

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



AGRO

chémia | chemistry

volume XXIV. (60)

2020

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 XXIV. (60), číslo 1/2020, vydané máj 2020

Vychádza dvakrát ročne

Šéfredaktor: prof. Ing. Otto Ložek, CSc.
Zást. šéfredaktora: prof. Ing. Ladislav Ducsay, Dr.
Vedúca redaktorka: Ing. Ľubica Ďudáková

Redakčná rada:
predseda: prof. Ing. Otto Ložek, CSc.
prof. Ing. Jiří Balík, CSc. (ČZU Praha, ČR)
prof. Ing. Ladislav Ducsay, Dr.
prof. Ing. Jaroslav Hlušek, CSc.
(MENDELU Brno, ČR)
prof. Ing. Peter Kováčik, CSc.
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. Pavel Ryant, Ph.D.
(MENDELU Brno, ČR)
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 61
e-mail: lubica.dudakova@uniag.sk
otto.lozek@uniag.sk
ladislav.ducsay@uniag.sk

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

Časopis je možné zakúpiť alebo objednať v predajni
odbornej literatúry v pavilóne „CH“ SPU v Nitre

web: www.agrochemia.uniag.sk

Sadzba: Tatiana Šmehilová

ISSN 1335-2415, EV 3392/09

© SPU Nitra a Duslo, a. s., 2020

Volume XXIV. (60), Number 1/2020

It is published twice a year

Editor-in chief: prof. Ing. Otto Ložek, CSc.
Co-Editor: prof. Ing. Ladislav Ducsay, Dr.
Executive editor: Ing. Ľubica Ďudáková

Editorial board:
Chairman: prof. Ing. Otto Ložek, CSc.
prof. Ing. Jiří Balík, CSc. (ČZU Praha, ČR)
prof. Ing. Ladislav Ducsay, Dr.
prof. Ing. Jaroslav Hlušek, CSc.
(MENDELU Brno, ČR)
prof. Ing. Peter Kováčik, CSc.
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. Pavel Ryant, Ph.D.
(MENDELU Brno, ČR)
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)

Address of editorial office: Publishing centre of SUA
Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, SR
Tel.: 037/641 45 61
e-mail: lubica.dudakova@uniag.sk
otto.lozek@uniag.sk
ladislav.ducsay@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., 2020

Reakcia jačmeňa siateho ozimného na podmienky pestovania

Response of winter barley to growing conditions

Eva Candráková

In years 2013/2014 and 2015/2016 we cultivated two varieties of winter barley (Casanova and Malwinta) in a warm climate area. Three fertilization variants were used: H1 = control, H2 = 80 kg of N in the form of DASA + Microstar G-10; H3 = 80 kg of N in the form of DASA + Microstar G-10 + Rizoflower + Sunagreen. Phosphorus and potassium fertilizers were applied in the autumn before sowing. We evaluated the yield and quality of grain for malt production. The grain yield in 2013/2014 was significantly higher (7.09 t.ha⁻¹) than yield in 2014/2015 (5.63 t.ha⁻¹). Variety Casanova reached average yield of grain 7.11 t.ha⁻¹ which was higher by 1.32 t.ha⁻¹ than the yield of variety Malwinta (5.79 t.ha⁻¹). The application of Rhizosfer and Sunagreen agents significantly increased the grain yield to 6.69 t.ha⁻¹ compared to variant H2 (6.31 t.ha⁻¹) and H1 (6.34 t.ha⁻¹). These agents influenced the grain quality by an increase in protein content (11.41%) compared to control (10.80%). The variety Malwinta achieved better quality parameters (protein content 10.95%, extract content 80.32%) in comparison to the variety Casanova (protein content 11.35%, extract content 78.82%). The yield and quality of winter barley grains were influenced by the conditions of the year, variety and fertilization variants.

winter barley, variety, fertilization, yield, quality

Výmera pestovania jačmeňa siateho na Slovensku mierne kolíše. V roku 2014 sa pestoval na ploche 138,9 tis. hektárov s úrodou 4,87 t.ha⁻¹ a v roku 2016 poklesla plocha pestovania na 115,4 tis. ha pri zvýšení úrody na 5,08 t.ha⁻¹ (13).

Jačmeň siaty ozimný (*Hordeum vulgare* L.) sa v súčasnosti pestuje na Slovensku približne na ploche 33 tis. ha. Dvojradové formy jačmeňa sa pri splnení podmienok využívajú aj na výrobu sladu. Akumulácia vody v zimnom období umožňuje ozimným formám obilnín lepšie prekonať stresové podmienky. Všeobecne sa jačmeň ozimný považuje za plodinu citlivú na nízke teploty počas zimného obdobia.

Z výsledkov výskumu s pestovaním jačmeňa siateho ozimného na Slovensku vyplýva, že pri dodržaní zásad technológie pestovania jačmeňa sa môžu dosiahnuť stabilné úrody dvojradoových aj viacradoových odrôd jačmeňa siateho ozimného (14).

Pri jačmeni, využívanom na sladovnícke účely, je požiadavka na veľkosť zrna a nízky obsah bielkovín, ale zároveň na vysokú úrodu. Preto musia poľnohospodári hľadať kompromisy ako to dosiahnuť, pričom je to závislé aj od genotypov. Autori (6) zisťovali ako sa genotyp, pôda, spôsoby pestovania a dávky dusíka podieľajú na úrode, obsahu bielkovín a veľkosti zrna. Vyhodnotili 280 kombinácií z čoho 72 % párov genotypov ovplyvňovalo úrodu zrna, 55 % obsah bielkovín v zrne a 85 % veľkosť zrn. Vo výskume odporúčajú pokračovať.

Pre zaistenie vysokej úrody a kvality zrna jačmeňa je dôležité zvoliť správne dávky hnojív, najmä dusíkatých. Určením optimálnych dávok sa zaoberali (18) a zistili, že najvyššia koncentrácia dusíka v nadzemných orgánoch sa dosiahla pri dávke 120 kg.ha⁻¹, pričom sa zvýšila aj využitelnosť fosforu a draslíka. Odporúčajú využívať pri hnojení listovú analýzu rastlín.

Z hľadiska ekonomickej efektívnosti (9) odporúčajú dávky dusíka od 30 kg.ha⁻¹ do 120 kg.ha⁻¹ po sóji a do 130 kg.ha⁻¹ po kukurici.

Cieľom pokusu bolo zistiť reakciu dvoch odrôd dvojradového jačmeňa siateho ozimného na podmienky pestovania pri aplikácii priemyselných a špeciálnych hnojív a stimulátora rastu na tvorbu úrody a kvality zrna.

Materiál a metódy

Poľný polyfaktorový pokus bol založený na Výskumno-experimentálnej báze Fakulty agrobiológie a potravinových zdrojov SPU v Nitre v lokalite Dolná Malanta, ktorá sa nachádza východne od mesta Nitra v nadmorskej výške 170 m. Územie spadá do teplého, veľmi suchého, nížinného klimatického regiónu. Zeminy z orníc sú prachovito-hlinité s objemovou hmotnosťou 1 500 – 1 680 kg.m⁻³ (19).

V poľnom pokuse sme v rokoch 2013/2014 až 2015/2016 pestovali jačmeň siaty ozimný, odrody Casanova a Malwinta. Pokus bol založený metódou dlhých pásov s kolmo delenými blokmi. Veľkosť pokusnej plochy variantu bola 20 m² (10 × 2) s tromi opakovaniami. Predplodinou bola horčica biela.

Dávky priemyselných hnojív boli určené na základe analyticky zisteného obsahu prístupných živín v pôde, v hĺbke 0,60 m, na plánovanú úrodu zrna 5 t.ha⁻¹ a príslušného množstva slamy podľa normatívu: 24 kg N, 5 kg P, 22 kg K (8). Fosforečné a draselné hnojivá boli doplnené a zaorvané do pôdy na jeseň vo forme Amofosu (30 kg P) a 60 % draselnej soli (120 kg K). Hnojivo Microstar bolo v dávke 30 kg.ha⁻¹ aplikované pri sejbe jačmeňa. Na regeneračné hnojenie bolo použité hnojivo DASA v dávke 80 kg N. Listové hnojivo Rizoflower (1,0 l.ha⁻¹) a stimulátor rastu Sunagreen (0,5 l.ha⁻¹) boli aplikované v rastovej fáze plného odnožovania (BBCH 25).

Proti burinám boli porasty ošetrené prípravkom Mustang Forte v dávke 1,0 l.ha⁻¹ a na konci odnožovania proti chorobám prípravkom Capalo (1,0 l.ha⁻¹).

Termín sejby: 9. 10. 2013, 14. 10. 2014; 13. 10. 2015.

Termín zberu: 23. 6. 2014, 11. 7. 2015; 7. 7. 2016.

Variety hnojenia:

H1 = kontrola,

H2 = 80 kg.ha⁻¹ N vo forme DASA + 30 kg.ha⁻¹ Microstar G-10

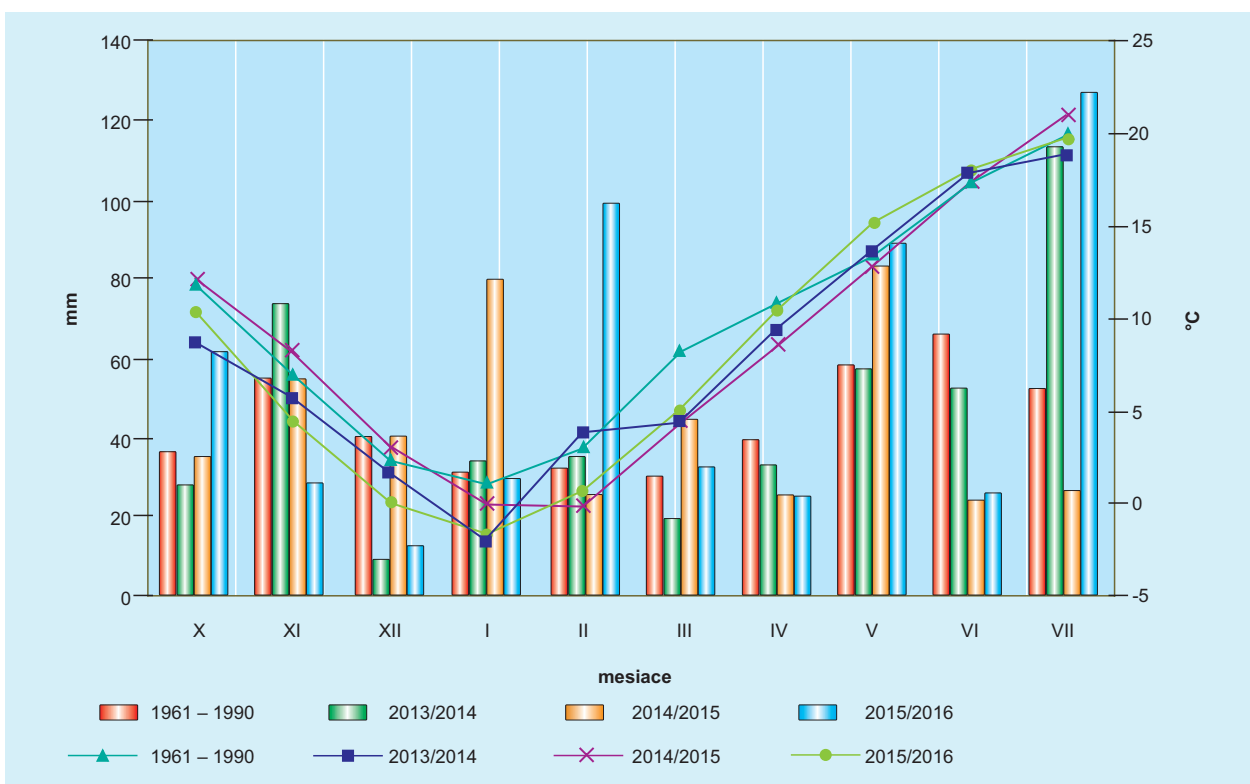
H3 = 80 kg.ha⁻¹ N vo forme DASA + 30 kg.ha⁻¹ Microstar G-10 + 1,0 l.ha⁻¹ Rizoflower + 0,5 l.ha⁻¹ Sunagreen

Výsledky pokusu boli štatisticky vyhodnotené analýzou rozptylu, Tukeyovým testom v programe Statgraphics Plus.

Charakteristika použitých hnojív a prípravkov:

Amofos je kombinované hnojivo s obsahom 12 % dusíka (NH₄) a 52 % fosforu (P₂O₅). Draselnú soľ tvorí chlorid draselný s obsahom 60 % K₂O.

DASA je dusíkato-sírne hnojivo s obsahom 26 % N a 13 % S.

Obrázok 1: Klimatická charakteristika rokov 2013 – 2016 porovnaná s normálom 1961 – 1990**Figure 1:** The climate characteristics of years 2013–2016 in comparison with long-term normal 1961–1990

Microstar G-10 je špeciálne vyvinuté hnojivo, ktoré dodáva blízko ku koreňom všetky stopové živiny, čo umožňuje lepši nástup vegetácie.

Rizoflower je dusíkato-fosforečné hnojivo ES určené na zvýšenie efektivity hnojenia fosforom. Pozitívne ovplyvňuje stimuláciu koreňovej aktivity a rast koreňového systému. Súčasne podporuje predĺženie a postupné uvoľňovanie fosforu, čím dochádza k vytvoreniu silného koreňového systému.

Sunagreen je rastový stimulátor, ktorý obsahuje 5 g.l⁻¹ kyseliny 2-aminobenzoovej a 2-hydroxybenzoovej. Pomáha k tvorbe odnoží a zvyšuje odolnosť proti poľehaniu.

Charakteristika odrôd jačmeňa sieteho ozimného: Casanova je dvojradová odroda. Má krátke steblo, dobrú odolnosť proti poľehaniu a dobrý zdravotný stav. Vyznačuje sa vysokým podielom zrna 1. triedy.

Malwinta je stredne skorá, dvojradová odroda. Je nižšieho až stredného vzrastu. Vyznačuje sa vysokou toleranciou k suchu.

Výsledky a diskusia

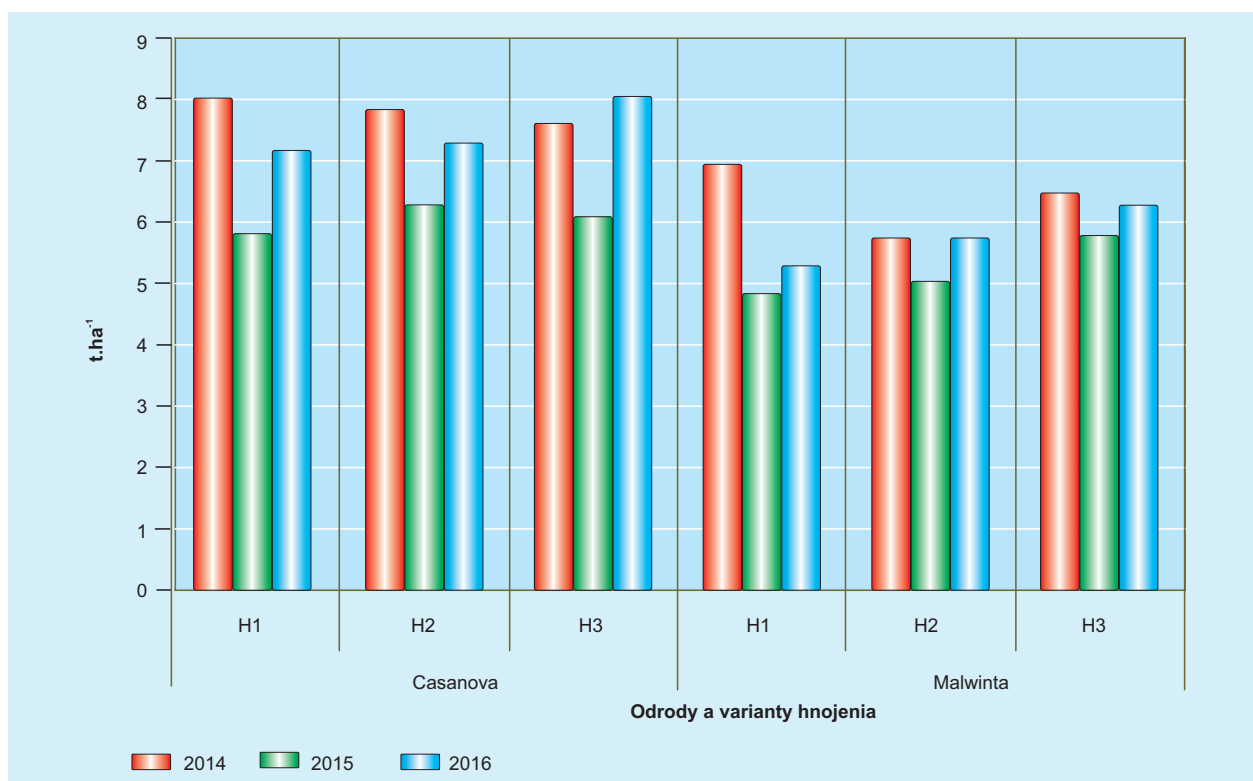
Rozhodujúcim faktorom, ktorý ovplyvňuje úrodu a kvalitu poľných plodín, býva počasie. Pre ozimné obilniny sú dôležité najmä teplotné a vlhkostné podmienky počas

Tabuľka 1: Teploty a zrážky počas vegetačného obdobia jačmeňa sieteho ozimného v rokoch 2013/2014 – 2015/2016**Table 1:** Temperatures and precipitation during the winter barley growing season in 2013/2014–2015/2016

Rok/mesiac (1)	Zrážky (mm) (2)									
	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
1961 – 1990	36,0	55,0	40,0	31,0	32,0	30,0	39,0	58,0	66,0	52,0
2013/2014	27,8	73,4	9,0	34,2	35,2	19,4	32,8	57,4	52,0	113,2
2014/2015	35,0	55,0	40,0	79,8	25,6	44,4	25,6	83,0	23,6	26,4
2015/2016	61,6	28,6	12,6	29,6	99,0	32,4	24,8	89,0	26,0	127,0
Rok/mesiac (1)	Teplota (°C) (3)									
	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
1961 – 1990	10,4	4,5	0,1	-1,7	0,7	5,0	10,4	15,1	18,0	19,8
2013/2014	11,7	6,8	2,3	1,0	2,9	8,2	10,8	13,3	17,3	19,9
2014/2015	12,1	8,2	3,1	-0,1	-0,2	4,2	8,5	12,8	17,3	21,0
2015/2016	8,7	5,6	1,6	-2,1	3,8	4,3	9,3	13,6	17,8	18,8

(1) year/month; (2) rainfall; (3) temperature

Obrázok 2: Úroda zrna jačmeňa siateho ozimného v závislosti od variantov hnojenia v rokoch 2014 – 2016
Figure 2: Winter barley yield of grain in relation fertilization in 2014–2016



zimného obdobia. Ako uvádza (10), pestovanie jačmeňa siateho ozimného limitujú podmienky prezimovania.

Pestovateľský ročník 2013/2014 sa vyznačoval množstvom vlhky mierne nad úrovňou dlhoročného normálu (+15,9 mm), ale aj o 1,19 °C vyššou teplotou. Ročník 2014/2015 sa teplotou a vlhkosťou pohyboval na úrovni normálu. V pestovateľskom ročníku 2015/2016 bolo k dispozícii počas vegetačného obdobia 530,6 mm vlhky a dlhoročný priemer bol prekročený o 91,6 mm. Teplota bola o 0,09 °C mierne pod normálom (8,23 °C) (tabuľka 1 a obrázok 1).

Teplotné a vlhkové podmienky počas vegetačného obdobia jačmeňa siateho ozimného sa prejavili aj na

úrode a kvalite zrna. Preukazuje najvyššia úroda zrna bola dosiahnutá v pestovateľskom ročníku 2013/2014 (7,09 t.ha⁻¹), ktorého podmienky sa najviac priblížili normálnym a v priebehu vegetácie boli pomerne vyrovnané, na rozdiel od podmienok v roku 2014/2015, kde vznikli väčšie disproporcie medzi jednotlivými mesiacmi. Úroda zrna v tomto roku bola najnižšia (5,63 t.ha⁻¹). Ročník 2015/2016 sa vyznačoval vysokým úhrnom zrážok v mesiaci február a máj a v porovnaní s normálom, nižšími teplotami v mesiacoch marec až júl. Dosiahnutá úroda zrna jačmeňa (6,63 t.ha⁻¹) bola o 0,46 t.ha⁻¹ nižšia ako v roku 2014, ale preukazuje vyššia ako v roku 2015 (tabuľka 2). Z prvkov úrodnosti sme hodnotili hmotnosť tisíc zŕn (HTZ),

Tabuľka 2: Úroda zrna jačmeňa siateho ozimného, technologické a kvalitatívne ukazovatele v závislosti od skúmaných faktorov v rokoch 2014 – 2016

Table 2 Winter barley yield of grain, technological and qualitative parameters in relation to examined factors in years 2014–2016

Faktor (1)		Úroda (2)	HTZ (3)	OH (4)	Bielkoviny (5)	Extrakt (6)
Rok (7)	2014	7,09c	44,01a	722,11c	11,81b	78,37a
	2015	5,63a	50,42c	718,02b	9,75a	79,55ab
	2016	6,63b	48,69b	684,39a	11,89b	80,79b
	P 0,05	0,2622	0,9625	2,3549	0,2463	1,3131
Odroda (8)	Casanova	7,11b	42,25a	718,19b	11,35b	78,82a
	Malwinta	5,79a	48,06a	698,16a	10,95a	80,32b
	P 0,05	0,1771	0,6504	1,9228	0,1665	0,8873
Hnojenie (9)	H1	6,34a	47,74ab	709,87b	10,80a	80,36b
	H2	6,31a	42,16a	705,01a	11,24b	79,89ab
	H3	6,69b	48,21b	709,64b	11,41b	78,46a
	P 0,05	0,2622	0,9625	2,3549	0,2463	1,3131

Rozdielne písmená znamenajú štatistickú preukaznosť na hladine $\alpha < 0,05$. Different letters indicate significance of factors at $P < 0.05$

(1) factor, (2) yield, (3) thousand kernel weight, (4) volume weight, (5) protein, (6) extract, (7) year, (8) cultivar, (9) fertilization

Tabuľka 3: Korelačné vzťahy medzi technologickými a kvalitatívnymi ukazovateľmi**Table 3:** Correlation between technological and qualitative parameters

Faktor (1)	HTZ (2)	OH (3)	Bielkoviny (4)	Extrakt (5)
Úroda (6)	-0,4801**	0,2948*	0,6169**	-0,2313
HTZ (2)	–	-0,2739*	-0,6178**	0,3163*
OH (3)	–	–	-0,2139	-0,4431**
Bielkoviny (4)	–	–	–	-0,1369

P0,05 = 0,27*; P0,01 = 0,35**

(1) factor, (2) thousand kernel weight, (3) volume weight, (4) protein, (5) extract, (6) yield

ktorá bola vysokopreukazne najvyššia v roku 2015 (50,42 g) a najnižšia v roku 2014 (44,01 g). Objemová hmotnosť zrna nie je rozhodujúcim znakom kvality. Najvyššia bola v roku 2014 (722,11 g.l⁻¹) a najnižšia v roku 2016 (684,39 g.l⁻¹).

Odrody reagovali na skúmané faktory rozdielne (obrázok 2). Odroda Casanova dosiahla priemernú úrodu zrna vysokopreukazne vyššiu (7,11 t.ha⁻¹) ako odroda Malwinta (5,79 t.ha⁻¹).

Potvrdili sa výsledky, ktoré získali (16), kde zistili rozdielnú adaptáciu odrôd na menej priaznivé agroekologické podmienky stanovišťa, čo sa prejavilo na úrode zrna jačmeňa. Tieto poznatky sa potvrdili v ďalšom hodnotení výsledkov pokusov (5).

Naše výsledky, o vplyve podmienok ročníka a odrôd na úrodu zrna jačmeňa sateho ozimného, sa zhodujú aj s výsledkami autorov (7) získaných v podmienkach Srbska.

Medzi objektívne ukazovatele kvality zrna jačmeňa, využívaného na sladovnícke účely, patrí obsah bielkovín a extraktu. Sladovne vyžadujú jačmeň s obsahom bielkovín od 9 do 11,0 %. Z našich výsledkov vyplýva, že ich obsah nevyhovoval v roku 2014 (11,81 %) a v roku 2016 (11,89 %). Priaznivý obsah bielkovín v zrne jačmeňa sateho ozimného bol v roku 2015 (9,75 %).

Obsah extraktu je súčet látok, ktoré sú za pomoci enzýmov rozpustné vo vode. V sušine predstavuje 72 – 80 %. Najvyšší obsah extraktu sme zaznamenali v roku 2016 (80,79 %) a najnižší v roku 2014 (78,37 %).

Z hľadiska kvality zrna mala lepšie hodnoty odroda Malwinta. Podľa obsahu bielkovín (10,95 %) a obsahu extraktu (80,32 %) splnila požiadavky na výrobu sladú (tabuľka 2).

Na základe použitých variantov hnojenia vznikol rozdiel v úrode a kvalite zrna. Vo variante H3, s použitím hnojiva Rhizosfer a stimulatára rastu Sunagreen, sme dosiahli vysokopreukazne vyššiu úrodu zrna (6,69 t.ha⁻¹) ako po základnom hnojení (H2 = 6,31 t.ha⁻¹) a na kontrolnom variante (6,34 t.ha⁻¹). Autori (11) poukazujú na fakt, že stimulatory rastu spôsobujú zvýšený obsah chlorofylu v rastline a tým zvýšenú fotosyntetickú aktivitu, ktorou sa zvyšuje celková úroda, čo sa potvrdilo aj v našich výsledkoch.

Vyššiu úrodu zrna jačmeňa sateho ozimného vo svojich pokusoch získali (1) pridaním organickej látky Veget v porovnaní iba so základným hnojením. Z toho vyplýva, že jačmeň siaty ozimný reaguje pozitívne na pridanie ďalších látok k základnému hnojeniu.

Hnojivo Rhizosfer a stimulačná látka Sunagreen podpořili hodnoty HTZ (48,21 g), ale iba na hladine P0,05. Objemová hmotnosť zrna bola preukazne vyššia na kontrolnom variante (709,87 g.l⁻¹) a vo variante H3 (709,64 g.l⁻¹). Najnižšia bola vo variante H2 (705,01) čo mohlo súvisieť aj s najnižšou hodnotou HTZ (42,16 g), (tabuľka 2).

Na kvalite zrna sa uvedené látky, vo variante H3, prejavili zvýšeným obsahom bielkovín v zrne jačmeňa (11,41 %) a znížením obsahu extraktu (78,46 %). Priaznivý obsah

bielkovín (10,8 %) a extraktu (80,36 %) bol dosiahnutý na kontrolnom variante. Potvrdili sa poznatky z hodnotenia predchádzajúcich vedeckých prác autorov (12; 3; 4), že po aplikácii dusíkatých hnojív sa zvyšuje úroda a zároveň obsah bielkovín v zrne jačmeňa.

Z hľadiska sladovníckej kvality bol priaznivý obsah bielkovín len v roku 2015 (9,75 %) a preukazne horší bol v roku 2016 (11,89 %) a v roku 2014 (11,81 %). Podmienky ročníka výrazne ovplyvňujú nielen úrodu, ale aj kvalitu zrna jačmeňa, čo potvrdzujú aj výsledky autorov (15).

Z korelačných závislostí vyplýva, že úroda zrna je vo vysokej nepriamej závislosti k HTZ ($r = -0,48^{**}$) a v priamej závislosti k objemovej hmotnosti ($r = 0,29^{*}$).

Medzi úrodou zrna jačmeňa sateho ozimného a obsahom bielkovín bola zistená vysoká priama závislosť ($r = 0,61^{**}$), ale úroda zrna a obsah bielkovín boli nepreukazne v nepriamej korelačnej závislosti k obsahu extraktu (tabuľka 3). Medzi obsahom bielkovín a extraktu bola nepreukazná nepriama závislosť ($r = -0,13$).

Záver

Z výsledkov pestovania jačmeňa sateho ozimného v rokoch 2013/2014 až 2015/2016 vyplýva, že jačmeň je možné pestovať aj v klimaticky teplej oblasti. Podmienky ročníka, odroda a varianty hnojenia pôsobili na úrodu a kvalitu zrna preukazne až vysokopreukazne. Najvyššia úroda zrna bola dosiahnutá v roku 2013/2014 (7,09 t.ha⁻¹) a najnižšia v roku 2014/2015 (5,63 t.ha⁻¹). Vysokopreukazný rozdiel v úrode bol aj medzi odrodami, keď odroda Casanova prevýšila úrodou zrna (7,11 t.ha⁻¹) odrodu Malwinta (5,79 t.ha⁻¹). Vo variantoch hnojenia pozitívne pôsobila aplikácia hnojiva Rhizosfer a morforegulatora Sunagreen s úrodou zrna 6,69 t.ha⁻¹. Hmotnosť tisíc zrn bola ovplyvnená podmienkami ročníka a výškou úrody. Medzi úrodou zrna a HTZ bola zistená vysokopreukazná negatívna závislosť ($r = -0,48^{**}$). Najnižšia HTZ bola v roku 2013/2014 (44,01 g) a najvyššia v roku 2014/2015 (50,42 g). Obsah bielkovín a extraktu v zrne jačmeňa bol ovplyvnený všetkými skúmanými faktormi. Najpriaznivejší obsah bielkovín bol v roku 2015 (9,75 %) a menej vyhovujúci v roku 2016 (11,89 %) a v roku 2014 (11,81 %). Použitím na sladovnícke účely sa prejavila ako vhodnejšia odroda Malwinta s obsahom bielkovín v zrne 10,95 % a obsahom extraktu 80,32 %. Odroda Casanova obsahovala 11,35 % bielkovín a 78,82 % extraktu. Použité odrody jačmeňa sateho ozimného sa vyznačujú vysokým genetickým potenciálom a za priaznivých teplotných a vlhových podmienok pestovania môžu dosiahnuť kvalitu zrna vhodnú na výrobu sladú.

Literatúra

- (1) BABULICOVÁ, M. – DYUGEROVA, B. 2018. Winter barley production in relation to crop totations, fertilization and we-

- ather conditions. In Agriculture (Poľnohospodárstvo), vol. 64, 2018, no. 1, pp. 35–44. DOI: 10.2478/agri-2018-0004
- (2) BENČÍKOVÁ, M. – SLAMKA, P. 2010. Hnojenie ozimného jačmeňa pestovaného na sladovníčke a krmné účely dusíkom. Nitra : SPU, 2010. ISBN 978-80-552-0363-8.
- (3) CANDRÁKOVÁ, E. – HANÁČKOVÁ, E. 2015. The response of spring barley on selected experimental factors. In Agriculture (Poľnohospodárstvo), The Annex to the Journal Agriculture. New knowledge in genetic and breeding of Agricultural plants, vol. 61, 2015, no. 3, pp. 13. ISSN 0551-3677.
- (4) CANDRÁKOVÁ, E. 2017. Formovanie úrody a kvality zrna jačmeňa siateho jarného vo vybranej lokalite. Recenzovaný zborník vedeckých prác SSPLPVV pri SAV, pobočka Nitra. Nitra : SPU, 2017, s. 14–22. ISBN 978-80-552-1691-1.
- (5) CANDRÁKOVÁ, E. 2019. Vplyv podmienok pestovania a vybraných faktorov na úrodu zrna jačmeňa siateho ozimného. In Vedecké práce katedry rastlinnej výroby, Nitra : SPU, 2019, s. 15–21. ISBN 978-80-552-2019-2.
- (6) DAMIEN BEILLOUIN – MARGOT LECLÈRE, – CORENTIN M. BARBU – MAUD BÉNÉZIT – MARIE-HÉLÈNE JEUFFROY. 2018. Azodyn-Barley, a winter-barley crop model for predicting and ranking genotypic yield, grain protein and grain size in contrasting pedoclimatic conditions. In Agricultural and Forest Meteorology, vol. 262, 2018, pp. 237–248. 2018.06.002, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet>
- (7) DEKIČ, V. – MILIVOJEVIĆ, J. – MADIĆ, M. – POPOVIĆ, V. – BRANKOVIĆ, S. – PERIŠIĆ, V. – TERZIĆ, D. 2019. Grain yield and quality of two-row winter barley cultivars on an acid soil. In Journal of Central European Agriculture, vol. 20, 2019, no. 1, pp. 238–250. DOI: 10.5513/JCEA01/20.1.2191
- (8) FECENKO, J. – LOŽEK, O. 2000. Výživa a hnojenie poľných plodín. Nitra : SPU, 2000, 452 s. ISBN 80-7137-777-5.
- (9) FONTOURA, S.M.V. – VIERO, F. – DE MORAES, R.P. – BAYER, C. 2017. Nitrogen fertilization of no-tillage winter cereals in the south-central Region of Paraná, Brazil. In Rev. Bras. Ciênc. Solo, vol. 41, 2017. ISSN 1806-965. <http://dx.doi.org/10.1590/18069657rbcs20170009>
- (10) HOLKOVÁ, S. a i. 2003. Jačmeň – Biológia, pestovanie, využívanie. Nitra : Heineken Slovensko Sladovne, 2003, 190 s. ISBN 80-969068-2-8.
- (11) KŘOVÁČEK, J. – HNILÍČKA, F. 2008. Hergit a sunagreen v pěstítecké technologii jarního ječmene. In Sborník z konference „Český ječmen pro světový trh – slad je duší piva“, Libčany, 2008, s. 33–34. ISBN 978-80-213-1751-2.
- (12) LOŽEK, O. 2000. Efektivnost hnojenia vybraných poľnohospodárskych plodín priemyselnými hnojivami. In Agrochémia, roč. 4 (40), 2000, č. 3, s. 4–6. ISSN 1335-2415.
- (13) MASÁR, I. 2018. OBILNINY. Situačná a výhľadová správa. In NPPC-VÚEPP, roč. 25, 2018, č. 2. ISSN 1338-483X.
- (14) MOLNÁROVÁ, J. – ŽEMBERY, J. – BUŠO, R. 2000. Produkcia jačmeňa siateho ozimného v závislosti od rôznych variantov hnojenia, ročníka a odrody. In Pestovanie a využitie obilnín na prelome milénia, Nitra : SPU, 2000, 172 s. ISBN 80-7137-681-7
- (15) MOLNÁROVÁ, J. – PEPÓ, P. 2010. Udržateľné pestovanie jačmeňa siateho v podmienkach klimatických zmien. In Sustainable Environmental Friendly Field Crops production in Changing Climate Conditions (monograph), Nitra, 2010, pp. 6–7. ISBN 978-80-552-0515-1.
- (16) MOLNÁROVÁ J. – BREZINA R. – POSPIŠIL R. 2012. Evaluation of variety and fertilization effect on the winter barley yield. In Agrochémia, vol. XVI. (52), 2012, no. 4, pp. 26–29. ISSN 1335-2415.
- (17) MOLNÁROVÁ, J. 2014. Fenntartható fejedést, termés és a minőségét befolyásoló tényezők az árpatermesztésben. In A fenntartható növénytermesztés fejlesztési lehetőségei Debrecen, 2014, pp. 144–151. ISBN 978-963-473-741-4.
- (18) SURÁNYI, S. – IZSÁKI, Z. 2018. Plant analysis application for environmentally friendly fertilization of winter barley (*Hordeum vulgare* L.). In Applied ecology and Environmental Research, vol. 16, 2018, no. 4, pp. 5213–5226. ISSN print 1589 1623. ISSN on line 1785 0037. <http://www.aloki.hu>; DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1604_52135226
- (19) TOBIÁŠOVÁ, E. – ŠIMANSKÝ, V. 2009. Kvantifikácia pôdných vlastností a ich vzájomných vzťahov ovplyvnených antropickou činnosťou. 1. vyd., Nitra: SPU. 114 s. ISBN 978-80-552-0196-2.
- (20) VANĚK, V. a i. 2013. Výživa poľných a záhradných plodín. Nitra : Profi Press SK, s.r.o., 2013. ISBN 978-80-970572-3-7.
- (21) ZIMOLKA, J. a i. 2006. Ječmen – formy a úžitkové smery v České republice. Praha, 2006, 199 s. ISBN 80-86726-18-5.

doc. Ing. Eva Candráková, PhD.
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov
Katedra rastlinnej výroby a trávnych ekosystémov
Trieda Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra
e-mail: Eva.Candrakova@uniag.sk

Podakovanie

VEGA: 1/0530/18 2018 – 2020. Výskum produkcie a kvality významných druhov poľných plodín v klimaticky meniacich sa podmienkach.



ilustračné foto

Zmeny pôdnej štruktúry zrnitostne ľahkej pôdy po 41-ročnom hnojení minerálnymi hnojivami

Changes in soil structure of light-textured soil after 41-years of fertilization with mineral fertilizers

Vladimír Šimanský, Martin Juriga,
Jerzy Jonczak

In the modern agriculture the mineral fertilizers are considered to be a significant intensifying factor, predominantly in sandy soils. The usage of mineral fertilizers results in the changes of the soil properties and therefore the farmers should acquire the knowledge from this area so that they can react flexibly. For this the reason was established long-term experiment (start in 1975) at the sandy soil (in the locality Skierniewice, Poland), where the soil structure, contents of total and available macronutrients and Mn oxides after the application of the mineral fertilizers were studied (Control – no fertilizers, NPK – NPK fertilizers, CaNPK – CaNPK fertilizers). The soil samples were taken from the depth 0–25 cm in the autumn 2017 in all above-mentioned treatments. The results showed that in CaNPK, content of dry-sieved macro-aggregates (DSA_{ma}) in size class 1–0.5 mm significantly decreased by 26% and 24% compared to Control and NPK treatment. In comparison to NPK treatment, CaNPK fertilization had statistically significant effect on increase of higher size classes of DSA_{ma} on one hand, and it decreased content of dry-sieved micro-aggregates (DSA_m) on the other. In CaNPK, contents of water-stable macro-aggregates (WSA_{ma}) in size classes >5 mm and 5–3 mm were higher by 70% and 44%, respectively than in control. Content of available K increased from 28.6 mg.kg⁻¹ in control to 78.7 mg.kg⁻¹ in NPK and to 81.8 mg.kg⁻¹ in CaNPK. The NPK treatment, compared to control showed significant decrease in available Ca and Mg by 31 and 27%, respectively. Ninety-four years continuous inputs of NPK as well as CaNPK significantly increased total content of Mn by 39% and 33%, respectively compared to control. Contents of free Mn oxides varied from 0.013 g.kg⁻¹ to 0.077 g.kg⁻¹ and both NPK and CaNPK mineral fertilization decreased their contents. In comparison to control, the content of amorphous Mn oxides was significantly decreased by mineral fertilization – in case of NPK by 71% and in case of CaNPK by 57%. The same trend (decrease due to mineral fertilization) in crystalline Mn oxides was observed. Our results confirmed positive effects of Ca and Mg on contents of macro-aggregates, however a strong effect of Mg than Ca with DSA_{ma} was determined. Free as well as amorphous Mn oxides have positive effects on a higher size classes of DSA_{ma} 5–1 mm. Total Mn and all its oxides positive correlated with WSA_{ma} in size class 2–1 mm.

soil aggregates, total and available nutrients, manganese oxides, long-term mineral fertilization

Pôdna štruktúra má nesmierne dôležitosť, ale mnohokrát prehliadanú úlohu pri udržateľnej výrobe potravín a blahobyte spoločnosti. Pojem „pôdna štruktúra“ sa používa v súvislosti s usporiadaním pôdnych častíc (4). Základné častice piesku, prachu a hliny sú zvyčajne usporiadané do sekundárnych celkov nazývaných agregáty, ktoré sú považované za základnú jednotku štruktúry pedálnych pôd (24). Pôdna štruktúra predstavuje jednu zo základných fyzikálnych vlastností pôdy (16) a je jedným z najdôležitejších atribútov pôdnej úrodnosti, ktorá je ovplyvnená celým komplexom vonkajších a vnútorných faktorov, ale i ich vzájomných interakcií (14). Organická hmota, zrnitostné zloženie, ale i zastúpenie niektorých kationov zohrávajú pri formovaní a následne stabilizácii pôdnych agregátov významnú úlohu. Výrazne väčšie množstvo štúdií z kationov pôsobiacich na pôdnu štruktúru pripadá na Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Al³⁺ a Fe³⁺. Relatívne menej informácií na agregáciu pôdy je zachytených o vplyve Mn a jeho oxidov. Dôvodom môže byť skutočnosť, že napr. v porovnaní s Fe či Al oxidmi zastúpenie Mn a jeho oxidov v pôdach je spravidla o jeden až dva rády menšie (3). Aj z tohto dôvodu sa môže predpokladať, že oxidy Mn nemusia mať výraznejší efekt na štruktúru pôdy v porovnaní s oxidmi Fe, Al, resp. inými kationmi. Oxidy Mn sú však v pôdach prítomné jednak vo forme povlakov, jemnozrnných agregátov či väčších vyžrážaných novotvarov „Mn konkrécií“ (3). Oxidy Mn sú schopné pútať iné kationy a vytvárať slabšie väzby s organickými látkami (20). Z pohľadu zrnitostného zloženia, najmä vyšší podiel ílu má pozitívny efekt na stabilitu agregátov, kým na druhej strane vysoký obsah piesku ich stabilitu zásadne znižuje (9). Aj napriek slabšej agregáčnej schopnosti sú piesočnaté pôdy využívané v poľnohospodárskej výrobe v mnohých regiónoch sveta. Racionálne hnojenie týchto pôd je preto nevyhnutnou praxou a efekt aplikácie hnojív na týchto pôdach je mnohokrát zásadný. Vo všeobecnosti, aplikácia minerálnych hnojív, ale i ich kombinácia s organickým hnojením má potenciál zlepšiť štruktúru pôdy (12, 26).

Pred zadefinovaním cieľov tejto práce sme pracovali s hypotézami, že minerálne hnojenie piesočnatej pôdy nemusí nevyhnutne zvýšiť celkové obsahy niektorých makroživín, ale na druhej strane môže mať pozitívny efekt na ich prístupnosť, čo sa v konečnom dôsledku môže prejavovať i na lepšom štruktúrnom stave (H1). Taktiež dlhodobé minerálne hnojenie na piesočnatej pôde môže zvýšiť aktivitu oxidov Mn, ktorá sa prejaví priaznivejšom štruktúrou pôdy (H2). Preto sa v tejto štúdii hodnotia a kvantifikujú (i.) účinky dlhodobej aplikácie minerálnych hnojív na štruktúru pôdy, zastúpenie celkových a prijateľných foriem vybraných makroživín a oxidov Mn, a (ii.) vzťahy medzi hodnotenými makroživinami, oxidmi Mn a štruktúrou pôdy pri dlhodobom hnojení piesočnatej pôdy.

Materiál a metodika

Štúdium bolo realizované na výskumnej stanici Miedniewice (z. š. 51° 85' 05", z. d. 20° 11' 22"), ktorá sa nachádza 3 km východne od mesta Skierniewice v Poľsku. Pokusná plocha má rovinný charakter s nadmorskou výškou 150 m. Územie patrí do mierneho klimatického pásma s priemernou ročnou teplotou 8,0 °C a priemerným ročným úhrnom zrážok 528 mm (údaje získané z výskumnej stanice). Na výskumnej ploche prevládajú plytké pôdy,

ktoré sú vytvorené na fluviglaciálnych pieskoch. Pôdy sú klasifikované ako Planosoli, ktoré majú v A horizonte kyslé pH, nízky obsah organického uhlíka a zrnitostne dominuje frakcia piesku (21).

Pôdne vzorky boli odobrané v roku 2017 z experimentu, ktorý bol založený v roku 1975 a od tohto obdobia sa tu nepretržite aplikovali minerálne hnojivá. Vzorky pôdy sa odoberali z nasledujúcich variantov:

1. žiadne hnojenie – kontrola,
2. NPK,
3. CaNPK.

Dusík bol aplikovaný ako síran amónny ($90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$), fosfor ako superfosfát ($26 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$) a draslík vo forme chloridu draselného ($91 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$). Vápnik bol aplikovaný raz za štyri roky v dávke $1,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ako CaO. Na výskumnej ploche sa pestovali čučoriedky a plocha sa intenzívne neobrábala.

Vzorky pôdy po vysušení boli rozdelené pomocou prístroja AS 200 Recht® na jednotlivé veľkostné triedy štruktúrnych agregátov, ktoré sa následne použili na stanovenie zastúpenia vodoodolných agregátov Bakšajovou metódou. Vo vzorkách pôdy boli stanovené obsahy celkového mangánu (Mn_t), ktoré boli analyzované po rozklade vzoriek pôdy so zmesou 40 % HF a 60 % HClO_4 pomocou atómovej emisnej spektrometrie s mikrovlnne indukovanou plazmou (MP-AES) (Agilent 4100 MP-AES). Obsahy voľných oxidov Mn (Mn_d) boli stanovené po extrakcii metódou MP-AES podľa Mehra a Jackson (13). Obsahy amorfných oxidov mangánu (Mn_o) boli rovnako stanovené po extrakcii metódou MP-AES (25). Obsahy kryštalických oxidov mangánu (Mn_c) boli vypočítané, ako rozdiel medzi obsahmi voľných oxidov Mn a amorfných oxidov Mn. Celkové obsahy K, Ca a Mg sa analyzovali po rozklade spopolnených vzoriek lúčavkou kráľovskou pomocou AAS metódy (Perkin Elmer AA 2100). Obsahy prístupných foriem K, Ca a Mg boli stanovené vo výluhu Mehlich III metódou AAS (Perkin Elmer AA 2100).

Efekty minerálneho hnojenia na sledované parametre boli posúdené pomocou jednofaktorovej analýzy rozptylu. Rozdiely medzi variantmi hnojenia boli posúdené LSD testom s minimálnou hladinou významnosti 95 %. Na zistenie vzájomných vzťahov medzi jednotlivými veľkostnými triedami štruktúrnych a vodoodolných agregátov a celkovými i prístupnými makroživinami, ale i jednotlivými oxidmi Mn bola použitá regresná analýza.

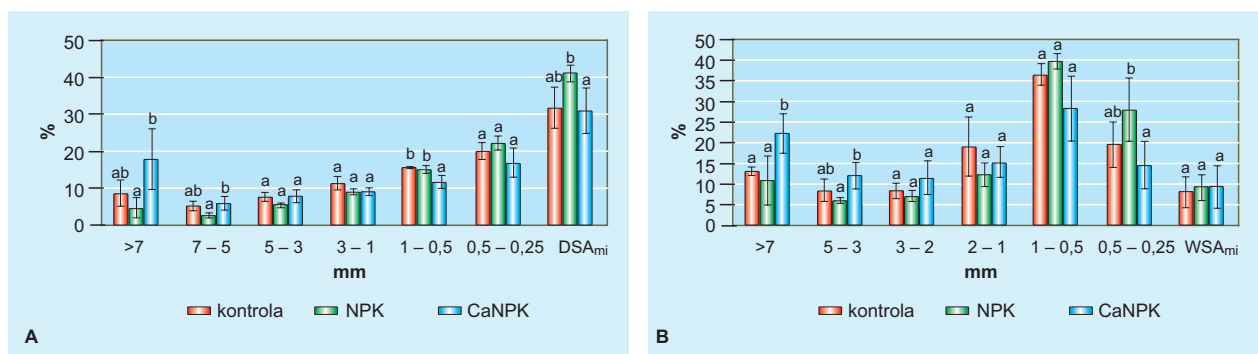
Výsledky a diskusia

Minerálne hnojivá sú významným zdrojom živín, ktoré sa prostredníctvom aktivity pôdneho zooloofaunu môžu významne podieľať na produkcii väčšieho množstva nadzemnej, ale i podzemnej biomasy, čo v konečnom dôsledku vedie k nárastu pôdneho organického uhlíka (19). Vyšší obsah pôdneho organického uhlíka je spájaný s lepšou agregáciou a tvorbou optimálnej pôdnej štruktúry (15). Vyššie uvedené (vyšší obsah SOC v dôsledku minerálneho hnojenia) na tomto experimente už bolo potvrdené (21). Pôdny organický uhlík je jedným z najvýznamnejších pedogénnych faktorov ovplyvňujúcich tvorbu a stabilitu pôdnych agregátov ako základnej pôdnej jednotky (15, 17) zvlášť na piesočnatých pôdach. Štyridsať jeden rokov kontinuálnej aplikácie priemyselných hnojív sa odrazilo na zmenách pôdnych vlastností, vrátane prerozdelenia zastúpenia jednotlivých veľkostných tried štruktúrnych (DSA), ale i vodoodolných (WSA) agregátov. Obsah veľkostnej triedy 1 – 0,5 mm štruktúrnych makro-agregátov (DSA_{ma}) vo variante CaNPK sa štatisticky významne znížil o 26 % a 24 % v porovnaní s nehnojenu kontrolou a variantom NPK (obrázok 1A). V dôsledku hnojenia v porovnaní s kontrolou v rámci ostatných veľkostných tried DSA neboli zistené významné rozdiely. Štatisticky významné zmeny však boli zistené medzi variantmi NPK a CaNPK a to vo veľkostných triedach $\text{DSA}_{ma} > 7 \text{ mm}$, $\text{DSA}_{ma} 7 - 5 \text{ mm}$ a DSA_{mi} . Aplikácia CaO vo variante CaNPK významne zvýšila obsahy väčších veľkostných tried DSA_{ma} a na druhej strane znížila obsahy štruktúrnych mikro-agregátov v porovnaní s aplikáciou iba NPK hnojív. Aplikácia CaO mala pozitívny efekt na zvýšenie obsahov väčších veľkostných tried ($> 5 \text{ mm}$ a $5 - 3 \text{ mm}$) vodoodolných makro-agregátov (WSA_{ma}). Obsah vodoodolných mikro-agregátov (WSA_{mi}) a menších veľkostných tried makro-agregátov nebol štatisticky zmenený v dôsledku nepretržitej 41-ročnej aplikácie priemyselných hnojív na piesočnatej pôde (obrázok 1B). Vápnik je mimoriadne dôležitý z hľadiska formovania a stability pôdnych agregátov (7), keďže je priamym aktérom známeho mechanizmu tvorby agregátov, a to: SOC – Ca – anorganická častica (1).

Katióny, ako napr. Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , ale i Fe^{3+} môžu mať významný vplyv na pôdnu štruktúru (1, 22) a tak sme zisťovali či v dôsledku dlhodobého používania minerálnych hnojív nastali zmeny v ich obsahoch v piesočnatej

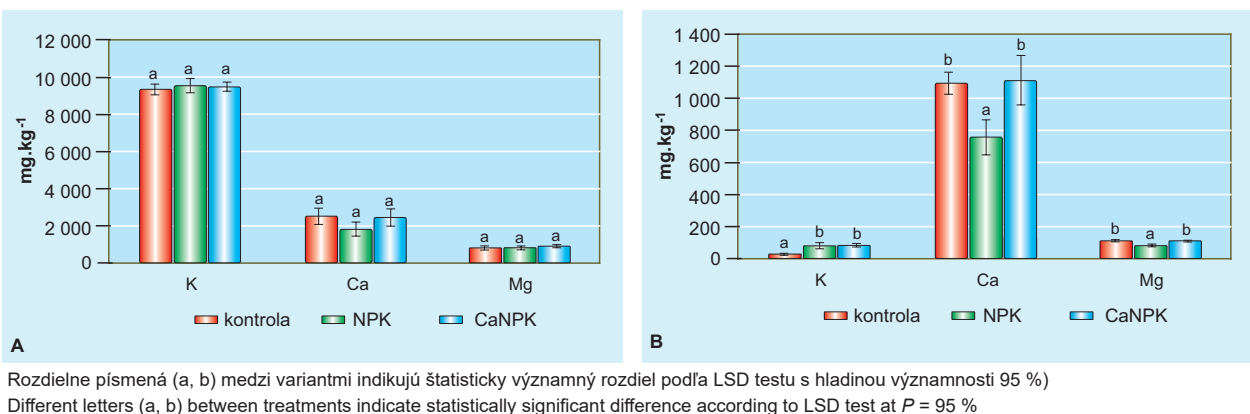
Obrázok 1: Zastúpenie jednotlivých veľkostných tried A) štruktúrnych agregátov a B) vodoodolných agregátov

Figure 1: Contents of individual size classes A) dry-sieved aggregates, and B) water-stable aggregates



Rozdielne písmená (a, b) medzi variantmi indikujú štatisticky významný rozdiel podľa LSD testu s hladinou významnosti 95 %
 Different letters (a, b) between treatments indicate statistically significant difference according to LSD test at $P = 95 \%$

Obrázok 2: Zastúpenie A) celkových a B) prístupných obsahov K, Ca a Mg
Figure 2: Contents of A) total and B) available K, Ca and Mg



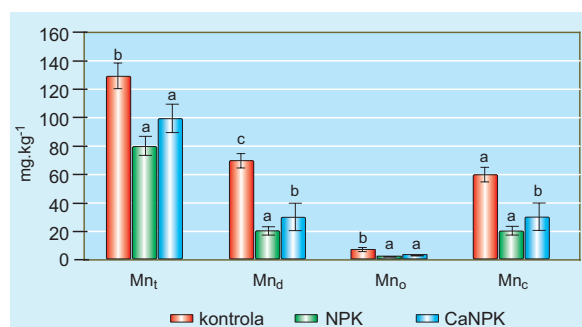
pôde. Z hľadiska množstva zastúpenia jednotlivých prvkov v Zemskej kôre pripadá obsahu K (2,46 %) siedme miesto (23). O obsahu K v pôdach rozhoduje množstvo organickej hmoty, ale i zrnitosť zloženia pôd. V piesočnatých pôdach je priemerný obsah K 0,7 % (8). V našom prípade (od 1976 do 2017), každoročná aplikácia $91 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ vo variantoch NPK a CaNPK nemala štatisticky významný efekt na zvýšenie celkového obsahu K v piesočnatej pôde (obrázok 2A), ale štatisticky významne zvýšila jeho prijateľnosť z $28,9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (kontrola) na $78,7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ v NPK a na $81,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ v CaNPK variante (obrázok 2B). Hodnoty celkového Ca v kontrole, v NPK a v CaNPK variante boli $2,52 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $1,77 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ a $2,42 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ a štatisticky sa medzi variantmi neodlišovali. Taktiež aj obsahy celkového Mg v závislosti od aplikácie minerálneho hnojenia neboli štatisticky významne zmenené. V dôsledku aplikácie NPK hnojenia počas sledovaného obdobia sa obsahy Ca, ale i Mg znížili o 31 % a 27 % v porovnaní s nehojenou kontrolou. Medzi nehojenou kontrolou a variantom CaNPK nebola zistená štatisticky významná zmena v obsahoch prístupného Ca a Mg (obrázok 2B). V NPK variantoch sa N aplikoval ako síran amónny, ktorý pôsobí fyziologicky kyslo (27) a keďže skúmaná piesočnatá pôda mala nízky obsah Ca a organickej hmoty (21) odrazilo sa to aj na nízkej pufracej schopnosti pôdy a v tomto variante tak dochádzalo k výraznejšej acidifikácii spojenjej s vyplavovaním Ca a Mg (6), ale i k intenzívnejšiemu odberu týchto prijateľných živín úrodou pestovaných čučoriedok.

Ako sme naznačili už v úvode, menej informácií v súvislosti s pôdnou štruktúrou je jej prepojenosť na obsah Mn a jeho oxidov. Z toho dôvodu sme v prvom rade posúdili efekt dlhodobého hnojenia na zmeny v obsahoch celkového Mn a jeho oxidov. Kováčik (8) uviedol, že obsah mangánu v pôdach je vysoký a pohybuje sa v intervale 100 až $3000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s priemerom okolo $450 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Obrázok 3 dokumentuje priemerné obsahy rôznych foriem oxidov mangánu v pôde v závislosti od aplikácie minerálnych hnojív po 41-rokoch ich aplikácie. Obsahy celkového Mn (Mn_t) sa pohybovali v rozpätí od $0,078$ do $0,140 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ pôdy a získané výsledky poukazujú na skutočnosť, že hnojenie malo štatisticky významný ($P = 0,0029$) vplyv na zastúpenie Mn_t v pôde. Hodnoty Mn_t boli o 39 % a o 33 % menšie v NPK a CaNPK variantoch ako v kontrole. Obsahy voľných oxidov Mn (Mnd) kolísali v rozpätí od $0,013 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ do $0,077 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ pôdy a významne sa znížovali v dôsledku aplikácie NPK, ale i v CaNPK variante.

V dôsledku aplikácie minerálnych hnojív za sledované obdobie sa obsah Mnd (obsah amorfných oxidov Mn) priemerne znížil o 71 % v NPK a o 57 % v CaNPK v porovnaní s nehojenou kontrolou. V dôsledku aplikácie NPK, ale i CaNPK v porovnaní s kontrolou bol zaznamenaný štatisticky významný pokles v obsahoch kryštalických oxidov Mn (Mn_c). Obsah Mn sa v pôde zvyšuje v súvislosti s vápnením, prostredníctvom, ktorého sa zvyšuje pH pôdy čo má za následok znižovanie prístupnosti Mn a jeho akumuláciu (20). Na druhej strane aplikácia N v podobe síranu amónneho znižuje pH pôdy (5), čoho výsledkom je vylúhovanie Mn z pôdy, a to najmä vo variantoch s minerálnym hnojením.

Vplyv K na pôdnú štruktúru je najmenej jasný s pomedzi základných bázičných kationov. Sú publikované údaje, ktoré ho považujú za škodlivý kation rovnako ako sodík (18), ale aj údaje, ktoré ho nepovažujú za škodlivý. Napríklad Levy a Torrento (10) publikovali, že výmenný draslík nie je škodlivý kation, pretože obmedzuje rozptyľovanie ílu a podieľa sa na udržiavaní stability makro-agregátov. Títo autori to vysvetľujú nižšou hydratačnou energiou adsorbovanou draslíkom, ktorá je o 72 % menšia ako v prí-

Obrázok 3: Zastúpenie celkového obsahu Mn a jeho oxidov
Figure 3: Contents of total Mn and its oxides



Rozdielne písmená (a, b, c) medzi variantmi indikujú štatisticky významný rozdiel podľa LSD testu s hladinou významnosti 95 %
Different letters (a, b, c) between treatments indicate statistically significant difference according to LSD test at $P = 95\%$

Tabuľka 1: Korelácie medzi jednotlivými veľkostnými triedami štruktúrnych, vodoodolných agregátmi a obsahmi K, Ca, Mg a oxidmi Mn**Table 1:** Correlation coefficients between individual size classes of dry-sieved, water-stable aggregates and contents of K, Ca, Mg as well as Mn oxides

	Celkové (1)			Prístupné (2)			Mn			
	K (3)	Ca (4)	Mg (5)	K	Ca	Mg	Mn _i (6)	Mn _d (7)	Mn _o (8)	Mn _{kr} (9)
DSA _{ma} (10)	0,277	0,727*	0,742*	-0,160	0,678*	0,822**	0,380	0,559	0,466	0,569
DSA _{mi} (11)	-0,277	-0,727*	-0,742*	0,160	-0,678*	-0,822**	-0,380	-0,559	-0,466	-0,569
>7	0,339	0,569	0,742*	0,300	0,522	0,642	-0,089	0,131	0,039	0,141
>5	0,186	0,757*	0,764*	-0,052	0,751*	0,846**	0,317	0,508	0,415	0,518
>3	0,053	0,626*	0,507	-0,158	0,831**	0,788**	0,551	0,669*	0,597	0,677*
>1	0,079	0,330	0,284	-0,619	0,287	0,421	0,655	0,696*	0,624	0,703*
>0,5	-0,075	-0,271	-0,473	-0,547	-0,339	-0,350	0,401	0,192	0,253	0,185
>0,25	-0,328	-0,542	-0,689*	-0,227	-0,561	-0,635	-0,068	-0,250	-0,150	-0,261
WSA _{ma} (12)	0,253	0,182	-0,133	-0,146	-0,131	-0,015	-0,001	0,062	0,105	0,057
WSA _{mi} (13)	-0,253	-0,182	0,133	0,146	0,131	0,015	0,001	-0,062	-0,105	-0,057
>5	-0,225	-0,031	-0,091	-0,024	0,169	-0,568	-0,228	-0,031	-0,091	-0,024
>3	-0,142	0,620	0,385	0,195	0,673*	0,576	0,056	0,247	0,236	0,248
>2	0,011	0,677*	0,483	0,332	0,630	0,495	0,068	0,202	0,169	0,206
>1	-0,038	0,420	-0,132	-0,329	0,572	0,395	0,668*	0,679*	0,713*	0,675*
>0,5	0,024	-0,600	-0,526	-0,319	-0,708*	-0,598	-0,039	-0,192	-0,161	-0,195
>0,25	-0,117	-0,605	-0,334	-0,107	-0,724*	-0,652	-0,265	-0,409	-0,371	-0,413

DSA_{ma} – obsah štruktúrnych makro-agregátov, DSA_{mi} – obsah štruktúrnych mikro-agregátov, WSA_{ma} – obsah vodoodolných makro-agregátov, WSA_{mi} – obsah vodoodolných mikro-agregátov, Fe_t – obsah celkového železa, Fe_d – obsah voľných oxidov železa, Fe_o – obsah amorfných oxidov železa, Fe_c – obsah kryštalických oxidov železa

(1) total, (2) available, (3) potassium, (4) calcium, (5) magnesium, (6) total manganese content, (7) free manganese oxides, (8) amorphous manganese oxides, (9) crystalline manganese oxides, (10) content of dry-sieved macro-aggregates, (11) content of dry-sieved micro-aggregates, (12) content of water-stable macro-aggregates, (13) content of water-stable micro-aggregates, * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$

pade sodíka. Na druhej strane Levy a Van der Watt (11) pozorovali iba prechodný efekt draslíka, vápnika a sodíka na disperziu ílu. Naše výsledky v 41-ročnom experimente s minerálnym hnojením na piesočnatej pôde poukázali na to, že ani celkový a ani prístupný K nemal žiadny významný efekt na tvorbu štruktúrnych a ani vodoodolných agregátov (Tabuľka 1). Obsahy celkového, ale i prístupného Ca mali priaznivý efekt na obsah DSA_{ma} zvlášť na veľkostné triedy 3 – 5 a 5 – 7 mm (Tabuľka 1). Tiež aj obsahy celkového a prístupného Mg mali pozitívny vplyv na obsah DSA_{ma} najmä väčších ako 5 mm. Obsah celkového Ca pozitívne koreloval s WSA_{ma} 2 – 3 mm, kým obsah prístupného Ca pozitívne koreloval s WSA_{ma} 3 – 5 mm. Tieto výsledky potvrdzujú efekt Ca, ale i Mg na tvorbu a stabilizáciu pôdnych makroagregátov (1). Zaujímavé však je, že silnejšie korelačné vzťahy boli medzi Mg a DSA ako Ca a DSA. Vo všeobecnosti Ca²⁺ ióny sú efektívnejšie ako Mg²⁺ v agregáčnom procese (2, 27). Voľné a amorfné oxidy Mn pozitívne korelovali s obsahom DSA_{ma} 1 – 5 mm, pričom celkový obsah Mn a všetky jeho sledované oxidy mali pozitívny efekt na zvýšenie zastúpenia veľkostných tried WSA_{ma} 1 – 2 mm (Tabuľka 1).

Záver

Získané výsledky poukázali na skutočnosť, že štyridsať jeden ročná kontinuálna aplikácia priemyselných hnojív mala výrazný vplyv na prerozdelenie zastúpenia jednotlivých veľkostných tried štruktúrnych, ale i vodoodolných agregátov. Najmä, v štvorročných cykloch aplikovaná dávka 1,6 t.ha⁻¹ CaO v kombinácii s NPK hnojením významne zvýšila obsahy väčších veľkostných tried štruktúrnych

makro-agregátov, avšak na druhej strane znížila obsahy štruktúrnych mikro-agregátov v porovnaní s aplikáciou iba NPK hnojív. Aplikácia CaO spolu s NPK mala pozitívny efekt na zvýšenie obsahov väčších veľkostných tried i vodoodolných makro-agregátov. Dlhodobá aplikácia NPK, ale i CaNPK štatisticky významne zvýšila obsah prístupného K, na druhej strane, obsah prístupného Ca a Mg sa výrazne znížil v dôsledku dlhodobej aplikácie iba NPK hnojív v piesočnatej pôde. Obsahy celkového Mn, ale i jeho oxidy sa významne znížili v dôsledku dlhodobej aplikácie priemyselných hnojív. Vyššie obsahy celkového, ale i prístupného Ca a Mg mali priaznivý efekt na zvyšovanie zastúpenia väčších veľkostných tried štruktúrnych makro-agregátov, pričom prekvapujúco intenzívnejší efekt na tvorbu makro-agregátov mal Mg ako Ca. Uvedené výsledky poukazujú tiež na skutočnosť, že v 41-ročnom experimente s minerálnym hnojením majú významný vplyv na agregáciu najmä väčších veľkostných tried štruktúrnych makro-agregátov, ale aj vodoodolných makro-agregátov s veľkosťou 1 – 2 mm oxidy manganu.

Literatúra

- (1) BRONICK, C. J. – LAL, R. 2005. Soil structure and management: a review. In Geoderma, vol. 124, 2005, pp. 3–22.
- (2) CURTIN, D. – STEPPUHN, H. – SELLES, F. 1994. Effects of magnesium on cation selectivity and structural stability of sodic soils. In Soil Sci. Soc. Am. J., vol. 58, 1994, pp. 730–737.
- (3) DIXON, J. B. – WHITE, N. 2002. Manganese oxides. In: Soil Mineralogy with Environmental Applications. DIXON, J.B. – SCHULZE, D.G. editors. SSSA Book Series, Madison, Wisconsin, USA, 2002, pp. 323–366.

- (4) FOTH, H.D. 1990. Fundamentals of soil science. 8th ed., New York : John Wiley & Sons, Inc., 1990, 360 p. ISBN 0-471-52279-1.
- (5) GE, S. – ZHU, Z. – JIANG, Y. 2018. Long-term impact of fertilization on soil pH and fertility in an apple production system. In *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, vol. 18, 2018, pp. 282–293
- (6) GRAHAM, M. H. – HAYNES, R. J. – MEYER, J. H. 2002. Soil organic matter content and quality: effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. In *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 34, 2002, pp. 93–102.
- (7) KOBIERSKI, M. – KONDRATOWICZ-MACIEJEWSKA, K. – BANACH-SZOTT, M. – WOJEWÓDZKI, P. – CASTEJÓN, J. M. P. 2018. Humic substances and aggregate stability in rhizospheric and non-rhizospheric soil. In *Journal of Soils and Sediments*, vol. 18, 2018, pp. 2777–2789.
- (8) KOVÁČIK, P. 2014. Princípy a spôsoby výživy rastlín. Nitra : SPU, 2014, 278 s. ISBN 978-80-552-1193-0.
- (9) LEVY, G. J. – MILLER, W. P. 1997. Aggregate stabilities of some southeastern U.S. soils. In *Soil Science Society of America Journal*, vol. 61, 1997, pp. 1176–1182.
- (10) LEVY, G. J. – TORRENTO, J. R. 1995. Clay dispersion and macroaggregate stability as affected by exchangeable potassium and sodium. In *Soil Sci.*, vol. 160, 1995, pp. 352–358.
- (11) LEVY, G. J. – VAN DER WATT, H. V. H. 1990. Effect of exchangeable potassium on the hydraulic conductivity and infiltration rate of some South African soils. In *Soil Sci.*, vol. 149, 1990, pp. 69–77.
- (12) LUGATO, E. – SIMONETTI, G. – MORARI, F. – NARDI, S. – BERTI, A. – GIARDINI, L. 2010. Distribution of organic and humic carbon in wet-sieved aggregates of different soils under long-term fertilization experiment. In *Geoderma*, vol. 157, 2010, pp. 80–85.
- (13) MEHRA, O. – JACKSON, J. 1960. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. In *Clay and Clays Minerals*, vol. 5, 1960, pp. 317–327.
- (14) MOHAMMED, K. A. – HIRNAS, D. R. – NEMES, A. – GIMÉNEZ, D. 2020. Exogenous and endogenous controls on the development of soil structure. In *Geoderma*, vol. 357, 2020, pp. 1–18.
- (15) NOUWAKPO, S. K. – SONG, J. – GONZALEZ, J. M. 2018. Soil structural stability assessment with the fluidized bed, aggregate stability, and rainfall simulation on long-term tillage and crop rotation systems. In *Soil and Tillage Research*, vol. 178, 2018, pp. 65–71.
- (16) PIRES, L. P. – BORGES, J. A. – COOPER, M. – KOSA, J. A. – HECK, R. J. 2017. Soil structure changes induced by tillage systems. In *Soil and Tillage Research*, vol. 165, 2017, pp. 66–79.
- (17) POLLÁKOVÁ, N. – ŠIMANSKÝ, V. – KRAVKA, M. 2018. The influence of soil organic matter fractions on aggregates stabilization in agricultural and forest soils of selected Slovak and Czech hilly lands. In *Journal of Soils and Sediments*, vol. 18, 2018, pp. 2790–2800.
- (18) QUIRK, J. P. – SCHOFIELD, R. K. 1955. The effect of electrolyte concentration on soil permeability. In *J. Soil Sci.*, vol. 6, 1955, pp. 165–178.
- (19) RAHMAN, M. T. – ZHU, Q. H. – ZHOU, H. – PENG, X. 2017. The roles of organic amendments and microbial community in the improvement of soil structure of a Vertisol. In *Appl. Soil Ecol.*, vol. 111, 2017, pp. 84–93.
- (20) SUDA, A. – MAKINO, T. 2016. Functional effects of manganese and iron oxides on the dynamics of trace elements in soils with a special focus on arsenic and cadmium: A review. In *Geoderma*, vol. 270, 2016, pp. 68–75.
- (21) ŠIMANSKÝ, V. – JURIGA, M. – JONCZAK, J. – UZAROWICZ, L. – STAPIEŃ, W. 2019. How relationships between soil organic matter parameters and soil structure characteristics are affected by the long-term fertilization of a sandy soil. In *Geoderma*, vol. 342, 2019, pp. 75–84.
- (22) ŠIMANSKÝ, V. – KOLENČÍK, M. – PUŠKELOVÁ, L. 2014. Effects of carbonates and bivalent cations and their relationships with soil organic matter from the view point of aggregate formation. In *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*, vol. 60, 2014, pp. 77–86.
- (23) ŠIMANSKÝ, V. – POLLÁKOVÁ, N. – CHLPIK, J. – KOLENČÍK, M. 2018. *Pôdoznalectvo*. Nitra : SPU, 2018, 399 s. ISBN 978-80-552-1878-6.
- (24) TATE, R. L. 1995. Soil microbiology. New York : John Wiley and Sons, 1995, 398 p. ISBN 0-471-57868-1.
- (25) VAN REEUWIJK L. 1995. Procedures for soil analysis. Technical Paper 9. International Soil Reference and Information Centre, 1995.
- (26) WEI, X. – WANG, X. – MA, T. – HUANG, L. – PU, Q. – HAO, M. – ZHANG, X. 2017. Distribution and mineralization of organic carbon and nitrogen in forest soils of the southern Tibetan Plateau. In *Catena*, vol. 156, 2017, pp. 298–304.
- (27) ZHANG, S. – ZHANG, B. – LI, X. 2002. Evolution of soil fertility and fertilizer benefits under different soil types and cropping systems. In *Plant Nutrition Fertilization Science*, vol. 8, 2002, pp. 9–15.
- (28) ZHANG, X. C. – NORTON, L. D. 2002. Effect of exchangeable Mg on saturated hydraulic conductivity, disaggregation and clay dispersion of disturbed soils. In *J. Hydrol.*, vol. 260, 2002, pp. 194–205.

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



ilustračné foto

Produkčný a ekonomický potenciál lucerny sietej (*Medicago sativa* L.) v Podunajskej pahorkatine

The production and economic potential of the alfalfa (*Medicago sativa* L.) in the Danube Upland

Ivan Holúbek, Peter Kovár, Peter Hric, Ľuboš Vozár, Marián Miko

The contribution brings knowledge about the effects of mineral nutrition on the use of alfalfa growth in the context of the costs and yields of the production of hay. We monitored the effect of phosphorus-potassium nutrition on the production dry matter of hay and the production of crude protein 3 years. In the field trial, we applied P in superphosphate (35 kg.ha⁻¹) and K in potassium salt (100 kg.ha⁻¹) each year in variant 1. In variant 2 the annual dose was applied to 3 years of use in stock.

In the three-harvest system of utilization, on average 3 years, the yield of hay dry matter reached 11.52 t.ha⁻¹, crude protein 2.11 t.ha⁻¹, in the variant 2 11.55 t.ha⁻¹, N – 2.10 t.ha⁻¹. The produced dry matter of hay provides fodder to meet the requirements of bovine nutrition in the content of N-substances, PDI, but also the content of secondary metabolites. In this context, especially for dairy cows with high milk production, it is desirable to use alfalfa with 4 mowing and up to 5 mowing in irrigation conditions.

We demonstrated the profitability of feed production in the evaluated years by economic analysis. Profit at the price 60 €·t⁻¹ hay alfalfa was presented at 100.93 €·ha⁻¹ to 363.22 €·ha⁻¹ (var. 1) and 402.12–451.92 €·ha⁻¹ (var. 2). The production of dry alfalfa hay in fertilized variants without support is profitable, except for the one-time application of PK-fertilizers in the year of experimentation (var. 2). From the inputs and outputs analysis, we recommended to fertilize the alfalfa in the production systems with phosphate-potassium fertilizer in the form of single fertilization to the stock for three years.

phosphorus, potassium, hay dryness, costs, yields

V nížinných oblastiach Slovenska má v štruktúre pestovania krmovín, a to aj v kontexte s klimatickou zmenou, významné miesto lucerna siata. Je našou najúrodnejšou bielkovinovou viacročnou a viackosnou krmovinou pestovanou na ornej pôde (17, 10, 18). Pochádza z kontinentálnych podmienok náhorných plošín prednej Ázie, ktoré v jej genóme zafixovali znaky suchovzdornosti a odolnosti proti nízkym teplotám a k tomu zodpovedajúcu morfológickú stavbu rastlín (5, 25). Najlepšie predpoklady pre jej úspešné pestovanie sú v regiónoch nížin, pahorkatín a nízko položených kotlín. Krajčovič (15) odporúča pestovať lucernu siatu v týchto oblastiach 3 – 4 roky najmä na výrobu sena, zavädnutých siláží, na zelený krm a výrobu sušiarenských komodít. V úžitkových rokoch by mali dosahovať úrody

sena 9 t.ha⁻¹ (12). V dôsledku zníženia stavov hovädzieho dobytku v SR z 527,9 tis. ks (rok 2005) na 446,1 tis. ks (rok 2016) evidujeme aj pokles pestovateľských plôch krmovín. V ostatných rokoch sa jednoročné krmoviny na ornej pôde pestovali na výmere 91 877 ha (rok 2010) až 94 300 ha (rok 2017). Osevné plochy viacročných krmovín v porovnaní rokov 2010 (158 189 ha) a v roku 2017 (116 671 ha) klesli o 41 518 ha. Pokles je evidentný najmä pri lucerne sietej z 52 056 ha na 47 847 ha, t. j. o 4 209 ha menej. Úrody sena lucerny sietej v SR dosiahli v roku 2010 6,51 t.ha⁻¹ a v roku 2017 5,58 t.ha⁻¹ (23, 24).

Rozhodujúcim faktorom ekonomickej stability pestovania lucerny sietej je efektívnosť jej výroby prezentovaná nákladmi a výnosmi. Náklady sú dôležitým syntetickým ukazovateľom hospodárskej činnosti poľnohospodárskych podnikov. Prejavujú sa v nich všetky stránky výrobného procesu od úrovne technického vybavenia podnikov, produktivity práce, intenzity a organizácie výroby, vplyvov prírody a ekonomických podmienok a samozrejme ceny energetických vkladov, ktoré v ostatných rokoch mimoriadne ovplyvnili celkovú ekonomiku (8, 3, 9). V štruktúre nákladov vo výrobe krmív z lucerny sietej dominujú náklady na priemyselné hnojivá. Lucerna siata ako donor dusíka (hrčkotvorné baktérie) menej reaguje na dusík z priemyselných hnojív. Vyžaduje však fosforečno-draselné hnojenie a tiež hnojenie sýrou (6). Podľa Kováča (14) najvyššie náklady pri pestovaní viacročných krmovín sú v rokoch sejby. V konvenčnej technológii pestovania lucerny sietej sa variabilné náklady prezentujú sumou 619,82 €·ha⁻¹, fixné náklady sumou 165,86 €·ha⁻¹ a celkové náklady spolu 785,68 €·ha⁻¹.

Vstupom SR v roku 2004 do spoločného priestoru EÚ sme sa zaviazali prijať nariadenia, spoločné pravidlá a podmienky Spoločnej poľnohospodárskej politiky (SPP). Významnou súčasťou SPP je podporná politika poľnohospodárstva a v rámci nej dotácie na pomoc pre dosahovanie prosperity poľnohospodárskych podnikov (4). Pôvodným zmyslom a cieľom podpôr do poľnohospodárstva (7) bolo zlepšiť dôchodkovú situáciu poľnohospodárskych producentov s ohľadom na celospoločenské záujmy. Štát ako poskytovateľ podpôr rozhoduje o výbere komodít a výške podpôr vybraných komodít v rámci svojej agrárnej politiky (2). Myšlienka podporovať dotáciami rastlinnú výrobu na produkciu sa žiada rozšíriť o podporu orientovanú na lepšiu trhovú uplatniteľnosť rastlinných produktov vrátane lucerny sietej. V takom prípade ide rovnako aj o podporu lepšieho uplatnenia na trhu živočíšnych produktov. Ide o to, že snaha zredukovania nákladov na likvidáciu na trhu neuplatniteľných produktov sa mylne interpretovala ako potreba znížovania produkcie. V skutočnosti by globálny trh vedel absorbovať ešte väčšiu produkciu za lepšie ceny, kvalitu a lepší marketing (1).

Materiál a metodika

Skúmali sa efekty minerálnej výživy a ich využívania v kontexte s nákladovosťou výroby sena lucerny sietej v experimentálnom pokuse v 3-ročnom časovom rade. Experimentálne práce boli realizované v katastrálnom území Topoľčian na bývalom Semenárskom štátnom majetku. Pokusný porast bol založený na pôdnom type hnedozem, na sprašovom pôdotvornom substráte. Pôda bola hlboká so stredne hlbokou až hlbokou ornoucou. Pôdna reakcia slabo kyslá až neutrálna s pH 6,5 – 7,0. Stanovište pokusu patrí do mierne suchej a mierne teplej klimatickej oblasti.

Dlhodobý ročný priemer zrážok je 610 mm s priemernou ročnou teplotou 9,3 °C. V prvom experimentálnom roku dosiahli zrážky 715 mm, v druhom 330 mm a v treťom 524,8 mm.

V poľnom pokuse boli aplikované základné fosforečno-draselné hnojivá dvoma spôsobmi:

Variet 1 (V1) – fosfor v superfosfáte (35 kg.ha⁻¹) a draselná soľ 100 kg čistých živín K sa aplikovala každoročne na jar.

Variet 2 (V2) – dávka sa aplikovala v zásobe na 3 úžitkové roky.

Pôda bola pred založením zoraná hlbokou orbou so zapravením príslušných dávok PK hnojív. Po orbe sa ponechala v hrubej brázde, na jar sa pre sejbou pripravila smykováním, valcováním a bránením. Použila sa odroda „Pálava“ v množstve 15 kg.ha⁻¹.

V experimentálnych rokoch sa porasty lucerny sietej využívali 3 kosbami. Pokusné plochy boli kosené ručnou motorovou kosačkou. Po skosení parcelky z každého variantu a opakovania boli po zväžení fytohmoty odobraté priemerné vzorky s hmotnosťou 2 kg. Vzorky boli sušené v teplovzdušnej sušiarňi pri teplote 70 °C do konštantnej hmotnosti a následne boli zväžené na stanovenie sušiny. Po stanovení absolútnej sušiny boli vypočítané úrody sušiny sena (tabuľka 1). Zo zomletej a usušenej fytohmoty sa odobrali priemerné vzorky na chemické analýzy realizované Federálnym výskumným poľnohospodárskym ústavom v Nyone podľa štandardných metód pre jednotlivé parametre (dusikáté látky; lignín; vláknina; rozpustné fenolové polyméry; esterifikované fenolové kyseliny; dusikáté látky skutočne stráviteľné v tenkom čreve; netto energia laktácie; stráviteľnosť organickej hmoty; index potenciálnej negatívnej aktivity).

Získané údaje sa štatisticky vyhodnotili pomocou viacfaktorovej analýzy rozptylu (ANOVA) s overením homogenosti rozdielov Tukeyovým HSD testom pri 99 % hladine pravdepodobnosti ($\alpha = 0,01$).

Náklady a výnosy výroby sušiny sena lucerny sietej v 3-kosnom systéme využívania tvorili práce spojené s prípravou pôdy, hnojením, sejbou a zberom lucerny sietej (tabuľka 5). Nákladovosť výroby lucernového sena bola hodnotená v trojkosnom spôsobe využívania. Vychá-

dzo sa pritom z technologických a ekonomických parametrov používaných Výskumným ústavom zemедělské techniky v Prahe-Ruzyni (26). Priame náklady na výrobu sušiny sena lucerny sietej boli prepočítané aktuálnym kurzom z 25.5. 2018 (1 € = 27,031 CZK). Ceny priemyselných hnojív za 1 kg P₂O₅ v superfosfáte a K₂O 60 % draselné soli poskytol Výskumný ústav chemickej technológie a.s. Bratislava a Agrochemický podnik Levice. Náklady na zber sušiny lucerny sietej sú prezentované nákladmi na prípravu pôdy, hnojenie, kosenie, obracanie a zhrňovanie, zber sena s návesom, doprava sena do senníka, lisovanie sena do hranolovitých balíkov, nakladanie, odvoz a sklad balíkov.

Na sledovanie nákladov a výnosov výroby sena lucerny sietej bol použitý kalkulačný vzorec VUEPP Bratislava (25) (tabuľka 5).

Výsledky a diskusia

Zhodnotenie úrod sušiny a dusíkatých látok

Napriek tomu, že v súčasnom sortimente odrôd lucerny sietej (9 odrôd) sú úrody vo výrobných podmienkach nespokojivé (6,51 t.ha⁻¹ v roku 2010, resp. 5,58 t.ha⁻¹ v roku 2017), rast úrod podmieňujú systémy pestovania, agrotechnika, chemická ochrana, vodný režim a využívanie. Reakciu odrody „Pálava“ v úrodách sušiny možno posúdiť na základe údajov z tabuľky 1.

Fotosyntetický potenciál lucerny sietej je limitovaný vodou, živinami, slnečným svitom, teplom a ostatnými faktormi vonkajšieho prostredia. Limitujúcim faktorom úrod sušiny lucerny sietej sú zrážky.

V treťom úžitkovom roku sa dosiahla vyššia úroda sušiny vo variant 1 (12,39 t.ha⁻¹) (variant 1) pri celoročnom úhrne zrážok 524,8 mm. V praktickom pestovaní má z hľadiska organizácie zberových prác značný význam rozdeľovanie úrod sušiny v jednotlivých využívaníach.

Pri hodnotení premenlivosti úrod sena a obsahu N-látok bol v rokoch potvrdený vysoko preukazne vplyv kosieb (tabuľka 2).

Testovaním rozdielov medzi priemermi úrod sušiny lucernového sena boli potvrdené vysoko preukazné rozdiely

Tabuľka 1: Vplyv hnojenia priemyselnými hnojivami na úrodu sušiny sena (t.ha⁻¹) v rokoch, kosbách a variantoch

Table 1: Impact of fertilization by mineral fertilizers on hay dry matter (t.ha⁻¹) in years, mowing and variants

Roky (1)	Kosby (2)	Variant (3) 1	Variant (3) 2
1. experimentálny rok(4)	1.	3,85	3,75
	2.	4,37	4,46
	3.	2,86	2,96
	Σ	11,08	11,17
2. experimentálny rok(4)	1.	6,90	7,03
	2.	3,18	3,29
	3.	1,03	1,01
	Σ	11,11	11,33
3. experimentálny rok(4)	1.	6,29	6,28
	2.	3,89	3,75
	3.	2,21	2,13
	Σ	12,39	12,16

(1) years, (2) cuts, (3) variant, (4) experimental year

Tabuľka 2: Viacfaktorová ANOVA bez interakcií pre znaky sušina sena a obsah N-látok

Table 2: Multifactor ANOVA without interactions for hay dryness and crude protein

Efekt (1)	Jednorozmerné testy významnosti pre znak sušina sena (2)				
	SS (8)	df (9)	MS (10)	F (11)	p (12)
Roky (3)	0,5432	2	0,2716	0,2086	0,8145
Kosby (4)	39,9724	2	19,9862	15,3523	0,0004
Variant (5)	0,0004	1	0,0004	0,0003	0,9870
Chyba (6)	15,6220	12	1,3018		
Efekt (1)	Jednorozmerné testy významnosti pre znak obsah N-látok (7)				
	SS (8)	df (9)	MS (10)	F (11)	p (12)
Roky (3)	0,0050	2	0,0025	0,0447	0,9563
Kosby (4)	1,2961	2	0,6480	11,5232	0,0016
Variant (5)	0,0002	1	0,0002	0,0036	0,9534
Chyba (6)	0,6748	12	0,0562		

(1) effect, (2) one-way significance tests for dry matter, (3) years, (4) cuts, (5) variant, (6) error, (7) one-way significance tests for crude protein, (8) sum of squares, (9) degree of freedom, (10) mean square, (11) F-value, (12) p – significance

Tabuľka 3: Produkcia sušiny a N-látok ($t \cdot ha^{-1}$), priemer 3 rokov

Table 3: Yield of dry matter and crude protein ($t \cdot ha^{-1}$), average of 3 years

Kosba (1)	Produkcia sušiny (2)	Skupiny homogennosti (3)			Kosba (1)	Produkcia N-látok (4)	Skupiny homogennosti (3)	
		1	2	3			1	2
3.	2,033	****			3.	0,360	****	
2.	3,823		****		2.	0,735	****	****
1.	5,683			****	1.	1,015		****

(1) cut, (2) dry matter yield, (3) homogenous group, (4) crude protein production
Tukeyov HSD test, $\alpha = 0,01$ (Tukey HSD test, $\alpha = 0.01$)

medzi všetkými kosbami a pri obsahu N-látok vysoko preukazný rozdiel iba medzi prvou a treťou kosbou (tabuľka 3).

Rozdelenie úrod lucerny sietej v kosbách je podmienené biologickými vlastnosťami a klimatickými podmienkami rastu a vývinu rastlín do prvej kosby (dostatok zrážok a teplot). Výnimku prezentujú úrody v prvom experimentálnom roku založenia porastu bez krycej plodiny, v ktorom sa dosiahla vyššia úroda v druhej kosbe vo variante 1 a 2 (tabuľka 1). V doterajších pokusoch s výživou a hnojením lucerny sietej sa plne odráža celá problematika a zložitost', ktorá často vedie k rozdielnym, v málo prípadoch i záporným výsledkom (15, 16). Z našich výsledkov v porovnaní variantu 1 hnojenom každoročne (P 35 kg. ha^{-1} a K 100 kg. ha^{-1}) a hnojením do zásoby na 3 roky (P 105 kg. ha^{-1} a K 300 kg. ha^{-1}) rezultuje nepreukaznosť v úrodách sušiny v prvom experimentálnom roku. V druhom a treťom roku sú úrody sušiny iba na hranici preukaznosti. Z týchto výsledkov nemožno hovoriť o ekonomickom prínose.

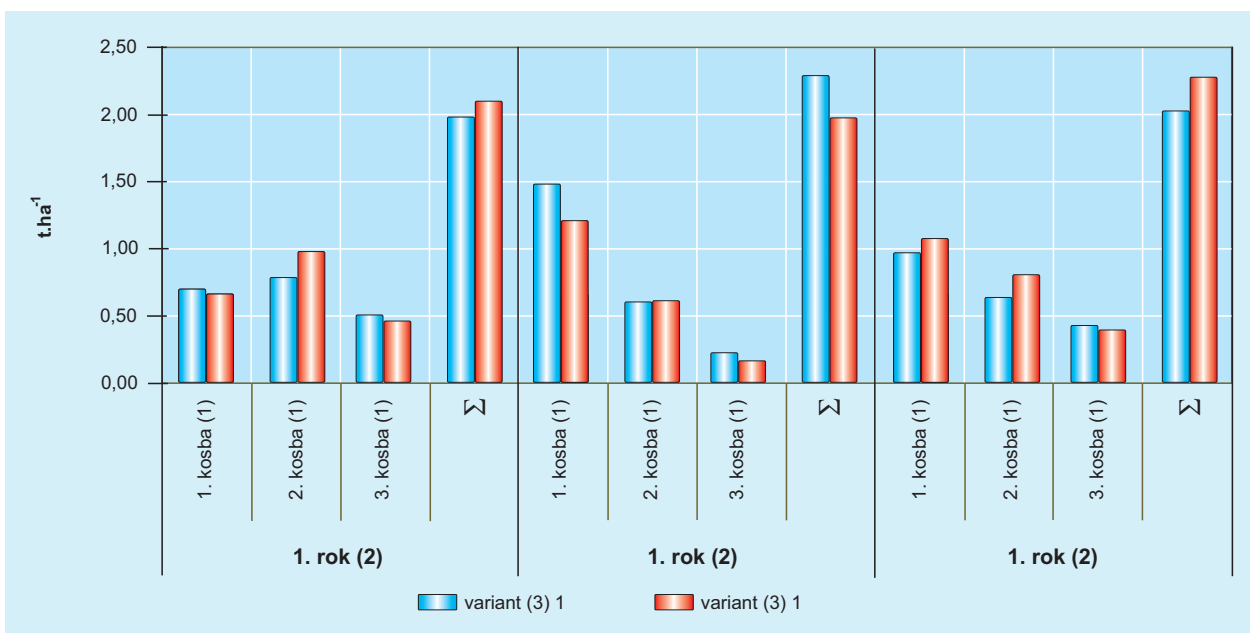
Z pestovateľského hľadiska má najväčší význam lucerna siata ako bielkovinová krmovina v kontexte s produkciou dusíkatých látok z jednotky plochy. Tento produkčný ukazovateľ syntetizuje spoločné vyjadrenie kvantity (úroda sušiny) a kvality (obsah dusíkatých látok). Produkciu

dusíkatých látok z 1 hektára sme vypočítali z úrod sušiny v kosbe v roku a variantu s dosiahnutým obsahom N-látok (obrázok 1). Štatistickým hodnotením dusíkatých látok sme zistili (podobne ako v úrodách sušiny) vysokopreukazný vplyv kosieb, nepreukazný vplyv roku a variantov hnojenia. Maximálnou produkciou dusíkatých látok ($2,28 t \cdot ha^{-1}$) sa v hodnotených rokoch prezentoval, podobne ako v úrodách sušiny ($12,39 t \cdot ha^{-1}$), tretí experimentálny rok. V produkcii dusíkatých látok za 3 roky vo variante 1 a 2 bola zistená vzácna vyrovnanosť $6,30 t \cdot ha^{-1}$, čo potvrdilo už skoršie komentované štatistické hodnotenie. Tento poznatok limituje odozva na vek porastu lucerny sietej, vegetačnú fázu prezentovanú poklesom obsahu NL a rastu nestráviteľnej proteínovej frakcie, čo spolu znižuje množstvo prístupného proteínu pre zvieratá. Vzhľadom na vysoký obsah hrubého proteínu (18 – 20 % v sušine) je lucerna siata dôležitým zdrojom pre prežúvavce, predovšetkým pre dojnice.

Hodnotenie kvality lucerny sietej

Okrem vysokej produkčnej danosti je lucerna siata známa i svojimi kvalitatívnymi parametrami, ktoré spĺňajú požiadavky výživy a kŕmenia polygastrov. Popri vlastnom obsahu dusíkatých látok je rozhodujúcim činiteľom ich kvalita predstavovaná rýchlosťou a stupňom degradácie

Obrázok 1: Vplyv hnojenia minerálnymi hnojivami na úrodu dusíkatých látok ($t \cdot ha^{-1}$) v rokoch, kosbách a variantoch
Figure 1: Influence of mineral fertilizers on yield of the crude protein ($t \cdot ha^{-1}$) in years, cuts and variants



(1) cut, (2) year, (3) variant

Tabuľka 4: Chemické zloženie sušiny lucerny sietej v % (trojročný priemer kosieb)

Table 4: Chemical composition of dry matter of alfalfa in % (three-year average of cuts)

Kosba (1)	NL	L	V	RFP	EFK	PDI	NEL	SOH	IANP
1.	17,80	10,73	26,20	1,11	0,61	10,90	5,14	69,21	45
2.	18,10	10,70	23,60	1,07	0,56	11,10	5,27	65,36	46
3.	19,50	9,64	23,70	1,08	0,57	11,56	5,46	67,53	49
$\bar{x}$	18,30	10,35	24,50	1,08	0,58	11,18	5,28	65,72	46

NL – dusíkaté látky; L – lignín; V – vlákna; RFP – rozpustné fenolové polyméry; EFK – esterifikované fenolové kyseliny; PDI – dusíkaté látky skutočne stráviteľné v tenkom čreve; NEL – netto energia laktácie; SOH – stráviteľnosť organickej hmoty; IANP – index potenciálnej negatívnej aktivity

NL – crude protein; L – lignin; V – fiber; RFP – soluble phenol polymers; EFK – esterified phenolic acids; PDIs – actually a really small intestine; NEL – net energy of lactation; SOH – digestibility of organic matter; IANP – index of potential negative activity

(1) cut

v bachore určujúcim efektom využitia dusíkatých látok a tým aj ekonomiky chovu dojníc (19). V tejto súvislosti sme analyzovali kvalitu získanej fytomasy v spolupráci s Federálnym výskumným poľnohospodárskym ústavom v Nyone (tabuľka 4).

Trojkosne využívaná lucerna siata produkuje krmivo s obsahom 17,80 % – 19,00 % N-látok s hodnotami PDI 10,90 – 11,50 %, čo znamená, že N-látky v krmive sa využívajú na 56,74 – 60,84 %. Uvedené hodnoty možno získať z trávnych porastov pri strednej intenzite hnojenia minerálnymi hnojivami (150 kg.ha⁻¹ N + PK).

Oneskorenie zberu porastu lucerny sietej ako i každej krmoviny je spojené s tvorbou lignínu. Inkrustácie štruktúrnych polysacharidov a iných chemických štruktúr (pektín, bielkoviny), s ktorými tvorí lignín ireverzibilné väzby, zabraňuje prenikaniu enzýmov do vláknirovej štruktúry, a tým znižuje jej stráviteľnosť. Obsah lignínu sa prezentoval v našom pokuse hodnotami 10,73 % v prvej, 10,70 % v druhej a 9,64 % v tretej kosbe. V porovnaní s krmnými trávami (5 – 7 % lignínu) sú to hodnoty o 38 % až 53 % vyššie. Koncentrácia lignínu nad 7 % blokuje celulólytickú enzymatickú činnosť mikroorganizmov v bachore (21). Vysoký obsah lignínu v sušine krmu lucerny sietej sa prezentoval aj v stráviteľnosti organickej hmoty. V trojkosne zberanej lucerne stráviteľnosť dosiahla len úroveň 58,50 – 64,29 % v prvej, 59,74 – 63,36 % v druhej a 61,38 – 67,53 % v tretej kosbe. Za požadovanou stráviteľnosťou organickej hmoty (70 – 75 %) je to značné zaostávanie.

Významným ukazovateľom energetickej hodnoty krmu je netto energia laktácie (NEL) vyjadrovaná v MJ na kg sušiny. V tomto ukazovateli sme získali nižšie parametre (tabuľka 2) v porovnaní so stanovenými cieľmi (6,1 – 6,3 MJ.kg⁻¹ NEL sušiny).

V tejto súvislosti je potrebné dodať, že v súčasnosti žiadna laboratórna metóda neuvažuje s negatívnym vplyvom sekundárnych metabolitov a je len samozrejmé, že tým dochádza k nadhodnocovaniu reálnej kvality nielen lucerny sietej, ale i ďalších leguminóz, najmä však trvalých trávnych porastov (TTP) bohatých na dvojkľúčolistové druhy (13). Zo sekundárnych metabolitov lucerna obsahuje vysoké koncentrácie fenolov a z nich najdôležitejšou frakciou sú rozpustné fenolové polyméry. Polymerizované fenoly sa viažu vodíkovými väzbami na iné polyméry (bielkoviny, pektíny, štruktúrne cukry). Tieto väzby sú reverzibilné, ak ide o kondenzované polyméry a ireverzibilné v prípade hydrolyzovateľných polymérov (20, 21). V našich experimentoch neprekročil obsah rozpustných fenolov v sušine sledovanej odrody „Pálava“ hranicu 1 % v druhej a tretej kosbe. Mierne zvýšenie sa zistilo v prvej kosbe 1,11 %. V porovnaní s TTP sú tieto hodnoty o 150 –

200 % nižšie a predpokladáme, že ich negatívny vplyv na zrážanie bielkovín, inhibíciu tvorby enzýmov a znižovanie stráviteľnosti je menší ako u krmu z TTP, kde sme u vybraných leguminóz zistili hodnoty výrazne vyššie (4,03 – 8,29 %). Podobne ďalšia fenolová frakcia – esterifikované fenolové kyseliny sú v sušine lucerny sietej zastúpené v podstate nižších koncentráciách ako v sušine leguminóz z TTP (Tabuľka 4).

Cieľom výskumu kvality sušiny boli aj sledovania IANP (Index potenciálnej negatívnej aktivity). Tento ukazovateľ zodpovedá potenciálnej schopnosti rastlinnej fytomasy inhibovať proces v zažívacom trakte prežúvavcov, kumuluje negatívnu syntézu všetkých komponentov nachádzajúcich sa v presne definovanom extrakčnom prostredí na energetickú degradáciu špecifického vláknirového substrátu (22). Z výsledkov v tabuľke 4 vidno, že požadované kritérium hodnôt IANP do 120 porast lucerny sietej spĺňa v každej kosbe, i keď je bez tendencie mierneho nárastu IANP od prvej k tretej kosbe, čo naznačuje, že i v tomto smere je lucerna siata vynikajúca krmovina pre hovädzí dobytok.

Z uvedených výsledkov vyplýva, že výroba kvalitných krmív z lucerny sietej je často problematická, ak chceme dosiahnuť aj vysokú úrodu, aj kvalitu. Zber lucerny sietej v rastovej fáze na začiatku kvitnutia reprezentuje dobrý kompromis medzi úrodou, kvalitou a trvácnosťou. V tejto súvislosti odporúčame využiť výsledky novočlenených proteínových frakcií publikovaných Pelikánom et al. (19). Kvalitu sušiny lucerny sietej limituje obsah vlákniroviny, ktorý je v listoch nižší ako v stonkách. Mladé a staršie listy sú v stráviteľnosti podobné. Stonky však stráviteľnosť znižujú o 0,5 % denne. Straty lístkov počas zberu, skladovania a kŕmenia sú preto príčinou nižšej stráviteľnosti zostávajúceho krmiva. V tomto kontexte vyplýva pre producentov krmu z lucerny sietej požiadavka na zvýšenú frekvenciu využívania tejto plodiny – v bezzávlahových podmienkach realizovať 4 kosby, v závlahách 5 – 6 kosieb.

Nákladovosť a rentabilita výroby sušiny lucernového sena

Východiskom pre hodnotenie nákladov a výnosov výroby sena z lucerny sietej boli získané výsledky výskumu v produkcii sena a NL. Vychádzali sme pritom z technologických a ekonomických parametrov používaných Výskumným ústavom zemедělských technologií v Praze-Ruzyni. Dosiahnuté výsledky uvádzame v tabuľke 5. V technológii pestovania lucerny sietej dominujú náklady na priemyselné hnojivá (variant 1 – 54 %, variant 2 – 39 %). Najvyššími nákladmi v uvedenej technológii pestovania sa prezentoval prvý úžitkový rok (zakladanie porastov) a to v oboch sledovaných variantoch hnojenia. V druhom

Tabuľka 5: Náklady a výnosy výroby sušiny sena a dusíkatých látok lucerny sietej

Table 5: Costs and yields of production of dry matter and crude protein of alfalfa

Ukazovateľ (1)	Náklady na pomocné operácie a hlavné parametre (2)						
	cena (3)	úžitkové roky (4)					
		1.		2.		3.	
		V1 (5)	V2 (6)	V1 (5)	V2 (6)	V1 (5)	V2 (6)
Hlboká orba (7)	€.ha ⁻¹	60,10	-	-	-	-	-
Príprava pôdy (s + b) (8)	€.ha ⁻¹	18,14	-	-	-	-	-
Priemyselné hnojivá a ich aplikácia (9)	€.ha ⁻¹	102,50	307,50	102,50	-	102,50	-
Sejba (10)	€.ha ⁻¹	15,45	-	-	-	-	-
Osivá (11)	€.ha ⁻¹	90,00	-	-	-	-	-
Kosenie (3× za rok) (12)	€.ha ⁻¹	46,56	46,56	46,56	-	-	-
Obracanie sena (3 kosby) (13)	€.ha ⁻¹	34,62	34,62	34,62	-	-	-
Zhrabovanie sena (3 kosby) (14)	€.ha ⁻¹	36,96	36,96	36,96	-	-	-
Lisovanie sena (3 kosby) (15)	€.ha ⁻¹	123,48	123,48	123,48	-	-	-
Nakladanie a odvoz sena (3 kosby) (16)	€.ha ⁻¹	36,06	36,06	36,06	-	-	-
Náklady spolu (17)	€.ha ⁻¹	563,87	690,68	380,18	277,68	380,18	277,68
Úroda sena spolu (18)	t.ha ⁻¹	11,08	11,17	11,11	11,33	12,39	12,16
Úroda dusíkatých látok spolu (19)	t.ha ⁻¹	1,98	2,04	2,24	1,98	2,03	2,28
Náklady na 1 tonu sena (20)	€.ha ⁻¹	50,89	68,83	34,21	24,50	30,68	22,83
Tržby za suš. sena (21)	€.ha ⁻¹	664,80	670,20	666,60	679,80	743,40	729,60
Zisk za suš. sena (22)	€.ha ⁻¹	100,93	-20,73	286,42	402,12	363,22	451,92
Rentabilita bez podpory (23)	%	17,89	-2,95	75,33	144,81	95,53	162,74
Rentabilita s podporou (24)	%	54,01	39,75	129,68	219,36	149,48	248,00

(1) indicator, (2) the costs of the operation and the main parameters, (3) price, (4) utility years, (5) variant 1, (6) variant 2, (7) deep ploughing, (8) soil preparation work (shear and harrow), (9) fertilizers and their application, (10) seeding, (11) seeds, (12) mowing (3 times per year), (13) hay turning (3 cuts), (14) raking (3 cuts), (15) hay pressing (3 cuts), (16) hay handling (3 cuts), (17) total cost, (18) total hay production, (19) total crude protein production, (20) cost per 1 tonne of hay, (21) turnover (sales) of hay, (22) profit for dry matter of hay, (23) profitability without the support, (24) profitability with support

a treťom úžitkovom roku dosiahli náklady v porovnaní s prvým úžitkovým rokom 67 % (variant 1) a 36 % (variant 2). Náklady na tonu sena vo variantoch hnojenia majú vzostupný trend s najnižšími hodnotami v treťom úžitkovom roku 30,68 €.t⁻¹ (variant 1) a 22,83 €.t⁻¹ (variant 2). Ďalšie sledované ekonomické ukazovatele – tržby v rokoch sa prezentujú vzostupom s maximálnymi hodnotami 743,40 €.ha⁻¹ (variant 1) a 729,60 €.ha⁻¹ (variant 2). Naše výsledky pri cene 60 €.t⁻¹ potvrdili, že lucerna siata je aj vo výrobných podmienkach v daných rokoch ziskovou plodinou (100,93 – 363,22 €.ha⁻¹ variant 1 a 402,12 – 451,92 €.ha⁻¹ variant 2 v druhom a treťom úžitkovom roku pestovania). Stratou -20,73 €.ha⁻¹ sa prezentoval variant 2, čo podmieniajú vysoké náklady na priemyselné hnojivá v roku zakladania porastov. Rentabilitu nákladov v % sme vypočítali bez a po použití dotačných stimulov (SAPS 207 €.ha⁻¹). V tejto súvislosti sa žiada dodať, že v ostatných rokoch sa sprehľadnila dotačná politika EÚ vo vzťahu k slovenskému poľnohospodárstvu (8, 11). Rentabilita nákladov bez podpory má v úžitkových rokoch vzostupný trend 17,89 % v prvom až 95,53 % v treťom experimentálnom roku (variant 1). Zostupnú rentabilitu nákladov bez podpory sme vypočítali vo variante 2 (-2,95 %) v roku založenia porastov lucerny sietej. Vysoko rentabilnou je výroba lucernového sena v kontexte s podpornou politikou v oboch sledovaných variantoch.

Záver

Dosiahnuté výsledky v úrodách sušiny sena lucerny sietej v priemere 3 rokov dosiahli vo variante 1 11,52 t.ha⁻¹ a vo variante 2 11,55 t.ha⁻¹, v úrodách NL zhodne v oboch

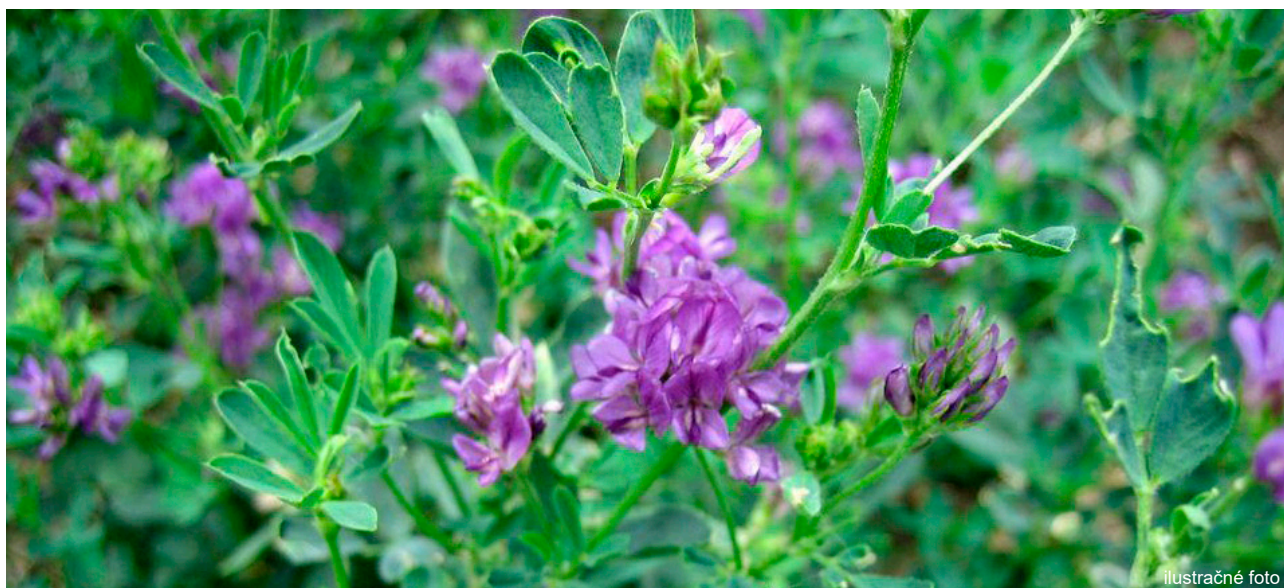
variantoch 2,1 t.ha⁻¹. Vyprodukovaná produkcia v sušine sena poskytuje krmivo vyhovujúce požiadavkám výživy hovädzieho dobytku v obsahu N-látok, PDI ale i obsahu sekundárnych metabolitov. Nižšie hodnoty NEL a stráviteľnosti organickej hmoty súvisia s fenologickou fázou zberu lucerny sietej, ktorá je tak rozhodujúcim ukazovateľom pre získanie kvalitného krmu. V tomto kontexte hlavne pre dojnice s vyššou úžitkovosťou je žiaduce využívať lucernu siatu 4 a v závlahových podmienkach až 5 kosbami. Ekonomickou analýzou výroby sušiny sena lucerny sietej v rokoch bola zistená ziskovosť. Zisk pri cene 60 €.t⁻¹ sa prezentoval sumou 100,93 €.ha⁻¹ až 363,22 €.ha⁻¹ (variant 1) a 402,12 až 451,92 €.ha⁻¹ (variant 2). Výroba sena lucerny sietej vo variantoch hnojenia bez podpory je rentabilná s výnimkou jednorazovej aplikácie PK-hnojív v roku zakladania porastov (variant 2). Vysokorentabilnou je výroba sena lucerny sietej v kontexte s podporou, v daných rokoch a variantoch hnojenia. Z uvedenej analýzy nákladov a výnosov odporúčame lucernu siatu vo výrobných podmienkach hnojiť fosforom a draslíkom jednorazovo do zásoby na tri roky.

Literatúra

- (1) BACO, P. 2009. Vplyv spoločnej pôdohospodárskej politiky EÚ na slovenské poľnohospodárstvo. In Možnosti využitia multifunkčnej produkcie slovenského pôdohospodárstva. Zb. ref. zo sympózia. Nitra : SAPV, 2009, s. 5–19. ISBN 978-80-891-62-40-6.
- (2) BEČVÁŘOVÁ, V. 2008. Přímé platby v evropském modelu zemědělství. In Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., vol. 56, 2008, no. 3, pp. 21–38.

- (3) BIELIK, P. a i. 2011. Podnikovo-hospodárska teória agrokomplexu. Nitra : SPU, 2011, 236 s. ISBN 80-7137-529-2.
- (4) ĎURIČOVÁ, I. 2014. Podporná politika do poľnohospodárstva SR v rokoch 2004 – 2012. In *Ekonomika poľnohospodárstva* (online), roč. 14, 2014, č. 2. ISSN 1338-6336.
- (5) ĎURKOVÁ, E. 2007. Viacročné krmoviny. In HOLÚBEK, R. a i. 2007. *Krmovinárstvo – manažment pestovania a využívania krmovín*. Nitra : SPU, 2007, 419 s. ISBN 978-88-8069-911-6.
- (6) FECENKO, J. – LOŽEK, O. 2000. Výživa a hnojenie poľných plodín. Nitra : SPU, 2000, 441 s. ISBN 80-7137-775.
- (7) FOLTÝN, I. a i. 2008. Analýza a vyhodnocování možností trvalé udržitelnosti zemědělství a venkova ČR v podmínkách EÚ a evropského modelu zemědělství. In *Periodická správa o výsledcích řešení za rok 2008*.
- (8) GRZNÁR, M. 2004. Vstup do EÚ a intenzita výroby v slovenskom poľnohospodárstve. In *Medzinárodné vedecké dni 2004: európska integrácia – výzva pre Slovensko*. Zb. vedeckých prác. Nitra : SPU, 2004, s. 320–325. ISBN 80-8069-356-0.
- (9) HOLÚBEK, I. 2018. *Ekonomika výroby a využívanie trávnych porastov v marginálnych oblastiach SR*. Habilitačná práca. SPU : Nitra, 2018, 134 s.
- (10) HOLÚBEK, R. a i. 2007. *Krmovinárstvo – manažment pestovania a využívania krmovín*. Nitra : SPU, 2007, 419 s. ISBN 978-88-8069-911-6.
- (11) CHRASTINOVÁ, Z. a i. 2018. Ekonomický potenciál slovenského poľnohospodárstva a potravinárstva v kontexte medzinárodných komparácií a tvorba indikátorov a aplikačných riešení pre hodnotenie dopadov agrárnych politík. *Štúdia č. 200/2018*, Bratislava : VÚEPP, 2018. ISBN 978-80-8058-622-5.
- (12) JAMRIŠKA, P. 1997. Účinok odrody a výsevného pomeru lucerny na tvorbu úrody miešanky s reznáčkou laločnatou. In *Zb. ref. z medzinárodnej vedeckej konferencie „Ekologické a biologické aspekty krmovinárstva“*, Nitra : SPU, 1997, s. 67–70.
- (13) JANČOVIČ, J. – HOLÚBEK, R. 1999. Niektoré parametre vybraných lúčnych rastlín po dlhodobom hnojení PTP. In *Rostlinná výroba*, roč. 45, 1999, č. 2, s. 79–83.
- (14) KOVÁČ, L. – JAKUBOVÁ, J. 2018. Náklady pestovateľského procesu viacročných krmovín. www.agroporadenstvo.sk/rastlinna-vyroba-krmoviny/?article=180
- (15) KRAJČOVIČ, V. 2004a. Funkcie trávnych ekosystémov pri využívaní horskej krajiny. In *Produkčné, ekologické a krajinotvorné funkcie trávnych ekosystémov a krmných plodín : zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie*, Nitra : SPU, 2004, s. 25–31. ISBN 80-8069-409-5.
- (16) KRAJČOVIČ, V. 2004b. Využívanie TTP v horských a poľnohospodársky znevýhodnených oblastiach. *Banská Bystrica : VUTPHP*, 2004, 137 s.
- (17) KRAJČOVIČ, V. a i. 1968. *Krmovinárstvo*. Bratislava : Príroda, 1968, 654 s.
- (18) LICHNER, S. a i. 1983. *Krmovinárstvo*. 1. vyd., Bratislava : Príroda, 1983, 548 s.
- (19) PELIKÁN, J. – KNOTOVÁ, D. – RICHTER, M. – TRÍNÁCTÝ, J. – SKLÁDANKA, J. 2017. Vliv stárnutí porostu vojtešky na obsah proteinových frakcí. In *Úroda*, roč. 65, 2017, č. 12, s. 465–468. ISSN 0139-6013.
- (20) ŠČEHOVIČ, J. 1990. Kvalita objemových krmív z trvalých trávnych porastov. In *aktuálne otázky krmovinárstva v teórii a praxi*. Nitra : VŠP, 1990, s. 152–160.
- (21) ŠČEHOVIČ, J. 1991. Considérations sur la composition chimique dans l'évaluation de la qualité des forrages des prairies naturelles. In *Revue Suisse d'agriculture*, vol. 23, 1991, no. 5, pp. 305–310.
- (22) ŠČEHOVIČ, J. 1994. Kvalita krmovín z floristicky pestrých porastov a problémy jej stanovenia. In *Racionálne využívanie pasienkov a intenzifikácia pasienkarstva*. Zborník referátov z vedeckej konferencie, Nitra : VŠP, 1994, s. 71–80.
- (23) *Štatistická ročenka Slovenskej republiky 2010*. Statistical yearbook of the Slovak Republic Bratislava : Veda, 2010. ISBN 978-80-224-1163-9.
- (24) *Štatistická ročenka Slovenskej republiky 2017*. Statistical yearbook of the Slovak Republic 2017, Bratislava : Veda, 2017. ISBN 978-80-224-1629-0.
- (25) TRUBAČOVÁ, A. – STANKOVÁ, M. 2012. Nákladovosť poľnohospodárskych výrobkov v SR za rok 2012. Bratislava : VÚEPP, 2013, 64 s. ISBN 978-80-8058-591-4.
- (26) VOZÁR, L. 2007. Lúčne a pasienkové rastliny. In Holúbek, R. a i. 2007. *Krmovinárstvo – manažment pestovania a využívania krmovín*, Nitra : SPU, 2007, 419 s. ISBN 978-88-8069-911-6.
- (27) <http://www.vuzt.cz/index.php?l=A34> [cit. 2018-05-25].

doc. Ing. Ivan Holúbek, PhD.
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Fakulta ekonomiky a manažmentu
Katedra financií
Tr. A. Hlinku 2. 949 76 Nitra
e-mail: ivan.holubek@uniag.sk



ilustračné foto

Závislosť produkcie slniečnice ročnej (*Helianthus annuus* L.) od poveternostných podmienok, hybridov a foliárnej aplikácie hnojiva Route

Sunflower production dependence on weather conditions, hybrids and Route foliar application

**Alexandra Zapletalová, Ivan Černý,
Rastislav Bušo**

Two-year experiments were based on the fields of Biology and Ecology Center of FAFR SUA in Nitra Dolná Malanta, where were used two-line sunflower hybrids NK Dolbi, NK Kondi, NK Tristan with application of supporting fertilizer Route with stimulated effect. The trials were established by split plot design with randomized complete blocks base design in three replications. The results were evaluated by LSD test. Selected production parameters of sunflower were influenced statistically high significant by growing year, the year 2011 was more favorable for sunflower cultivation. Within the evaluation of biological material, which statistically high significant affected the yield and achene quality, the hybrid NK Kondi was the most powerful. Foliar application of supporting fertilizer Route statistically nonsignificant evaluated sunflower production and quality in comparison with control variant. Higher yield and achene fat content were signed on the control variant.

**sunflower, year, hybrids, supporting fertilizer, achene
yield, fat content**

Olejnate plodiny majú v našom poľnohospodárstve trvale významné postavenie pre ich viacstranné využitie. Výmera ich pestovania z roka na rok stúpa a záujem o olejnate semená najmä slnečnicové je nielen zo strany tukového priemyslu, ale aj z technických odvetví. Sú potrebné pre výroby v kozmetike, farmácii, náterové a impregnačné hmoty, čistiace prostriedky, textilný a strojársky priemysel a ďalšie (21).

Slniečnica ročná (*Helianthus annuus* L.) je považovaná za štvrtú najvýznamnejšiu olejninu sveta so zberovou plochou približne 25 miliónov hektárov a ktorej ročná produkcia predstavuje v priemere 36 miliónov ton nažiek (9).

Význam slnečnice ročnej spočíva v poskytovaní vysoko kvalitného a dieteticky hodnotného oleja príjemnej chuti. Obsah oleja u olejnatých foriem sa pohybuje na úrovni 45 %. Zodpovedajúca výživová hodnota je daná vysokým obsahom kyseliny linolovej (až 70 %), obsahom lyzínu a metionínu v bielkovinách, ale i prítomnosťou karotenoidov (15).

Slniečnica ročná na tvorbu nadzemnej a podzemnej fyto-
masy spotrebuje značné množstvo živín. V prípade, že

sa z pôdy odnáša len hlavný produkt, t. j. nažky, do pôdy sa, z celkového množstva prvkov prijatých nadzemnými orgánmi, vráti až 50 % dusíka, 30 % fosforu, 90 % draslíka a 80 % horčíka (14).

Rastliny disponujú schopnosťou prijímať živiny nielen koreňmi ale aj listami a inými nadzemnými časťami (12, 17, 22). V súčasnosti platí skutočnosť, že využívaním listových hnojív nemožno riešiť dlhodobé nedostatky vo výžive rastlín. Listová výživa nemôže nahradiť výživu rastliny z pôdy, preto ani intenzívnou foliárnou aplikáciou hnojív v 7- až 14-dňových intervaloch nemožno nahradiť plnú potrebu živín, z dôvodu ich nízkej koncentrácie v listových hnojivách.

V pestovateľskej praxi má foliárna výživa význam ako účinné doplnkové opatrenie, alebo presnejšie, ako efektívna forma zvyšovania úrovne výživy rastlín v priebehu vegetačného obdobia (18).

Disponovať dostatkom relevantných informácií ohľadom využitia podporných hnojív v pestovaní slnečnice ročnej je pre poľnohospodársku prax veľmi dôležité. Ide predovšetkým o informácie vzťahujúce sa k optimálnej úrovni koncentrácií a kombinácií prípravkov a ich účinku v rôznych agroekologických podmienkach pestovania (19).

Cieľom príspevku bolo zhodnotiť vplyv podporného hnojiva Route na produkciu a kvalitu slnečnice ročnej.

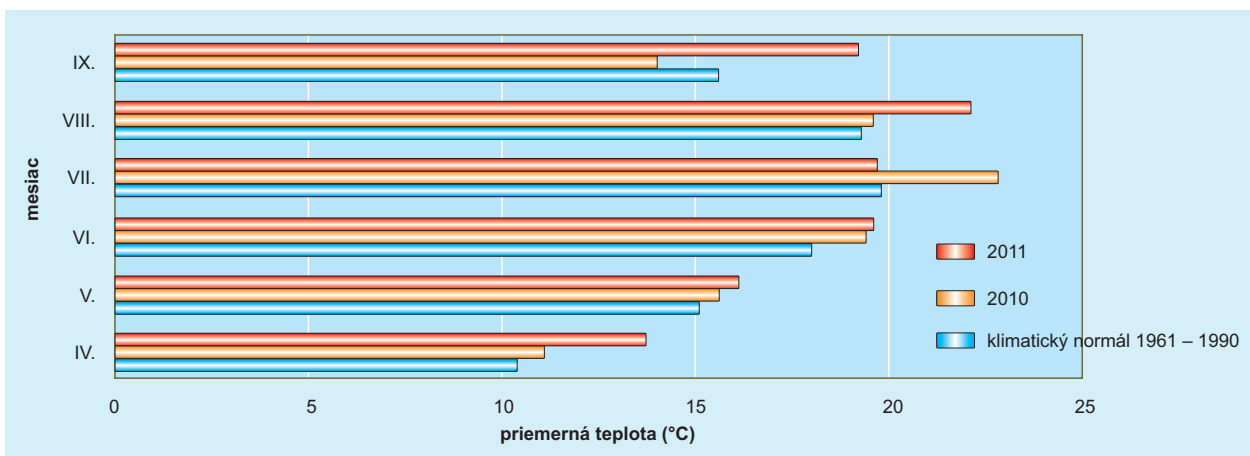
Materiál a metódy

Poľné polyfaktorové experimenty s dvojlíniovými hybridmi slnečnice ročnej (*Helianthus annuus* L.) NK Kondi, NK Dolbi, NK Tristan (významný rozdiel spočíva v skorosti) boli realizované v experimentálnom období rokov 2010 – 2011 na experimentálnej báze (EXBA) Dolná Malanta (zemepisná šírka 48° 19' 00"; zemepisná dĺžka 18° 09' 00"; nadmorská výška 175 m n.m.). Experimentálna báza je zaradená do kukuričnej výrobnéj oblasti a klimatologicky je charakterizovaná teplým a mierne suchým podnebím počas vegetačného obdobia.

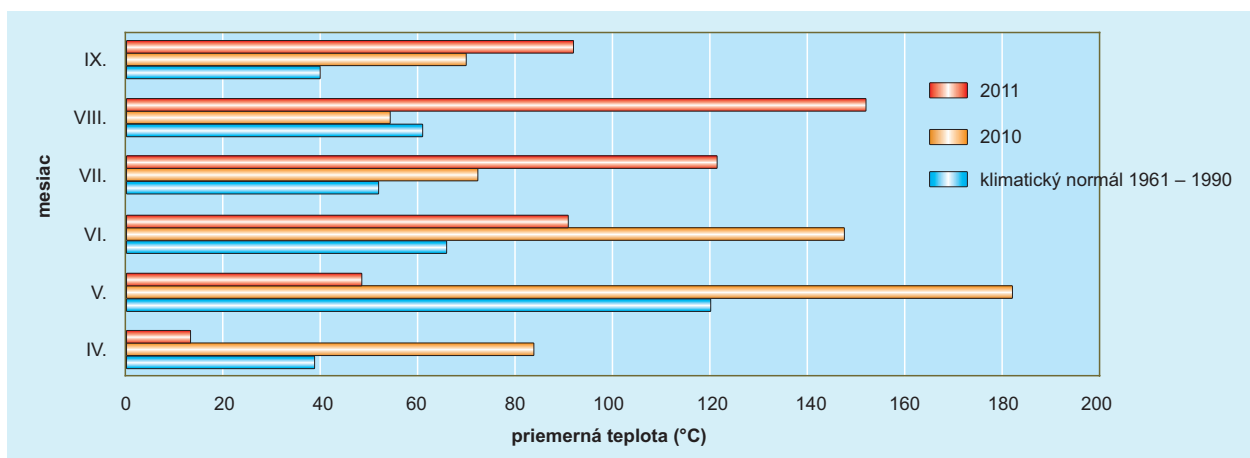
Technológia pestovania slnečnice ročnej bola konvenčná. Predplodinou bol jačmeň siaty jarný (*Hordeum vulgare* L.). Základné hnojenie bolo uskutočnené na základe agrochemického rozboru pôdy bilančnou metódou na plánovanú úrodu 3 t.ha⁻¹. Pri základnom obrábaní pôdy bola uskutočnená stredne hlboká orba. V jarnom období bolo aplikované minerálne hnojivo NPK (15: 15: 15) v dávke korešpondujúcej 45,0 kg.ha⁻¹ N, 19,6 kg.ha⁻¹ P a 37,3 kg.ha⁻¹ K. Výsev bol vykonaný v prvej dekáde apríla v spone 0,70 × 0,22 m spolu s aplikáciou herbicídu Wing P (BASF) v dávke zodpovedajúcej množstvu 4 l.ha⁻¹. V priebehu vegetačnej periódy bol dvoch termínov (BBCH 51 – fáza hviezdy; BBCH 61 – fáza kvitnutia) aplikovaný fungicíd Pictor (dávka 0,5 l.ha⁻¹). Poveternostné podmienky jednotlivých vegetačných rokov slnečnice ročnej boli vyhodnotené prostredníctvom priemernej mesačnej teploty v °C a mesačným úhrnom zrážok v mm (obrázok 1, obrázok 2).

Foliárna aplikácia podporného hnojiva Route bola uskutočnená v dávke 0,5 l.ha⁻¹ v rastovej fáze BBCH 14, čo zodpovedá 4 pravým listom. Z hľadiska zloženia je Route roztokové hnojivo obsahujúce zinok v komplexe s octanom amónnym, pričom obsah vodorozpuštného zinku tvorí 8,5 %. Route je podporné hnojivo so stimulačným účinkom, spôsobuje zvýšenie tvorby „auxínov“ – fytohormónov v rastline. Auxíny sa transportujú z listov do koreňov, kde zodpovedajú za predĺžovací rast. Route výrazne zlep-

Obrázok 1: Priemerné teploty rokov 2010 a 2011 a klimatický normál
Figure 1: Average temperatures of years 2010 and 2011 and climatic normal



Obrázok 2: Priemerný úhrn zrážok rokov 2010 a 2011 a klimatický normál
Figure 2: Average precipitation of years 2010 and 2011 and climatic normal



šuje zakoreňovanie a celkový rast, zlepšuje prezimovanie repky ozimnej bez regulátorov, zintenzívňuje fyziologické procesy v rastline, zvyšuje čerpanie a transport vody a živín, znižuje herbicídny stres, eliminuje stresové podmienky ako je sucho, neskorá sejba, zhutnená pôda a pod. Route je biologicky kompatibilný s väčšinou prípravkov na ochranu rastlín za predpokladu, že sú dodržané všetky odporúčania pre prípravok, ako je načasovanie, dávka, podmienky použitia

Poľné, polyfaktorové pokusy boli založené metódou kolmo delených blokov s náhodným usporiadaním v troch opakovaniach. Veľkosť pokusnej parcelky bola $2,1 \times 7$ m. Výsledky experimentu boli vyhodnotené štandardnými grafickými a štatistickými metódami (analýza rozptylu a LSD test pri hladine významnosti 95 % a 99 %) v štatistickom programe Statistica 7.

Výsledky a diskusia

Poveternostné podmienky pestovateľského ročníka (najmä priebeh teplôt a zrážok) majú rozhodujúci vplyv na produkčný proces slnečnice ročnej a v konečnom dôsledku na výšku úrody nažiek a ich obsah tuku (5, 10). Nízke

priemerné teploty v roku 2010 na začiatku a konci vegetačného obdobia slnečnice ročnej (obrázok 1) a vysoké priemerné hodnoty úhrnu zrážok v roku 2010 v porovnaní s klimatickým normálom (obrázok 2) ovplyvnili produkčný proces slnečnice ročnej štatisticky vysoko preukazne. Dosiagnutá úroda nažiek v roku 2010 bola na úrovni $2,58 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ pričom v roku 2011 až $3,92 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tabuľka 1). Rovnako z pohľadu hodnotenia kvality slnečnice ročnej bol dosiahnutý štatisticky vysoko preukazne vyšší obsah tuku v nažkách 50,51 % v roku 2011 v porovnaní s rokom 2010, kde obsah tuku bol nižší 41,64 % (tabuľka 2). Výsledky pokusu potvrdili závery viacerých autorov, že poveternostné podmienky zásadne vplývajú na zmeny v metabolizme poľných plodín, ktoré zapríčiňujú pokles kvalitatívnych ukazovateľov jednotlivých plodín (3,16).

Z hodnotenia použitých hybridov slnečnice ročnej vyplýva, že úroda ale aj kvalita nažiek bola ovplyvnená štatisticky vysoko preukazne (tabuľka 4 a 5). Najvyššia úroda ($4,19 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) bola dosiahnutá pri hybridu NK Kondi v roku 2011 a najnižšia ($2,38 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) pri hybridu NK Dolbi v roku 2010 (tabuľka 3). Štatisticky vysoko preukazný rozdiel bol zaznamenaný iba pri hybridu NK Kondi v porovnaní s hybridmi NK Dolbi a NK Tristan (tabuľka 4).

Tabuľka 1: Vplyv roka na úrodu nažiek (t.ha⁻¹)

Table 1: Effect of year on achene yield (t.ha⁻¹)

Rok (1)	Úroda nažiek (2)	1	2
2010	2,58	****	
2011	3,92		****

(1) year, (2) achene yield

LSD test, $\alpha = 0,01$, PČ = 0,05826, sv = 28 000

LSD test, $\alpha = 0,01$, PČ = 0,05826, sv = 28,000

Tabuľka 2: Vplyv roka na obsah tukov (%)

Table 2: Effect of year on fat content (%)

Rok (1)	Obsah tuku (2)	1	2
2010	41,64	****	
2011	50,52		****

(1) year, (2) fat content

LSD test, $\alpha = 0,01$, PČ = 3,2969, sv = 28 000

LSD test, $\alpha = 0,01$, PČ = 3,2969, sv = 28,000

Obsah tuku v nažkách slnečnice ročnej bol štatisticky vysoko preukazne ovplyvnený biologickým materiálom. Najvyšší obsah tuku bol zaznamenaný pri hybride NK Kondi 56,30 % v pestovateľskom roku 2011 a naopak najnižší obsah tukov bol dosiahnutý pri hybride NK Dolbi 40,75 % v pestovateľskom roku 2010 (tabuľka 3). V rámci hodnotenia hybridov a ich vplyvu na obsah tukov bol zaznamenaný štatisticky vysoko preukazný rozdiel medzi hybridmi navzájom (tabuľka 5). Rôzne experimenty uvádzajú štatisticky nepreukazný vplyv biologického materiálu na úrodu a kvalitu slnečnice ročnej (1), iné potvrdzujú fakt, že každý hybrid má svoj produkčný potenciál, ktorý môže byť dosiahnutý iba ak sú dodržané správne agro-technické zásahy a priaznivé podmienky pestovateľského prostredia (2, 4, 11).

Úroda nažiek, ako hlavný ukazovateľ produkčného procesu bola štatisticky nepreukazne ovplyvnená aplikáciou podporného hnojiva Route, ktorý je založený na princípe ovplyvnenia rastového hormónu auxínu. Najvyššia úroda 4,76 t.ha⁻¹ bola dosiahnutá pri hybride NK Kondi v roku 2011 a naopak najnižšia úroda 2,10 t.ha⁻¹ pri hybride NK Dolbi v roku 2010 (tabuľka 6). Rovnaká tendencia bola zistená aj pri hodnotení obsahu tukov v nažkách, kde bol zaznamenaný štatisticky nepreukazný vplyv aplikácie podporného hnojiva so stimulačným účinkom na olejna-

Tabuľka 4: Vplyv hybridu na úrodu nažiek (t.ha⁻¹)

Table 4: Effect of hybrids on achene yield (t.ha⁻¹)

Hybrid (1)	Úroda nažiek (2)	1	2
NK Tristan	3,01	****	
NK Dolbi	3,17	****	
NK Kondi	3,57		****

(1) hybrid, (2) achene yield

LSD test, $\alpha = 0,01$, PČ = 0,05826, sv = 28 000

LSD test, $\alpha = 0,01$, PČ = 0,05826, sv = 28,000

Tabuľka 5: Vplyv hybridu na obsah tuku (%)

Table 5: Effect of hybrid on fat content (%)

Hybrid (1)	Obsah tuku (2)	1	2	3
NK Tristan	42,59	****		
NK Dolbi	46,40		****	
NK Kondi	49,26			****

(1) hybrid, (2) fat content

LSD test, $\alpha = 0,01$, PČ = 3,2969, sv = 28 000

LSD test, $\alpha = 0,01$, PČ = 3,2969, sv = 28,000

tosť slnečnice ročnej. Najvyšší obsah tukov bol dosiahnutý pri hybride NK Kondi 58,19 % na ošetrovanom variante podporným hnojivom Route a najnižšia olejnatosť 40,51 % bola dosiahnutá pri hybride NK Kondi na ošetrovanom variante v roku 2010 (tabuľka 6). Nami dosiahnuté výsledky, aj napriek pozitívnemu vplyvu podporného hnojiva Route, nekorešponujú s výsledkami viacerých autorov (6, 7, 8, 13), ktorí zaznamenali štatisticky vysoko preukazný vplyv biostimulátorov na výšku úrod a obsah tukov v nažkách.

Záver

Z výsledkov experimentov realizovaných na pozemkoch Strediska biológie a ekológie rastlín FAPZ SPU v Nitre, bol zistený štatisticky vysoko preukazný vplyv poveternostných podmienok ročníka na úrodu a kvalitu slnečnice ročnej. Z hľadiska hodnotenia produkčných ukazovateľov slnečnice ročnej bol pre pestovanie plodiny priaznivejší rok 2011.

Výšku úrod a kvalitu nažiek slnečnice ročnej ovplyvnil biologický materiál štatisticky vysoko preukazne, kde naj-

Tabuľka 3: Priemerné hodnoty úrody (t.ha⁻¹) a obsahu tuku (%) za roky 2010 a 2011

Table 3: Average yields (t.ha⁻¹) and fat content (%) in years 2010 and 2011

Rok (1)	Hybrid			Aritmetický priemer (2)	Smerová odchýlka (3)
	NK Dolbi	NK Kondi	NK Tristan		
Úroda nažiek (4)					
2010	2,38	2,89	2,58	2,62	0,26
2011	4,07	4,19	3,44	3,90	0,40
Aritmetický priemer (2)	3,23	3,54	3,01	3,26	
Smerová odchýlka (3)	1,20	0,92	0,61		0,30
Obsah tuku (5)					
2010	40,75	42,22	41,95	41,64	0,78
2011	52,04	56,30	43,19	50,51	6,69
Aritmetický priemer (2)	46,40	49,26	42,57	46,08	
Smerová odchýlka (3)	7,98	9,96	0,88		4,77

(1) year, (2) arithmetic average, (3) standard deviation, (4) achene yield, (5) fat content

Tabuľka 6: Priemerné hodnoty úrodu (t.ha⁻¹) a obsahu tuku (%) na variantoch ošetrovania v rokoch 2010 a 2011

Table 6: Average achene yields (t.ha⁻¹) and fat content (%) at treatment in years 2010 and 2011

Rok (1)	Hybrid			Aritmetický priemer (2)	Smerová odchýlka (3)
	NK Dolbi	NK Kondi	NK Tristan		
Úroda nažiek (4)					
Kontrola (6)					
2010	2,37	2,87	2,74	2,66	0,26
2011	4,19	4,57	3,65	4,14	0,46
Aritmetický priemer (2)	3,28	3,72	3,20	3,40	
Smerová odchýlka (3)	1,29	1,20	0,64		0,35
Route					
2010	2,10	3,21	2,58	2,63	0,56
2011	3,58	4,76	3,79	4,04	0,63
Aritmetický priemer (2)	2,84	3,99	3,19	3,34	
Smerová odchýlka (3)	1,05	1,10	0,86		0,13
Obsah tuku (5)					
Kontrola (6)					
2010	42,13	43,94	43,80	43,29	1,01
2011	53,93	53,74	44,28	50,65	5,52
Aritmetický priemer (2)	48,03	48,84	44,04	46,97	
Smerová odchýlka (3)	8,34	6,93	0,34		4,27
Route					
2010	41,63	40,51	40,82	40,99	0,58
2011	57,24	58,19	41,52	52,32	9,36
Aritmetický priemer (2)	49,44	49,35	41,17	46,65	
Smerová odchýlka (3)	11,04	12,50	0,49		6,55

(1) year, (2) arithmetic average, (3) standard deviation, (4) achene yield, (5) fat content, (6) control treatment

Tabuľka 7: Vplyv ošetrovania na úrodu nažiek (t.ha⁻¹)

Table 7: Effect of treatment on achene yield (t.ha⁻¹)

Ošetrovanie (1)	Úroda nažiek (2)	1	2
Route	3,34	****	
Kontrola (3)	3,37	****	

(1) treatment, (2) achene yield, (3) control treatment

LSD test, $\alpha = 0,01$, PČ = 0,05826, sv = 28 000

LSD test, $\alpha = 0,01$, PČ = 0,05826, sv = 28,000

Tabuľka 8: Vplyv ošetrovania na obsah tuku (%)

Table 8: Effect of treatment on fat content (%)

Ošetrovanie (1)	Obsah tuku (2)	1	2
Route	46,65	****	
Kontrola (3)	46,98	****	

(1) treatment, (2) fat content, (3) control treatment

LSD test, $\alpha = 0,01$, PČ = 3,2969, sv = 28 000

LSD test, $\alpha = 0,01$, PČ = 3,2969, sv = 28,000

vyššie hodnoty vybraných produkčných parametrov boli dosiahnuté pri hybride NK Kondi.

Formovanie úrody a kvality slnečnice ročnej bolo štatisticky nepreukazne ovplyvnené aplikáciou podporného hnojiva Route v porovnaní s nehnojeným variantom.

Literatúra

- (1) BACSOVÁ, Z. 2011. Hodnotenie vplyvu racionalizačných prvkov technológie pestovania slnečnice ročnej (*Helianthus annuus* L.) na vybrané produkčné a kvalitatívne parametre: dizertačná práca. Nitra : SPU, 2011, 158 s.

- (2) ČERNÝ, I. 2010. Vplyv vhodného hybridu na úspešnosť pestovania slnečnice ročnej. In Naše pole, roč. 13, 2010, č. 3, s. 22–23.
- (3) ČERNÝ, I. et.al. 2011. Influence of temperature and moisture conditions of locality on the yield formation of sunflower (*Helianthus annuus* L.). In Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, vol. 59, 2011, no. 6, pp. 99–104.
- (4) ČERNÝ, I. – MÁTYÁS, M. – KOVÁR, M. 2013. Analýza vplyvu poveternostných podmienok ročníka a variability genetického materiálu na úrodu a obsah tukov v nažkách slnečnice ročnej (*Helianthus annuus* L.). In Pestovateľské technológie v podmienkach klimatickej zmeny. Nitra : SPU, 2013, s. 24–30. ISBN 978-80-552-1108-4.
- (5) ECHARTE, M. M. – PUNTEL, L. A. – AGUIRREZÁBAL, L.A.N. 2013. Assessment of the critical period for the effect of intercepted solar radiation on sunflower oil fatty acid composition. In Field Crops Research, vol. 149, 2013, pp. 213–222. ISSN 0378-4290.
- (6) ERNST, D. – KOVÁR, M. – ČERNÝ, I. 2016. Vplyv dvoch rôznych rastlinných regulátorov rastu na produkčné ukazovatele slnečnice ročnej. In JCEA, roč. 17, 2016, č. 4, s. 998–1012. ISSN 1332 – 9049.
- (7) ERNST, D. – ČERNÝ, I. 2017. Vplyv stimulantov rastu BiomagicPlus a Black. Jak na ukazovatele produkčného procesu slnečnice ročnej. In Prosperujúce plodiny poznatky z výskumu a praxe, Nitra : SPU, 2017, s. 71–75. ISBN 987-80-552-1752-9.
- (8) ERNST, D. – ČERNÝ, I. 2017. Možnosti biostimulácie slnečnice ročnej. In Naše pole, 2017, č. 2, s. 42–44.
- (9) FAO. 2015. FAO Statistical Yearbook – World Food and Agriculture. In Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2015, 236 p. ISBN 978-92-5-108802-9.

- (10) GESCH, R. W. – JOHNSON, B. L. 2013. Post-anthesis development of oil content and composition with respect to seed moisture in two high-oleic sunflower hybrids in the northern US. In *Field Crops Research*, vol. 148, 2013, pp. 1–8. ISSN 0378-4290.
- (11) IBRAHIM, H. M. 2012. Response of some sunflower hybrids to different levels of plant density. In *APCBEE Procedia*, vol. 4, 2012, pp. 175–182. ISSN 2212-6708.
- (12) KOŁODZIEJCZYK, M. et al. 2013. The effectiveness of N-fertilization and microbial preparation on spring wheat. In *Plant Soil and Environment*, vol. 59, 2013, no. 8, pp. 335–341.
- (13) KOUTROUBAS, S.D. – VASSILIOU, G. – DAMALAS, C.A. 2014. Sunflower morphology and yield as affected by foliar applications of plant growth regulators. In *International Journal of Plant Production*, vol. 8, 2014, no. 2, pp. 215–230. ISSN 1735-6814. DOI: dx.doi.org/10.1590/S0100-83582015000100015.
- (14) KOVÁČIK, P. 2009. Výživa a systémy hnojení rostlin. 1 vyd., České Budějovice, 2009, 109 s. ISBN 978-80-87111-16-1.
- (15) LACKO-BARTOŠOVÁ, M. 2005. Udržateľné a ekologické poľnohospodárstvo. 1 vyd., Nitra : SPU, 2005, 575 s. ISBN 80-8069-556-3.
- (16) LENÁRT, R. 2004. Revolúcia v technológii pestovania slnečnice. In *Naše pole*, roč. 12, 2004, s. 23.
- (17) OSTERHUIS, D. – ROBERTSON, W. C. 2000. The use of plant growth regulators and other additives in cotton production. In *AAES Special Report 198, Proceedings of the 2000 Cotton Research Meeting*, 2000, pp. 22–32.
- (18) PEZA, Z. 2008. Stimulace a listová výživa slunečnice – výsledky poloprovozního sledování. In *Prosperující olejiny* 2008. Sborník konference s mezinárodní účastí, Praha : Česká zemědělská univerzita, 2008, s. 150–152. ISBN 978-80-213-1860-1.
- (19) SPITZER, T. et al. 2011. Management of sunflower stand height using growth regulators. In *Plant, Soil and Environment*, vol. 57, 2011, pp. 357–363. ISSN 1214-1178.
- (20) ULLAH, S. – QURESHI, M.A. – ALI, M.A. – MUJEEB, F. – YASIN, S. 2017. Comparative potential of *Rhizobium* species for the growth promotion of sunflower (*Helianthus annuus* L.). In *Eurasian Journal of Soil Science*, vol. 6, 2017, no. 3, pp. 189–196. ISSN 2147-4249. DOI: 10.18393/ejss.2017.3.189-196.
- (21) UVÍROVÁ, V. 2015. Zber slnečnice ročnej. [online] [cit. 2012-02-23]. Dostupné na: <<https://www.rno.sk/zber-slnečnice-ročnej/>>
- (22) VARGA, L. 2012. Listová výživa – významný intenzifikačný faktor pri pestovaní poľnohospodárskych plodín. [online] <http://www.rvaslovaquia.sk/storage/file/Listov%C3%A1%20v%C3%BD%C5%BEiva%20RWA%20SLOVAKIA.pdf>, cit. 25. 9. 2012.

Ing. Alexandra Zapletalová, PhD.
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov
Katedra agrochémie a výživy rastlín
Tr. Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra
e-mail: zapletalova.alexandra@gmail.com

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

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

Tomáš Lošák, Tereza Zezulová,
Mojmír Baroň, Jakub Elbl, Antonín Kintl,
Ladislav Ducsay, Ladislav Varga,
Stanislav Torma, Marko Petek

In a three-year field experiment (2011–2013) it was monitored the effect of foliar applications of potassium on yields and some qualitative parameters of grapevine cv. Zweigelt, locality Nosislav, South Moravia, Czech Republic. The fertiliser was soluSOP 52 (Sulphate of potash; 43% K, 18% S), applied 4× during vegetation (BBCH 15–19; 55; 75 and 83, respectively) at total rates of 6.22 and 12.44 kg K.ha⁻¹ (0.9 and 1.8% solutions). In number of cases the year significantly affected the yields and yield quality. Grape yields (a 3-year average) increased with increasing rates of K by 10.3–13.9 % over the unfertilised control. The sugar content decreased in both of the fertilised treatments (17.2–20.5 °NM) in contrast to the unfertilised control (19.3–20.9 °NM). The contents of titratable acids and the pH of grape must did not differ significantly among the treatments (8.42–10.86 g.l⁻¹ and

pH 3.02–3.28, respectively). The content of K in leave blades (% in dry matter) decreased during vegetation; and on a 3-year average it increased in both of the fertilised treatments at all the stages. Based on the results it can be recommend foliar applications of the soluSOP 52 fertiliser also in vineyards with a good supply of subsoil K and a very high content of (sub)soil Ca, particularly because it stimulates grape yields.

grapevine, foliar fertilisation, potassium, yield, sugar, titratable acids, pH of grape must

Réva vinná (*Vitis vinifera* L.) je vytrvalou kulturní plodinou, kdy produkce kvalitních hroznů vhodných pro přípravu hodnotného vína závisí na řadě faktorů, včetně adekvátní výživy a hnojení (7). Draslík (K) je důležitý makrobiogenní prvek s řadou fyziologických funkcí v rostlině, např. pro buněčný turgor, růst meristémů, transport asimilátů na dlouhé vzdálenosti, ve fotosyntéze (13). Draslík se akumuluje zejména v pletivech pokožky bobulí během dozrávání jako výsledek jeho remobilizace ze starších listů (2). Bobule jsou významným sinkem pro draslík, zejména během dozrávání (14). Draslík je nejpočetnější kationt v bobulích, který je zapojen do transportu cukrů (18). Draslík podporuje odolnost révy proti suchu i škůdcům. Nedostatek K zvyšuje nebezpečí poškození révy mrazem v důsledku opožděného vyžrávání letorostů a snižuje obsah cukrů v hroznech. Dále vede ke zpomalení růstu, zkracování internodií a projevuje se atypickou okrajovou spálou listů. Draslík významně ovlivňuje kvalitu, má vliv na chuť vína, dodává mu harmoničnost a prodlužuje jeho skladovatelnost (7).

Tabulka 1: Agrochemická charakteristika zeminy před založením experimentů
Table 1: Agrochemical characteristics of the soil prior to setting up 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	7776	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) alkali

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

Varianta číslo (1)	Hnojivo (2)	Koncentrace roztoku (%) (3)	Celková dávka K (kg.ha ⁻¹) (4)
1	–	–	–
2	soluSOP 52	0,9	6,22
3	soluSOP 52	1,8	12,44

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

Výskyt fyziologických chorob – scvrkávání bobulí (berry shrivel) a nekróza třapiny (stalk necrosis), které negativně ovlivňují kvalitu hroznů (pokles jejich cukernatosti a nárust obsahu kyselin), jsou rovněž diskutovány v souvislosti s disharmonií ve výživě hořčíkem či draslíkem, ale nebyly dosud jednoznačně potvrzeny (8). Mimokořenová aplikace hnojiv obsahujících draslík je možnou praktikou ke korekci výživářských disbalancí při pěstování révy viné (21). 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%ni účinnosti živin, zatímco při aplikaci do půdy pouze 30 – 60 %ni. Současně je třeba zdůraznit, že hlavním místem příjmu živin je kořen a mimokořenová výživa je pouze doplňkem. Dávku 66–97 kg K.ha⁻¹, při jeho dobrém obsahu v půdě (19), 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). Ložek et al. (10) popisují u Frankovky modré odběr draslíku hrozny na úrovni 30,2 kg.ha⁻¹ plus listy a dřevem ve výši 40,6 kg.ha⁻¹ při výnosu hroznů 10,4 t.ha⁻¹ plus listů a dřeva 6,2 t.ha⁻¹. 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. Draslík se řadí k živinám s rychlou absorpcí (10 – 24 hod) i mobilitou v rostlině (7). Mimokořenová výživa je vysoce účinná i preventivně nebo v případech omezeného příjmu draslíku z půdy, což je i za sucha, které se stává čím dál větším problémem pro zemědělství (6, 7) nebo jako důsledek vzájemného antagonismu iontů, např. vápníku a draslíku (3).

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

Materiál a metody

Experimentální lokalita patří 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.ha⁻¹). 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× mulčována. Prostor mezi jednotlivými hlavami byl udržován v bezplevelném stavu pomocí herbicidů. Vinohrad je zahrnut v systému integrované produkce.

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 agrochemické charakteristiky půdy metodou Mehlich 3 (12), která je uvedena v tabulce 1.

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 N.ha⁻¹ ve formě ledku amonného s vápencem (27% N) a 37 kg P.ha⁻¹ ve formě amofosu (12 % N a 22,7 % P).

Mimokořenově bylo aplikováno hnojivo soluSOP 52, což je síran draselný s obsahem 43 % K a 18 % S jako nízkoprocenní roztok (0,9 – 1,8 %) ve dvou dávkách – 6,22 a 12,44 kg K.ha⁻¹. SoluSOP 52 je dobře rozpustný ve vodě a tudíž vhodný k foliární aplikaci a odstranění akutního nedostatku draslíku 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× 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 smáčedlo 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 nahloučeny), 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 4krát během vegetace v intervalu 7 – 15 dní po aplikaci hnojiv. Z každé hlavy byly odebrány 3 listy, vždy naproti květenství (celkem 18 listů na variantu), přičemž řapíky

Tabulka 3: Výnos hroznů**Table 3:** Bunch of grapes yields

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 c C	100,0	13,5 b B	100,0	19,7 b A	100,0	100,0
2	10,6 b C	109,4	14,9 a B	110,7	21,8 a A	110,9	110,3
3	11,5 a C	118,6	14,8 a B	109,6	22,4 a A	113,7	113,9

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

Mean values of grape yields in t 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)

byly odstraněny (15). 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. (20) a Zlámalová et al. (21). 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 difference v řádku u dané varianty, tedy mezi roky.

Výsledky a diskuze

Výnosy hroznů

Antagonismus některých iontů, zejména mezi vápníkem a draslíkem, může výrazně komplikovat příjem draslíku z půdy (4), což byl i jeden z důvodů realizace popisovaného experimentu s mimokořenovou aplikací draslíku, protože v obou vrstvách půdy byl zjištěn velmi vysoký obsah Ca v půdě (6 959 – 7 776 mg.kg⁻¹) a alkalická půdní reakce (pH 7,42 – 7,58). Obsah draslíku v půdě byl vysoký (0 – 0,3 m), resp. dobrý (0,3 – 0,6 m).

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-ti

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 aplikaci obou dávek draslíku (var. 2 a 3) oproti variantě draslíkem nehnojené (var. 1). V letech 2012 a 2013 nebylo mezi oběma dávkami draslíku vzájemných rozdílů ve výnosu. Pouze v roce 2011 se odrazila vyšší dávka K průkazným nárůstem výnosu na 11,5 t.ha⁻¹ oproti nižší dávce K s výnosem 10,6 t.ha⁻¹. Z hlediska 3-letých průměrů narůstal výnos hroznů s aplikovanou dávkou draslíku o 10,3 – 13,9 % oproti nehnojené kontrole. Zlámalová et al. (21) popisují při společné mimokořenné aplikaci K + Mg průměrné zvýšení výnosu hroznů za 3 roky na úrovni 6,6 %, přičemž průkazné navýšení oproti nehnojené kontrole bylo zjištěno pouze v jednom roce. Důvodem může být vzájemný antagonismus K – Mg (3).

Hnojivo soluSOP 52 obsahuje kromě draslíku rovněž nezanedbatelné množství rozpustné síranové síry (18 % S). Dříve nebyla problematika síry věnována patřičná po-

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	20,1 a A	96,4	19,5 b AB	94,8	18,3 b B	94,8	95,4
3	18,7 b AB	89,8	20,5 a A	99,6	17,2 c B	88,8	92,7

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

Varianta číslo (1)	Rok (2)						Průměrný obsah titr. 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	8,42 a B	94,9	9,02 a B	99,1	10,11 ab A	93,1	95,7
3	8,75 a B	98,7	9,16 a AB	100,6	9,43 b A	86,8	95,4

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

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	3,28 a A	103,96	3,12 a A	98,42	3,26 a A	107,95	103,4
3	3,16 a A	100,16	3,13 a A	98,89	3,13 a A	103,73	100,9

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

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

Průměrný obsah K v listech za tři roky (% v sušině) (2)				
Varianta číslo (1)	BBCH 15 – 19	BBCH 55	BBCH 75	BBCH 83
1	1,26	1,16	1,08	0,95
2	1,44	1,20	1,14	1,15
3	1,55	1,27	1,25	1,17

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

zornost, protože velkou část její potřeby pro rostliny pokrývaly imise SO_2 z ovzduší. V současné době je síra oceňována jako významný makrobiogenní prvek, který zvyšuje účinnost a využití dusíku a tím stimuluje výnos a redukuje riziko jeho ztrát, zejména vyplavení jeho nitrátové formy (13). 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

Shin a Lee (13) popisovali efekt mimokořenové výživy draslíkem ve formě 0,6% roztoku K_2SO_4 na kvalitativní parametry hroznů. V našem experimentu byl z kvalitativních parametrů hroznů zjišťován obsah cukrů, titrovatelných kyselin a pH moštu, protože jejich kombinací dostává víno svoji typickou ročníkovou chuť.

Obsah cukrů byl stanoven refraktometicky a vyjádřen ve stupních normalizovaného moštoměru ($^{\circ}\text{NM}$), viz tabulku 4. Po aplikaci obou dávek draslíku se obsah cukru v hroznech buď nezměnil (var. 2 – 2011 a var. 3 – 2012) nebo poklesl (var. 3 – 2011, var. 2 – 2012 a var. 2 a 3 – 2013). Z hlediska průměrných 3-letých výsledků nastal u obou draslíkem hnojených variant pokles cukernatosti hroznů o 4,6 – 7,3 % oproti kontrole. V literatuře se většinou popisuje pozitivní vliv draslíku na kumulaci cukrů (7), který ovšem nebyl v našich pokusech jednoznačně prokázán. Zdůvodněním může být obecně známá negativní korelace mezi výnosem a kvalitativními parametry.

Taktéž Zatloukalová et al. (20) zjistili u odrůdy Ryzlink vlašský neprůkazný vliv 5 mimokořenových aplikací hnojiva Epso Top (5% roztok) na obsah cukrů v hroznech v porovnání s nehnojenou kontrolou. Oproti tomu Krempa et al. (9) zaznamenali ve 2-letých experimentech nárůst cukernatosti po aplikaci NPKS u odrůdy Furmint (18,95 $^{\circ}\text{NM}$) oproti kontrole (17,35 $^{\circ}\text{NM}$) i oproti NMgS (17,75 $^{\circ}\text{NM}$).

Obsah titrovatelných kyselin

V letech 2011 a 2012 nebylo v obsazích titrovatelných kyselin (tabulka 5) mezi variantami signifikantních diferencí (8,42 – 9,16 g.l⁻¹). Taktéž Poni et al. (16) nezjistili žádné rozdíly v obsahu titrovatelných kyselin mezi kontrolní

variantou a aplikací K_2SO_4 (6,1 a 6,4 g.l⁻¹). V roce 2013 se v našem experimentu projevila pokles obsahu titrovatelných kyselin (tabulka 5) při vyšší dávce draslíku (9,43 g.l⁻¹) oproti kontrole (10,86 g.l⁻¹), což zjistili také Abd El-Razek et al. (1).

Zlámalová et al. (21) popisují při mimokořenové výživě K v kombinaci s Mg neprůkazné rozdíly v obsazích titrovatelných kyselin oproti nehnojené kontrole ve 2 letech, přičemž ve 3. roce nastalo u hnojených variant signifikantní snížení oproti kontrole. Rovněž Krempa et al. (9) zjistili ve 2-letých pokusech minimální rozdíly v obsazích kyselin mezi nehnojenou variantou odrůd Muškát žlutý a Furmint (8,09 a 9,20 g.l⁻¹) oproti aplikaci NPKS (8,05 a 9,30 g.l⁻¹). Signifikanční vliv ročníku se prokázal v našich experimentech zejména nárůstem jejich obsahu ve 3. roce oproti zbylým 2 letům.

pH moštu

V hodnotách pH moštu nebylo mezi variantami signifikantních diferencí, přičemž hodnoty kolísaly v úzkém rozpětí pH 3,02 – 3,28 (tabulka 6). Poni et al. (16) taktéž uvádějí shodné hodnoty pH moštu (3,38) u kontroly i varianty hnojené K_2SO_4 . Zlámalová et al. (21) rovněž popisují při mimokořenové výživě K v kombinaci s Mg neprůkazné rozdíly v obsazích titrovatelných kyselin oproti nehnojené kontrole ve 2 letech, přičemž ve 3. roce nastalo u hnojených variant signifikantní zvýšení oproti kontrole. Mpelasoka et al. (14) zjistili, že nadbytek draslíku v bobulích může mít negativní dopad na kvalitu vína zejména s ohledem na obsah volné kyseliny vinné a zvýšení pH moštu i vína, což se v našem pokusu neprokázalo.

Obsah K v listech

Gluhič et al. (5) popisují následující obsahy K v listech révy vinné odebrané ve 4 termínech: 1,23 % K (4 týdny před květem); 1,20 % K (2 týdny před květem); 1,26 % (3 týdny po květu) a 0,98 % K (po sklizni). Průměrný obsah K v listových čepelích odebraných ve 4 růstových fázích (v intervalu 7 – 15 dní po mimokořenové aplikaci) našeho experimentu uvádí tabulka 7.

Z výsledků je patrné, že v průběhu vegetace se obsah K v listech snižoval (tabulka 7), což je možno přičíst zředovacímu efektu. Nicméně po aplikaci hnojiva se jeho obsah v listech zvýšil oproti kontrole ve všech odběrech, přičemž

narůstal s aplikovanou dávkou. Za dostatečný obsah K v listech ve fázi kvetení (BBCH 55) a měknutí bobulí (BBCH 83) považuje Ložek (11) 1,2 – 1,4 %, resp. 1,1 – 1,4 %, což bylo v našem experimentu dosaženo u obou variant s aplikací draslíku. Garcia et al. (4) uvádějí dostatečný obsah K ve fázi kvetení v širším rozpětí 0,65 – 1,70 %.

Závěr

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

- Výnos hroznů révy vinné narůstal s aplikovanou dávkou o 10,3 – 13,9 % oproti nehnojené kontrole.
- Ve dvou letech nebyly zjištěny průkazné rozdíly ve výnosu hroznů mezi oběma aplikovanými dávkami (6,22 a 12,44 kg K.ha⁻¹ aplikovaného sumárně ve 4 postřicích o koncentraci 0,9 a 1,8 % a dávce roztoku 400 l.ha⁻¹).
- V řadě případů byl zjištěn signifikantní vliv ročníku z hlediska úrovně výnosu a jeho kvality.
- Po aplikaci obou dávek draslíku se obsah cukru v hroznech buď nezměnil nebo poklesl, v průměru tři let o 4,6 – 7,3 % oproti kontrole.
- V obsazích titrovatelných kyselin, ani pH moštu nebylo mezi variantami signifikantních diferencí (8,42 – 10,86 g.l⁻¹, resp. pH 3,02 – 3,28).
- Obsah K v listech (% v sušině) klesal v průběhu vegetace, nicméně po aplikaci hnojiva se jeho obsah v listech zvýšil oproti kontrole na optimum ve všech odběrech (1,14 – 1,55 % K), přičemž narůstal s aplikovanou dávkou K.
- Na základě dosažených výsledků je možno doporučit mimokořenovou aplikaci hnojiva soluSOP 52 i na vinicích s dobrou zásobou K v půdě, a to zejména při vysokém obsahu Ca a pH půdy především s ohledem na stimulaci výnosu hroznů.

Literatura

- (1) ABD EL-RAZEK, E. – TREUTTER, D. – SALEH, M. M. S. – EL-SHAMMAA, M. – FOUAD, A. A. – ABDEL-HAMID, N. 2011. Effect of nitrogen and potassium fertilization on productivity and fruit quality of „crimson seedless“ grape. In Agriculture and Biology Journal of North America, vol. 2, 2011, pp. 330–340.
- (2) COOMBE B. G. 1992. Research on development and ripening of the grape berry. In American Journal of Enology and Viticulture, vol. 43, pp. 101–110.
- (3) FECENKO, J. – LOŽEK, O. 2000. Výživa a hnojení polních plodin. Nitra : SPU, 2000, 452 s.
- (4) 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, vol. 22, 1999, pp. 417–425.
- (5) GLUHIĆ, D. – HERAK, ĆUSTIĆ, M. – PETEK M. – ČOGA, L. – SLUNJSKI, S. – SINČIĆ, 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, vol. 74, 2009, 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, vol. 88, 2015, pp. 17–26.
- (7) 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.
- (8) KNOLL, M. – ACHLEITNER, D. – REDL, H. 2010. Sugar accumulation in 'Zweigelt' grapes as affected by „Traubenwelke“. In Vitis, vol. 49, 2010, pp. 101–106.
- (9) 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, vol. 49, 2009, pp. 23–27.
- (10) LOŽEK, O. a i. 1995. Hnojení záhradných plodín. Nitra : VŠP, 1995, 165 s.
- (11) LOŽEK, O. 2010. Efektivnosť hnojenia Duslofertom Extra 14-10-20-7S pri pestovaní viniča hroznorodého. In Agrochémia, vol. XIV (50), 2010, pp. 17–23.
- (12) MEHLICH, A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. In Communications in Soil Science and Plant Analysis, vol. 15, 1984, pp. 1409–1416.
- (13) MENGEL, K. – KIRKBY, E. A. 2001. Principles of Plant Nutrition. 5th ed., London : Kluwer Academic Publishers, 2001.
- (14) MPELASOKA B. S. – SCHACHTMAN D. P. – TREEBY M. T. – THOMAS M. R. 2003. A review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation. In Australian Journal of Grape and Wine Research, vol. 9, 2003, pp. 154–168.
- (15) PAVLOUŠEK, P. 2011. Pěstování révy vinné. Praha : Grada, 2011, 336 s.
- (16) PONI, S. – QUARTIERI, M. – TAGLIAVINI, M. 2003. Potassium nutrition of Cabernet Sauvignon grapevines (*Vitis vinifera* L.) as affected by shoot trimming. In Plant Soil, vol. 253, 2003, pp. 341–351.
- (17) SHIN, K. C. – LEE, C. H. 1993. Effects of potassium compounds foliar spray on mineral content of leaf and cluster stalk, and on fruit quality in “Campbell early” grape. In Journal of the Korean Society for Horticultural Science, vol. 34, 1993, pp. 29–35.
- (18) SPAYD S. E. – WAMPLE R. L. – STEVENS R. G. – EVANS R. G. – KAWAKAMI A. K. 1993. Nitrogen fertilization of White Riesling in Washington: Effect on petiole nutrient concentration, yield components, and vegetative growth. In American Journal of Enology and Viticulture, vol. 44, 1993, pp. 378–386.
- (19) TRÁVNÍK, K. a i. 2000. Metodický návod pro hnojení plodin. ÚKZÚZ, 2000, 26 s.
- (20) 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, vol. 59, 2011, pp. 221–226.
- (21) 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, pp. 451–457.

prof. Ing. Tomáš Lošák, Ph.D.
Mendelova univerzita v Brně
Zemědělská 1
613 00 Brno, Česká republika
e-mail: losak@mendelu.cz

Poděkování

Výzkum byl podpořen společností K + S Minerals
and Agriculture GmbH, Německo

Zásoba živín v zrnitostne odlišných pôdach po pridání biouhlikových substrátov a ich kombinácií s minerálnymi a organickými hnojivami

Nutrient supply in texturally different soils after addition of biochar and their combinations with mineral and organic fertilizers

Dušan Šrank, Vladimír Šimanský, Martin Juriga

Although the recalcitrant nature of biochar makes it unlikely to be a balanced fertilizer, it is well known that its addition plays a key role on the total and available contents of nutrients, both by direct addition and indirectly by affecting soil properties that drive the availability of nutrients. The objective of this study, therefore, was to determine whether the addition of biochar and biochar with other mineral or organic fertilizers affects contents of total and available nutrients in the soils with different particle-size distribution. This study was conducted in two localities (1. Dolná Streda: sandy soil, and 2. Veľké Úľany: loamy soil) with different soil texture. Two different biochar (Effeco 30/30/30 and Effeco 50/50) were applied at rates; 0, 10 and 20 t.ha⁻¹, in sandy soil in combination with mineral fertilizers and in loamy soil in combination with Italtollina (organic fertilizer). Soil samples were taken in autumn and in spring 2018 and 2019. In sandy soil, the total P content was statistically significantly increased by 7, 30, 11 and 19% in the Effeco 30/30/30 at 10 t.ha⁻¹, Effeco 30/30/30 at 20 t.ha⁻¹, Effeco 50/50 at 10 t.ha⁻¹ and Effeco 50/50 at a dose of 20 t.ha⁻¹ treatments, respectively as compared to the unfertilized control. The content of available P increased from 294 (no fertilized control) to 366 (Effeco 30/30/30 at 10 t.ha⁻¹), 364 (Effeco 30/30/30 at 20 t.ha⁻¹), 376 (Effeco 50/50 at 10 t.ha⁻¹) and 375 mg.kg⁻¹ (Effeco 50/50 at 20 t.ha⁻¹) and, in the case where the mineral fertilizers were added with biochar, increased from 243 (fertilized control) to 322 (Effeco 30/30/30 at 10 t.ha⁻¹ + mineral fertilization), 291 (Effeco 30/30/30 at 20 t.ha⁻¹ + mineral fertilization), 268 (Effeco 50/50 at 10 t.ha⁻¹ + mineral fertilization) and 354 mg.kg⁻¹ (Effeco 50/50 at 20 t.ha⁻¹ + mineral fertilization). In comparison to unfertilized control, the contents of total Fe significantly increased in treatments Effeco 30/30/30 in both rates as well as in treatment Effeco 50/50 at 20 t.ha⁻¹. Total Fe contents were statistically significantly reduced by 15, 18, 18 and 14% in all biochar treatments with added mineral fertilizers and both doses compared to fertilized controls. On the other hand, biochar combined with mineral fertilization resulted in significant decrease in total contents of Fe, Cu and Zn in sandy soil. The availability of Cu and Zn increased only when higher doses of both biochars were used, but their combination with mineral fertilization increased

the availability of Fe, but on the other hand reduced the availability of Mn, Cu and Zn in sandy soil. In comparison to unfertilized control, the application of Effeco at 20 t.ha⁻¹ and Effeco 50/50 at both rates statistically significantly decreased content of available P in loamy soil. Higher contents of available K by 40% in Effeco 30/30/30 at 10 t.ha⁻¹ + organic fertilization and by 28% in Effeco 50/50 at 10 t.ha⁻¹ + organic fertilization than fertilized control were determined. In loamy soil, the application of biochars resulted in higher total Ca and Mg contents compared to unfertilized control.

Effeco, biochar, nutrients, fertilization, sandy soil, loamy soil

V súčasnom období je hnojenie pokladané za základ modernej poľnohospodárskej výroby, pretože môže byť hlavným zdrojom živín, ktoré sa zúčastňujú na metabolizme rastlín s čím úzko súvisí úroda a kvalita dopestovaných plodín (12, 22). Okrem toho, hnojenie je jedným z najdôležitejších faktorov ovplyvňujúcich zmeny vlastností pôdy. Prostredníctvom dodaných živín z hnojív sa okrem zlepšenia živinového režimu pôd môžu regulovať biologické, chemické či fyzikálne vlastnosti pôd (11). Optimálne dávky minerálnych hnojív, resp. ich kombinácie s organickými hnojivami môžu byť príčinou vyššej produktivity pôdy s následne vyššími úrodami ako iba používanie samotných organických hnojív (10), alebo iba používanie jednostrannej a neuváženej aplikácie minerálnych hnojív, mnohokrát spájanej s degradáciou najmä fyzikálnych vlastností pôd (20). Racionálne hnojenie vytvára predpoklady vyváženej výživy rastlín a tým dobrej kvalitatívnej produkcie. Usmerňuje kolobeh látok a živín v prírode v súlade s udržateľným rozvojom, teda získanie potrebnej produkcie so zachovaním neobnoviteľných zdrojov, najmä úrodnosti pôdy pre ďalšie generácie (22). Vo svete, aplikácia minerálnych hnojív z hľadiska času a efektivity je najrýchlejší spôsob zvýšenia obsahu živín pre pestované rastliny a ich aplikácia za posledné desaťročia významne vzrástla (8). Avšak tento agronomický nástroj moderného poľnohospodárstva má aj svoje nedostatky v spojitosti s ich neracionálnym používaním. Na zvýšenie zásob živín sa v mnohých regiónoch sveta okrem minerálnych a bežných organických hnojív začalo používať biouhlie a jeho rôzne kombinácie z inými hnojivami ako nástroj trvalo udržateľného poľnohospodárstva. Biouhlie je relatívne nový pojem, ale nie je to novinka. Pôdy na celom svete obsahujú biouhlie, ktoré sa do nich dostalo najmä prostredníctvom prírodných udalostí, ako sú napr. požiare, ale i zámernou aplikáciou za účelom zvýšenia úrodnosti pôd. Záujem o biouhlie sa začal rozvíjať pred pár rokmi a stále narastá. Efekty aplikovaného biouhlia či biouhlia v kombinácii s maštalným hnojom, kompostom resp. NPK hnojivami na pôdne vlastnosti sú predmetom mnohých literárnych prehľadov (9, 15). Biouhlie obsahuje popoloviny, ktoré sú cenným zdrojom biogénnych prvkov pre rastliny ako napr. K, Ca a Mg (17). Napríklad, Haefelea et al. (7) uviedol, že aplikácia biouhlia vyrobeného z ryžových pliev významne zvýšila obsah N, P a K v pôde. Porózna štruktúra biouhlia poskytuje životný priestor pôdnym mikroorganizmom, čo má za následok zvýšenie ich aktivity (15). Solaiman et al. (19) uviedli, že biouhlie má pozitívny vplyv na mykorízne huby. V dôsledku jeho aplikácie sa ich kolónia výrazne zvyšujú, čo sa pozitívne odráža aj na sprístupňovaní živín, napr. ako fosforu. Sachdeva et al. (18) zistili, že pri dávke 5 – 10 t.ha⁻¹

Tabuľka 1: Varianty pokusov v jednotlivých lokalitách

Table 1: Experimental treatments

Dolná Streda – piesočnatá pôda (1)	Veľké Úľany – hlinitá pôda (2)
Pokus 1 (3)	
1. Kontrola – nehnojená pôda	1. Kontrola – nehnojená pôda
2. Effeco 30/30/30 v dávke 10 t.ha ⁻¹	2. Effeco 30/30/30 v dávke 10 t.ha ⁻¹
3. Effeco 30/30/30 v dávke 20 t.ha ⁻¹	3. Effeco 30/30/30 v dávke 20 t.ha ⁻¹
4. Effeco 50/50 v dávke 10 t.ha ⁻¹	4. Effeco 50/50 v dávke 10 t.ha ⁻¹
5. Effeco 50/50 v dávke 20 t.ha ⁻¹	5. Effeco 50/50 v dávke 20 t.ha ⁻¹
Pokus 2	
1. Kontrola – hnojená pôda v roku 2018 močovina v dávke 100 kg.ha ⁻¹ v roku 2019 močovina v dávke 100 kg.ha ⁻¹ + amofos v dávke 100 kg.ha ⁻¹	1. Kontrola – hnojená pôda v roku 2018 Italpolitana v dávke 850 kg.ha ⁻¹ v roku 2019 Italpolitana v dávke 1 t.ha ⁻¹
2. Effeco 30/30/30 v dávke 10 t.ha ⁻¹ + hnojenie ako v kontrole	2. Effeco 30/30/30 v dávke 10 t.ha ⁻¹ + hnojenie ako v kontrole
3. Effeco 30/30/30 v dávke 20 t.ha ⁻¹ + hnojenie ako v kontrole	3. Effeco 30/30/30 v dávke 20 t.ha ⁻¹ + hnojenie ako v kontrole
4. Effeco 50/50 v dávke 10 t.ha ⁻¹ + hnojenie ako v kontrole	4. Effeco 50/50 v dávke 10 t.ha ⁻¹ + hnojenie ako v kontrole
5. Effeco 50/50 v dávke 20 t.ha ⁻¹ + hnojenie ako v kontrole	5. Effeco 50/50 v dávke 20 t.ha ⁻¹ + hnojenie ako v kontrole

(1) sandy soil, (2) loamy soil, (3) experiment

biouhľia nedochádzalo k vyplavovaniu P z pôdy, dokonca jeho aplikácia prispela k jeho zadržiavaniu a to najmä vo väčších makro-agregátoch. Samotná aplikácia biouhľia nie je dostatočná na zabezpečenie požiadavky živín pre rast plodín a produktivitu pôd, avšak aplikácia biouhľia v kombinácii s ostatnými hnojivami, resp. výroba inovačných biouhľíkových substrátov môže byť účinným spôsobom, ako vyhovieť zvyšujúcim sa požiadavkám na živiny v intenzívnych poľnohospodárskych podmienkach, hlavne pri pestovaní špeciálnych plodín a zeleniny (6). Samozrejme, aplikácia biouhľia v našich pôdno-klimatických podmienkach je spájaná s nedostatkom vedomostí ohľadom jeho pôsobenia ako na pôdne vlastnosti, tak i na úrody pestovaných plodín. Pre farmárov je však dôležité to či im tento produkt prináša benefity prostredníctvom zvýšenia úrody, zlepšenie pôdnych vlastností a jednoznačne ekonomický profit. Keďže tu je predpoklad, že biouhlie z dôvodu vysokej stability v pôdnom prostredí nebude vyváženým hnojivom, avšak jeho pridanie do pôdy môže zohrávať kľúčovú úlohu v dynamike živín, a to priamym prídavaním alebo nepriamo ovplyvňovaním vlastností pôdy, ktoré zvyšujú dostupnosť živín (napr. zvýšením pH kyslých pôd či zvýšením obsahu organických látok) musia sa výrobcovia biouhľia snažiť v procese jeho výroby o dosiahnutie produktu s čo najlepšimi vlastnosťami, resp. odporúčajú jeho aplikáciu s ďalšími hnojivami v rôznych kombináciách. Následne pred samotným využívaním takýchto produktov je nutné ich overenie priamo vo výrobných podmienkach a ich účinky musia byť testované v rozdielnych pôdno-klimatických podmienkach, vrátane Slovenska.

Na základe vyššie uvedeného prehľadu cieľom tejto štúdie bolo kvantifikovať celkové a prístupné obsahy živín v zrnitostne odlišných pôdach v rámci SR po aplikácii biouhľíkových substrátov, ale i ich kombinácii s prídavným hnojením. Vychádzali sme z toho, že keďže biouhľíkové substráty obsahujú živiny ich aplikáciou sa zvýšia ich celkové obsahy vo všetkých pôdach, avšak ich prístupnosť bude nižšia práve v dôsledku ich samostatnej aplikácie a vyššej aplikácie dávky. Tiež sme predpokladali, že pozitívnejšie zmeny budú v pokusoch, kde okrem substrátov budú pridané aj ďalšie minerálne a organické hnojivá.

Materiál a metodika

Lokalita Dolná Streda sa nachádza na západnom Slovensku a rozprestiera sa po pravom brehu rieky Váh. Reliéf územia je rovinatý, s nepatrnými výškovými rozdielmi. Nadmorská výška územia je od 109 do 130 m n.m. Územie leží v teplej klimatickej oblasti s teplým letom, so suchou a miernou zimou a s dlhším slnečným svitom, s priemernou ročnou teplotou vzduchu 9 – 10 °C a s ročným úhrnom zrážok 520 – 600 mm. Lokalita Veľké Úľany sa vyznačuje rovinatým reliéfom územia s nepatrnými výškovými rozdielmi a s nadmorskou výškou od 119 do 122 m n. m. Priemerná ročná teplota je 9 – 10 °C a priemerný ročný úhrn zrážok sa pohybuje od 520 do 600 mm.

V jeseni 2017 na lokalite Dolná Streda a na jar 2018 na lokalite Veľké Úľany boli založené pokusy, kde sa biouhľíkové substráty aplikovali samostatne, ale i v kombinácii s prídavným hnojením. Jednotlivé varianty pokusov sú zhrnuté a detailne popísané v tabuľke 1. Pokus na lokalite Dolná Streda sa realizuje v spolupráci so spoločnosťou AGROZEL s.r.o., na jej pozemku, ktorý sa nachádza v katastrálnom území Dolná Streda. Poľný pokus bol založený metódou dlhých dielov na regozemi karbonátovej. Pred založením pokusu sme odobrali pôdne vzorky na stanovenie základných chemických a fyzikálnych vlastností. V čase zakladania pokusu pôda obsahovala 81,9 % piesku, 10,5 % prachu, 7,64 % ílu, 0,97 % (nízky obsah) celkového organického uhlíka (C_{org}), 1 300 mg.kg⁻¹ N (nízky obsah), 175 mg.kg⁻¹ P (vysoký obsah), 165 mg.kg⁻¹ K (dobrý obsah) a pH bolo slabobásové (pH_{H₂O} = 7,60). Celkovo bolo vytýčených 10 políčok s veľkosťou 810 m². Medzi jednotlivými políčkami sú ochranné medzery s veľkosťou 1 m. Predplodinou pred založením pokusu bola pšenica tvrdá. Na jeseň 2017 sa do pôdy do hĺbky 0,15 m zapracovalo biouhlie diskovaním. Počas doby trvania pokusu sa pôda obrába minimalizačným systémom obrábania, t. j. diskovanie, resp. kyprenie do hĺbky 0,15 – 0,18 m. Pestovanou plodinou v roku 2018 bola slnečnica ročná a v roku 2019 pšenica tvrdá.

Pokus na lokalite Veľké Úľany sa realizuje v spolupráci so spoločnosťou A & Z, Rišňovský – Halász, s.r.o., na jej pozemku, ktorá sa nachádza v katastrálnom území Veľké Úľany. Pred založením pokusu boli odobrané pôdne

Tabuľka 2: Obsahy celkových a prístupných makro živín v piesočnatej pôde
Table 2: Contents of total and available macro nutrients in sandy soil

Varianty pokusov (1)	N (g.kg ⁻¹)	Celkové obsahy (g.kg ⁻¹) (2)				Prístupné obsahy (mg.kg ⁻¹) (3)			
		P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg
Pokus 1 (4)									
Kontrola	1,58a	1,13a	10,9a	51,6a	12,7a	294a	159a	8340a	235a
Effeco 30/30/30 10 t.ha ⁻¹	1,24a	1,21b	11,2a	42,8a	10,4a	366b	160a	5775a	277a
Effeco 30/30/30 20 t.ha ⁻¹	1,59a	1,47c	12,2a	38,9a	9,75a	364b	251b	5579a	306a
Effeco 50/50 10 t.ha ⁻¹	1,19a	1,25b	11,3a	52,1a	12,8a	376b	208b	6743a	236a
Effeco 50/50 20 t.ha ⁻¹	1,17a	1,34bc	11,9a	38,9a	11,4a	375b	201b	5781a	270a
Pokus 2									
Kontrola + minerálne hnojenie	1,48a	1,14a	11,6a	37,6a	9,67a	243a	206b	5752a	275a
Effeco 30/30/30 10 t.ha ⁻¹ + minerálne hnojenie	1,38a	1,20a	10,9a	43,9a	11,3a	322bc	166a	6652a	259a
Effeco 30/30/30 20 t.ha ⁻¹ + minerálne hnojenie	1,12a	1,11a	11,3a	50,1a	12,3a	291b	224b	8793a	270a
Effeco 50/50 10 t.ha ⁻¹ + minerálne hnojenie	1,11a	1,09a	10,3a	52,5a	12,6a	268ab	176a	9134a	226a
Effeco 50/50 20 t.ha ⁻¹ + minerálne hnojenie	1,34a	1,30b	11,2a	42,2a	10,6a	354c	220b	5036a	202a

(1) treatments, (2) total contents, (3) available contents, (4) experiment

vzorky na stanovenie základných chemických a fyzikálnych vlastností. Pokus bol založený na parcele, ktorá sa využíva na intenzívne pestovanie zeleniny. Pôda bola klasifikovaná ako černoziem kultúrna s obsahom piesku 38,5 %, prachu 47,8 % a obsahom ílu 13,7 %. Pôda pred založením experimentu mala stredný obsah C_{org} (1,56 %), nízky obsah N (966 mg.kg⁻¹), vysokú zásobu P (129 mg.kg⁻¹), dobrú zásobu K (255 mg.kg⁻¹) a pH bolo slabobázické ($pH_{H_2O} = 7,78$). Celkovo bolo vytýčených 10 políčok s veľkosťou 50 m² metódou náhodného rozloženia v dvojnásobnom opakovaní. Medzi jednotlivými políčkami sú ochranné medzery so šírkou 1 m. Predplodinou pred založením pokusu bola mrkva siata a pred vysadením papriky (plodina v roku 2018) sa do pôdy (do hĺbky 0,10 – 0,12 m) zapravilo biouhlie a granulované organické hnojivo Italtollina (iba v príslušných variantoch). Pôda sa obrába konvenčným spôsobom, t. j. na jeseň sa orie do hĺbky 0,20 m a na jar následne pripraví rotačným kypričom a v závislosti od pestovanej zeleniny sa využije mechanická plečka v kombinácii s chemickým ničenie burín. Počas vegetačného obdobia pestovania papriky v roku 2018 tu bola aplikovaná kvapková závlaha celkovo 3-krát (aplikačná dávka = nasýtenie pôdy vodou do 80 % plnej vodnej kapacity) a povrch pôdy bol pokrytý krycou fóliou a v prípade nepriaznivých poveternostných podmienok boli rastliny papriky zakrývané textíliou. V roku 2019 bola modelovou plodinou v tomto experimente červená repa. Počas jej vegetačného obdobia bola využitá závlaha (celkovo 2x).

Testované boli dva druhy biouhlíkových substrátov označené pod obchodným názvom Effeco 30/30/30 a Effeco 50/50 od spoločnosti Zdroje Zeme a.s., ktorá sa zaoberá ich vývojom. Effeco 30/30/30 je biouhlie miešané so sušeným ovčím hnojom a separátom z bioplynovej stanice (pôvodná surovina kravský hnoj) v pomere 1 : 1 : 1 a obsahuje: 45,4 % celkového organického uhlíka, 1,3 % celkového N, 0,79 % P a 15,5 % K a jeho pH je slabobázické (8,44). Effeco 50/50 je biouhlie miešané so sušeným ovčím hnojom v pomere 1 : 1 a obsahuje: 43 % celkového organického uhlíka, 1,2 % celkového N, 0,49 % P a 24,6 % K a jeho pH je slabobázické (8,18). Obsah rizikových prvkov v oboch produktoch neprekračuje limitné hodnoty, ktoré stanovuje vyhláška 577/2005. Oba substráty sú granulované do tvaru valca, ktorého veľkosť

je cca 2 × 1 × 1 cm. Vo variantoch s minerálnym hnojením v lokalite Dolná Streda bola v roku 2018 použitá močovina (46 % N) a v roku 2019 kombinácia priemyselne vyrábaných hnojív močovina a amofos NP 12 – 52 (N = 12 %, $P_2O_5 = 52$ %). Vo variantoch s organickým hnojením na lokalite Veľké Úľany bolo použité organické hnojivo Italtollina, ktoré je vyrobené z hydínového trusu a obsahuje: 4 % N, 4 % P_2O_5 , 4 % K_2O a jeho pH je neutrálné. Dodávané je vo forme granúl s veľkosťou 3,5 mm.

Vzorky pôdy boli odobrané z oboch experimentov na jeseň 2018 a v jarom, ale i jesennom období 2019. V pôdných vzorkách bol celkový dusík stanovený na analyzátoch Vario MacroCube Elementar. Celkové obsahy P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu a Zn sa analyzovali po rozklade spopolnených vzoriek lúčavkou kráľovskou. Obsah celkového P bol stanovený spektrofotometricky ako molybdenová modrá, zatiaľ čo zostávajúce prvky boli analyzované metódou AAS (Perkin Elmer AA 2100). Obsahy prístupných foriem P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu a Zn boli stanovené po extrakcii vzoriek v roztoku Mehlich III.

Získané výsledky celkových a prístupných živín boli následne vyhodnotené pomocou jednofaktorovej analýzy rozptylu. Priemerné hodnoty v jednotlivých variantoch hnojenia boli posúdené LSD testom na hladine významnosti 95 %.

Výsledky a diskusia

Posúdenie obsahov celkových a prístupných makro živín

V piesočnatej pôde v oboch čiastkových experimentoch (1. bez prídavného hnojenia, 2. s prídavným hnojením) nemala aplikácia substrátov štatisticky významný vplyv na zmeny v obsahoch celkového dusíka. Aj napriek tomu však bola zaznamenaná tendencia poklesu v hodnotách N a to v dôsledku aplikácie oboch substrátov zapracovaných samostatne, resp. v kombinácii s prídavným minerálnym hnojením a v oboch aplikačných dávkach v porovnaní s ich príslušnými kontrolami (Tabuľka 2). Väčšie zmeny v poklese celkového N boli zistené v prípade substrátu Effeco 50/50 ako Effeco 30/30/30. Pokles N možno pripísať priebehu mineralizačných procesov prostredníctvom mikroorganizmov. Aplikácia organických hnojív môže vyvolávať

Tabuľka 3: Obsahy celkových a prístupných makro živín v hlinitej pôde**Table 3:** Contents of total and available macro nutrients in loamy soil

Varianty pokusov (1)	N (g.kg ⁻¹)	Celkové obsahy (g.kg ⁻¹) (2)				Prístupné obsahy (mg.kg ⁻¹) (3)			
		P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg
Pokus 1 (4)									
Kontrola	1,77a	1,11a	14,2a	52,7a	19,8a	150b	191a	9139a	362a
Effeco 30/30/30 10 t.ha ⁻¹	1,84a	1,32a	14,5a	55,1a	21,2a	153b	198a	8467a	411a
Effeco 30/30/30 20 t.ha ⁻¹	1,77a	1,27a	14,8a	57,1b	22,2b	128a	180a	8337a	373a
Effeco 50/50 10 t.ha ⁻¹	1,51a	1,06a	14,4a	59,6b	22,6b	116a	203a	9496a	359a
Effeco 50/50 20 t.ha ⁻¹	1,66a	1,22a	14,5a	62,5c	27,1c	134a	210a	8881a	387a
Pokus 2									
Kontrola + Italtapolitana	1,49a	1,11a	14,6a	60,8a	23,9a	129a	170a	10211a	376a
Effeco 30/30/30 10 t.ha ⁻¹ + Italtapolitana	1,58ab	1,30a	14,7a	58,2a	23,4a	160b	239b	9429a	399a
Effeco 30/30/30 20 t.ha ⁻¹ + Italtapolitana	1,71ab	1,24a	14,0a	56,1a	22,1a	138ab	172a	8736a	391a
Effeco 50/50 10 t.ha ⁻¹ + Italtapolitana.	1,94b	1,09a	14,3a	56,3a	22,1a	146b	218b	8107a	413a
Effeco 50/50 20 t.ha ⁻¹ + Italtapolitana	1,87b	1,32a	15,2a	61,2a	24,4a	139ab	179a	8777a	399a

(1) treatments, (2) total contents, (3) available contents, (4) experiment

zvýšenie intenzívnej mikrobiálnej premeny, čo má za následok aj rozklad organickej hmoty pôdy a v konečnom dôsledku jej znižovanie tzv. priming efekt (13, 23). Významným akceleratorom týchto zmien môžu byť minerálne hnojivá (23). V našom prípade však toto nebol jednoznačný faktor spôsobujúci znižovanie celkového N, pretože aj vo variantoch bez pridaného minerálneho hnojenia bola pozorovaná tendencia poklesu v hodnotách celkového N. Zdôrazňujeme, že tieto zmeny neboli štatisticky významné na piesočnatej pôde. Aplikované substráty obsahujú 0,79 % (Effeco 30/30/30) a 0,49 % (Effeco 50/50) fosforu a tak sme očakávali, že jeho aplikácia prinesie pozitívny účinok, čo sa týka jeho zvýšenia v pôde. Obsah celkového P sa štatisticky významne zvýšil o 7, 30, 11 a 19 % vo variantoch Effeco 30/30/30 v dávke 10 t.ha⁻¹, Effeco 30/30/30 v dávke 20 t.ha⁻¹, Effeco 50/50 v dávke 10 t.ha⁻¹ a Effeco 50/50 v dávke 20 t.ha⁻¹ v porovnaní z nehnojenou kontrolou. Zaujímavé bolo, že aplikácia oboch substrátov v kombinácii s minerálnym hnojením nemala až tak významný efekt ako iba ich samotná aplikácia. Dokonca v niektorých variantoch bol pozorovaný depresívny efekt v porovnaní s hnojenou kontrolou. Zrejme to bude spôsobené prídavkom Amofosu, mikrobiálnou aktivitou a odberom P úrodou pestovaných plodín. Obsah prístupného P v oboch experimentoch na piesočnatej pôde bol v oboch kontrolách nad 200 mg.kg⁻¹, čo zodpovedá veľmi vysokému obsahu a v takýchto prípadoch sa hnojenie touto živinou vynecháva. Aplikované substráty dodali do pôdy P, čo sa odrazilo aj na jeho prístupnej forme, kedy sa jeho hodnoty v prípade pokusu s aplikovanými substrátmi samostatne zvýšili z 294 na 366, 364, 376 a 375 mg.kg⁻¹ a v prípade pokusu, kde so substrátmi bolo pridané minerálne hnojenie sa zvýšili z 243 na 322, 291, 268 a 354 mg.kg⁻¹ (Tabuľka 2). Akumulácia P v pôde závisí od obsahu ílu a jeho mineralogického zloženia, obsahu organickej hmoty, hodnôt pH (2). V našom prípade k jeho akumulácii mohlo dochádzať najmä vďaka tomu, že substráty sú zdrojom P, organickej hmoty a majú alkalické pH, čo prispieva k chemisorpcii P v pôde (25). Obsah celkového K sa štatisticky významne nezmenil ani po aplikácii biouhlíkových substrátov a ani ich kombinácii s minerálnym hnojením v porovnaní s ich príslušnými kontrolami (Tabuľka 2). Laghari et al. (14) uviedli, že aplikácia biouhlie do piesočnatej pôdy zvýšila obsah K v rozpätí 37-42 % v porovnaní s pôdou, kde sa biouhlie

neaplikovalo. V našom prípade, obsah prístupného K sa z dobrej zásoby presunul do kategórie vysoký obsah vďaka aplikácii Effeco 30/30/30 v dávke 20 t.ha⁻¹. Ak sme substráty aplikovali s prídavným hnojením, tak pri nižších aplikáčnych dávkach oboch substrátov s prídavným minerálnym hnojením sme zaznamenali štatisticky významný pokles v hodnotách prístupného K v porovnaní s variantom kontrola s minerálnymi hnojením. Rajkovich et al. (17) uviedli, že biouhlie okrem iného obsahuje i bázičné kationy, vrátane vápnika a horčíka, takže je predpoklad, že po jeho zapravení do pôdy bude dochádzať k neutralizácii pH najmä kyslých pôd, ale i zvyšovaniu ich obsahov v pôdach. Oba testované substráty obsahovali Ca a Mg (Effeco 30 : 30 : 30: Ca = 22 000 mg.kg⁻¹, Mg = 5 800 mg.kg⁻¹; Effeco 50:50: Ca = 42 000 mg.kg⁻¹, Mg = 4 500 mg.kg⁻¹), ale aj napriek tomu sme po ich zapracovaní do piesočnatej pôdy pozorovali zníženie celkového Ca a Mg, avšak pre veľkú variabilitu hodnôt bez štatistickej významnosti (Tabuľka 2). Výrazne nižšie hodnoty celkového Ca a Mg boli stanovené v prípade vyššej aplikáčnej dávky u oboch biouhlíkových substrátov v porovnaní s nehnojenou kontrolou. Takýto trend nebol zistený v prípade aplikácie substrátov v kombinácii s minerálnym hnojením voči hnojenej kontrole (kontrola s minerálnym hnojením). Obsahy prístupného Ca a Mg sa v dôsledku aplikácie biouhlíkových substrátov či už samostatne, resp. v kombinácii s minerálnym hnojením v porovnaní s ich príslušnými kontrolami síce menili, avšak pre veľkú variabilitu hodnôt bez štatistickej významnosti.

Obsahy celkového N v našich pôdach sa pohybujú v rozpätí od 0,11 do 0,23 % v závislosti od pôdneho typu, zrnitosti zloženia (1), ale i iných intenzifikačných faktorov ako je pôdny manažment zahrňujúci i hnojenie pôd (13). Obsahy N v oboch čiastkových pokusoch na hlinitej pôde sa pohybovali od 1,49 do 1,94 % čo zodpovedá stredným obsahom. Aplikácia biouhlíkových substrátov nemala žiadny štatisticky významný efekt na zmeny celkového N v hlinitej pôde v porovnaní z nehnojenou kontrolou, avšak aplikácia oboch testovaných substrátov v kombinácii s prídavným organickým hnojením zvýšila obsahy N o 6, 15, 30 a 26 % v porovnaní s kontrolou hnojenou s prídavným organickým hnojením ako to dokumentujú výsledky v tabuľke 3. Tento efekt najmä v pokuse s prídavným organickým hnojením možno pripísať negatívne priming efektu (4, 23), kedy sa v dôsledku aplikácie biouhlíkových

Tabuľka 4: Obsahy celkových a prístupných mikro živín v piesočnatej pôde

Table 4: Contents of total and available micro nutrients in sandy soil

Varianty pokusov (1)	Celkové obsahy (2)				Prístupné obsahy (3)			
	Fe	Mn	Cu	Zn	Fe	Mn	Cu	Zn
	g.kg ⁻¹				mg.kg ⁻¹			
Pokus 1 (4)								
Kontrola	11,9a	391a	12,5a	40,4a	357a	78a	2,20a	8,45a
Effeco 30/30/30 10 t.ha ⁻¹	13,1ab	428a	14,6b	48,2a	332a	70a	2,95a	10,7ab
Effeco 30/30/30 20 t.ha ⁻¹	14,8b	433a	17,2c	55,4b	308a	72a	3,35b	13,4b
Effeco 50/50 10 t.ha ⁻¹	12,2a	393a	15,0b	43,8a	396a	74a	2,50a	9,15a
Effeco 50/50 20 t.ha ⁻¹	14,7b	437a	18,4c	64,8b	387a	74a	3,80b	18,0b
Pokus 2								
Kontrola + mineral. hnoj.	14,8b	477b	21,1b	83,0b	242a	97c	5,65b	25,8b
Effeco 30/30/30 10 t.ha ⁻¹ + mineral. hnoj.	12,5a	424ab	14,8a	51,4a	355c	85b	3,15a	11,7a
Effeco 30/30/30 20 t.ha ⁻¹ + mineral. hnoj.	12,2a	402a	14,0a	49,4a	316b	82b	2,85a	10,4a
Effeco 50/50 10 t.ha ⁻¹ + mineral. hnoj.	12,1a	412a	14,0a	43,6a	301b	76a	2,05a	8,05a
Effeco 50/50 20 t.ha ⁻¹ + mineral. hnoj.	12,8a	409a	15,3a	55,0a	352c	77ab	3,15a	14,4a

(1) treatments, (2) total contents, (3) available contents, (4) experiment

Tabuľka 5: Obsahy celkových a prístupných mikro živín v hlinitej pôde

Table 5: Contents of total and available micro nutrients in loamy soil

Varianty pokusov (1)	Celkové obsahy (2)				Prístupné obsahy (3)			
	Fe	Mn	Cu	Zn	Fe	Mn	Cu	Zn
	g.kg ⁻¹				mg.kg ⁻¹			
Pokus 1 (4)								
Kontrola	18,5a	514a	29,9a	62,0a	133b	99a	9,10a	6,75a
Effeco 30/30/30 10 t.ha ⁻¹	19,6ab	533a	30,1a	63,8a	131b	103a	9,40a	7,05a
Effeco 30/30/30 20 t.ha ⁻¹	20,5b	519a	30,1a	63,8a	108a	99a	9,4a	6,35a
Effeco 50/50 10 t.ha ⁻¹	17,8a	539a	30,1a	61,0a	98a	100a	9,6a	5,80a
Effeco 50/50 20 t.ha ⁻¹	18,6a	543a	33,7a	64,4a	113ab	105a	10,1a	6,50a
Pokus 2								
Kontrola + Italtapolitana	18,3a	545a	28,6a	79,5c	118a	100a	9,40a	6,10a
Effeco 30/30/30 10 t.ha ⁻¹ + Italtapolitana	20,5b	527a	27,8a	70,2b	142b	99a	9,35a	7,40b
Effeco 30/30/30 20 t.ha ⁻¹ + Italtapolitana	17,4a	529a	29,9a	61,7a	140b	97a	9,40a	6,80ab
Effeco 50/50 10 t.ha ⁻¹ + Italtapolitana.	18,1a	532a	31,2a	61,0a	130b	105a	9,75a	6,90ab
Effeco 50/50 20 t.ha ⁻¹ + Italtapolitana	20,7b	548a	30,6a	64,3ab	116a	104a	9,55a	6,50ab

(1) treatments, (2) total contents, (3) available contents, (4) experiment

substrátov najmä Effeco 50/50 s prídavným organickým hnojením zvýšil obsah stabilnej organickej hmoty odolnejšej voči mikrobiálnemu rozkladu (Effeco 50/50 obsahuje viac biouhľia v mixe ako Effeco 30/30/30). Aplikácia oboch substrátov do hlinitej pôdy síce zvýšila obsahy celkového P (okrem Effeco 50/50 v dávke 10 t.ha⁻¹ pridaného samostatne resp. aj v kombinácii s Italtapolitana), avšak bez štatistickej významnosti. Na druhej strane boli pozorované štatisticky preukazné zmeny na zmeny prístupného P po ich aplikácii v porovnaní s príslušnými kontrolami (Tabuľka 3). V porovnaní s nehnojou kontrolou, aplikácia Effeco 30/30/30 v dávke 20 t.ha⁻¹ a obe dávky substrátu Effeco 50/50 štatisticky významne znížili obsah prístupného P. Obsah prístupného P v kontrole bol vysoký a v dôsledku aplikácie substrátu Effeco 50/50 v dávke 10 t.ha⁻¹ sa jeho hodnoty presunuli do dobrej zásoby. Obsah prístupného P v pokuse s prídavným organickým hnojením sa štatisticky významne zvýšili v porovnaní s hnojou kontrolou, avšak v dôsledku vyššej aplikačnej dávky oboch substrátov toto

zvýšenie bolo nižšie v porovnaní s nižšou aplikačnou dávkou. Obsah P v tomto prípade bol okrem bežných faktorov, ktoré rozhodujú o jeho obsahu v pôde ovplyvnený samotnou aplikáciou biouhlíkových substrátov, ktoré zásadným spôsobom môžu ovplyvňovať sorpciu pôdy a tým pádom aj manažment živín (21). Obsah celkového K v pôdach SR kolíše od 0,8 do 3,2 % a vyšší býva spravidla v hlinitých a ílovitých pôdach v porovnaní s piesočnatými (13), čo je v súlade aj s našimi výsledkami, ak sme porovnali celkové obsahy K v piesočnatej a v hlinitej pôde. V hlinitej pôde obsah celkového K ani v jednom z čiastkových pokusov nebol štatisticky významne zmenený a to aj napriek skutočnosti, že oba substráty obsahovali K. Obsah prístupného K bol v oboch kontrolách vyhovujúci a v dôsledku aplikácie iba biouhlíkových substrátov sa jeho obsah významne nezmenili. Vo variantoch Effeco 30/30/30 a Effeco 50/50 v kombinácii s organickým hnojením a v oboch prípadoch v aplikačnej dávke 10 t.ha⁻¹ sme zaznamenali zvýšenie prístupného K o 40 a 28 % v porovnaní s hnojou kon-

trolou. Obsah prístupného K sa tak vďaka tomu presunul z kategórie vyhovujúcej zásoby do dobrej. Pri vyšších dávkach bolo pozorované zvýšenie, avšak bez štatistickej významnosti (Tabuľka 3). Obsahy celkového Ca a Mg sa v hlinitej pôde štatisticky významne zvýšili v dôsledku aplikácie oboch substrátov v porovnaní s nehnojenou kontrolou, pričom vyššie zvýšenie bolo pozorované v dôsledku vyššej aplikačnej dávky. Ak sme porovnali aplikáciu oboch substrátov v kombinácii s organickým hnojením voči variantu kontrola s organickým hnojením, zistili sme, že rozdiely medzi variantmi a hnojenou kontrolou neboli štatisticky významné. Obsahy prístupného Ca a Mg sa pohybovali v pomerne širokom rozpätí a vyznačovali sa pomerne širokou variabilitou a preto neboli štatisticky významne zmenené v dôsledku zapracovania biouhlíkových substrátov aplikovaných samostatne, resp. s prídavným organickým hnojením v porovnaní s príslušnými kontrolami (Tabuľka 3).

Posúdenie obsahov celkových a prístupných mikro živín

Obsah celkového Fe v piesočnatej pôde sa pohyboval v rozpätí od 11,9 do 14,8 g.kg⁻¹ pôdy a jeho zastúpenie bolo ovplyvnené aplikáciou biouhlíkových substrátov. Obsahy celkového Fe sa štatisticky významne zvýšili vo variantoch Effeco 30/30/30 v dávke 10, ale i 20 t.ha⁻¹, a v prípade testovaného Effeca 50/50 to bolo iba pri dávke 20 t.ha⁻¹ v porovnaní s nehnojenou kontrolou. Diametrálne opačný efekt biouhlíkových substrátov na obsah celkového Fe bol zistený v prípade, keď boli spolu so substrátmi aplikované minerálne hnojivá. Obsahy celkového Fe sa štatisticky významne znížili, a to o 15, 18, 18 a 14 % vo všetkých variantoch a dávkach testovaných substrátov v kombinácii s minerálnym hnojením v porovnaní s hnojenou kontrolou (Tabuľka 4). Kováčik a Ryant (12) uviedli, že aj napriek vysokým obsahom Fe v pôde (mnohokrát aj vyšší obsah ako 5 %) je len jeho malá časť prístupná. Koncentrácia nad 75 mg.kg⁻¹ sa považuje už za vysoký obsah a jeho koncentrácia nad 250 mg.kg⁻¹ za veľmi vysoký obsah (16). Alkalické biouhlie (tiež náš prípad) aplikované do alkalickéj pôdy minimalizuje prístupnosť živín (14), najmä prístupnosť Fe, Zn, Cu a Mn (5). Obsah prístupného Fe sa znížil po aplikácii Effeco 30/30/30 – viac po pridaní vyššej dávky, kým na druhej strane po aplikácii oboch dávok substrátu Effeco 50/50 sme zaznamenali nárast v obsahu prístupného Fe v porovnaní s nehnojenou kontrolou. Nameované hodnoty však mali veľký rozptyl v rámci jednotlivých variantov a tak získané výsledky nemali štatisticky potvrdenú relevantnosť. Štatisticky významný vplyv na zvýšenie prístupného Fe v piesočnatej pôde sme pozorovali po aplikácii oboch testovaných substrátov v oboch dávkach v kombinácii s minerálnym hnojením v porovnaní s hnojenou kontrolou. Vysvetľujeme si to pridávaním močoviny do pôdy, ktorá znižuje pH pôdy (13), a tak môže dochádzať k zvyšovaniu prístupnosti živín vrátane Fe na alkalických pôdach. Obsah celkového Mn po aplikácii biouhlíkových substrátov sa zvýšil, avšak nie štatisticky významne v porovnaní s nehnojenou kontrolou. Naopak, aplikácia substrátov v kombinácii s minerálnym hnojením znížila celkové obsahy Mn – výraznejšie po aplikácii vyššej dávky oboch substrátov (Tabuľka 4). Prístupnosť Mn sa zvýšila, ak bolo k substrátom aplikované prídavné minerálne hnojenie. Čím bola aplikačná dávka oboch substrátov vyššia, tým vyšší obsah celkových, ale i prístupných obsahov Cu a Zn bol stanovený v porovnaní s nehnojenou kontrolou.

Na druhej strane, celkové a prístupné obsahy Cu a Zn sa po aplikácii biouhlíkových substrátov spolu s minerálnymi hnojivami významne znížili (Tabuľka 4). Zníženie prístupnosti Cu a Zn môže súvisieť v kombinácii biouhlíkových substrátov a minerálnych hnojív. Pridané minerálne hnojivo mohlo čiastočne eliminovať alkalický efekt biouhlia, avšak biouhlie je zdrojom organickej hmoty, ktorá môže ovplyvňovať príjem živín (24).

Obsahy celkového Fe v hlinitej pôde boli štatisticky významne zvýšené po aplikácii 20 t.ha⁻¹ substrátu Effeco 30/30/30 v porovnaní s nehnojenou kontrolou a v prípade vyšších dávok oboch substrátov aplikovaných spolu s prídavným organickým hnojením v porovnaní s hnojenou kontrolou. Štatisticky významne v porovnaní s hnojenou kontrolou sa znížil i obsah celkového Zn, ale iba vo variantoch, kde boli substráty kombinované s organickým hnojením (Tabuľka 5). Yuan et al. (26) uviedli, že biouhlie prostredníctvom jeho pH, kationovej výmennej kapacity, pórovitosti, ale i vďaka veľkému mernému povrchu môže nepriamo zadržiavať živiny, a tým ovplyvňovať ich príjem rastlinami, ale i vyplavenie z pôdy. Samozrejme priamu a významnú úlohu zohrávajú aj vlastnosti použitého biouhlia a preto tieto priame i nepriame vplyvy biouhlia treba brať do úvahy pri hodnotení obsahov celkových a prístupných foriem živín v pôdach (3). Aplikácia alkalického biouhlia do alkalickéj pôdy redukuje prístupnosť Fe, Zn, Cu a Mn (5), čo čiastočne potvrdzujú aj naše výsledky. Obsah prístupného Fe sa významne znížil po aplikácii 20 t.ha⁻¹ Effeca 30/30/30 a 10 t.ha⁻¹ Effeca 50/50 v porovnaní s nehnojenou kontrolou. Obsah ostatných mikro živín nebol štatisticky významne zmenený v dôsledku aplikácie testovaných substrátov ak sme ich aplikovali samostatne voči nehnojenej kontrole. Obsah prístupného Fe v porovnaní s hnojenou kontrolou sa výrazne zvýšil, ak sa substráty kombinovali s prídavným organickým hnojením (okrem variantu Effeco 50/50 20 t.ha⁻¹ + Italpolitana). Významne sa zvýšili i obsahy prístupného Zn po aplikácii 10 t.ha⁻¹ Effeca spolu s organickým hnojením v porovnaní s hnojenou kontrolou. Obsahy prístupného Mn a Cu sa výrazne nezmenili na hlinitej pôde po aplikácii kombinácie Effeca + Italpolitana (Tabuľka 5).

Záver

Naše výsledky poukazujú na to, že okrem aplikácie biouhlíkových substrátov na obsahy jednotlivých celkových a prístupných makro a mikro živín v zrnitostne rozdielnych pôdach má okrem aplikačnej dávky aj prídavné hnojenie minerálnymi, resp. organickými hnojivami. Celkovo výraznejší a v niektorých prípadoch i diametrálne odlišný efekt bol pozorovaný v zrnitostne ľahkej ako v stredne ťažkej pôde.

Na piesočnatej pôde sa obsah celkového P zvýšil iba po aplikácii testovaných substrátov, kým obsah prístupného P sa výrazne zvýšil i po aplikácii ich kombinácie s minerálnym hnojením. Taktiež obsahy celkového Fe, Cu a Zn sa zvýšili po aplikácii biouhlíkových substrátov, kým na druhej strane ich kombinácia s minerálnym hnojením mala za následok ich významný pokles v piesočnatej pôde. Prístupnosť Cu a Zn v piesočnatej pôde sa zvýšila iba v prípade použitia vyšších dávok oboch substrátov, avšak ich kombinácia s minerálnym hnojením zvýšila prístupnosť Fe, ale na druhej strane znížila prístupnosť Mn, Cu a Zn. Na hlinitej pôde sa po aplikácii biouhlíkových substrátov výrazne zvýšil obsah celkového Ca a Mg. Obe testované

Effeca samostatne znížili prístupnosť P, kým ich kombinácia s prídavným organickým hnojením zvýšila jeho prístupnosť.

Biouhlíkové substráty sú významným zdrojom živín a ich aplikácia do pôdy vo väčšine prípadov priniesla pozitívnu odozvu či už na zvýšenie celkových, ale i prístupných živín.

Literatúra

- (1) BIELEK, P. 1998. Dusík v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. Bratislava : VÚPOP, 252 s. ISBN 80-85361-44-2.
- (2) CASSON, J. P. – BENNETT, D. R. – NOLAN, S. C. – OLSON, B. M. – ONTKEAN, G. R. 2006. Degree of phosphorus saturation thresholds in manure-amended soils of Alberta. In *J. Environ. Qual.*, vol. 35, 2006, pp. 2212–2221.
- (3) DAI, Z. – ZHANG, X. – TANG, C. – MUHAMMAD, N. – WU, J. – BROOKES, P. C. – XU, J. 2017. Potential role of biochars in decreasing soil acidification-a critical review. In *Sci. Total Environ.*, vol. 581–582, 2017, pp. 601–611.
- (4) FISCHER, D. – GLASER, B. 2012. Synergisms between compost and biochar for sustainable soil amelioration. In *Management of Organic Waste*, Rijeka : Tech Europe, 2012, pp. 167–198.
- (5) GUNES, A. – INAL, A. – TASKIN, M.B. – SAHIN, O. – KAYA, E.C. – ATAKOL, A. – 2014. Effect of phosphorus-enriched biochar and poultry manure on growth and mineral composition of lettuce (*Lactuca sativa* L. cv.) grown in alkaline soil. In *Soil Use Manag.*, vol. 30, 2014, pp. 182–188.
- (6) GWENZI, W. – NYAMBISHI, T. J. – CHAUKURA, N. – MAPOPE, N. 2018. Synthesis and nutrient release patterns of a biocharbased N-P-K slow-release fertilizer. In *International Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 15, 2018, pp. 405–414.
- (7) HAEFELEA, S.M. – KONBOONC, Y. – WONGBOONC, W. – AMARANTEA, S. – MAARIFATB, A.A. – PFEIFFER, E.M. – KNOBLAUCH, C. 2011. Effects and fate of biochar from rice residues in rice-based systems. In *Field Crops Res.*, vol. 121, 2011, pp. 430–440.
- (8) JEFFERY, S. – ABALOS, D. – SPOKAS, K. A. – VERHEIJEN, F. G. A. 2015. Biochar effects on crop yield. In *LEHMANN, J. – JOSEPH, S. (Eds.) Biochar for environmental management*, Routledge. New York : Taylor and Francis Group, 2015, pp. 301–325. ISBN 978-0-415-70415-1.
- (9) JURIGA, M. – ŠIMANSKÝ, V. 2018. Effect of biochar on soil structure – review. In *Acta fytotechnica et zootechnica*, vol. 21, 2018, no. 1, pp. 11–19. ISSN 1338-4376.
- (10) KORSATH, A. 2012. N, P, and K budgets and changes in selected topsoil nutrients over 10 years in a long-term experiment with conventional and organic crop rotations. In *Applied Environ. Soil Sci. J.*, vol. 25, 2012, pp. 1–17.
- (11) 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 *J. Ecol. Eng.*, vol. 14, 2013, pp. 69–76.
- (12) KOVÁČIK, P. – RYANT, P. 2019. *Agrochémia, princípy a prax*. Nitra : SPU, 2019, 358 s. ISBN 978-80-552-2051-2.
- (13) KOVÁČIK, P. 2014. *Princípy a spôsoby výživy rastlín*. Nitra : SPU, 2014, 278 s. ISBN 978-80-552-1193-0.
- (14) 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.
- (15) LEHMANN, J. – RILLIG, M. C. – THIES, J. – MASIELLO, C. A. – HOCKADAY, W. C. – CROWLEY, D. 2011. Biochar effects on soil biota – A review. In *Soil Biol. Biochem.*, vol. 43, 2011, no. 9, pp. 1812–1836.
- (16) 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.
- (17) RAJKOVICH, S. – ENDERS, A. – HANLEY, K. – HYLAND, C. – ZIMMERMAN, A.R. – LEHMANN, J. 2012. Corn growth and nitrogen nutrition after additions of biochars with varying properties to a temperate soil. In *Biol. Fertil. Soils*, vol. 48, 2012, pp. 271–284.
- (18) SACHDEVA, V. – USSAINA, N. – HUSK, B. B. R. – WHALENA, J. K. 2019. Biochar-induced soil stability influences phosphorus retention in a temperate agricultural soil. In *Geoderma*, 2019, pp. 71–75.
- (19) SOLAIMAN, Z.M. – BLACKWELL, P. – ABBOTT, L.K. – STORER, P. 2010. Direct and residual effect of biochar application on mycorrhizal root colonisation, growth and nutrition of wheat. In *Soil Res.*, vol. 48, 2010, pp. 546–554.
- (20) SUWARA, I. – PAWLAK-ZAREBA, K. – GOZDOWSKI, D. – PERZANOWSKA, A. 2016. Physical properties of soil after 54 years of long-term fertilization and crop rotation. In *Plant Soil Environ.*, vol. 62, 2016, pp. 389–394.
- (21) ŠIMANSKÝ, V. – HORÁK, J. – IGAZ, D. – BALASHOV, E. – JONCZAK, J. 2018. Biochar and biochar with N fertilizer as a potential tool for improving soil sorption of nutrients. In *Journal of Soils and Sediments*, vol. 18, 2018, no. 4, pp. 1432–1440.
- (22) 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.
- (23) WHITMAN, T. – SIGH, B. P. – ZIMMERMAN, A. R. 2015. Priming effects in biochars-amended soils: implications of biochar-soil organic matter interactions for carbon storage. In *LEHMANN, J. – JOSEPH, S. (Eds.) Biochar for environmental management*, Routledge. New York : Taylor and Francis Group, 2015, pp. 456–487. ISBN 978-0-415-70415-1.
- (24) XU, C.Y. – HOSSEINI-BAI, S. – HAO, Y. – RACHAPUTI, R. – WANG, H. – XU, Z. – WALLACE, H. 2015. Effect of biochar amendment on yield and photosynthesis of peanut on two types of soils. In *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 22, 2015, no. 8, pp. 6112–6125.
- (25) XU, H.J. – WANG, X.H. – LI, H. – YAO, H.Y. – SU, J.Q. – ZHU, Y.G. 2014. Biochar impacts soil microbial community composition and nitrogen cycling in an acidic soil planted with rape. In *Environ. Sci. Technol.*, vol. 48, 2014, pp. 9391–9399.
- (26) YUANG, J. H. – XU, R. K. 2011. The forms of alkalis in the biochars produced from crop residues at different temperatures. In *Bioresource Technology*, vol. 102, 2011, pp. 3488–3497.

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

Podakovanie
Táto práca bola finančne podporená spoločnosťou
Zdroje Zeme a.s.

DUSLO®

ENERGY OF YOUR GROWTH

ENSIN®

Granulované dusíkaté hnojivo s obsahom S a s inhibítormi nitrifikácie DCD (dikyándiamid) a TZ (triazol) v pomere 10:1 – HNOJIVO ES.
Zelený, povrchovo upravený granulát.

N 26% S 13%

Chemické zloženie a granulometria

Celkový dusík (N)	26,0 %
Z toho amoniakálny (N)	18,5 %
dusičnanový (N)	7,5 %
Síra ako (S) vodorozpustná	13,0 %
Obsah častíc (2 – 5 mm)	min. 90,0 %

Hnojivo so stabilizovaným N a obsahom S je vhodné na neskoré jesenné, regeneračné jarné, základné predsejbové hnojenie, prípadne prihnojenie počas vegetácie poľných plodín náročných na S (repka, obilniny, slnečnica, kukurica, okopaniny). Dusík je uvoľňovaný postupne v závislosti na pôdno-klimatických podmienkach čím sa zvyšuje jeho využiteľnosť a znižujú sa straty vyplavením a únikom do ovzdušia.

Balenie : Voľne ložený tovar, PE – 25 kg,
big-bag – 1000 kg, 600 kg.



Uvedené údaje majú informatívny charakter.
Bližšie informácie poskytne výrobca:
Duslo, a.s. Administratívna budova ev. č. 1236,
927 03 Šaľa, Slovenská republika.
E-mail: fertilizer@duslo.sk | www.duslo.sk



obsah

contents

Eva Candráková

Reakcia jačmeňa siateho ozimného na podmienky pestovania	3
Response of winter barley to growing conditions	3

Vladimír Šimanský, Martin Juriga, Jerzy Jonczak

Zmeny pôdnej štruktúry zrnitostne ľahkej pôdy po 41-ročnom hnojení minerálnymi hnojivami	8
Changes in soil structure of light-textured soil after 41-years of fertilization with mineral fertilizers	8

Ivan Holúbek, Peter Kovár, Peter Hric, Ľuboš Vozár, Marián Miko

Produkčný a ekonomický potenciál lucerny siatej (<i>Medicago sativa</i> L.) v Podunajskej pahorkatine	13
The production and economic potential of the alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) in the Danube Upland	13

Alexandra Zapletalová, Ivan Černý, Rastislav Bušo

Závislosť produkcie slnečnice ročnej (<i>Helianthus annuus</i> L.) od poveternostných podmienok, hybridov a foliárnej aplikácie hnojiva Route	19
Sunflower production dependence on weather conditions, hybrids and Route foliar application	19

Tomáš Lošák, Tereza Zezulová, Mojmír Baroň, Jakub Elbl, Antonín Kintl, Ladislav Ducsay, Ladislav Varga, Stanislav Torma, Marko Petek

Uplatnění mimokořenové výživy draslíkem u révy vinné (<i>Vitis vinifera</i> L.)	23
Foliar application of potassium to grapevine (<i>Vitis vinifera</i> L.)	23

Dušan Šrank, Vladimír Šimanský, Martin Juriga

Zásoba živín v zrnitostne odlišných pôdach po pridaní biouhlíkových substrátov a ich kombinácií s minerálnymi a organickými hnojivami	28
Nutrient supply in texturally different soils after addition of biochar and their combinations with mineral and organic fertilizers	28