

Vliv různých dávek bóru na výnos a kvalitu vysoce kvalitních odrůd cukrové řepy

EFFECT OF VARIOUS RATES OF BORON ON YIELD AND QUALITY OF HIGH-GRADE SUGAR BEET VARIETIES

Suzana Kristek¹, Ivo Rešić², Jurica Jović¹, Krunoslav Zmajčić¹, Lidija Lenart³, Željko Kraljičak⁴, Drago Bešlo¹, Sanda Rašić¹

¹ Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Poljoprivredni fakultet, Osijek, Chorvatsko

² Sladorana d. d., Tvornica šećera – Županja, Chorvatsko

³ Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, Chorvatsko

⁴ Ministarstvo poljoprivrede, Zagreb, Chorvatsko

Cukrová řepa je kulturní plodina kladoucí vysoké nároky na půdní vlastnosti (1), pravidelná a včasné uplatňovaná agrotechnická opatření, správný výběr odrůd s ohledem na choroby listů i kořenů (2, 3), ochranu a vhodné hnojení vycházející z výsledků chemických a mikrobiologických analýz (4).

Pokud řepě během vegetace chybí některá živina, může být narušen vývoj listů a kořenů s přímým dopadem na výsledek pěstování. Pro zamezení tohoto nedostatku je potřeba provádět hnojení organickými a minerálními hnojivy. Hnojiva dodávají živiny potřebné pro optimální vývoj rostlin. Proto jsou pro správné hnojení nutné údaje o obsahu živin v půdě.

Intenzivní produkce cukrové řepy a neustále se měnící odrůdy kladou nároky na výzkum závislosti výnosů a kvality kořene na jednotlivých relevantních faktorech, k nimž patří i optimální hnojení. To je důležité také proto, že cukrová řepa odebírá z půdy velké množství živin. Přitom je pěstována na půdách s velmi rozdílným obsahem živin, nestejně dostupných pro příjem rostlinami (4).

Velmi důležité je hnojení bórem, především na půdách s nízkým obsahem tohoto prvku. Nedostatek bóru vede ke snížení výnosů a obsahu cukru v řepě (5), protože se podílí na procesu transportu cukru do kořene a regulaci vodního

režimu protoplazmy snižováním koeficientu transpirace (6). Největší potřeba bóru je v období intenzivního růstu listů od uzavření řádků řepy (konec května a začátek června) po dosažení maximální plochy listů (polovina července) (7). Nedostatek bóru se projevuje morfologickými, anatomickými a fyziologickými změnami kořene cukrové řepy. Díky špatné mobilitě bóru v rostlinách se první příznaky jeho nedostatku projevují na nejmladších listech a na růstovém vrcholu kořenů i nadzemní části rostlin. Příznaky se objevují na horní straně řádků v podobě příčných proužků. Dále nedostatek bóru způsobuje postupné žloutnutí starších listů a zpomalení růstu rostliny. Nejběžnějším projevem na rostlině řepy je opadávání nejmladších listů, černání prostředních lístků listové růžice a suchá, srdéčková hniloba. Na kořenech se objevují tmavě zbarvené pruhy podél cévních svazků (7). DRAYCOTT (8) popisuje podrobně všechny příznaky nedostatku bóru. Jak již ukázala řada výzkumů, ke špatnému vývoji bulvy a nižšímu obsahu cukru dochází proto, že nedostatek bóru snižuje transport cukru (5). Dostatečný příjem bóru naopak transport cukru stimuluje (6). Tento účinek bóru je zjevný z jeho role při dělení buněk (5, 6). Dostupnost bóru se snižuje se zvyšujícím se pH půdy díky silné fixaci, a to i v půdě s nízkou vlhkostí.

Hnojení bórem lze provádět obvyklou aplikací do půdy (základní hnojení) v množství asi 2 kg.ha⁻¹ B nebo aplikací na list v dávce 1 kg.ha⁻¹ B. KRISTEK ET AL. (7) provedli pokusy na dvou lokalitách s různými půdními typy s nedostatkem dostupného bóru a zaznamenali vliv foliární aplikace hnojiva v množství



Tab. 1. Vlastnosti půdy na pokusných lokalitách

Zkoumané parametry 0–30 cm	Půdní typ	
	Eutrická hnědozem	Organozemní glej
pH (H ₂ O)	6,92	7,79
pH (KCl)	6,11	6,87
Humus (%)	2,05	3,24
P (mg.100 g ⁻¹ půdy)	23,45	25,96
K (mg.100 g ⁻¹ půdy)	22,07	24,05
B (mg.kg ⁻¹)	0,94	0,76

0 až 4,0 kg.ha⁻¹ B na výnos a kvalitu bulev cukrové řepy. Zjistili, že vyšší dávka bóru dodaná hnojením zvýšila výnos i kvalitu bulev cukrové řepy, ale jen do 1 kg.ha⁻¹ B. Větší dávka již výnos a kvalitu bulev významně nezlepšila. Navíc zjistili, že hnojení bórem je neúčinnější, když se provádí formou dvou ošetření, poprvé před ukončením zapojení řádků (od konce května do začátku června) a podruhé o 10–14 dnů později.

Zavedení nových vysoce výnosných odrůd cukrové řepy však klade ve většině případů požadavky (podle obsahu dostupného bóru v půdě) na větší dávky bóru, než je 1 kg.ha⁻¹.

Materiál a metody

Náš výzkum byl proveden na dvou lokalitách během dvou vegetačních období (v letech 2015 a 2016). Experimenty byly založeny ve schématu dělených bloků ve 12 variantách a 4 opakováních na dvou různých půdních typech (tab. I.). Byly srovnávány tyto varianty pokusu: A) odrůdy cukrové řepy (A1 – odrůda Jadranka osivářské společnosti KWS, A2 – Antek, Strube, A3 – Protecta, Syngenta-Hill, A4 – Boomerang, SESVanderHave); B) varianty hnojení bórem (B1 – kontrola; B2 – 1 kg.ha⁻¹ B; B3 – 2 kg.ha⁻¹ B).

Základní plocha parcely byla 72 m² (12 řádků dlouhých 12 m, vzdálenost řádků 50 cm), plocha parcely využitá pro pokus byla 20 m². Vzdálenost rostlin v řádku byla 14 cm.

Hnojení bylo provedeno na základě chemických rozborů půdy. Oba typy půdy v pokusu byly hnojeny: na půdním typu

typická hnědozem bylo aplikováno 95 kg.ha⁻¹ N, 65 kg.ha⁻¹ P₂O₅ a 220 kg.ha⁻¹ K₂O; na organozemním gleji pak bylo aplikováno 85 kg.ha⁻¹ N, 50 kg.ha⁻¹ P₂O₅ a 200 kg.ha⁻¹ K₂O. Bór byl aplikován na listy ve formě boritanu sodného (Borax, 37 % boritanu sodného, Ekoprom d. o. o.). Byla provedena dvě foliární hnojení, před uzavřením řádků řepy a o 14 dní později.

Po sklizni byly odebrány vzorky pro určení výnosu a kvality bulev. Standardními metodami byl určen obsah cukru. Výnos cukru byl stanoven podle Braunschweigského vzorce.

Výsledky a diskuse

Výnos bulev

Nejvyššího průměrného výnosu bulev cukrové řepy bylo dosaženo (tab. II.) na půdním typu typická hnědozem variantou B3 (2 kg.ha⁻¹ B) během obou pokusných let. U všech ostatních variant bylo dosaženo statisticky významně nižších hodnot ($p < 0,01$), respektive $p < 0,05$ v případě odrůdy Jadranka (KWS).

Nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi ošetřením B2 (1 kg.ha⁻¹ B) a B3 (2 kg.ha⁻¹ B) na půdním typu organozemní glej. Tento půdní typ vykazuje lepší pedologické i fyzikálně-chemické vlastnosti. Obsah organické hmoty je vyšší než u typické hnědozemě, takže jisté množství bóru poskytuje mineralizační procesy v půdě. Výsledky dosažené na půdním typu organozemní glej jsou podobné výsledkům jiných autorů (7), kteří zjistili, že zvyšující se dávka bóru v hnojivu zvyšuje výnos

Tab. II. Průměrný výnos bulev v letech 2015 a 2016

Odrůda (A)	Hnojení bórem (B)	Půdní typ		
		Eutrická hnědozem	Glejový humus	Průměr
		Výnos řepy (t.ha ⁻¹)		
A1 Jadranka (KWS)	B1	67,90	70,45	69,18
	B2	73,81	75,86	74,84
	B3	75,23*	76,19	75,71
	průměr	72,31	74,17	73,24
A2 Antek (Strube)	B1	55,36	58,44	56,90
	B2	60,27	65,31	62,79
	B3	63,50**	65,70	64,60**
	průměr	59,71	63,15	61,43
A3 Protecta (Syngenta)	B1	56,83	58,13	57,48
	B2	61,47	66,49	63,98
	B3	64,07**	65,80	64,94*
	průměr	60,79	63,47	62,13
A4 Boomerang (SESVanderHave)	B1	61,38	63,96	62,67
	B2	67,00	69,61	68,31
	B3	69,43**	69,34	69,39*
	průměr	65,94	67,64	66,79
Celkový průměr		64,69	67,11	65,90
LSD _{0,05}		0,96	0,73	0,88
LSD _{0,01}		1,81	1,35	1,57

Hnojení bórem: B1 – kontrola; B2 – 1 kg.ha⁻¹ B; B3 – 2 kg.ha⁻¹ B.

a kvalitu kořene cukrové řepy, ale jen do 1 kg.ha⁻¹ B. Větší množství bóru již výnos ani kvalitu cukrové řepy nijak významně neovlivňují. Avšak nejvyššího průměrný výnos ($p < 0,01$) u všech odrůd byl dosažen na půdním typu typická hnědozem u varianty hnojení B3 (foliární aplikace 2 kg.ha⁻¹ B). Tyto výsledky jsou podobné dříve publikovaným údajům (9, 10, 11).

Obsah cukru

Na typické hnědozemi bylo nejvyšší průměrné cukernatosti (tab. III.) dosaženo u varianty hnojení B3 (2 kg.ha⁻¹ B). Ostatní varianty vykázaly statisticky významně nižší hodnoty ($p < 0,01$) pro odrůdy Jadranka (KWS) a Antek (Strube), respektive $p < 0,05$ pro odrůdy Protecta (Syngenta) a Boomerang (SESVanderHave).

Pro půdní typ organozemní glej nebylo dosaženo statisticky významného rozdílu mezi variantami B2 (1 kg.ha⁻¹ B) a B3 (2 kg.ha⁻¹ B). HRIVNA ET AL. (11) ve svých výzkumech uvádějí, že dodáním bóru do půdy se obsah cukru v cukrovce zvyšuje až o 19,41 %. PROŠBA-BIALCZYK ET AL. (10) pak uvádějí, že v podmínkách malé dostupnosti bóru se při hnojení 1 kg.ha⁻¹ B zvyšuje obsah cukru o 8,3 %, při dávce 2 kg.ha⁻¹ B dokonce o 17,9 % oproti kontrolní variantě. V případě půdy chudé na bór

Tab. III. Průměrná cukernatost v letech 2015 a 2016

Odrůda (A)	Hnojení bórem (B)	Půdní typ		
		Eutrická hnědozem	Glejový humus	Průměr
		Cukernatost (%)		
A1 Jadranka (KWS)	B1	14,96	15,17	15,07
	B2	15,42	16,74	16,08
	B3	16,12**	16,81	16,47*
	průměr	15,50	16,24	15,87
A2 Antek (Strube)	B1	14,06	14,50	14,28
	B2	14,98	16,07	15,53
	B3	16,04**	16,23	16,14**
	průměr	15,03	15,60	15,32
A3 Protecta (Syngenta)	B1	15,70	16,14	15,92
	B2	16,28	16,96	16,62
	B3	16,69*	16,79	16,74
	průměr	16,22	16,63	16,43
A4 Boomerang (SESVanderHave)	B1	15,98	16,44	16,21
	B2	16,53	17,13	16,83
	B3	16,92*	17,05	16,99
	průměr	16,48	16,87	16,68
Celkový průměr		18,81	16,34	16,08
LSD _{0,05}		0,289	0,202	0,250
LSD _{0,01}		0,556	0,385	0,493

Hnojení bórem: B1 – kontrola; B2 – 1 kg.ha⁻¹ B; B3 – 2 kg.ha⁻¹ B.

se hnojením 1,22 kg.ha⁻¹ B (kyselina boritá) zvýšila cukernatost až o 26,35 % (12).

Výnos cukru

Na půdním typu typická hnědozem byl nejvyšší průměrný výnos polarizačního cukru u odrůd cukrové řepy dosažen u varianty B3 (2 kg.ha⁻¹ B). Všechny ostatní varianty dosáhly statisticky velmi významně ($p < 0,01$) nižšího průměrného výnosu cukru (tab. IV.). Odrůdy Jadranka (KWS) a Antek (Strube) dosáhly nejvyššího průměrného výnosu cukru na půdním typu organozemní glej u varianty B3 (2 kg.ha⁻¹ B) ($p < 0,05$), zatímco odrůda Boomerang (SESVanderHave) dosáhla nejvyššího výnosu cukru u varianty B2 (1 kg.ha⁻¹ B) ($p < 0,05$). U odrůdy Protecta (Syngenta) nebyl zjištěn žádný statisticky významný rozdíl mezi variantami B2 (1 kg.ha⁻¹ B) a B3 (2 kg.ha⁻¹ B).

Výnos cukru velmi pozitivně koreloval s výnosem kořene ($r = 0,936$; $p < 0,01$) a cukernatostí ($r = 0,941$; $p < 0,01$).

Výsledky byly zpracovány moderními statistickými metodami (ANOVA) pomocí počítačového programu StatSoft Inc. Statistics – software pro analýzu dat.

Závěr

Na základě dosažených výsledků pokusů lze vyvodit závěry: – obě varianty hnojení bórem vedly k dosažení statisticky významně vyššího výnosu kořene, cukernatosti a výnosu cukru ($p < 0,1$) na obou půdních typech a pro všechny testované odrůdy ve srovnání s kontrolní variantou, – zatímco na typické hnědozemí byly nejlepší výsledky zkoumaných parametrů dosaženy u varianty B3 (2 kg.ha⁻¹ B), na půdním typu glejový humus nebylo mezi variantou B2 (1 kg.ha⁻¹ B) a B3 (2 kg.ha⁻¹ B) dosaženo statisticky významného rozdílu, s výjimkou výnosu cukru.

Lze tedy shrnout, že půdy s horšími pedologickými, fyzikálními a chemickými vlastnostmi je třeba pro dosažení vyššího výnosu a kvality bulev cukrové řepy hnojit větším množstvím bóru.

Prezentované výsledky jsou součástí výzkumného projektu IPA: „Podpora spolupráce vědy, průmyslu a zemědělství: Transfer technologií pro integrovaný boj proti škůdcům (IPM) cukrové řepy jako způsob zlepšení výnosů pěstitelů a snížení používání pesticidů“.

Souhrn

Cukrová řepa je kulturní plodina kladoucí vysoké nároky na půdní vlastnosti, pravidelná a včasné uplatňovaná agrotechnická opatření, správný výběr odrůd ve vztahu k chorobám listů a bulev, ochranu a správné hnojení vycházející z výsledků chemických a mikrobiologických rozborů.

Kromě hnojení makroprvků (dusík, fosfor, draslík) je velmi důležité aplikovat bór jako mikroprvek. Nedostatek bóru vede ke sníženým výnosům bulev a obsahu cukru v řepě. Je to proto, že se bór podílí na procesu transportu cukru do bulev rostliny. Největší potřeba bóru je v období intenzivního růstu listů od uzavření řádků (konec května a začátek června) po dosažení maximální plochy listů (polovina července). Zavádění nových výnosných odrůd cukrové řepy vyžaduje ve většině případů (v závislosti na dostupnosti bóru v půdě) větší dávku bóru.

Výzkum byl proveden na dvou lokalitách během dvou vegetačních let (2015, 2016). Experimenty byly provedeny ve schématu dělených bloků ve 12 variantách a 4 opakováních na dvou různých půdních typech. Byla použita tato ošetření: A) odrůdy cukrové řepy (A1 – Jadranka, KWS, A2 – Antek, Strube, A3 – Protecta, Syngenta-Hill, A4 – Boomerang, SESVanderHave); B) hnojení bórem (B1 – kontrola, B2 – 1 kg.ha⁻¹ B, B3 – 2 kg.ha⁻¹ B). Hnojení bylo provedeno na základě chemické analýzy půdy. Oba půdní typy byly hnojeny takto: na půdní typ typická hnědozem bylo aplikováno 95 kg.ha⁻¹ N, 65 kg.ha⁻¹ P₂O₅, 220 kg.ha⁻¹ K₂O a na půdní typ organozemní glej bylo aplikováno 85 kg.ha⁻¹ N, 50 kg.ha⁻¹ P₂O₅, 200 kg.ha⁻¹ K₂O. Bór byl aplikován na listy v podobě boritanu sodného (Borax, 37 % boritanu sodného; Ekoprom d.o.o.). Byla provedena dvě ošetření listů, jedno před uzavřením řádků a druhé o 14 dnů později. Po sklizni byly odebrány vzorky pro určení výnosu kořene i kvality řepy.

Ve srovnání s kontrolní variantou dosáhly obě varianty hnojení bórem statisticky významně vyšších výnosů, cukernatosti a výnosu cukru na obou půdních typech a u všech testovaných odrůd. Zatímco na půdním typu typická hnědozem bylo nejlepšími výsledky u všech testovaných parametrů dosaženo variantou B3 (2 kg.ha⁻¹ B), v případě půdního typu organozemní glej nebyly mezi variantou B2 (1 kg.ha⁻¹ B) a B3 (2 kg.ha⁻¹ B) zjištěny žádné statisticky významné rozdíly, kromě výnosu cukru.

Klíčová slova: bór, hnojení, výnos a kvalita bulev, cukrová řepa.

Tab. IV. Průměrný výnos cukru v letech 2015 a 2016

Odrůda (A)	Hnojení bórem (B)	Půdní typ		
		Eutrická hnědozem	Glejový humus	Průměr
Výnos cukru (t.ha ⁻¹)				
A1 Jadranka (KWS)	B1	9,36	10,07	9,72
	B2	10,18	11,46	10,82
	B3	10,82**	11,69*	11,26**
	průměr	10,12	11,07	10,60
A2 Antek (Strube)	B1	7,91	8,14	8,03
	B2	8,74	9,16	8,95
	B3	9,26**	9,44*	9,35**
	průměr	8,64	8,91	8,78
A3 Protecta (Syngenta)	B1	8,30	8,41	8,36
	B2	9,37	9,92	9,65
	B3	9,74**	9,75	9,75
	průměr	9,14	9,36	9,25
A4 Boomerang (SESVanderHave)	B1	8,69	9,25	8,97
	B2	9,70	10,72*	10,21
	B3	10,06**	10,48	10,27
	průměr	9,48	10,15	9,82
Celkový průměr		9,35	9,87	9,61
LSD _{0,05}		0,181	0,217	0,194
LSD _{0,01}		0,340	0,382	0,359

Hnojení bórem: B1 – kontrola; B2 – 1 kg.ha⁻¹ B; B3 – 2 kg.ha⁻¹ B.

Literatura

- KRISTEK, A. ET AL.: Influence of soil type and nitrogen fertilization on yield and quality of sugar beet root. *Agriculture*, 17, 2011, s. 16–22.
- EVAČIČ, M.; KRISTEK, S.; STANISAVLJEVIĆ, A.: Use of the bacteria *Bacillus megaterium* in the control of sugar beet root decay agents *Pythium ultimum* and *Pythium debarianum*. *Cereal Research Communications*, 36, 2008, s. 383–386.
- POSPÍŠIL, M. ET AL.: Selection of hybrids as a factor for increasing the yield and quality of sugar beet roots. *Sjemenarstvo*, 26, 2009, s. 29–38.
- KRISTEK, A.; KRISTEK, S.; ANTUNOVIĆ, M.: Influence of fertilization and herbicide application on soil biogenicity and sugar beet yield elements. *Agriculture*, 10, 2004, s. 35–42.
- KOGE, M.: Comparative physiological studies on boron in plant nutrition. IV. Effects of boron on the incorporation of radioactive substances into tomato root protein. *Nippon Dojo Hiriyogaku Zasshi*, 49, 1978, s. 200–203.
- MINDLETON, W.; JARVIS, B. C.; BOOTH, A.: The role of leaves in auxin and boron dependent rooting of stem of *Phaseolus aureus*. *Roxb. New Phytol.*, 84, 1980, s. 251–259.
- KRISTEK, A.; STOJIC, B.; KRISTEK, S.: Effect of the foliar boron fertilization on sugar beet root yield and quality. *Agriculture*, 12, 2006, s. 22–26.

8. DRAYCOTT, A. P.: *Nutrition, The Sugar Beet Crop: Science into practice*. Edited by D. A. Cooke and R. K. Scott, published by Chapman & Hall, Chapter 7, 1993, s. 239-278.
9. DORDAS, C.; APOSTOLIDES, G. E.; GOUNDRAS, O.: Boron application affects seed yield and seed quality of sugar beets. *J. Agric. Sci.*, 145, 2007, s. 377–384.
10. PROŠBA-BIALCZYK, U., SACALA E., WILKOSZ, M.: Vliv listové výživy bórem na výnos a technologickou jakost cukrové řepy. *Listy cukrov. řepář.*, 132, 2016 (7–8), s. 224–227.
11. HRIVNA, L.; PECHKOVÁ, J.; BUREŠOVÁ, I.: Vliv aplikace bóru na výnos a technologickou kvalitu cukrové řepy. *Listy cukrov. řepář.*, 130, 2014 (4), s. 126–130.
12. MOHAMMAD, A.; MOHAMMAD REAZ, A.: Effect of time and concentration of boron foliar application on yield and quality of sugar beet. *Asian Journal of Plant Sciences*, 10, 2011, s. 307–311.

Kristek S., Rešić I., Jović J., Zmajčić K., Lenart L., Kraljićak Ž., Bešlo D., Rašić S.: Effect of Various Rates of Boron on Yield and Quality of High-grade Sugar Beet Varieties

Sugar beet is an extremely demanding culture regarding soil properties, regular and timely applied agro-technical measures, correct selection of hybrids in terms of leaf and root disease, crop protection, as well as proper fertilization based on the results of chemical and microbiological analyzes.

In addition to fertilization with macroelements (nitrogen, phosphorus, potassium), it is extremely important to apply boron as a microelement. An insufficient supply of boron results in reduced yields and sugar content in sugar beet production. This is because boron is involved in the process of transport and disposal of sugar in the root. The greatest need for boron is in the phase of intense leave growth, from closing the ranks (end of May, beginning of June) until reaching the maximum leaf surface (mid-July). The introduction of new high-yield hybrids in sugar beet production requires, in most cases (depending on the availability of boron in the soil), a greater amount of boron.

The research was conducted on two locations during two vegetation years (2015, 2016). The experiments were set up as a split-block scheme in 12 variants and 4 repetitions on two different soil types. The used treatments were as follows: A – sugar beet varieties (A1 – Jadranka, breeding house KWS, A2 – Antek, breeding house Strube, A3 – Protecta, breeding house Syngenta-Hill, A4 – Boomerang breeding house SESVanderHave); B – boron fertilization (B1 – control; B2 – 1 kg ha⁻¹ B; B3 – 2 kg ha⁻¹ B). Fertilization was carried out based on chemical soil analysis results. The fertilization on the two soil types was as follows: 95 kg ha⁻¹ N, 65 kg ha⁻¹ P₂O₅, 220 kg ha⁻¹ K₂O were applied on the soil type eutric brown soil; while on humogley soil type 85 kg ha⁻¹ N, 50 kg ha⁻¹ P₂O₅, 200 kg ha⁻¹ K₂O were applied. Boron was applied foliar in the form of sodium borate (Borax, 37% sodium borate; Ekoprom d.o.o.). Two foliar treatments were performed, before closing rows, and another 14 days later. After harvest, samples were collected to determine the root yield and quality.

Compared to the control variant, both boron fertilization variants achieved statistically significant higher yield, sugar content and pure sugar yield on both soil types and among all tested hybrids during the research. On soil type eutric brown soil, the best results of the examined parameters were achieved in variants B3 (2 kg ha⁻¹ B), while in soil type humogley there were no statistically significant differences between variant B2 (1 kg ha⁻¹ B) and variant B3 (2 kg ha⁻¹ B), except for the sugar yield parameter.

Key words: boron, fertilization, root yield and quality, sugar beet.

Kontakt adresa – Contact address:

Ph.D. Suzana Kristek, full professor, University of J. J. Strossmayer, Faculty of Agriculture, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek, Republic of Croatia, e-mail: skristek@pfos.hr