bol zistený aj v obsahu prístupného Ca. Naopak, po aplikácii 20 t.ha⁻¹ biouhlia sa obsah celkového Ca zvýšil o 16 % v porovnaní s nehojenou kontrolou (štatisticky významný rozdiel). Parvage et al. (19) uviedli, že obsahy makroživín sa v pôde štatisticky významne zvýšili práve po aplikácii biouhlia. Obsah makro, ale i mikroživín ako uviedli Butman et al. (2) je významne ovplyvnený aj typom samotného biouhlia, ale aj obsahom živín v pôde.

V dôsledku aplikácie biouhlia v dávke 20 t.ha⁻¹ sa štatisticky významne znížili obsahy celkového Ni, kým celkové obsahy Cu a Zn zostali nezmenené (tabuľka 3). Štatisticky významný rozdiel v obsahu celkového Mn bol zaznamenaný medzi variantmi B10 a B20, avšak ak sa oba porovnali s kontrolným variantom (B0), štatisticky významná zmena v prípade aplikácie biouhlia a kontroly nebola zistená. Obsah prístupnej Cu nebol zmenený ani po aplikácii oboch dávok biouhlia. Štatisticky významné zvýšenie v obsahu prístupného Mn, Ni a Zn bolo zistené po aplikácii 20 t.ha⁻¹ biouhlia. Podľa kritérií na posudzovanie mikroživín, ktoré vypracoval Ložek (15) vyplýva, že obsahy prístupnej Cu boli vo všetkých prípadoch veľmi vysoké, taktiež obsahy prístupného Zn boli vysoké. Obsahy prístupného Mn boli tiež vysoké, ale vo variante B20 sa jeho zásoba presunula do kategórie veľmi vysoký obsah. Prístupnosť živín (8)

závisí od množstva faktorov, čo sa následne odráža aj na príjme živín rastlinami. Najvýznamnejším faktorom ovplyvňujúcim mobilitu živín ako uviedli títo autori je pH pôdy a napríklad optimálne pH pôdy pre príjem Zn a Mn je 6, kým pre Cu a Ni je to hodnota 5,5. Kabata-Pendias a Pendias (8) tiež uviedli, že napríklad zlúčeniny mangánu zvyšujú výrazne svoju rozpustnosť v dôsledku narastania pH v alkalickom prostredí (pH ~ 8.0).

Obsahy makro a mikroprvkov v jednotlivých častiach kukurice sú uvedené v tabuľke 4. Vo všeobecnosti najvyššie obsahy N a P boli stanovené v semenách kukurice, čo korešponduje s poznatkami Kováčika (10). Tento autor uviedol, že obsah N a P je vyšší v generatívnych orgánoch ako vegetatívnych. Najvyššie obsahy K, Ca, Mg a Ni boli zistené v stonkách kukurice a v koreňoch kukurice boli stanovené najvyššie obsahy Mn, Cu a Zn. Vyšší obsah Ca a Mg sa vo všeobecnosti nachádza v mladších častiach rastlín a vyššie obsahy týchto prvkov bývajú stanovené vo vegetatívnych ako generatívnych orgánoch (4, 10, 30). Okrem Ni v koreňoch, Cu v stonkách a Ca v listoch kukurice neboli pozorované štatisticky významné rozdiely medzi variantmi, kde sa aplikovalo biouhlie a nehojenou kontrolou v obsahu makro a mikroprvkov v jednotlivých rastlinných častiach kukurice. Vaněk et al. (30) uviedli, že príjem jednej živiny môže blokovať príjem druhej. Na-

príklad príjem Ca je v antagonizme s príjmom K. V našom prípade, bolo biouhlie významným zdrojom Ca (tabuľka 1) a jeho obsah či už celkový alebo prístupný Ca v pôde sa zvýšil po aplikácii 20 t.ha⁻¹ biouhlia (tabuľka 2). Vo variante B20 bol tiež zvýšený obsah prístupného K, čo sa prejavilo pri jeho luxusnom príjme a menšom príjme Ca a Mg do rastliny. Obsahy Ca a Mg v stonkách a semenách kukurice boli nižšie ako 5 g.kg⁻¹ a 1,5 g.kg⁻¹, čo sú podľa Reuter a Robinson (24) kritické hodnoty pre zásobenosť pletív týmito prvkami. Štatisticky významné rozdiely v obsahu Cu v stonkách kukurice boli zistené iba medzi variantmi, kde bolo pridané biouhlie, t. j. medzi B10 a B20. Štatisticky významný rozdiel nebol zistený medzi kontrolou a aplikáciou biouhlia na obsah Cu v stonkách kukurice. Obsah Ni v koreňoch sa štatisticky významne (o 39 %) zvýšil v dôsledku aplikácie 10 t.ha⁻¹ biouhlia. Dávka 20 t.ha⁻¹ biouhlia nemala štatisticky významný efekt na obsah Ni v koreňoch kukurice.

V našom prípade, aplikované biouhlie zvýšilo pH pôdy (obrázok 1), čo môže viesť k výraznej redukcii prístupnosti niektorých živín a to hlavne v alkalických pôdach. Prístupnosť živín a ich následná bioakumulácia v rastlinných pletivách môže byť limitovaná aj samotnou sorpciou častíc biouhlia (1). V dôsledku týchto vplyvov môže byť zaznamenaná imobilizácia napr. Ca a P, ale tiež aj niektorých škodlivých látok ako sú ťažké kovy (22). Z hľadiska pH by v našom prípade výrazný problém nemal byť pozorovaný, keďže hodnoty pH sa významne zvýšili iba pri dávke 20 t.ha⁻¹ biouhlia, a aj to do hranice slabo kyslé až neutrálne pH. Fecenko a Ložek (4) uviedli, že optimálny príjem živín je pozorovaný pri pH 6,5. Sorpčná schopnosť pôdy môže byť zásadným spôsobom ovplyvnená aplikáciou biouhlia, závisí však aj od vlastností samotného biouhlia, ktoré sa formujú aj počas jeho výrobného procesu. Debela et al. (3) uviedli, že vlastnosti biouhlia závisia od samotnej vstupnej suroviny, podmienok výroby, ale aj aplikovanej dávky biouhlia, času a veľkosti častíc, ktoré sú v kontakte s pôdnymi časticami (27). Vo všeobecnosti vyššia bioakumulácia bola zaznamenaná v prípade makro ako mikroprvkov v jednotlivých častiach kukurice. V semenách kukurice sme zaznamenali najvyššiu bioakumuláciu N a P, kým napr. v listoch zase Ca, Mg a Ni. Nižšia bioakumulácia N, P v stonkách, listoch a semenách kukurice bola zistená vo variantoch, kde bola aplikovaná vyššia dávka biouhlia, avšak štatisticky významný rozdiel bol pozorovaný v tomto variante iba v prípade obsahu N a P v semenách kukurice. Štatisticky významne nižšiu bioakumuláciu K sme pozorovali v stonkách kukurice a to vo variantoch B20. Nižšia bioakumulácia Ca v semenách kukurice bola zistená po aplikácii oboch dávok biouhlia. Významná bioakumulácia Ni bola pozorovaná v koreňoch kukurice a to vo variante B10. Nikel je prvok, ktorý sa ľahko transportuje do rastliny (8), ale jeho vyššie koncentrácie sú pozorované najmä v nadzemných častiach rastlín (20).

Záver

Výsledky ukázali, že iba aplikácia biouhlia v dávke 20 t.ha⁻¹ významne zvýšila pôdne pH, obsah celkového Ca a prístupného K a Zn. Na druhej strane v dôsledku aplikácie 20 t biouhlia na ha sme pozorovali štatisticky významné zníženie celkových a prístupných obsahov Mn a Ni. Obsah Ca v listoch a obsahy Cu v stonkách kukurice odobraných z variantov, kde sa aplikovalo biouhlie v dávke 20 t.ha⁻¹ boli významne nižšie ako na nehojenom

variante. V semenách kukurice sme zaznamenali najvyššiu bioakumuláciu N a P, kým v listoch zase Ca, Mg a Ni. Nižšia bioakumulácia Ca v semenách kukurice bola zistená po aplikácii oboch dávok biouhlia. Významná bioakumulácia Ni bola pozorovaná v koreňoch kukurice a to vo variante, kde bolo biouhlie aplikované v dávke 10 t.ha⁻¹.

Biouhlie sa môže používať na zlepšenie pôdnej reakcie, najmä kyslých pôd. Z hľadiska dostatočnej a zdravej produkcie pestovaných plodín je veľmi dôležité poznať požiadavky rastlín na živiny. Z tohto dôvodu ak má byť biouhlie aplikované do pôdy ako cenný zdroj živín musí sa zvýšená pozornosť venovať obsahu makro a mikroživín v samotnom biouhli, pretože ich obsah môže byť značne nevyvážený. Na základe získaných výsledkov navrhujeme, aby sa do pôdy používalo biouhlie spolu s ďalšími živinami. Dávky ostatných živín pridávané do pôdy by mali zohľadňovať požiadavky jednotlivých rastlín, pričom sa musí počítať aj so živinami uvoľnenými z biouhlia v nasledujúcich rokoch. Koľko živín sa uvoľňuje z biouhlia v jednotlivých rokoch po jeho aplikácii do pôdy je otázkou, ktorou je potrebné sa ešte dôkladne zaoberať.

Literatúra

- (1) BEESLEY, L. – MORENO-JIMÉNEZ, E. – GOMEZ-EYLES, J.L. 2010. Effects of biochar and green waste compost amendments on mobility, bioavailability and toxicity of inorganic and organic contaminants in a multi-element polluted soil. In *Environmental Pollution*, vol. 158, 2010, pp. 2282–2287.
- (2) BUTNAN, S. – DEENIK, J.L. – TOOMSAN, B. – ANTAL, M.J. – VITYAKON, P. 2015. Biochar characteristics and application rates affecting corn growth and properties of soils contrasting in texture and mineralogy. In *Geoderma*, vol. 237–238, 2015, pp. 105–116.
- (3) DEBELA, F. – THRING, R.W. – AROCENA, J.M. 2012. Immobilization of heavy metals by co-pyrolysis of contaminated soil with woody biomass. In *Water, Air, & Soil Pollution*, vol. 223, 2012, pp. 1161–1170.
- (4) FECENKO, J. – LOŽEK, O. 2000. Výživa a hnojenie poľných plodín. Nitra : SPU, 2000. 452 s. ISBN 80-7137-777-5.
- (5) HORÁK, J. – KONDRLOVÁ, E. – IGAZ, D. – ŠIMANSKÝ, V. – FELBER, R. – LUKAC, M. – BALASHOV, E.V. – BUCHKINA, N. P. – RIZHIYA, E.Y. – JANKOWSKI, M. 2017. Biochar and biochar with N-fertilizer affect soil N₂O emission in Haplic Luvisol. In *Biologia*, vol. 72, 2017, no. 9, pp. 995–1001.
- (6) HUANG, M. – YANG, L. – QIN, H. – JIANG, L. – ZOU, Y. 2013. Quantifying the effect of biochar amendment on soil quality and crop productivity in Chinese rice paddies. In *Field Crops Research*, vol. 154, 2013, pp. 172–177.
- (7) JONES, D.L. – ROUSK, J. – EDWARDS-JONES, G. – DELUCA, T.H. – MURPHY, D.V. 2012. Biochar-mediated changes in soil quality and plant growth in a three year field trial. In *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 45, 2012, pp. 113–124.
- (8) KABATA-PENDIAS, A. – PENDIAS, H. 1999. Biogeochemistry of trace elements. Florida : Boca Raton, 1999, 400 p.
- (9) KIM, H.S. – KIM, K.R. – KIM, H.J. – KIM K.H. – YANG, J.E. – OK, Y.S. – OWENS, G. 2015. Effect of biochar on heavy metal immobilization and uptake by lettuce (*Lactuca sativa* L.) in agricultural soil. In *Environ. Earth Sci.*, 74, pp. 1–11.
- (10) KOVÁČIK, P. 2014. Princípy a spôsoby výživy rastlín. Nitra : SPU, 2014, 278 s. ISBN 978-80-552-1193-0.
- (11) LAGHARI, M. – MIRJAT, M.S. – HU, Z. – FAZAL, S. – XIAO, B. – HU, M. – CHEN, Z. – GUO, D. 2015. Effects of biochar application rate on sandy desert soil properties and sorghum growth. In *Catena*, vol. 135, 2015, pp. 313–320.

- (12) LAHORI, A.H. – GUO, Z. – ZHANG, Z. – LI, R. – MAHAR, A. – AWASTHI, M.K. – SHEN, F. – SIAL, T.A. – KUMBHAR, F. – WANG, P. – JIANG, S. 2017. Use of Biochar as an Amendment for Remediation of Heavy Metal-Contaminated Soils: Prospects and Challenges. In *Pedosphere*, vol. 27, 2017, no. 6, pp. 991–1014.
- (13) LEHMANN, J. – RILLIG, M.C. – THIES, J. – MASIELL, C.A. – HOCKADAY, W.C. – CROWLEY, D. 2011. Biochar effects on soil biota, a review. In *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 43, 2011, pp. 1812–1836.
- (14) LIMA, J.R.S. – SILVA, W.M. – MEDEIROS, E.V. – DUDA, G.P. – CORRÊA, M.M. – FILHO, A.P.M. – CLERMONT-DAUPHIN, C. – ANTONINO, A.C.D. – HAMMECKER, C. 2018. Effect of biochar on physicochemical properties of a sandy soil and maize growth in a greenhouse experiment. In *Geoderma*, vol. 319, 2018, pp. 14–23.
- (15) LOŽEK, O. 2010. Efektivnosť hnojenia Duslofertom Extra 14-10-20-7S pri pestovaní viniča hroznorodého. In *Agrochémia*, vol. XIV. (50), 2010, no. 1, pp. 17–23.
- (16) NELISSENN, V. – RÜTTING, T. – HUYGENS, D. – STAELENS, J. – RUYSSCHAERT, G. – BOECKX P. 2012. Maize biochars accelerate short-term soil nitrogen dynamics in a loamy sand soil. In *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 55, 2012, pp. 20–27.
- (17) NELSON, N.O. – AGUDELO, S.C. – YUAN, W. – GAN, J. 2011. Nitrogen and phosphorus availability in biochar-amended soils. In *Soil Sci.*, vol. 176, 2011, pp. 202–218.
- (18) OBIA, A. – MULDER, J. – MARTINSEN, V. – CORNELISEN, G. – BØRRESEN, T. 2016. In situ effects of biochar on aggregation, water retention and porosity in light-textured tropical soils. In *Soil and Tillage Research*, vol. 155, 2015, pp. 35–44.
- (19) PARVAGE, M.M. – ULÉN, B. – ERIKSSON, J. – STROCK, J. – KIRCHMANN, H. 2013. Phosphorus availability in soils amended with wheat residue char. In *Biology and Fertility of Soils*, vol. 49, 2013, pp. 245–250.
- (20) PARZYCH, A. – CYMER, M. – JONCZAK, J. – SZYM CZYK, S. 2015. The ability of leaves and rhizomes of aquatic plants to accumulate macro- and micronutrients. In *Journal of Ecological Engineering*, vol. 16, 2015, pp. 198–205.
- (21) PETERBURSKIJ, A. V. 1963. Praktikum po agronomičeskoj chimiji. Moskva : Izd. Selskochozjajstvennoj literatury, žurnalov a plakatov, 1963, 591 p.
- (22) REES, F. – GERMAIN, C. – STERCKEMAN, T. – MOREL, J.L. 2015. Plant growth and metal uptake by a non-hyperaccumulating species (*Lolium perenne*) and a Cd-Zn hyperaccumulator (*Noccaea caerulescens*) in contaminated soils amended with biochar. In *Plant and Soil*, vol. 395, 2015, pp. 57–73.
- (23) RENNERT, R. 2007. Rethinking biochar. In *Environmental Science and Technology*, vol. 41, 2007, pp. 5932–5933.
- (24) REUTER, D.J. – ROBINSON, J.B. 1997. *Plant Analysis: An Interpretation Manual*. Melbourne : Inkata Press, 1997, 298 p.
- (25) SOHI, S.P. – KRULL, E. – LOPEZ-CAPEL, E. – BOL, R. 2010. A review of biochar and its use and function in soil. In *Advances in Agronomy*, vol. 105, 2010, pp. 47–82.
- (26) STEINBEISS, S. – GLEIXNER, G. – ANTONIETTI, M. 2009. Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity. In *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 41, 2009, pp. 1301–1310.
- (27) ŠIMANSKÝ, V. – HORÁK, J. – IGAZ, D. – JONCZAK, J. – MARKIEWICZ, M. – FELBER, R. – RIZHIYA, E.Y. – LUKAC, M. 2016. How dose of biochar and biochar with nitrogen can improve the parameters of soil organic matter and soil structure? In *Biologia*, 71, 2016, pp. 989–995.
- (28) ŠIMANSKÝ, V. – HORÁK, J. – KOVÁČIK, P. – BAJČAN, D. 2017. Carbon sequestration in water-stable aggregates under biochar and biochar with nitrogen fertilization. In *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, vol. 23, 2017, no. 3, pp. 429–435.
- (29) ŠIMANSKÝ, V. – KLIMAJ, A. 2017. How does biochar and biochar with N fertilization influence soil pH? In *Journal of Ecological Engineering*, vol. 18, 2017, no. 5, pp. 50–54.
- (30) VANĚK, V. – LOŽEK, O. – BALÍK, J. – PAVLÍKOVÁ, D. – TLUSTOŠ, P. 2013. *Výživa poľných a záhradných plodín*. Nitra : Profi Press SK, 2013. 184 s. ISBN 978-80-970572-3-7.
- (31) ZANG, M. – CUI, L. – SHENG, L. – WANG, Y. 2009. Distribution and enrichment of heavy metals among sediments, water body and plants in Hengshuihu Wetland of Northern China. In *Ecological Engineering*, vol. 35, 2009, pp. 563–569.
- (32) ZLÁMALOVÁ, T. – ELBL, J. – BAROŇ, M. – BĚLÍKOVÁ, H. – LAMPÍŘ, L. – HLUŠEK, J. – LOŠÁK, T. 2015. Using foliar applications of magnesium and potassium to improve yields and some qualitative parameters of vine grapes (*Vitis vinifera*, L.). In *Plant, soil and environment*, vol. 61, 2015, no. 10, pp. 451–457.

doc. Ing. Vladimír Šimanský, PhD.,
Katedra pedológie a geológie, FAPZ,
SPU,
Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra,
e-mail: Vladimír.Simansky@uniag.sk

Podakovanie

Práca bola riešená v rámci projektu VEGA 1/0136/17.



Stimulačný účinok humátov vo výžive kukurice siatej

Stimulation effect of humates in corn nutrition

Lýdia Koroncziová, Ladislav Varga, Tomáš Lošák

The aim of a 2-years plant nutrition experiment was to study the effect of different forms of nitrogen doses on yield and selected parameters of corn, variety DKC 4608. In particular, the effect of Glucohumates™ fertilizers and their effect on reception and utilization of applied doses of nutrients. Small plot experiment with corn was set up in the area near Kaplná, SW Slovakia. The trial was designed with seven treatments in four replications. The highest yield of grain in 2014 (11.08 t.ha⁻¹) was reached at treatment 4, where the dose of applied nitrogen was 130 kg.ha⁻¹ N. The relative yield increase compared to unfertilized control (treatment 1) represented 158.9%. The lowest yield of corn grain (6.97 t.ha⁻¹) was recorded at unfertilized control treatment. The application of micro granulated fertilizer Microstart G10 positive effected the crop development in the early stages of its growth. Deficit of N was recorded in the second half of the vegetation. The yield (8.98 t.ha⁻¹) was affected by this nitrogen deficit. The relative yield increase of corn grain was 28.8%, compared to unfertilized control treatment. The highest yield of corn grain in 2015 (7.8 t.ha⁻¹) was reached at treatment 3, where the dose of nitrogen was 143.5 kg.ha⁻¹. The relative yield increase (treatment 1) was 268.9%, compared to unfertilized control treatment. The lowest yield of corn grain (2.9 t.ha⁻¹) was recorded at unfertilized control treatment. The application of micro granulated fertilizer Microstart G10 had positive effect also in year 2015. The relative yield of corn grain increased by 16.2%, compared to unfertilized control treatment.

corn, nutrition, fertilizers, yield

Kukurica siata (*Zea mays*) v porovnaní s ostatnými poľnohospodárskymi plodinami vykazuje určité odlišnosti v požiadavkách na hnojenie. Táto skutočnosť je spôsobená faktom, že na rozdiel od väčšiny u nás pestovaných plodín s fotosyntetickým cyklom C3 (Calvinov cyklus), kukurica patrí do skupiny s cyklom C4 (Hatch-Slackov cyklus). Kukurica dobre využíva slnečnú energiu, čo je spojené s rozdielnou cestou asimilácie oxidu uhličitého a lepšieho využitia prijatých živín. Práve táto metabolická odlišnosť ju zaraďuje medzi plodiny s vyššími nárokmi na teplo, intenzitu slnečného žiarenia, ale aj na pôdy s dobrou zásobou živín. Splnením týchto pestovateľských podmienok sa vytvárajú predpoklady pre efektívne využitie prijatých živín pre tvorbu úrody (3). Cieľom príspevku je zhodnotenie vplyvu kombinácie NP hnojiva a močoviny s hnojivami na báze glukohumátov na výšku dosiahnutej úrody kukurice siatej na zrno – hybrid DKC 4608.

Materiál a metódy

Maloparcelový pokus s kukuricou siatou, hybrid DKC 4608, bol založený na stredne ťažkej pôde v lokalite

Kaplná. Ide o veľmi suchý, veľmi teplý, nížinný región. Pokus s kukuricou siatou mal 7 variantov a štvornásobné opakovanie. Predplodinou bola repka ozimná (*Brassica napus* L.). Príprava pôdy bola vykonaná konvenčne. Parcela bola na jeseň zoraná a na jar rozrobená pomocou kompaktora. Sejbu bola realizovaná 1. apríla v roku 2014 a 4. apríla v roku 2015 8-riadkovou sejačkou Monosem, ktorou bol zároveň aplikovaný aj mikrogranulát Microstart G10 (5 : 13 : 5). Močovinu bola aplikovaná pri plečkovaní. Zostavených bolo 7 variantov, pričom výmera jedného variantu predstavovala 900 m² a každý variant mal 4 opakovania. Aplikácia pesticídov a listových hnojív bola vykonaná postrekačom NAPA mamut so záberom 18 m. Pokusné plochy boli počas vegetácie proti burinám, chorobám a škodcom ošetrované jednotným spôsobom. V tabuľke 6 sú uvedené termíny hlavných agrotechnických zásahov.

Hnojivo Microstart G10 sa aplikovalo pod päť. Použilo sa pri základnom hnojení v dávke 30 kg.ha⁻¹ (varianty 3 až 7), v kombinácii s hnojivom POLIDAP NP(S) (18:46:5) na variantoch 3 a 4. Na základné hnojenie na variante 2 bolo aplikované hnojivo POLIDAP v dávke 150 kg.ha⁻¹ a na variante 4 kombinácia Microstart G10 v dávke 30 kg.ha⁻¹ s ½ dávkou hnojiva POLIDAP (75 kg.ha⁻¹). Prihnojenie kukurice počas vegetačného obdobia sa uskutočnilo pri plečkovaní. Varianty 2 až 6 boli vyhnojené močovinou (46 % N) v dávke 250 kg.ha⁻¹. Varianty 1 a 7 sa oplečkovali, ale dusík sa neaplikoval. Na variant 6 sa v štádiu šiestich listov aplikovalo foliárne hnojivo Rizoflower L7 (NP + mikroelementy + glukohumínová zložka) v dávke 3 kg.ha⁻¹. Na variant 7 bol aplikovaný mikrogranulát Microstart G10 v dávke 30 kg.ha⁻¹.

Pri kukurici siatej v deň hnojenia (plečkovania) bolo odobratých 30 rastlín rastúce v rade za sebou. Odber sa uskutočnil z každého variantu a opakovania. Zistila sa hmotnosť vytvorenej sušiny nadzemnej fytohmoty a stanovili sa obsahy makroelementov N, P, K, Ca Mg, S a mikroelementov Zn, Fe, Mn, Cu. Vo fáze technologickej zrelosti BBCH 82 sa porast kukurice na zrno pokosil kombajnom Class 580, adaptér Oros E 750 so šírkou žacej lišty 6 riadkov. Vegetatívna a generatívna hmota sa zväžila, zrná sa následne prečistili. Odpad sa pripočítal k vegetatívnej hmote a vyjadřila sa reálna generatívna a vegetatívna úroda. V zrne kukurice sa stanovili obsahy N, P, K, Ca, Mg, S, a obsah sušiny, a HTZ. Schéma aplikovaných druhov hnojív je uvedená v tabuľke 3 a schéma použitých dávok hnojív a čistých živín v tabuľke 4 a 5.

Z agrochemických analýz vyplýva (tabuľka 1), že pokusné stanovisko v r. 2014 malo v hĺbke 0 – 0,3 m neutrálnu pôdnu reakciu a stredný obsah humusu. Analyzovaná pôdna vzorka mala nízku zásobu N_{an}, P, S, Zn, Fe a Mn. Obsah prístupného K, Ca a Cu bol dobrý. Zistený obsah Mg v pôdnej vzorke bol veľmi vysoký. V hĺbke 0,3 – 0,6 m mala pôda neutrálnu pôdnu reakciu a stredný obsah humusu. Obsah P, S, Zn, Fe a Mn bol nízky. Obsah K bol vyhovujúci a obsah Ca a Cu dobrý. Obsah Mg bol veľmi vysoký.

Z agrochemických analýz vyplýva (tabuľka 2), že pokusné stanovisko v roku 2015 malo v hĺbke 0 – 0,3 m neutrálnu pôdnu reakciu a stredný obsah humusu. Analyzovaná pôdna vzorka mala strednú zásobu anorganického N_{an}, Ca, S, Zn, Fe, Cu. Obsah prístupného K bol dobrý. Obsah Mn bol nízky. Zistený obsah Mg v pôdnej vzorke bol veľmi vysoký. V hĺbke 0,3 – 0,6 m mala pôda neutrálnu pôdnu reakciu a stredný obsah humusu. Obsah N_{an}, Ca, S, Zn, Fe bol

Tabuľka 1: Agrochemický rozbor pôdy pred založením pokusu (rok 2014)

Table 1: Agrochemical soil analysis before setting the experiment (year 2014)

Druh rozboru pôdy (1)	Obsah živín (mg.kg ⁻¹) v hĺbke 0 – 0,3 m (2)	Obsah živín (mg.kg ⁻¹) v hĺbke 0,3 – 0,6 m (3)
N _{an} – anorganický dusík = N-NH ₄ ⁺ a N-NO ₃ ⁻ (4)	8,2 – nízky (16)	10,6 – stredný
P – prístupný (Mehlich III – kolorimetricky) (5)	46,3 – nízky	32,5 – nízky
K – prístupný (Mehlich III – plameňová fotometria) (6)	222,5 – dobrý (17)	175,0 – vyhovujúci (21)
Mg – prístupný (Mehlich III – AAS) (7)	438,2 – veľmi vysoký (18)	422,9 – veľmi vysoký
Ca – prístupný (Mehlich III – plameňová fotometria) (8)	4 740 – dobrý	3 330 – dobrý
S – v roztoku octanu amónneho (9)	15,0 – nízky	12,5 – nízky
Zn – prístupný (Mehlich III – plameňová fotometria) (10)	0,93 – nízky	0,91 – nízky
Fe – prístupné (Mehlich III – plameňová fotometria) (11)	5,21 – nízky	4,42 – nízky
Mn – prístupný (Mehlich III – plameňová fotometria) (12)	2,86 – nízky	3,32 – nízky
Cu – prístupná (Mehlich III – plameňová fotometria) (13)	1,75 – dobrý	1,98 – dobrý
pH/KCl (0,2 mol.dm ⁻³ KCl) (14)	7,12 – neutrálne (19)	7,06 – neutrálne
Obsah humusu v % (15)	2,60 – stredný (20)	2,56 – stredný

(1) type of soil analysis, (2) content of available nutrients (mg.kg⁻¹) in depth 0 – 0.3 m, (3) content of available nutrients (mg.kg⁻¹) in depth 0.3 – 0.6 m (4) N_{an} = N_{min} = mineral nitrogen, colorimetry, (5) P – available (Mehlich III – colorimetry), (6) K – available (Mehlich III – flame photometry), (7) Mg – available (Mehlich III – AAS), (8) Ca – available (Mehlich III – flame photometry), (9) S – in ammonium acetate solution, (10) Zn – available (Mehlich III – flame photometry), (11) Fe – available (Mehlich III – flame photometry), (12) Mn – available (Mehlich III – flame photometry), (13) Cu – available (Mehlich III – flame photometry), (14) exchangeable soil reaction, (15) content of humus in %, (16) low, (17) good, (18) very high, (19) neutral, (20) medium, (21) satisfying

Tabuľka 2: Agrochemický rozbor pôdy pred založením pokusu (rok 2015)

Table 2: Agrochemical soil analysis before setting the experiment (year 2015)

Druh rozboru pôdy (1)	Obsah živín (mg.kg ⁻¹) v hĺbke 0 – 0,3 m (2)	Obsah živín (mg.kg ⁻¹) v hĺbke 0,3 – 0,6 m (3)
N _{an} – anorganický dusík = N-NH ₄ ⁺ a N-NO ₃ ⁻ (4)	15,0 – stredný (16)	15,0 – stredný
P – prístupný (Mehlich III – kolorimetricky) (5)	58,0 – vyhovujúci (17)	30,0 – nízky
K – prístupný (Mehlich III – plameňová fotometria) (6)	257,0 – dobrý (18)	244,0 – dobrý
Mg – prístupný (Mehlich III – AAS) (7)	405,0 – veľmi vysoký (19)	424,0 – veľmi vysoký
Ca – prístupný (Mehlich III – plameňová fotometria) (8)	2 320 – stredný	2 400 – stredný
S – v roztoku octanu amónneho (9)	20,0 – stredný	37,5 – stredný
Zn – prístupný (Mehlich III – plameňová fotometria) (10)	2,1 – stredný	1,1 – stredný
Fe – prístupné (Mehlich III – plameňová fotometria) (11)	13,5 – stredný	8,6 – stredný
Mn – prístupný (Mehlich III – plameňová fotometria) (12)	8,5 – nízky (20)	5,9 – nízky
Cu – prístupná (Mehlich III – plameňová fotometria) (13)	2,4 – stredný	2,8 – vysoký
pH/KCl (0,2 mol.dm ⁻³ KCl) (14)	6,9 – neutrálne (21)	6,8 – neutrálne
Obsah humusu v % (15)	2,6 – stredný	2,1 – stredný

(1) type of soil analysis, (2) content of available nutrients (mg.kg⁻¹) in depth 0 – 0.3 m, (3) content of available nutrients (mg.kg⁻¹) in depth 0.3 – 0.6 m (4) N_{an} = N_{min} = mineral nitrogen, colorimetry, (5) P – available (Mehlich III – colorimetry), (6) K – available (Mehlich III – flame photometry), (7) Mg – available (Mehlich III – AAS), (8) Ca – available (Mehlich III – flame photometry), (9) S – in ammonium acetate solution, (10) Zn – available (Mehlich III – flame photometry), (11) Fe – available (Mehlich III – flame photometry), (12) Mn – available (Mehlich III – flame photometry), (13) Cu – available (Mehlich III – flame photometry), (14) exchangeable soil reaction, (15) content of humus in %, (16) medium, (17) satisfying, (18) good, (19) very high, (20) low, (21) neutral

Tabuľka 3: Aplikované druhy hnojív vo variantoch hnojenia

Table 3: Fertilizers applied at treatments of fertilization

Variant (1)	Aplikované hnojivá (2)	
	základné hnojenie (3)	produkčné hnojenie (4)
1	–	–
2	POLIDAP	močovina (5)
3	POLIDAP + G10	močovina
4	½ POLIDAP + G10	močovina
5	Microstart G10	močovina
6	Microstart G10	močovina + Rizoflower L7
7	Microstart G10	-

(1) treatment, (2) applied fertilizers, (3) basic fertilization, (4) productive fertilization, (5) urea

Tabuľka 4: Dávky použitých hnojív v pokuse s kukuricou siatou

Table 4: Doses of used fertilizers in experiment with corn

Variant (1)	Dávka hnojiva (2)			
	Microstart G10 (kg.ha ⁻¹)	Polidap (kg.ha ⁻¹)	močovina (3) (kg.ha ⁻¹)	Rizoflower L7 (kg.ha ⁻¹)
1	0	0	0	0
2	0	150	250	0
3	30	150	250	0
4	30	75	250	0
5	30	0	250	0
6	30	0	250	3
7	30	0	0	0

(1) treatment, (2) dosage of fertilizers, (3) urea

Tabuľka 5: Dávky čistých živín v kg.ha⁻¹ v pokuse s kukuricou siatou

Table 5: Doses of nutrients (in kg.ha⁻¹) in experiment with corn

Variant (1)	Dávky živín v kg.ha ⁻¹ (2)		
	N	P	K
1	0	0	0
2	142	30,36	0
3	143,5	32,08	1,25
4	130	15,18	1,25
5	116,5	1,72	1,25
6	116,74	2,01	1,25
7	1,5	1,72	1,25

(1) treatment, (2) dose of nutriment in kg.ha⁻¹

Tabuľka 6: Termíny hlavných agrotechnických zásahov

Table 6: The dates of main agrotechnical interventions

Agrotechnická operácia (1)	Pestovateľský rok 2014 (5)	Pestovateľský rok 2015 (6)
Založenie pokusu (2)	01.04.2014	04.04. 2015
Hnojenie (3)	BBCH 13	11.05.2015
	BBCH 16	17.05. 2015
Zber (4)	05.11.2014	07.11. 2015

(1) agrotechnical operation, (2) setting the experiment, (3) fertilization, (4) harvest, (5) year 2014, (6) year 2015

stredný. Obsah P a Mn bol nízky. Obsah K dobrý a obsah Mg veľmi vysoký.

Výber správneho hybridu kukurice patrí medzi najdôležitejšie pestovateľské opatrenia. Pri rozhodovaní je dôležité zohľadniť predovšetkým účel pestovania, výrobnú oblasť, teplotné a pôdne podmienky stanovišťa, agrotechniku, vybavenie poľnohospodárskeho podniku príslušnou technikou (2). Hybrid DKC 4608 od spoločnosti Dekalb je stredne skorý a stredne vysoký hybrid s číslom FAO 380. Odporúčaný výsevak daného hybridu sa pohybuje v rozmedzí od 65 do 72 tisíc jedincov na hektár. Suchovzdorný hybrid s vysokým úrodovým potenciálom je určený do kukuričnej, prípadne repnej výrobnéj oblasti. Vyznačuje sa stabilitou v rámci rôznych ročníkov, je odolný voči listovým chorobám a prísušku (12).

Výsledky a diskusia

Priebeh poveternostných podmienok v roku 2014 bol pre rast a vývin kukurice sietej optimálny. Sejba sa realizovala včas a rozdelenie zrážok bolo priaznivé. Sejba sa uskutočnila v prvej dekáde apríla, takže bola splnená základná požiadavka kukurice, ktorá ako teplomilná plodina vyžaduje minimálnu teplotu pri klíčení 6 °C (10). Hlavným

predpokladom úspešného prekonania suchého obdobia pri pestovaní kukurice je jej rovnomerné vzhádzanie, rýchle zapojenie porastu a vytvorenie dostatočného objemu koreňov. Kukurica, hlavne neskoršie hybridy, vytvárajú mohutný koreňový systém, čo umožňuje využívanie vody i živín z hlbších vrstiev pôdy. Na vytvorenie požadovanej koreňovej sústavy kukurice, ktorá už v začiatkových štádiách rastu v najväčšej miere vplýva na úspešnosť celkovej technológie pestovania má optimalizovanie fosfátového režimu v pôde výrazný vplyv. Zvýšené nároky na vlahu má kukurica približne do polovice júla, kým si nevybuduje dostatočne mohutnú, hlboko siahajúcu koreňovú sústavu. Podľa Masnicu a Mazúra (9) by mal byť úhrn zrážok počas vegetácie minimálne 300 mm a ročný úhrn by mal presahovať 500 mm. Dôležité je najmä ich rozdelenie, vzhľadom na kritické obdobie rastu a vývinu kukurice, a to predovšetkým v generatívnej fáze (9). Hnat (6) uvádza skutočnosť, že pre kukuricu je škodlivejší nedostatok zrážok, najmä v období kvitnutia a formovania generatívnych orgánov, ako jej nadbytok. Bláha (1) považuje sucho za limitujúci stresor pre rastliny. Štatistické vyhodnotenie úrod zrna kukurice sietej v pokusnom roku je uvedená v tabuľke 7.

Tabuľka 7: Dosiiahnuté úrody zrna kukurice siatej v pokusnom roku 2014

Table 7: Reached yields of corn grain in experimental year 2014

Variant (1)	Úroda v t.ha ⁻¹ (2)		
	2014	relatívne % (3)	
1	6,97 a	100,00	–
2	10,55 cd	151,4	100,00
3	11,03 e	158,2	104,55
4	11,08 e	158,9	105,02
5	9,990 c	143,3	94,70
6	10,28 c	147,5	97,44
7	8,980 b	128,8	–
LSD	+/- 0,62	–	–

(1) treatment, (2) yield (t.ha⁻¹), (3) relatively %

Averages indicated by different letters are statistically significantly different on the significance level of $\alpha \leq 0.05$ (small letters)

Tabuľka 8: Dosiiahnuté úrody zrna kukurice siatej v pokusnom roku 2015

Table 8: Reached yields of corn grain in experimental year 2015

Variant (1)	Úroda v t.ha ⁻¹ (2)		
	2015	relatívne % (3)	
1	2,9 a	100,00	–
2	6,7 d	231,0	100,00
3	7,8 e	268,9	116,4
4	7,77 e	267,9	115,9
5	6,07 c	209,3	209,3
6	6,8 d	234,5	234,5
7	3,37 b	116,2	–
LSD	+/- 0,28	–	–

(1) treatment, (2) yield (t.ha⁻¹), (3) relatively %

Averages indicated by different letters are statistically significantly different on the significance level of $\alpha \leq 0.05$ (small letters)

Úspešnosť pestovania plodín je v úzkom prepojení s úrovňou výživy, ktorá musí byť synchronizovaná so zdrojmi živín z pôdnej zásoby a hnojív (5). Dosiiahnutá úroda zrna kukurice siatej, hybrid DKC 4608 sa na sledovaných variantoch výživy v pestovateľskom roku 2014 pohybovala v rozpätí od 6,97 t.ha⁻¹ (variant 1 – kontrolný variant) po 11,08 t.ha⁻¹ (variant 4). Dosiiahnutá priemerná úroda zrna kukurice predstavuje v priemere za všetky sledované varianty výživy 9,78 t.ha⁻¹. Štatisticky preukazne najnižšia úroda zrna kukurice vo výživárskom pokuse v roku 2014 bola dosiahnutá na kontrolnom, nehnojenom variante 1 (6,97 t.ha⁻¹). Minerálne hnojenie (Polidap + Močovina) na variante 2 štatisticky preukazne zvýšilo úrodu zrna v porovnaní s nehnojeným variantom 1. Spoločná aplikácia Polidap-u (NP hnojivo) s glukohumátom (Microstart G10) sa prejavila pozitívne na dosiahnutej výške úrody zrna kukurice. Spoločnou aplikáciou minerálnej NP výživy s glukohumátmi sa dosiahlo štatisticky preukazné zvýšenie úrody o 4,5 % (Variant 3). Na variante 4 bola dosiahnutá najvyššia úroda zrna kukurice zo všetkých sledovaných pokusných variantov, hoci toto zvýšenie úrody nebolo štatisticky preukazné v porovnaní s variantom 3 (Polidap + Microstart G10 + Močovina). Na variante 4 bola dávka Poliap-u znížená o ½ a mikrogranulát Microstart G10 bol aplikovaný pod päťu v odporúčanej dávke 30 kg.ha⁻¹. Na tomto variante bolo zaznamenané štatisticky preukazné zvýšenie úrody o takmer 5,0 % v porovnaní s variantom 2. Sóló aplikácia glukohumátov vo forme Microstartu G10 pri základnom hnojení kukurice na variante 7 spôsobila

štatisticky preukazné zvýšenie úrody zrna v porovnaní s kontrolným variantom o 2,01 t.ha⁻¹, čo v relatívnom percentuálnom vyjadrení činí nárast o 28,8 %. Kukurica na variante 7 bola vplyvom nedostatku dusíka v porovnaní s ostatnými variantmi najnižšieho vzrastu, čo potvrdzuje všeobecne známy poznatok, že nedostatok živín sa na rastlinách prejavuje v znížení dynamiky nárastu nadzemnej aj podzemnej fytohmoty (4). Na variante 5 s aplikovanou základnou výživou prostredníctvom hnojiva Microstart G10 v kombinácii s príhnojovacou dávkou močoviny bola zaznamenaná úroda 9,98 t.ha⁻¹, čo predstavuje nárast o 1,01 t.ha⁻¹, teda zvýšenie o 11,3 % v porovnaní s variantom 7 (aplikácia len Microstart G10). Dosiiahnuté zvýšenie úrody bolo štatisticky preukazné a potvrdzuje nevyhnutnosť aplikácie dusíkatých hnojív v správnom čase a potrebnom množstve. Priaznivý stimulačný efekt aplikovaných glukohumátov pri základnom hnojení kukurice v kombinácii s príhnojovacou dávkou močoviny (variant 5) počas vegetácie spôsobil zvýšenie úrody o 3,01 t.ha⁻¹ v porovnaní s nehnojenou kontrolou, čo v relatívnom percentuálnom vyjadrení činí nárast o 43,2 %. Takmer identické navýšenie úrody (o 3,37 t.ha⁻¹) bolo zaznamenané aj na variante 6, kde sa okrem základnej výživy realizovanej hnojivom Microstart G10 a príhnojovacej dávky močoviny aplikovalo aj listové hnojivo Rizoflower L7 v dávke 3 kg.ha⁻¹. Aplikácia glukohumátov v kvapalnej forme (Rizoflower L7) mala priaznivý, hoci štatisticky nepreukazný, vplyv na zvýšenie úrody zrna o 2,9 % v porovnaní s variantom 5, na ktorý sa neaplikoval glukohumát.

Tabuľka 9: Sledované parametre zrna kukurice sietej
Table 9: Monitored parameters of corn grain

Variant (1)	HTZ (g) (2)	Rel. % (3)	HTZ (g)	Rel. %
	rok 2014	–	rok 2015	–
1 _{Kontrola}	369,5 a	100,0	247,8 a	100,0
2 _{NP + močovina}	389,8 b	105,5	272,0 bc	109,7
3 _{G10 + NP + močovina}	394,8 bc	106,8	291,2 e	117,5
4 _{G10 + 1/2 NP + močovina}	390,3 bc	105,6	284,1 de	114,6
5 _{G10 + močovina}	398,9 c	107,9	262,8 b	106,0
6 _{G10 + močovina + L7}	396,4 bc	107,3	274,7 cd	110,8
7 _{G10}	397,7 bc	107,6	282,2 cde	113,8
Hd _{0,05}	+/-8,75	–	+/-10,55	–

(1) treatment, (2) thousand grain weight, (3) relatively %

Averages indicated by different letters are statistically significantly different on the significance level of $\alpha \leq 0.05$ (small letters)

Pestovateľský rok 2015 bol pre pestovanie kukurice sietej menej priaznivý. Táto skutočnosť úzko súvisela s nepriaznivým rozdelením úhrnu zrážok počas vegetačného obdobia v termínoch, ktoré boli z hľadiska formovania úrodovných ukazovateľov najdôležitejšie. Štatistické vyhodnotenie úrod zrna kukurice sietej je uvedené v tabuľke 8. Dosažená úroda zrna kukurice sa pohybovala v rozpätí od 2,9 t.ha⁻¹ (kontrolný variant 1) do 7,8 t.ha⁻¹ (kombinovaný variant 3). Štatisticky preukazne najnižšia úroda zrna kukurice vo výživárskom pokuse v roku 2015 sa dosiahla na kontrolnom variante 1 (2,9 t.ha⁻¹). Aplikácia minerálneho NPK hnojiva na variante 2 štatisticky preukazne zvýšila úrodu zrna kukurice v porovnaní s nehnojeným variantom 1 (o 3,8 t.ha⁻¹). Priaznivý stimulačný efekt spoločnej aplikácie NP hnojiva s Microstartom G10 sa prejavil pozitívne na obidvoch kombinovaných variantoch (varianty 3 a 4). Najvyššiu úrodu zrna kukurice bola v sledovanom roku 2015 zaznamenaná na variante 3. Vplyvom kombinácie NP hnojiva (Polidap) aplikovaného v dávke 150 kg.ha⁻¹ spolu s mikrogranulátom Microstart G10 v dávke 30 kg.ha⁻¹ na variante 3 sa úroda zrna kukurice, v porovnaní s variantom 2 štatisticky preukazne zvýšila o 1,1 t.ha⁻¹, čo v relatívnom percentuálnom vyjadrení predstavuje nárast o 16,4 %. V poradí druhá najvyššia úroda zrna kukurice bola zistená na kombinovanom variante 4, kde sa dávka NP hnojiva znížila o 1/2 a mikrogranulát Microstart G10 sa aplikoval pod päťu v dávke 30 kg.ha⁻¹. Zvýšenie úrody zrna kukurice predstavuje v percentuálnom vyjadrení nárast o 15,9 % v porovnaní s výživárskym variantom so samostatne aplikovaným NP hnojením (variant 2). Sóló aplikácia glukohumátov vo forme Microstartu G10 pri základnom hnojení na variante 7 spôsobila štatisticky preukazné zvýšenie úrody v porovnaní s kontrolným variantom o 0,47 t.ha⁻¹, čo v relatívnom percentuálnom vyjadrení činí nárast o 16,2 %. Aplikácia dusíka pri plečkovani v kombinácii so základným hnojením realizovaným hnojivom Microstart G10 (variant 5) výrazne zvýšila úrodu zrna v porovnaní so sóló aplikáciou Microstartu G10 o 2,7 t.ha⁻¹. Na variante 6 sa k aplikovanej základnej výžive (Microstart G10) v štádiu 6–7 listov BBCH 16–17 aplikovalo okrem prihnojenia močovinou aj listové hnojivo Rizoflower L7 v odporúčanej dávke 3 kg.ha⁻¹. V porovnaní s variantom 5, kde bolo základné hnojenie a prihnojenie močovinou identické, sa vplyvom aplikácie Rizofloweru v roku 2015 štatisticky preukazne zvýšila úroda zrna o 0,73 t.ha⁻¹, čo v relatívnom percentuálnom vyjadrení predstavuje zvýšenie o 12,0 %. Účinok listovej aplikácie glukohumátov for-

mu Rizofloweru L7 sa v suchom roku 2015 prejavil najvýraznejšie. Na základe dosiahnutých výsledkov možno poukázať na výrazný vplyv zrážkových pomerov v priebehu vegetačného obdobia kukurice pri hodnotení účinnosti listového hnojiva s obsahom glukohumátov.

Vplyv variantov výživy na dosiahnutú hmotnosť tisíc zrn (HTZ) kukurice sietej na zrno

Dosažené hodnoty hmotnosti tisíc zrn (HTZ) kukurice sietej v pestovateľských rokoch 2014 a 2015 sú uvedené v tabuľke 9. Hmotnosť tisíc zrn môže byť ovplyvnená viacerými faktormi, predovšetkým však priebehom počasia a efektívnymi teplotami využiteľnými pre rast kukurice, ktoré ovplyvňujú nielen fotosyntetickú aktivitu rastliny, ale aj distribúciu asimilátov medzi vegetatívnymi časťami rastlín a zrnou (7). V roku 2014 bolo počasia aj rozdelenie úhrnu zrážok pre kukuricu priaznivé, čo sa odrazilo aj vo vyšších hodnotách HTZ. Najnižšia HTZ bola nameraná na kontrolnom nehnojenom variante. Machul a Księżak (8) uvádzajú, že hnojenie dusíkom má signifikantný vplyv na nárast HTZ, čo sa potvrdilo aj v našom overovaní. Hodnotiac dosiahnuté výsledky v roku 2014 môžeme konštatovať, že na všetkých sledovaných variantoch výživy bolo zaznamenané štatisticky preukazné zvýšenie priemernej hmotnosti tisíc zrn v porovnaní s kontrolným variantom 1. Hodnota HTZ na nehnojenom variante bola 369,5 g. Na hnojených variantoch sa hodnoty pohybovali od 389,8 g (variant 2) do 398,9 g (variant 5).

V roku 2015 sa dosiahli nižšie hodnoty HTZ, ktoré boli zapríčinené nepriaznivým priebehom počasia počas vegetačného obdobia kukurice.

Záver

Pestované plodiny sa vyznačujú určitým úrodovým potenciálom, teda výškou úrody, ktorú sú schopné prinieŤ, ak sú splnené všetky ich požiadavky, vrátane podmienok prostredia. V reálnych podmienkach sa stáva, že aj pri výborne zvládnutej agrotechnike sú úrody plodín značne kolísavé. Počas vegetačného obdobia sa objavujú periódy značne vzdialené od optima, kedy sa v rastline indukuje stres buď priamo alebo nepriamo. Vo všeobecnosti je možné očakávať prejavenie výraznejšieho pozitívneho efektu hnojív so stimulačným účinkom v menej priaznivých rokoch (11). Pestovateľský rok 2014 možno charakterizovať ako relatívne priaznivý, nakoľko úrody plodín boli nadpriemerné na väčšine pestovateľského územia Slovenska. Niektoré

lokality boli ovplyvnené nestálym počasím a nevyrovnanými zrážkami. V lokalite, kde bol založený poloprevádzkový pokus s kukuricou siatou bolo rozloženie zrážok takmer optimálne a teploty primerané, čo sa odrazilo aj na výške dosiahnutých úrod hnojených variantov.

Najvyššia úroda zrna kukurice siatej 11,08 t.ha⁻¹ bola dosiahnutá na variante 4, kde bola použitá ½ dávka Polidapu s mikrogranulátom Microstart G10 v dávke 30 kg.ha⁻¹ a močovinou v dávke 250 kg.ha⁻¹. Úroda zrna 11,03 t.ha⁻¹ bola zaznamenaná na variante 3, kde bola aplikovaná najvyššia dávka dusíka (143,5 kg.ha⁻¹ N) v kombinácii s Microstartom G10. Na variante 2 (142 kg.ha⁻¹ N) bola dosiahnutá úroda 10,55 t.ha⁻¹. Variant 2 bol hnojený bez použitia glukohumátov. Pri porovnaní variantov 2, 3 a 4 možno konštatovať, že kombinácia minerálneho hnojenia s glukohumátmi (variant 3 a 4) má pozitívny vplyv na úrodu zrna kukurice siatej, pretože v obidvoch prípadoch bolo zistené zvýšenie úrody zrna. Zvýšenie úrod bolo v ročníku 2014 štatisticky preukazné a predstavuje 5,02 % (variant 4) a 4,55 % (variant 3) v porovnaní s variantom 2. Na variant 5 a 6 sa aplikovalo zhodne 116,5 kg.ha⁻¹ dusíka. Rozdiel bol v použití listového hnojiva na variante 6 v BBCH 16. Aplikácia hnojiva na báze glukohumátov Rizoflower L7 sa prejavila zvýšením úrody v porovnaní s variantom 5 o 3,8 %. Variant 1 bol nehnojený, kontrolný. Dosiahnutá úroda zrna kukurice 6,97 t.ha⁻¹ bola štatisticky preukazne najnižšia. Na variant 7 bol aplikovaný, v rámci základného hnojenia, Microstart G10 v odporúčanej dávke 30 kg.ha⁻¹ (1,5 kg.ha⁻¹ N). Úroda zrna kukurice bola na variante 7 štatisticky preukazne vyššia v porovnaní s variantom 1 o 2,01 t.ha⁻¹, čo predstavuje takmer 29 %.

Pestovateľský rok 2015 bol v sledovanej pokusnej lokalite pre kukuricu siatu nepriaznivý, čo sa odrazilo na výške dosiahnutej úrody v jednotlivých variantoch, ako aj výrazne nižšej hodnote HTZ. Dosiahnutá úroda v uvedenom roku predstavovala za všetky varianty priemernú úrodu 5,89 t.ha⁻¹. Tento výsledok súvisí s nepriaznivým rozdelením zrážok počas vegetácie. Celkový úhrn zrážok sa v pokusnej lokalite pohyboval na úrovni 554 mm a suma zrážok za vegetačné obdobie bola 365 mm. Napriek týmto hodnotám, ktoré sa považujú za vyhovujúce boli v mesiacoch jún a júl zaznamenané výrazné deficity zrážok, a to 66,6 mm v porovnaní s dlhodobým normálom. Najvyššia úroda zrna kukurice (7,8 t.ha⁻¹) bola zistená v sledovanom roku 2015 na variante 3 (NP hnojivo s Microstartom G10). Vplyvom kombinácie minerálneho NP hnojiva (Polidap) aplikovaného v spolu s glukohumátom Microstart G10 na variante 3 sa úroda zrna kukurice, v porovnaní s variantom 2, štatisticky preukazne zvýšila o 16,4 %. Druhá najvyššia úroda zrna kukurice bola dosiahnutá na kombinovanom variante 4 (1/2 NP + Microstart G10), kde zvýšenie úrody zrna kukurice predstavovalo, v percentuálnom vyjadrení, nárast o 15,9 % v porovnaní so samotne aplikovaným NP hnojením (variant 2). Na variante 6 sa k aplikovanej základnej výžive (Microstart G10) v štádiu 6–7 listov BBCH 16–17 aplikovalo okrem prihnojenia močovinou aj listové hnojivo Rizoflower L7 v odporúčanej dávke 3 kg.ha⁻¹. V porovnaní s variantom 5, kde bolo základné hnojenie a prihnojenie močovinou identické, sa vplyvom aplikácie Rizofloweru v roku 2015 štatisticky preukazne zvýšila úroda zrna o 12,0 %. Účinok listovej aplikácie glukohumátov formou Rizofloweru L7 sa v suchom roku 2015 prejavil najvýraznejšie. Najvýraznejšie zvýšenie úrody zrna kukurice vplyvom aplikácie listovej výživy v podobe Rizofloweru L7 bolo dosiahnuté práve v najsuchšom roku 2015.

Literatúra

- (1) BLÁHA, L. et al. 2003. Rostlina a stres. Praha : Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2003. 156 s. ISBN 80-86555-32-1.
- (2) FUSKA et al. 2006. Produkční charakteristiky různě ranních hybridů kukurice. In Úroda, roč. 4, 2006, č. 3, s. 24–26. ISBN 0139-6013.
- (3) GÁBORÍK, Š. 2009. Zásady výživy a hnojenia kukurice. In Naše pole, roč. 8, 2009, č. 5, s. 14–15. ISBN 1335-2464.
- (4) GUTIÉRREZ-MICELI, F.A. et al. 2008. Sheep manure vermicompost supplemented with a native diazotrophic bacteria and mycorrhizas for maize cultivation. In Bioresource Technology, vol. 99, 2008, no. 15, pp. 7020–7026.
- (5) HANÁČKOVÁ, E. – CANDRÁKOVÁ, E. 2013. Možnosti uplatnenia pestovateľských systémov jačmeňa siateho jarného v udržateľnom poľnohospodárstve, 1. vyd., Nitra : SPU, 2013. ISBN 978-80-552-1133-6.
- (6) HNÁT, A. – ŠARÍKOVÁ, D. 2011. Vplyv hybridu a výsevu na úrodu zrnovej kukurice. In Zborník príspevkov z II. vedeckej konferencie, Piešťany, 2011, s. 122–127. ISBN 978-80-89417-31-5.
- (7) MADDONNI, G. A., OTEGUI, M. E., BONHOMME, R. 1998. Grain yield components in maize II. Postsilking growth and kernel weight, In Field Crops Research, vol. 56, 1998, pp. 257–264.
- (8) MACHUL, M. – KSIĘŻAK, J. 2007. Evaluation of yielding of maize depending on pre-sowing soil cultivation and method of nitrogen doses in conditions of monoculture and crop rotation. In Fragm. Agron., vol. 24, 2007, no. 3, pp. 292–299.
- (9) MASNICA, M. – MAZÚR, M. 2005. Najdôležitejšie zásahy založenia kvalitného porastu kukurice [online]. 2018 [cit. 2018-09-22].
- (10) ZIMOLKA, J. et al. 2008. Kukurica – hlavná a alternatívna užitková sméř. Praha : Profi Press, 2008, s. 200. ISBN 978-80-86726-31-1.
- (11) ŽIVČÁK, M. 2013. Stimulačné a antistresovo pôsobiacie prípravky: ako vlastne fungujú? In Naše Pole, roč. 4, 2013, č. 1, s. 47.
- (12) Kukurica Dekalb 2015. [online], 2018 [cit. 2018-09-22]. Dostupné na internete: < <http://www.dekalb.sk/documents/112107/170385/Katal%C3%B3g+kukurice+DEKALB+2015/3fa0a9e9-5062-4d7a-ba1f-fc27f7ee03847>>

doc. Ing. Ladislav Varga, PhD.,
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre,
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov,
Katedra agrochémie a výživy rastlín,
Tr. A. Hlinku 2, 949 01 Nitra,
tel.: 037/641 43 80,
e-mail: ladislav.varga@uniag.sk



Ilustračné foto

REVIEW

Vermikompostovanie, vermikompost a použitie vermikompostu samostatne a spolu s minerálnymi N hnojivami

Vermicomposting, vermicompost and the use of vermicompost alone and together with mineral N fertilizers

Peter Kováčik, Pavol Slamka, Ladislav Varga, Mária Kmeťová, Peter Šalamún

Poľnohospodárstvo výrazne prispelo k rozvoju ľudstva, k rozvoju civilizácií. Napriek tomu, že v sebe integruje poznatky stovák až tisícok generácií, väčšina obyvateľstva súčasnej Európy má minimum poznatkov z tohto odvetvia. Naopak, súčasná stredná a mladá generácia európanov, vďaka internetu disponuje mnohými informáciami z oblasti pestovania rastlín, ktoré sa však neopierajú o vedecké a častokrát ani o empirické poznatky. V laickej verejnosti sú udomácnené informácie o „len“ pozitívnom vplyve hospodárskych (organických) hnojív na pôdu a rastliny. Avšak hospodárske hnojivá, vrátane vermikompostov, tak ako všetko s čím narába človek, môžu mať pozitívny i negatívny vplyv na pôdu, rastlinu, na životné prostredie. Cieľom predkladaného príspevku je predostrieť čitateľom najnovšie poznatky z oblasti výroby a použitia stále viac a viac propagovaného hospodárskeho (organického) hnojiva vermikompostu s upozornením na vhodnosť používať vermikompost spolu s minerálnym dusíkatým hnojivom.

vermikompost, minerálne hnojivá dusík

Vermikompostovanie je zhodnocovanie odpadových produktov technológiou chovu dážďoviek, najčastejšie rodu *Eisenia foetida*, ktoré v zaživacom trakte natrávené organické látky zmiešavajú s minerálnymi (s pôdou) za vzniku relatívne vodostálych agregátov vylučovaných vo forme valčekov (koprolitov) majúcich pozitívny vplyv na fyzikálne, chemické a biologické parametre pôdy. Pri vermikompostovaní dážďovky urýchľujú mineralizáciu organických látok a konvertujú potravu na látku s vyššou nutričnou hodnotou a stupňom humifikácie v porovnaní s tradičnými metódami kompostovania (2).

Doba procesu vermikompostácie je asi tri mesiace a priamo závisí od štruktúry použitých vstupných materiálov (46, 5). Zrelý vermikompost predstavuje štvrtinu až tretinu objemu použitého pôvodného materiálu a 30 – 40 % jeho hmotnosti (79).

Vermikompost je výsledok biologického rozkladu a stabilizácie organickej hmoty získanej rozkladom poľnohospodárskeho, mestského a priemyselného odpadu prostredníctvom chovu dážďoviek (64). Vermikompost, na rozdiel od konvenčného kompostu, je produktom zrýchlenej biooxidácie organickej hmoty za účasti dážďoviek, bez prechodu cez termickú fázu (7, 74), čo však platí iba vtedy, ak sú dážďovky vkladajú priamo do čerstvo pripravenej zmesi, bez jej predchádzajúcej fermentácie. Najčastejšie sa však uplatňuje technológia výroby vermikompostu pri ktorej sú dážďovky vkladajú už do zmesi, ktorá prešla fermentačnými zmenami trvajúcimi od 1 do 6 mesiacov v závislosti od použitých materiálov, čo je pokladané za efektívnejšie.

V porovnaní s bežnými kompostmi, vermikomposty zväčša obsahujú väčšie množstvá celkových živín pri súčasne väčšom percentuálnom zastúpení prijateľných foriem. Významný je i vysoký počet mikroorganizmov a nezanedbateľná je i hladina regulátorov rastu (auxínov, gibberelínov, citokinínov). V 1 kg vermikompostu sa zvyčajne nachádza 2,75 mg GAS gibberelínov, 1,05 mg IPA cytokinínov, 3,8 mg IAA auxínov. Jeden gram vermikompostu kolonizuje priemerne 180 miliónov baktérií, 2,8 miliónov aktinomicét, 200 tisíc húb. Obsah huminových kyselín je 7,5 % a obsah fulvokyselín je 3,5 %. Vo vermikompostoch je obsah rastových regulátorov 5- až 6-krát vyšší ako v klasických kompostoch (33).

Obsahy živín v jednotlivých vermikompostoch (VK) sa líšia. Priemerné obsahy živín vo VK uvádza tabuľka 1. Platí, že konečný obsah živín je závislý na počiatočnom obsahu živín v odpadovom materiáli použitom pri kompostovaní, od stupňa rozkladu fermentovanej hmoty a v neposlednom rade od dĺžky spracovávania vermikompostu dážďovkami. Kvalita vermikompostu je determinovaná i hlienom vylučovaným dážďovkami (75).

V pokusoch Garga et al. (17) sa vo vermikomposte vzniknutom z poľnohospodárskeho odpadu, po 100 dňovej inokulácii dážďovkami preukazne zvýšil obsah dusíka, fosforu a draslíka. Obsah N sa zvýšil 4,89-krát, obsah P 1,43-krát a obsah K 4,24-krát. Na zvyšovanie obsahu prístupných foriem živín, najmä na obsah prístupného fosforu vo vermikompostoch po naočkování dážďovkami poukázali aj (43 a 63). Zvýšenie obsahu prístupného fosforu sa prisudzuje jednak priamemu pôsobeniu enzýmov vylučovaných dážďovkami a jednak nepriamo prostredníctvom prítomnej mikroflóry. Zvyšovanie obsahu prístupného fosforu pri procese vermikompostovania možno označiť aj za dôsledok vyššieho obsahu a aktivity fosfatázy, ktorá je vylučovaná dážďovkami a baktériami (11). Zvyšovanie obsahu mobilného draslíka vo výslednom vermikomposte je spôsobené prítomnosťou mikroorganizmov, kedy organické kyseliny produkované mikroorganizmami transformujú neprístupné formy draslíka na prístupné (17).

Vermikomposty majú jemnú drobnohrudkovitú štruktúru, sú kypré (pórovité), dobre prevzdušnené, znižujú hutnosť pôdy, majú dobrú schopnosť zadržiavať vodu, stabilizujú pôdne agregáty a zlepšuje príjem živín rastlinami (13). V porovnaní s konvenčným kompostom má vermikompost zvyčajne jemnejšiu štruktúru, ktorá poskytuje väčšie plochy pre absorpciu a zadržiavanie živín (24, 66). Živiny vo vermikomposte, N, P, K, Ca a Mg sú v ľahko dostupných formách pre rastliny (3, 13, 51).

Spracovanie klasického záhradného kompostu prostredníctvom dážďoviek (najmä rodu *Eudrilus eugeniae*) môže viesť k preukaznému zníženiu obsahu ťažkých kovov vo

Tabuľka 1: Priemerné obsahy živín vo vermikompostoch

Parameter	Značka	Vermikompost (%)		
		Nagavallemma et al. (2004)	Hernández et al. (2010)	Kováčik (2014)
Organický uhlík	C _{ox}	9,8 – 13,4	24	25 – 50
Dusík	N	0,51 – 1,61	1,6	1,0 – 3,0
Fosfor	P	0,19 – 1,02	0,014	0,2 – 1,2
Draslík	K	0,15 – 0,73	0,21	0,7 – 3,2
Vápnik	Ca	1,18 – 7,61	0,62	2,0 – 6,9
Horčík	Mg	0,093 – 0,568	0,21	0,9 – 1,6
Sodík	Na	0,058 – 0,158	0,08	–
Zinok	Zn	0,0042 – 0,110	0,0076	–
Meď	Cu	0,0026 – 0,0048	0,0016	–
Železo	Fe	0,2050 – 1,3313	0,0991	–
Mangán	Mn	0,0105 – 0,2038	0,0141	–
Reakcia	pH	–	7,3	6,5 – 8,0

výslednom vermikomposte, konkrétne kadmia (pokles o 43,3 – 73,5 %), chrómu (pokles o 11,3 – 52,8 %), medi (pokles o 18,9 – 62,5 %), kobaltu (pokles o 21,4 – 47,6 %), zinku (pokles o 34,6 %) a niklu (pokles o 19,9 – 49,6 %), v porovnaní s pôvodným použitým kompostom. Zistené poklesy obsahu ťažkých kovov viacerí autori odôvodnili ich následnou kumuláciou v telách dážďoviek počas procesu vermikompostácie (39, 68, 73, 76). Prínos tejto kumulácie ťažkých kovov telom dážďoviek je však významný vtedy, pokiaľ sú dážďovky vyberané z vermikompostu a sú použité na inokuláciu v ďalšej kompostovacej hromade, to znamená, že nie sú aplikované spolu so vzniknutým vermikompostom do pôdy.

V tráviacom trakte živočíchov, vrátane dážďoviek sa nachádza viacero mikroorganizmov. Mikroorganizmy v dážďovkách svojou enzymatickou aktivitou vytvárajú symbiotické a synergické vzťahy s dážďovkami, a tým sa podieľajú nielen na celkovej enzymatickej kapacite vermikompostov, ale aj na zvýšenom raste dážďoviek. Ide hlavne o mikroorganizmy *Entomoplasma somnilius* a *Bacillus licheniformis*, vrátane kmeňov *Aeromonas*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Ferrimonas* (21). Najpočetnejšie baktérie, ktoré sa nachádzajú vo vermikomposte patria do troch hlavných rodov, a to *Pseudomonas* (15 %), *Bacillus* (57 %), *Microbacterium* (12 %), zvyšné patria do rodov *Acinetobacter* (5 %), *Chryseobacterium* (3 %), *Arthrobacter*, *Pseudoxanthomonas*, *Stenotrophomonas*, *Paenibacillus*, *Rhodococcus*, *Enterobacter*, *Rheinheimera* a *Cellulomonas*. Prítomné mikroorganizmy pôsobia na rast rastlín jednak priamo, prostredníctvom produkcie rastových stimulačných hormónov a enzýmov akými sú kyselina indol-3-oxová (IAA – indole-3-acetic acid); 1-aminocyclopropan-1-karboxylátdeamináza (ACC deamináza); „fosforečnany rozpúšťajúci enzým“ (phosphate-solubilizing enzyme – „fosfatáza“) a jednak nepriamo, produkciou širokého spektra antimykotických metabolitov, hydrolytických enzýmov a siderofórov (16, 53). Ďalšie z enzýmov, ktoré sa hojne nachádzajú vo vermikomposte sú amylázy, lipázy, celulózy a chitinázy, ktoré sa podieľajú na rozkladaní organickej hmoty a na prístupňovaní imobilných živín (23). Baktérie rodov *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Streptomyces*, *Azospirillum*, *Azoarcus*, *Azotobacter*, *Burkholderia*, *Cyanobacteria*, *Herbaspirillum* a *Chryseobacterium* sú známe ako významní producenti rastlinných rastových stimulantov (42, 61, 54).

Vermikompost je významným zdrojom humusu, humínovým kyselín, ktoré priaznivo pôsobia na parametre pôdy a úrodu rastlín. Humínové kyseliny a fulvokyseliny obsiahnuté vo vermikomposte umožňujú rastlinám lepšie využiť živiny z pôdy prostredníctvom stimulácie rastu koreňov, pomáhajú rastlinám prekonať stresové situácie (38).

Použitie kompostov je závislé na ich parametroch. Zväčša sa používajú v dávkach zhodných s dávkami maštalného hnoja, pričom využitie živín z nich je nižšie (N a P – 25 až 45 %, K – 40 až 65 %) a krátkodobejšie (jeden až dva roky) ako z hnoja, avšak ich pozitívny vplyv na fyzikálne, chemické a biologické parametre je dlhodobejší. Relatívne stabilné organominerálne komplexy v komposte umožňujú jeho použitie takmer počas celého roka a v oblastiach s dostatkom zrážok si nevyžaduje zaoranie, i keď jeho zapracovanie do pôdy zvyšuje pozitívny účinok na pôdu i rastliny.

Jedným z prvých krokov pri výrobe vermikompostu je výber substrátov na fermentáciu. Vo všeobecnosti sa odporúča pred samotným vložením dážďoviek do pripravenej zmesi nechať zmes prejsť fermentačnými procesmi.

Na výrobu vermikompostov možno použiť rozličné materiály (18). Ich základom je celulóza, musia však obsahovať aj dostatok bielkovín, škrobových látok, tukov, vitamínov a minerálnych látok. Najčastejšie sa používa rastlinný odpad z parkov, listová hrabanka, drewná štiepka, slama, piliny, potravinársky odpad, papierenský odpad a hnoj od rôznych druhov zvierat. Z hnojov sa v Európe najviac používa hnoj od hovädzieho dobytká, pretože je najdostupnejší.

Rast dážďoviek a produkcia kokónov v jednotlivých druhoch hnojov nie je rovnaká. Najväčší prírastok biomasy na dážďovku býva v hnojoch v tomto poradí: ovčí > somárí > byvolí > kozí = kravský = konský > ťaví. Najviac vyprodukovaných kokónov na jedinca býva v jednotlivých hnojoch nasledovné: ovčí > kravský = konský = kozí > ťaví > somárí > byvolí. Z tohto pohľadu možno pre rast a rozmnožovanie dážďoviek uprednostniť použitie ovčieho hnoja.

Je dokázané, že dážďovky rôznych druhov uprednostňujú rôzne druhy organických zvyškov, z tohto dôvodu na výrobu vermikompostu možno použiť kal (8, 45), živočíšne odpady (4, 22, 78), zvyšky z poľnohospodárskych plodín (44, 51, 65), odpad z vinohradníctva (56) a priemyslu (2, 27). Adhikary (1) odporúča poľnohospodársky odpad

miešať s kravským hnojom v pomere 8 : 1 a Garg et al. (17) odporúča miešať zkompostovaný materiál s kravským hnojom a pôdou v pomere 6 : 3 : 1.

Ako už bolo uvedené, veľkovýrobcovia vermikompostu vkladajú dážďovky do pripravených, predfermentovaných zmesí, pričom predfermentácia môže trvať 6 mesiacov (drevná štiepka), alebo mesiac (čerstvé a suché byliny, hnoj a pod). Lowe et al. (41) odporúča vytvoriť také podmienky, aby proces „predkompostácie zmesi prebehol za 14 – 21 dní počas ktorých dôjde k zvýšeniu teploty až na 70 °C. Vysoká teplota kompostovanej zmesi zbaví patogénov (nastáva sterilizácia zmesi) a inaktivujú sa semená burín.

Ďalším krokom pri výrobe vermikompostu je výber plochy na kultiváciu. Na spracovanie malých objemov substrátov u záhradkárov, drobnochovateľov alebo domácností postačí niekoľko štvorcových metrov. Adhikary (1) má dobré skúsenosti s drevenou debničkou o rozmeroch 0,45 × 0,30 × 0,45 m. Pri výrobe kompostu väčších objemov z poľnohospodárskeho odpadu uvedení autor odporúča rozmery kompostáčnych nádob 2,5 × 1 × 0,3 m (dĺžka, šírka a hĺbka). Na Slovensku sú rozšírené nádoby ktoré majú pomer medzi výškou, hĺbkou a dĺžkou 1 : 2 : 3, a to z toho dôvodu, že aktivita dážďoviek je závislá od plochy povrchu. Nádoby pre výrobu vermikompostu treba vybaviť otvormi pre odtok nadmernej vody. Na spodok nádoby, v ktorej sa bude vyrábať kompost, sa odporúča uložiť fóliu s otvormi, ktorá by sa mala zasypať do výšky 0,03 m zeminou a do výšky 0,05 m kokosovými vláknami, čo posluží na odvádzanie prebytočnej vlhkosti. Vermikompostáčnej debničky je potrebné mať zo všetkých strán zabezpečené pred únikom dážďoviek a vstupom škodcov.

Výroba vermikompostov vo veľkých objemoch si vyžaduje aby základka určená k výrobe vermikompostu bola na spevnenom (vybetónovanom) podklade, alebo aspoň na podklade pokrytom silnou fóliou, aby sa zamedzilo úniku dážďoviek a prieniku krtkov. Zhodnocovaný materiál (zmes listia, papiera, pilín, slamy, burín v zelenom stave, listie tráv, šupky z ovocia, zbytky zo zeleniny, škrupiny z vajec, konský, ovčí, alebo hovädzí hnoj, ornica, záhradná zemina, atď.) má mať neutrálnu až slabu alkalicke pH (optimum pH pre dážďovky 7,0 – 7,5) s pomerom C : N = 22 – 25 : 1, ale môže byť až 40 : 1 (tabuľka 2) a vrstviť sa na výšku 0,4 – 0,5 m. Na jeho povrch sa umiestnia dážďovky a ďalšia časť namiešaného substrátu, čím celková výška základky dosiahne 0,6 m. Pripravená základka sa zakryje tmavou fóliou, čím sa obmedzí

Tabuľka 2: Požiadavky dážďovky hnojnej (*Eisenia foetida*) na substrát

Parameter	Optimum	Tolerancia
C : N	22 – 25 : 1	40 : 1
pH	7,0 – 7,5	6,5 – 8,0
Vlhkosť (%)	70 – 75	60 – 80
Teplota (°C)	15 – 20	<15
Obsah N (%)	1,5 – 2,0	0,5 – 2,5
Obsah solí (%)	0,05 – 0,25	do 0,5
Vodivosť (mScm ⁻¹)	0,5 – 1,0	do 3,0
Obsah metánu	minimum – citlivé	–
Obsah amoniaku (%)	málo	do 0,1
Plesne	minimum	–

Zdroj: Kováčik (2014)

výpar vody a možnosť požierania dážďoviek vtákmi (31). Dážďovky z rodu *Eisenia foetida* dobre prežívajú pri vlhkosti 70 – 75 %. Keďže sú tolerantnejšie k vyššej vlhkosti a k chladu ako k suchu a vyššej teplote, vlhkosť substrátu sa má udržiavať na hladine cca 75 – 80 % PVK. Najvhodnejšia teplota je 15 – 20 °C avšak platí, že je lepšie keď je teplota nižšia ako vyššia. Technologických postupov vermikompostovania je viacero. Niektoré pracujú s výškou vermikompostoviska len 0,3 m. Spracovanie 1 t zfermentovaného substrátu pripraveného na vermikompostovanie si vyžaduje plochu 1 – 2 m² pri vrstvení materiálu do výšky 0,6 m (79).

Vychádzajúc z nárokov dážďoviek na prostredie (tabuľka 2), vermikompostovaná zmes musí mať určité parametre. Obsah dusíka v kompostovanom materiáli je jedným z kľúčových parametrov. Názory na jeho obsah v zmesi sa líšia, v závislosti od toho či ide o parametre substrátu, ktorý bude predfermentovaný, alebo ide o „čerstvý“ substrát a zároveň od toho aký druh dážďoviek sa použije. Sangwan et al. (62) uvádzajú obsah 0,5 % N ako dolnú limitnú hodnotu, čo koreluje s údajmi uvedenými v tabuľke 2. Pomer uhlíka a dusíka (C : N) by podľa názorov (79) mal oscilovať v rozmedzí 15 – 25 : 1. Iné údaje odporúčajú pracovníci Katedry agrochémie a výživy rastlín SPU v Nitre, ktorí pri realizácii pokusov v roku 2012 zaznamenali, že pomery C : N by mali byť v intervale 20 až 35 : 1. Reakcia kompostovanej zmesi by mala byť neutrálna (pH 6,6 – 7,2) pričom pH < 5 alebo pH > 9 sú pre dážďovky smrteľné (25).

Názory na teplotu kompostovaného substrátu sú rôzne. Loh (40) odporúča teplotu 26 až 30 °C, Singh et al. (69) preferuje teplotu 27 až 28 °C, Adhikary (1) publikoval ako vhodný teplotný interval 20 až 30 °C. Edwards a Niederer (14) odporúčajú dodržiavať teplotu kompostovanej zmesi v prítomnosti dážďoviek v rozmedzí 15 – 25 °C, pričom teplota by nemala stúpnuť nad 35 °C.

Vlhkosť substrátu je taktiež kľúčovým parametrom. Pri nedostatočnej, alebo nadbytočnej vlhkosti dážďovky z kompostu unikajú. Dážďovky z rodu *Eisenia foetida* dobre prežívajú pri vlhkosti 70 – 75 %. Keďže sú tolerantnejšie k vyššej vlhkosti a k chladu ako k suchu a vyššej teplote, vlhkosť substrátu sa častokrát udržiava na hladine cca 75 – 80 % PVK (33). Kaplan et al. (25) odporúčajú udržiavať vlhkosť substrátu medzi 70 – 85 %. Podobný názor zastáva i (40) preferujúc vlhkosť kompostovanej zmesi na úrovni 80 %. Edwards (12) odporúča udržiavať vlhkosť kompostovanej zmesi ešte na vyššej úrovni (80 – 90 %), pričom by vlhkosť nikdy nemala klesnúť pod 60 %. Oproti názorom preferujúcim vlhkosť nad 70 %, sú i názory odporúčajúce vlhkosť pod 70 %. Adhikary (1) odporúča pri použití dážďovky *Eudrilus eugeniae* udržiavať vlhkosť vo vermikompostáčnych jamách iba na úrovni 40 – 50 %.

Obsah solí v kompostovanej zmesi by nemal presiahnuť 0,5 % a obsah octanu amónneho nad 0,1 % spôsobuje 100 % úmrtnosť (25).

Pri vytváraní čo najvhodnejších podmienok pre život dážďoviek a následne pre vermikompostáciu, treba mať na zreteli, že na svete sa nachádza približne 3 000 druhov dážďoviek.

Pred inokuláciou fermentačnej hromady dážďovkami sa odporúča vykonať skúšku (test) vhodnosti substrátu na vermikompostovanie. Postup je nasledovný. Do nádoby s obsahom 2 až 3 l sa vloží vzorka substrátu (fermentovaného materiálu) a následne sa vložia dážďovky v počte

30 až 50 jedincov. Po uplynutí 14 hodín sa vyhodnotí stav dážďoviek. Ak zostali nažive a nejavia známky poškodenia, substrát sa môže použiť a môžu sa doň začať vkladat' dážďovky. Vkladané dážďovky musia byť dobre pohyblivé, pružné, bez známok zosychania alebo povrchového poškodenia.

V podmienkach Slovenska sa na vermikompostáciu využívajú najčastejšie dva druhy dážďoviek: *Eisenia foetida* a *Eisenia andrei*. Za optimálnych podmienok denne spracuje jedna dážďovka asi tretinu svojej telesnej hmotnosti (0,4 – 1,2 g). Po rozmnožení dážďoviek v komposte sa ich počet často zvýši 15-násobne. Z doterajších zistení možno predpokladať, že pri násade 4 000 – 5 000 jedincov rôzneho veku, ktorých hmotnosť je 0,5 – 1,5 kg.m⁻² surového materiálu, sa surovina s hmotnosťou 1 t transformuje na vermikompost za dobu 6 mesiacov. Kompostovanie je možné urýchliť nasadením väčšieho počtu dážďoviek, 15 000 – 20 000 jedincov.m⁻², kedy sa čas kompostovania skrátí na 3 mesiace (79). Pre spracovanie kompostu v nádobe s rozmermi 0,45 × 0,30 × 0,45 m je postačujúcich 250 dážďoviek a pri rozmeroch kompostovej jamy 2,5 × 1 × 0,3 m (dĺžka, šírka a hĺbka) sa po uplynutí 7 – 10 dňoch do pripravenej zmesi inokulujú dážďovky v počte 500 – 1 000 jedincov (1). Podľa (69) na spracovanie 300 g zkompostovanej zmesi je potrebných 20 dážďoviek rodu *Eisenia foetida* a podľa (40) optimálna násadová hustota dážďoviek je 1,6 kg dážďoviek na 1 m² kompostovanej zmesi.

Dážďovky sa vkladajú do kultivačných hromád vždy v substráte v ktorom žili, tým je zabezpečená ich rýchlejšia adaptácia. Zle, alebo slabo sfermentované zložky vermikompostu sa spolu s dážďovkami použijú na výrobu ďalšieho vermikompostu.

Počas vermikompostácie musí byť zabezpečené udržiavanie potrebnej vlhkosti kompostu, prevzdušňovanie vermikompostu a sledovanie zdravotného stavu populácie dážďoviek. Materiál, ktorý sa kompostuje, musí zabezpečovať dážďovkám vhodné životné prostredie a súčasne poskytovať aj dostatok potravy. Staršie poznatky uvádzajú, že potravu je vhodné aplikovať postupne, na rôzne miesta, avšak do substrátu. Súčasný poznatky zamestnancov KAVR SPU v Nitre sú však také, že rastlinný odpad (ovocie, zelenina) je vhodné aplikovať v tenkých vrstvách na povrch vermikompostoviska.

Na Slovensku sa vermikompostáciou zaoberá viacero spoločností. Spoločnosť Vermivital s.r.o. Záhorce realizuje vermikompostáciu v halách, ale aj v prístreškoch pričom výška substrátu je 0,3 až 0,4 m a na prikrmovanie dážďoviek používajú pomiaganú zeleninu a ovocie, ktorú aplikujú na povrch vermikompostu.

Vhodnou potravou pre dokrmovanie dážďoviek je rastlinný odpad z ovocia a zeleniny, starý chlieb a pečivo, vyľuhovaný čaj, kávová usadenina, rozdrvené vajcové škrupinky, tráva, lístie, hobliny, piliny. Nevhodnou potravou sú kosti, mäso, ryby, mliečne výrobky, prepálené tuky, odpad obsahujúci veľa soli. Je potrebné vyhýbať sa spracovaniu materiálov, ktoré by mohli byť kontaminované pesticídmi (napr. odpad z citrusových plodov). Loh (40) odporúča prikrmovať populáciu dážďoviek v intervale 3 – 5 dní. Kýmna dávka by mala predstavovať 0,75 kg krmiva na 1 kg dážďoviek za deň.

Hlavnou úlohou výroby kompostov je zníženie množstva skládkovaného odpadu ekologickou cestou. Cieľom výroby vermikompostov okrem prispenia k riešeniu racionálneho kolobehu látok v prírode, je i produkcia kvalitného

organického hnojiva a v niektorých prípadoch i produkcia dážďoviek pre účely lovu rýb, ale aj výživy zvierat a ľudí (49, 52, 57, 59, 60, 72, 80, 81). Riadne tepelne upravené dážďovky nepredstavujú pre ľudí mikrobiologické riziko (76, 47), ale ich konzumácia si vyžaduje vykonať testy toxicity, resp. zistiť aké reakcie môžu v tele človeka vyvolať proteíny obsiahnuté v telách dážďoviek (48). Dážďovky je možné využiť aj farmakologicky, a to najmä pri zmierňovaní reumatizmu (58).

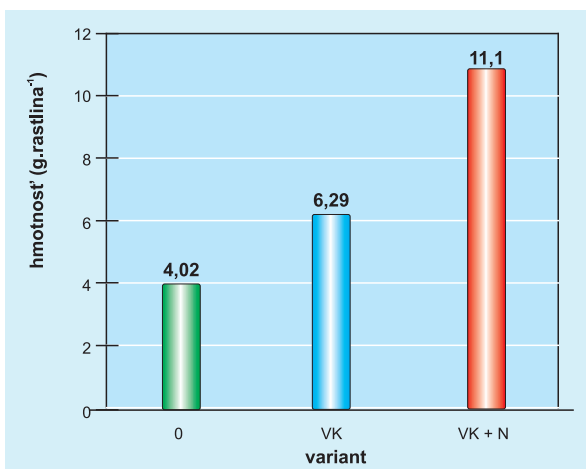
Vermikomposty sa na Slovensku, ale aj v iných štátoch využívajú ako hnojivo, prípadne ako zložka pestovateľského substrátu v dôsledku jeho pozitívnych vplyvov na parametre pôdy. Taktiež je známe, že aplikáciou vermikompostov možno urýchliť proces dozrievania plodín o 1 – 2 týždne pri súčasnom zlepšení viacerých kvalitatívnych parametrov pestovaných rastlín. V rastlinách sa môže zvýšiť obsah celkových antioxidantov, celkových karoténov, železa, zinku, hrubej vlákniny, lykopénu, sušiny, vitamínu C i sacharidov (19, 67, 70, 71). Na druhej strane sú poznatky, že aplikáciou vermikompostov sa môže znížiť obsah vitamínu C a zvýšiť obsah dusičnanov (32, 34). V pokusoch (35, 36, 37) sa s rastom podielu vermikompostu v substráte obsah vitamínu C v bulvách a listoch reďkovky znižoval a obsah dusičnanov zvyšoval, resp. prídanie vermikompostu do pôdy znižovalo v koreňoch mrkvy nielen obsah vitamínu C, ale aj obsah celkových polyfenolov a i celkovú antioxidačnú aktivitu.

Poľnohospodárska prax napriek poznaniu kladov i záporov použitia hospodárskych hnojív, poznaniu nenahraditeľnej úlohy hospodárskych hnojív v procese pestovania rastlín na pôde, častejšie a radšej používa priemyselné hnojivá, pretože ich účinnosť je okamžitá. Napríklad v pokusoch (34) jarná aplikácia vermikompostu v dávke 170 kg.ha⁻¹ priniesla až o 26 % nižšie úrody zrna kukurice ako jarná aplikácia minerálneho N v dávke 60 kg.ha⁻¹. Napriek veľkej obľube priemyselných hnojív medzi agronómami, poľnohospodárska prax rešpektuje, že s cieľom dlhodobu dosahovať dobré kvantitatívne a kvalitatívne parametre pestovaných rastlín, je správne používať ako priemyselné, tak i hospodárske hnojivá (6, 10, 26, 55). Potvrdzujú to i poznatky KAVR SPU v Nitre z vplyvu prídania minerálneho N ku vermikompostu na tvorbu fytohmoty kukurice a na tvorbu úrody zrna kukurice siatej (obrázok 1 a 2).

Katedra agrochémie a výživy rastlín SPU v Nitre sa viacero rokov venuje problematike spoločnej aplikácie organických a priemyselných hnojív, resp. porovnávaniu účinkov rôznych minerálnych s rôznymi hospodárskymi hnojivami (15, 29, 30). Do uvedenej skupiny pokusov patria i výsledky pokusov s vermikompostom prezentované nižšie, kde modelovými plodinami boli ľuľok zemiakový a kukurica sята.

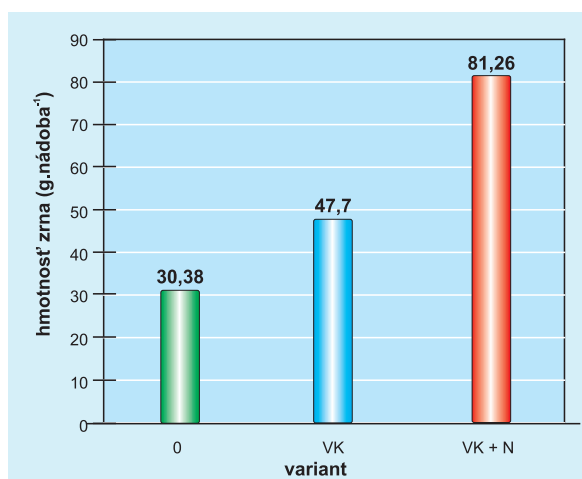
Z údajov uvedených v tabuľke 3 je zjavné, že prídanie minerálneho hnojiva NPK 15-15-15 v dávke 99 kg.ha⁻¹ N, (var. 4) k vermikompostu aplikovanému v dávke 40 kg.ha⁻¹ N výraznejšie zvýšilo úrodu hlúz ľuľka zemiakového ako zvýšenie aplikačnej dávky vermikompostu o 200 kg.ha⁻¹ N (var. 3) v porovnaní s variantom 2. Vo variante 4 sa dosiahla najvyššia úroda hlúz ľuľka zemiakového. Z uvedeného vyplýva, že 200 kg celkového N vo vermikomposte má menší vplyv na tvorbu úrody hlúz ľuľka zemiakového ako 99 kg N v priemyselnom hnojive. Zistené je logickým dôsledkom skutočnosti, že na výžive rastlín sa podieľajú najmä živiny v minerálnej (iónovej) forme.

Obrázok 1: Vplyv vermikompostu a pridania minerálneho dusíka k vermikompostu na nadzemnú fytomasu rastlín kukurice siatej vytvorenej do konca rastovej fázy BBCH 16 (pokusy KAVR SPU 2012 – 2014)



VK – vermikompost, VK + N – vermikompost + minerálny dusík v dávke 60 kg.ha⁻¹ N

Obrázok 2: Vplyv vermikompostu a pridania minerálneho dusíka k vermikompostu na úrodu zrna kukurice siatej (pokusy KAVR SPU 2012 – 2014)



VK – vermikompost, VK + N – vermikompost + minerálny dusík v dávke 60 kg.ha⁻¹ N

Tabuľka 3: Vplyv aplikácie granulovaného vermikompostu na úrodové parametre hlúz ľuľka zemiakového

Variant		Úroda hlúz		Priemerná hm. jednej hlúzy		Sušina	
číslo	označenie	t.ha ⁻¹	rel. %	g	rel. %	%	rel. %
1	0	18,37 a	100,00	76,33 b	100,00	22,17	100,00
2	VK ₄₀	18,93 b	103,05	73,08 a	95,74	22,59	101,89
3	VK ₂₄₀	25,57 e	139,19	101,95 f	133,56	22,77	102,71
4	VK ₄₀ N ₉₉ + P + K	27,69 f	150,73	95,18 e	124,70	23,53	106,13
Hd _{0,05}		0,5257		1,163			

Tabuľka 4: Vplyv aplikácie granulovaného vermikompostu na kvalitatívne parametre hlúz ľuľka zemiakového

Variant	NO ₃		Vitamín C		Škrob		N-celkový	
	mg.kg ⁻¹	rel. %	mg.100g ⁻¹	rel. %	%	rel. %	mg.kg ⁻¹	rel. %
0	72,33 bcd	100,00	6,25 c	100,00	15,44 ab	100,00	15337 cd	100,00
GVK ₄₀	66,00 abc	91,25	6,15 bc	98,40	16,98 ab	109,97	14775 bc	96,34
GVK ₂₄₀	88,00 cd	121,66	5,61 b	89,76	16,74 ab	108,42	13181 a	85,94
GVK ₃₆ N ₉₉ + P + K	94,67 d	130,89	5,61 b	89,76	17,08 b	110,62	13641 a	88,94
Hd _{0,05}	22,902		0,572		2,095		765,06	

Vit. C – vitamín C, č. – číslo, GVK – granulovaný vermikompost, číslo za GVK – množstvo celkového dusíka, N – dusík, P – fosfor, K – draslík, Hd_{0,05} – hraničná diferencia na 95 % hladine významnosti (LSD – test), rozdielne písmeno znamená preukazný rozdiel na úrovni $\alpha < 0,05$

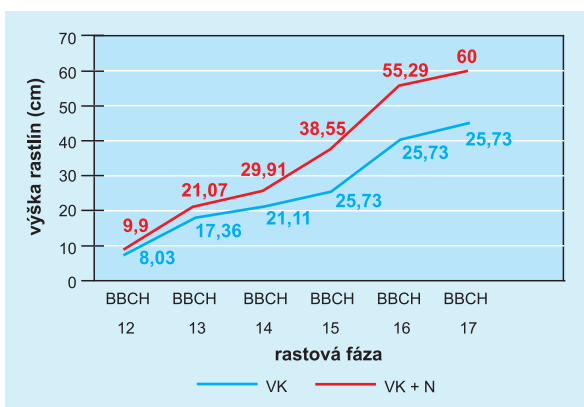
Obrázky 3 až 11 prezentujú výsledky dvojročného nádobového pokusu realizovaného vo vegetačnej kletke umiestnenej v areáli SPU v Nitre, kde sa zisťoval vplyv pridania minerálneho hnojiva LAD v dávke 60 kg.ha⁻¹ N k vermikompostu na dynamiku rastu a úrodové parametre kukurice siatej.

Positívny vplyv prihnojenia rastlín kukurice priemyselným dusíkatým hnojivom na úrovni 60 kg.ha⁻¹ N na výšku rastlín počas rastových fáz BBCH 12 až 17 je zrejmý z obrázka 3. V rastovej fáze BBCH 17 boli rastliny kukurice prihnojené minerálnym dusíkom vyššie o 14,47 cm, čo je 31,78 % v porovnaní s rastlinami hnojenými len vermikompostom. Tak ako boli počas celého sledovaného obdobia rastliny prihnojené minerálnym dusíkom vyššie ako rastli-

ny hnojené len vermikompostom, tak ich stonky boli počas celého daného obdobia i hrubšie (obrázok 4). V rastovej fáze BBCH 17 bol obvod stoniek kukurice prihnojených minerálnym dusíkom o 0,84 cm väčší ako obvod stoniek hnojených len vermikompostom.

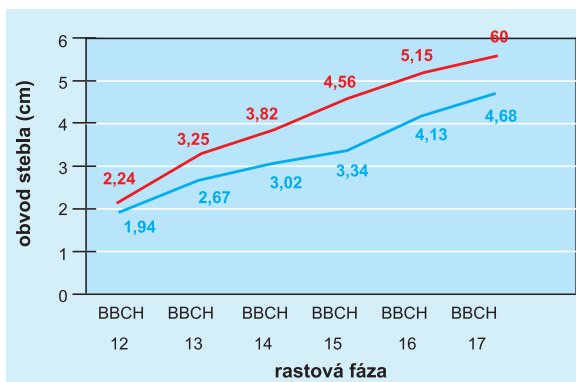
Spoločná aplikácia vermikompostu a minerálneho dusíkatého hnojiva pozitívne vplývala aj na obsah celkového chlorofylu v listoch kukurice, na úrodu zrna a slamy kukurice, na obsah tuku, vlákniny a škrobu v zrne, ale aj na HTS (obrázok 5, 6, 7, 8, 9, 10 a 11) čím sa potvrdil desaťročia známy poznatok (11, 15) o prospešnosti spoločnej aplikácie minerálnych a hospodárskych hnojív.

Obrázok 3 Vplyv prídania minerálneho dusíka k vermikompostu na dynamiku zmien výšky rastlín kukurice



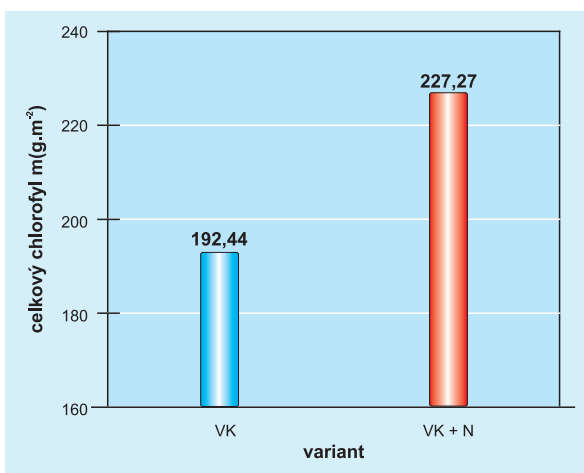
VK – vermikompost, VK + N – vermikompost + minerálny dusík

Obrázok 4 Vplyv prídania minerálneho dusíka k vermikompostu na dynamiku zmien hrúbky stebiel rastlín kukurice



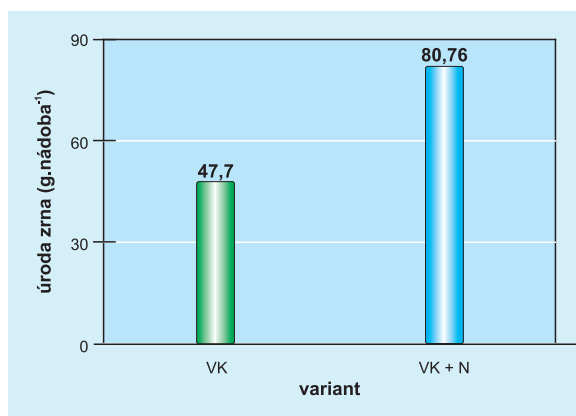
VK – vermikompost, VK + N – vermikompost + minerálny dusík

Obrázok 5: Vplyv prídania minerálneho dusíka k vermikompostu na obsah celkového chlorofylu v listoch kukurice sietej v rastovej fáze BBCH 18



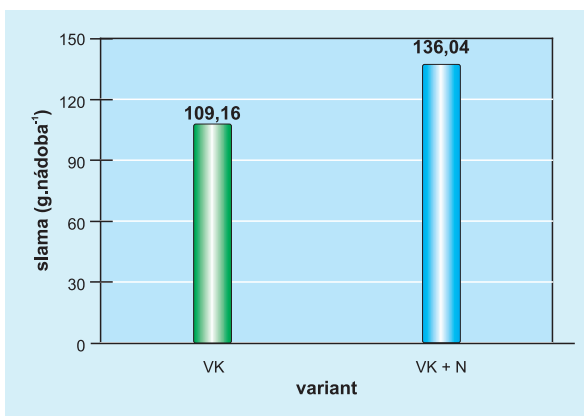
VK – vermikompost, VK + N – vermikompost + minerálny dusík

Obrázok 6 Vplyv prídania minerálneho dusíka k vermikompostu na úrodu zrna kukurice sietej



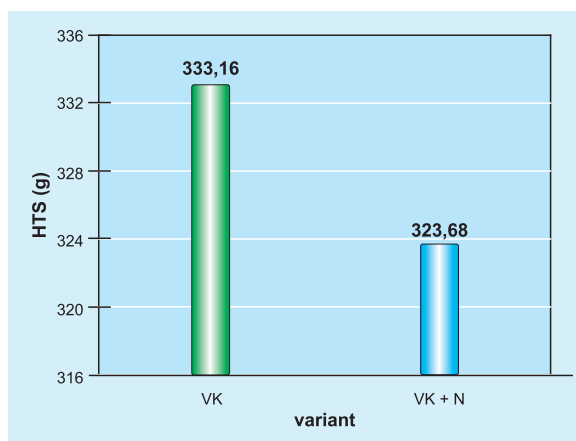
VK – vermikompost, VK + N – vermikompost + minerálny dusík

Obrázok 7 Vplyv prídania minerálneho dusíka k vermikompostu na úrodu slamy kukurice sietej



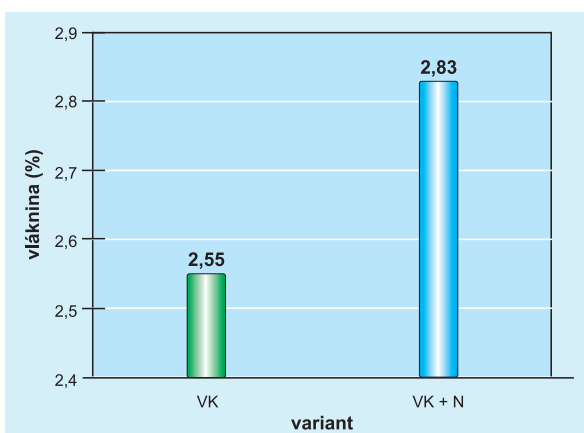
VK – vermikompost, VK + N – vermikompost + minerálny dusík

Obrázok 8 Vplyv prídania minerálneho dusíka k vermikompostu na hmotnosť tisícich semien kukurice sietej



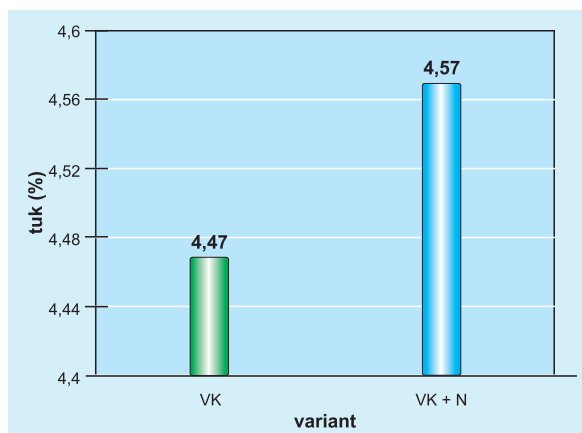
VK – vermikompost, VK + N – vermikompost + minerálny dusík

Obrázok 9 Vplyv prídania minerálneho dusíka k vermikompostu na obsah vlákniny v zrne kukurice siatej



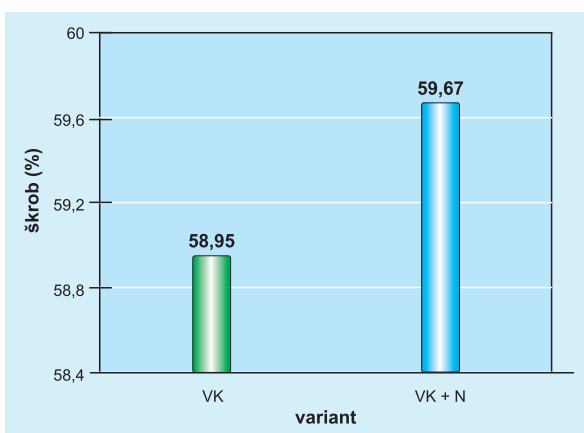
VK – vermikompost, VK + N – vermikompost + minerálny dusík

Obrázok 10 Vplyv prídania minerálneho dusíka k vermikompostu na obsah tuku v zrne kukurice siatej



VK – vermikompost, VK + N – vermikompost + minerálny dusík

Obrázok 11 Vplyv prídania minerálneho dusíka k vermikompostu na obsah škrobu v zrne kukurice siatej



VK – vermikompost, VK + N – vermikompost + minerálny dusík

Literatúra

- ADHIKARY, S. 2012. Vermicompost, the story of organic gold: A review. In *Agricultural Sciences*, vol. 3, 2012, no. 7, pp. 905–917.
- ALBANELL, E. – PLAIXATS, J. – CABRERO, T. 1988. Chemical changes during vermicomposting (*Eisenia fetida*) of sheep manure mixed with cotton industrial wastes. In *Biology and Fertility of Soils*, vol. 6, 1988, no. 3, pp. 266–269.
- ATIYEH, R.M. – DOMÍNGUEZ, J. – SUBLER, S. – EDWARDS, C.A. 2000. Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*. Bouche) and the effects on seedling growth. In *Pedobiologia*, vol. 44, 2000, no. 6, pp. 709–724.
- ATIYEH, R.M. – ARANCON, N.Q. – EDWARDS, C.A. – METZGER, J.D. 2000. Influence of earthworm processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. In *J. of Bioresource Technology*, vol. 75, 2000, no. 3, pp. 175–180.
- BANSAL, S. – KAPOOR, K.K. 2000. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. In *Bioresource Technology*, vol. 73, 2000, no. 2, pp. 95–98.
- DESAI, V.R. – SABALE, R.N. – RAUNDAL, P.V. 1999. Integrated nitrogen management in wheat- coriander cropping system. *J. Maharashtra Agric. Univ.*, vol. 24, 1999, no. 3, pp. 273–275.
- DOMÍNGUEZ, J. – EDWARDS, C.A. – SUBLER, S. 1997. A comparison of vermicomposting and composting methods to process animal wastes. In *Biocycle*, 38, 1997, pp. 57–59.
- DOMÍNGUEZ, J. – EDWARDS, C.A. – WEBSTER, M. 2000. Vermicomposting of sewage sludge: effect of bulking materials on the growth and reproduction of the earthworm *Eisenia andrei*. In *Pedobiologia*, vol. 44, 2000, no. 1, pp. 24–32.
- DORDAS, CH. – SIOULAS, CH. 2008. Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. In *Industrial crops and products*, vol. 27, 2008, pp. 75–85.
- DUCHOŇ, F. – HAMPL, J. 1959. *Agrochemie*. Praha : ČSAZV, Státní zemědělské nakladatelství, 1959, 423 s.
- EDWARDS, C.A. – LOFTY, J.R. 1972. *Biology of Earthworms*. Chapman and Hall. London, 1972. ISBN 9781489969125.
- EDWARDS, C.A. 1985. Production of feed protein from animal waste by earthworms. In *Philos. Trans. R. Soc. Lond., Ser. B*. B310, pp. 299–307.
- EDWARDS, C. A. – BURROWS, I. 1988. The potential of earthworm composts as plant growth media. Om EDWARDS, C.A. and NEUHAUSER, E.F. (ed). *Earthworms in waste and environmental management*. The Hague : SPB Academic Publishing, 1988, pp. 211–219.
- EDWARDS, C.A. – NIEDERER, A. 2011. The production of earthworm protein for animal feed from organic wastes. In EDWARDS, C.A. – ARANCON, N.Q. – SHERMAN, R. (ed). *Vermiculture technology: Earthworms, organic wastes, and environmental management*, 2011, pp. 323–334 (chapter 20).
- FECENKO, J. – LOŽEK, O. 2000. *Výživa a hnojenie poľných plodín*. Nitra : SPU, Šafa : Duslo, 2000, 452 s. ISBN 80-7137-777-5.
- GANDHI PRAGASH, M. – BADRI NARAYANAN, K. – RAVINDRA NAIK, P. – SAKTHIVEL, N. 2009. Characterization of *Chryseobacterium aquaticum* strain PUPC1 producing a novel antifungal protease from rice rhizosphere soil. In *J. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 19, 2009, pp. 99–107.
- GARG, P. – GUPTA, A. – SATYA, S. 2006. Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida* : A comparative study. In *Bioresource Technology*, vol. 97, 2006, pp. 391–395.
- GOSWAMI, L. – NATH, A. – SUTRADHAR, S. – BHATTACHARYA, S.S. – KALAMDHAD, A. – VELLINGIRI, K. – KIM, K.H. 2017. Application of drum compost and vermicompost to improve soil health, growth, and yield parameters for tomato and cabbage plants. In *Journal of Environmental Management*, vol. 200, 2017, pp. 243–252.

- (19) GUTIÉRREZ-MICELI, F.A. – SANTIAGO-BORRAZ, J. – MONTES MOLINA, J.A. – NAFATE, C.C. – ABUD-ARCHILA, M. – OLIVA LLAVERN, M.A. – RINCON-ROSALES, R. – DENDOOVEN L. 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*). In *Bioresource Technology*, vol. 98, pp. 2781–2786.
- (20) HERNÁNDEZ, A. – CASTILLO, H. – OJEDA, D. – ARRAS, A. – LÓPEZ, J. – SÁNCHEZ, E. 2010. Effect of vermicompost and compost on lettuce production. In *Chilean Journal of Agricultural research*, vol. 70, 2010, no. 4, pp. 583–589.
- (21) HONG, S.V. – LEE, J.S. – CHUNG, K.S. 2011. Effect of enzyme producing microorganisms on the biomass of epigeic earthworms (*Eisenia fetida*) in vermicompost. In *Bioresource Technology*, vol. 102, 2011, no. 10, pp. 6344–6347.
- (22) CHAN, P.L.S. – GRIFFITHS, D.A. 1988. The vermicomposting of pre-treated pig manure. In *Biological Wastes*, vol. 24, 1988, no. 1, pp. 57–69.
- (23) CHAOUI, H.I. – ZIBILSKE, L.M. – OHNO, T. 2003. Effects of earthworms casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. In *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 35, pp. 295–302.
- (24) JOUQUET, E.P. – BLOQUEL, E. – DOAN, T.T. – RICOY, M. – ORANGE, D. – RUMPEL, C. – DUC, T.T. 2011. Does compost and vermicompost improve macronutrient retention and plant growth in degraded tropical soils? In *Compost Science and Utilization*, vol. 19, pp. 15–24.
- (25) KAPLAN, D.L. – HARTENSTEIN, R. – NEUHAUSER, E. F. – MALECKI, M. R. 1980. Physicochemical requirements in the environment of the earthworm *Eisenia foetida*. In *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 12, 1980, no. 4, pp. 347–352.
- (26) KARMEGAM, N. – DANIEL, T. 2008. Effect of vermicompost and chemical fertilizer on growth and yield of hyacinth bean (*Lablab purpureas*). In *Dynamic Soil, Dynamic Plant*; Global Science Books, vol. 2, 2008, no. 2, pp. 77–81.
- (27) KAUSHIK, P. – GARG, V.K. 2003. Vermicomposting of mixed solid textile mill sludge and cow dung with the epigeic earthworm *Eisenia foetida*. In *Bioresource Technology*, vol. 90, 2003, no. 3, pp. 311–316.
- (28) KOVÁČIK, P. 2005. Výživa a hnojenie rastlín v ekologickom poľnohospodárstve. In LACKO-BARTOŠOVÁ, M. et al. (ed). *Udržateľné a ekologické poľnohospodárstvo*. 1. vyd., Nitra : SPU, 2005, 575 s. ISBN 80-8069-556-3.
- (29) KOVÁČIK, P. – KOZÁNEK, M. – TAKÁČ, P. – GALLIKOVÁ, M. – VARGA, L. 2010. The effect of pig manure fermented by larvae of house flies on the yield parameters of sunflowers (*Helianthus annuus* L.). In *Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis*, vol. LVIII – 58, 2010, no. 2, pp. 147–153.
- (30) KOVÁČIK, P. – KOZÁNEK, M. – RENČO, M. 2011. Účinok substrátu vyrobeného z prasacieho hnoja biodegradáciou larvami muchy domácej na fyto masu kukurice siatej (*Zea mays* L.). In *Acta fytotechnica et zootechnica*, 2011, č. 3, s. 62–67.
- (31) KOVÁČIK, P. 2012. Vplyv granulovaného vermikompostu a vermikompostového výluhu na úrodové parametre hľúz zemiakov a zrna kukurice siatej. Nitra : SPU, Reg. č. 419./2011/SPU, 69 s.
- (32) KOVÁČIK, P. – KMEŤOVÁ, M. – RENČO, M. 2013. The impact of fresh sawdust and dry pig manure produced on sawdust bedding application on the nutrients mobility in soil and sugar beet yield. In *Journal of Ecological Engineering*, vol. 14, 2013, no. 3, pp. 69–76.
- (33) KOVÁČIK, P. 2014. Princípy a spôsoby výživy rastlín. 1. vyd., SPU : Nitra, 2014, 278 s. ISBN 978-80-552-1193-0.
- (34) KOVÁČIK, P. – KMEŤOVÁ, M. 2017. Vplyv vermikompostu na fyto masu kukurice siatej. 1. vyd., Nitra : SPU, 2017, 128 s. ISBN 978-80-552-1750-5.
- (35) KOVÁČIK, P. – ŠALAMÚN, P. – WIERZBOWSKA, J. 2018. Vermikompost and *Eisenia foetida* as factors influencing the formation of radish phytomass. In *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*, vol. 64, 2018, no. 2, pp. 49–56.
- (36) KOVÁČIK, P. – ŠALAMÚN, P. – SMOLEŇ, S. – RENČO, M. 2018. Impact of vermicompost as component of growing medium on phytomass formation of radish (*Raphanus sativus* L.). In *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*, vol. 64, 2018, no. 3, pp. 106–115.
- (37) KOVÁČIK, P. – SMOLEŇ, S. – ŠKARPA, P. – ŠIMANSKÝ, V. – MORAVČÍK, L. 2018. Determination of the carrot (*Daucus carota* L.) yields parameters by vermicompost and earthworms (*Eisenia foetida*). In *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, vol. 12, 2018, no. 1, pp. 520–526.
- (38) LI, K. – LI, P.Z. 2010. Earthworms helping economy improving ecology and protecting health. In *International Journal of Environmental Engineering*, Inderscience Pub., 10, 2010, pp. 3–4.
- (39) LIU, F. – ZHU, J. – XUE, P. 2012. Comparative study on physical and chemical characteristics of sludge vermicomposted by *Eisenia fetida*. In *Procedia Environmental Sciences*, 16, 2012, pp. 418–423.
- (40) LOH, T.C. – LEE, Y.C. – LIANG, J.B. – TAN, D. 2005. Vermicomposting of cattle and goat manures by *Eisenia foetida* and their growth and reproduction performance. In *Bioresource Technology*, 96, 2005, pp. 111–114.
- (41) LOWE, CH. – BUTT, K. – SHERMAN, L. 2013. Current and Potential Benefits of Mass Earthworm Culture. In MORALES-RAMOS, J. – GUADALUPE ROJAS, M. – SHAPIRO-ILAN, D. (ed). *Mass Production of Beneficial Organisms*. In Academic Press, 2013, 764 p. ISBN 978-0-12-391453-8.
- (42) MADHAIYAN, M. – POONGUZHALI, S. – LEE, J.S. – LEE, K.C. – SARAVANAN, V.S. – SANTHANAKRISHNAN, P. 2010. *Microbacterium azadirachtae* sp. nov., a plant-growth-promoting actinobacterium isolated from the rhizosphere of neem seedlings. In *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, 60, 2010, pp. 1687–1692.
- (43) MANSELL, G.P. – SYERS, J.K. – GREGG, P.E.H. 1981. Plant availability of phosphorous in dead herbage ingested by surface-casting earthworms. In *Soil Biol. Biochem.*, 13, 1981, pp. 163–167.
- (44) MBA, C.C. 1996. Treated-cassava peel vermicomposts enhanced earthworm activities and cowpea growth in field plots. In *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 17, 1996, no. 3, pp. 219–226.
- (45) MITCHELL, M.J. – HORNOR, S.G. – ABRAMS, B.I. 1980. Decomposition of sewage sludge in drying beds and the potential role of the earthworm, *Eisenia foetida*. In *Journal of Environmental Quality*, vol. 9, 1980, no. 3, pp. 373–378.
- (46) MITCHELL, A. 1997. Production of *Eisenia fetida* and vermicompost from feed-lot cattle manure. In *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 29, 1997, no. 3–4, pp. 763–766.
- (47) MEDINA, A. L. – ARAQUE, J. 1999. Obtención, composición química, funcional, perfiles electroforéticos y calidad bacteriológica de la carne y harina de lombriz *Eisenia foetida*. *Revista de la Facultad de Farmacia*. In Universidad de los Andes Mérida Venezuela, 37, 1999, pp. 31–38.
- (48) MEDINA, A.L. – COVA, J.A. – VIELMA, R.A. – PUJIC, P. – CARLOS, M.P. – TORRES, J.V. 2003. Immunological and Chemical Analysis of Proteins from *Eisenia foetida* Earthworm. In *Food and Agricultural Immunology*, vol. 15, 2003, no. 3–4, pp. 255–263.
- (49) MOHANTA K.N. – SUBRAMANIAN, S. – KORIKANTHIMATH, V.S. 2016. Potential of earthworm (*Eisenia foetida*) as dietary protein source for rohu (*Labeo rohita*) advanced fry. *Cogent Food & Agriculture* 2: 1138594, 2016, pp. 1–13. (Animal Husbandry & Veterinary Science).
- (50) NAGAVALLEMMMA, K.P. – WANI, S.P. – STEPHANE, L. – PADMAJA, V.V. – VINEELA, C. – BABU RAO, M. – SAHRAWAT, K.L. 2004. Vermicomposting: Recycling wastes into valuable organic fertilizer. *Global theme on agroecosystems*. Report No. 8. Patancheru 502 324, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Andhra, 2004, 20 p.
- (51) OROZCO, F.H. – CEGARRA, J. – TRUJILLO, L.M.A.R. 1996. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm

- Eisenia fetida*: effects on C and N contents and the availability of nutrients. In *Biology and Fertility of Soils*, vol. 22, 1996, no. 1–2, pp. 162–166.
- (52) PAOLETTI, M. G. – BUSCARDO, E. – VANDERJAGT, D. J. – PASTUSZYN, A. – PIZZOFRERATO, L. – HUANG, Y.S. – CHUANG, L-T – MILLSON, M. – CERDA, H. – PIERRE, V. – SEECH, A. – LIU, D. – LEE, H. – TREVORS, J. 2000. Monitoring biodegradation of creosote in soils using radiolabels, toxicity tests, and chemical analysis. In *Environmental Toxicology*, vol. 15, 2000, no. 2, pp. 99–106.
- (53) PATHMA, J. – KAMARAJ KENNEDY, R. – SAKTHIVEL, N. 2010. Mechanisms of fluorescent pseudomonads that mediate biological control of phytopathogens and plant growth promotion of crop plants. In MAHESHWARI, D.K. (ed). *Bacteria in Agrobiology: Plant Growth Responses*, Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2010, pp. 77–105.
- (54) PATHMA, J. – RAHUL, G.R. – KAMARAJ KENNEDY, R. – SUBASHRI, R. – SAKTHIVEL, N. 2011. Secondary metabolite production by bacterial antagonists. In *J. Biol. Control*, 25, 2011, pp. 165–181.
- (55) PATIL, S.L. – SHEELAVANTAR, M.N. 2000. Effect of moisture conservation practices, organic sources and nitrogen levels on yield, water use and root development of rabi sorghum [*Sorghum bicolor* (L)] in the vertisols of semiarid tropics. In *Annals of Agricultural Research*, vol. 21, 2000, no. 21, pp. 32–36.
- (56) PRAMANIK, P. – CHUNG, Y.R. 2011. Changes in fungal population of fly ash and vinasse mixture during vermicomposting by *Eudrilus eugeniae* and *Eisenia fetida*: Documentation of cellulose isozymes in vermicompost. In *Waste Management*, vol. 31, 2011, no. 6, pp. 1169–1175.
- (57) PUCHER, J. – NGOC, T.N – THIHANHYEN, T. – MAYRHOFER, R. – EL-MATBOULI, M. – FOCKEN. U. 2014. Earthworm Meal as Fishmeal Replacement in Plant based Feeds for Common Carp in Semi-intensive Aquaculture in Rural Northern Vietnam. In *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 14, 2014, pp. 557–565.
- (58) REYNOLDS, J. W. – REYNOLDS, W. M. 1972. Earthworms in medicine. In *Am. J. Nurs.*, 72, 1972, 1273 p.
- (59) SABINE, J. R 1981. Vermiculture as an option for resource recovery in the intensive animal industries. In *Workshop on the Role of Earthworms in the Stabilization of Organic Residues* (M. Appelhof, compiler), vol. 1, Proc. Beech leaf Press Kalamazoo, MI, 1981, pp. 241–252.
- (60) SABINE J.R. 1983. Earthworms as a source of food and drugs. In SATCHELL J.E. (eds) *Earthworm Ecology*. Dordrecht : Springer, 1983, pp. 285–296.
- (61) SACHDEV, D. – NEMA, P. – DHAKEPHALKAR, P. – ZINJARDE, S. – CHOPADE, B. 2010. Assessment of 16S rRNA gene-based phylogenetic diversity and promising plant growthpromoting traits of *Acinetobacter* community from the rhizosphere of wheat. In *Microbiol. Res.*, 165, 2010, pp. 627–638.
- (62) SANGWAN, P. – KAUSHIK, C.P. – GARG, V.K. 2008. Feasibility of utilization of horse dung spiked filter cake in vermicomposters using exotic earthworm *Eisenia foetida*. In *Bioresource Technology*, vol. 99, 2008, no. 7, pp. 2442–2448.
- (63) SATCHELL, J.E. – MARTEIN, K. 1984. Phosphate activity in earthworm faeces. In *Soil Biol. Biochem.*, 16, 1984, pp. 191–194.
- (64) SENESI, S. 1989. Composted materials as organic fertilizers. In *Science of the Total Environment*, 81/82, 1989, pp. 521–542.
- (65) SHANTHI, N.R. – BHOYAR, R.V. – Bhide, A.D. 1993. Vermicomposting of vegetable waste. In *Compost Science and Utilization*, vol. 1, 1993, no. 4, pp. 27–30.
- (66) SHI-WEI, Z. – FU-ZHEN, H. 1991. The nitrogen uptake efficiency from 15N labeled chemical fertilizer in the presence of earthworm manure (cast). In G.K. Vereresh, D. Rajagopal, C.A. Viraktamath (Eds), *Advances in Management and Conservation of Soil Fauna*, Oxford and IBH Publishing Co, New Delhi, Bombay 1991, pp. 539–542.
- (67) SINGH, R. – SHARMA, R.R. – KUMAR, S. – GUPTA, R.K. – PATIL, R.T. 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch). In *Bioresource Technology*, vol. 99, 2008, no. 17, pp. 8507–8511.
- (68) SINGH, R.P. – SINGH, P. – ARAUJO, A.S.F. – IBRAHIM, M.H. – SULAIMAN, O. 2011. Management of urban solid waste: vermicomposting a sustainable option. *Resources, In Conservation and Recycling*, 55, 2011, pp. 719–729.
- (69) SINGH, R. – DIVYA, S. – AWASTHI, A. – KALRA, A. 2012. Technology for efficient and successful delivery of vermicompost colonized bioinoculants in *Pogostemon cablin* (patchouli) Benth. In *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 28, 2012, pp. 323–333.
- (70) SINHA, R.K. – HAHN, G. – SINGH, P.K. – SUHANE R.K. – ANTHONYREDDY A. 2011. Organic farming by vermiculture: Producing safe, nutritive and protective foods by earthworms (Charles Darwin's Friends of Farmers). In *American Journal of Experimental Agriculture*, vol. 1, 2011, no. 4, pp. 363–399.
- (71) SINHA, R.K. 2012. Organic farming by vermiculture: producing chemical-free, nutritive and health protective food for the society. In *Вестник Томского государственного университета. Биология*. vol. 20, 2012, no. 4, pp. 55–67.
- (72) SOGBESAN, O.A. – UGWUMBA, A.A.A. – MADU, C.T. EZE, S.S. – ISA, J. 2007. Culture and utilization of earthworm as animal protein supplement in the diet of *Heterobranchus longifilis* Fingerling. In *Journal of fisheries and aquatic science*, vol. 2, 2007, no. 6, pp. 375–386
- (73) SOOBHANY, N. – MOHEE, R. – GARG, V.K. 2015. Comparative assessment of heavy metals content during the composting and vermicomposting of municipal solid waste employing *Eudrilus eugeniae*. In *Waste Management*, 39, 2015, pp. 130–145.
- (74) SUBLER, S. – EDWARDS, C.A. – METZGER, J.D. 1998. Comparing composts and vermicomposts. In *Biocycle*, 39, 1998, pp. 63–66.
- (75) TRIPATHI, G. – BHARDWAJ, P. 2004. Comparative studies on biomass production life cycles and composting efficiency of *Eisenia foetida* (Savigny) and *Lampito mauritii* (Kinberg). In *Bioresources Technology*, vol. 92, 2004, no. 2, pp. 275–283.
- (76) VELÁSQUEZ, L. – HERRERA, C. – IBAÑEZ, I. 1986. Harina de Lombriz I Parte: Obtención, composición química, valor nutricional y calidad bacteriológica. In *Alimentos*, 11, 1986, pp. 15–21.
- (77) WANG, L. – ZHENG, Z. – ZHANG, Y. – CHAO, J. – GAO, Y. – LUO, X. ZHANG, J. 2013. Biostabilization enhancement of heavy metals during the vermiremediation of sewage sludge with passivant. In *Journal of Hazardous Materials*, 2013, 244–245, pp. 1–9.
- (78) WILSON, D.P. – CARLILE, W.R. 1989. Plant growth in potting media containing worm-worked duck waste. In *Acta Horticulturae*, 238, 1989, pp. 205–220.
- (79) ZAJONC, I. 1992. Chov dážďoviek a výroba vermicompostu. 1. vyd., Dunajská Streda : Animapress, 1992, 59 s. ISBN 80-85567-00-8.
- (80) ZHEJUN, S. – HAO, J. 2017. Future Foods. Chapter 7. Nutritive Evaluation of Earthworms as Human Food. 2017, pp. 127–141.
- (81) ZHENJUN, S. – XIANCHUN, L. – LIHUI, S. – CHUNYANG, S. 1997. Earthworm as a potential protein resource. In *Ecology of Food and Nutrition*, vol. 36, 1997, no. 2-4, pp. 221–236.

Peter Kováčik

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Katedra agrochémie a výživy rastlín

Podakovanie:

Práca vznikla za podpory grantového projektu VEGA č. 1/0704/16 Použitie kokónov a dospelých jedincov dážďovky hnojnej (*Eisenia foetida*) a vermicompostu na zvýšenie úrod pestovaných rastlín a pôdnej úrodnosti.

DUSLO®



ENERGY OF YOUR GROWTH

ENSIN®

GRANULOVANÉ DUSÍKATÉ
HNOJIVO S OBSAHO M S
A S INHIBÍTORMI
NITRIFIKÁCIE DCD
(DIKYÁNDIAMID)
A TZ (TRIAZOL)
V POMERE 10:1 – HNOJIVO ES.
ZELENÝ, POVRCHOVO
UPRAVENÝ GRANULÁT.



www.duslo.sk



DUSLO®

ENERGY OF YOUR GROWTH

PRIEMYSELNÉ HNOJIVÁ

GUMÁRSKE CHEMIKÁLIE

DISPERZIE A LEPIDLÁ

**PRODUKTY
HORČIKOVEJ CHÉMIE**

**PRODUKTY
ŠPECIÁLNEJ CHÉMIE**



www.duslo.sk



obsah

contents

Tereza Zezulová, Jaroslav Hlušek, Jakub Elbl, Mojmír Baroň, Ladislav Varga, Eduardo von Bennewitz, Tomáš Lošák	
Uplatnění mimokořenové výživy hořčíkem u révy vinné (<i>Vitis vinifera</i> L.).....	3
Foliar application of magnesium to grapevine (<i>Vitis vinifera</i> L.).....	3
Vladimír Šimanský	
Vplyv pozberových zvyškov a biostimulátorov na pH a parametre sorpcie pôdy.....	8
Effects of crop residues and bio-stimulators on soil pH and soil sorption parameters.....	8
Jozef Kobza	
Aktuálny stav a vývoj obsahu mikroživín v poľnohospodárskych pôdach Slovenska.....	15
Current state and development of micronutrients in agricultural soils of Slovakia.....	15
Peter Hric, Ľuboš Vozár, Peter Kovár	
Rast trávniku po hnojení organickými hnojivami a klasickým NPK hnojením.....	22
Turf growing after fertilization by organic fertilizers and conventional NPK fertilization.....	22
Vladimír Šimanský, Nora Polláková, Martin Juriga	
Obsah makro a mikroživín v pôde a jednotlivých častiach kukurice a ich bioakumulácia v kukurici po aplikácii rozdielnych dávok biohľia.....	25
Content of macro and micronutrients in the soil and individual parts of corn plant and its bioaccumulation in corn after application of different biochar doses.....	25
Lýdia Koroncziová, Ladislav Varga, Tomáš Lošák	
Stimulačný účinok humátov vo výžive kukurice siatej.....	31
Stimulation effect of humates in corn nutrition.....	31
Peter Kováčik, Pavol Slamka, Ladislav Varga, Mária Kmeťová, Peter Šalamún	
Vermikompostovanie, vermikompost a použitie vermikompostu samostatne a spolu s minerálnymi N hnojivami.....	37
Vermicomposting, vermicompost and the use of vermicompost alone and together with mineral N fertilizers.....	37

