

Možnost snížení hnojení dusíkem využitím užitečných mikroorganismů

POSSIBILITY OF MINERAL NITROGEN FERTILIZATION REDUCTION BY APPLYING BENEFICIAL MICROORGANISMS

Suzana Kristek¹, Ivo Rešić², Jurica Jović¹, Sanda Rašić¹, Ivana Varga¹, Lidija Lenart³, Hubert Kišpal⁴, Manda Antunović¹

¹ University of J. J. Strossmayer, Faculty of Agronomy, Osijek, Croatia, ² Sladorana d. d., sugar factory Županja, Croatia

³ University of J. J. Strossmayer, Faculty of Food Technology ⁴ Fermopromet d. o. o., Jagodnjak, Croatia

Cukrová řepa má ve srovnání s jinými plodinami velmi vysoké agrotechnické požadavky. Na dosahované produkční výsledky působí u cukrové řepy řada faktorů a jedním z nich je půda (1). Literární prameny (1–4) zdůrazňují, že při výběru půdy musí být věnována pozornost půdnímu profilu, zejména jeho hloubce, struktuře, mechanické skladbě a pórovitosti.

Vysokých výnosů a kvality kořenů cukrové řepy může být dosaženo na půdách dodávajících všechny nezbytné živiny v dostatečné míře, fyziologicky přístupné formě a v čase, kdy je rostlina potřebuje. Projev nedostatku jakéhokoliv prvku během vegetace vyústí v poruchu výživy a ovlivní růst listů a kořenů i kvalitu produkce (5, 6). Aby k tomu nedošlo, je nezbytné hnojení organickými a minerálními hnojivy.

Při pěstování cukrové řepy se musí zohlednit, že půdní a klimatické podmínky určují rozsah jejího pěstování, zatímco kvalita její produkce je ovlivňována uplatněnými technologickými postupy. Hnojení je jedním z nejdůležitějších agrotechnických zásahů a klíčovým prvkem dodávaným hnojivem je dusík (4, 7, 8), který je pro výživu cukrové řepy velmi významný. Ovlivňuje nejen výnos, ale i kvalitu kořenů. Řepa jej přijímá ve značném množství, ale optimální rozsah je omezen. S rostoucími dávkami nebude jeho příjem přínosný, neboť bude mít negativní vliv na produkční výsledky, především na kvalitu kořenů, stejně jako nižší odolnost k nízkým teplotám, suchu a chorobám (9, 10, 11). Proto jsou stále více v systému pěstování cukrové řepy aplikovány mikrobiologické preparáty obsahující mikroorganismy, které urychlují humifikaci rostlinných zbytků a mineralizaci humusu (12). Tím se zlepšuje kvalitativní a kvantitativní skladba půdních organismů a zajišťuje dostupnost živin během celého vegetačního období. Z tohoto důvodu nezareaguje rostlina nepřiměřeným odběrem živin z důvodu jejich nedostatku, neboť jsou v půdě dostupné (4).

Tab. I. Půdní vlastnosti na pokusném stanovišti

Ukazatel	Obsah v půdě (horizont 0–30 cm)	
	hnědozem	humózní glej
pH (H ₂ O)	6,38	7,64
pH (KCl)	5,51	6,83
Obsah humusu (%)	1,92	3,07
P (mg.100 g ⁻¹ půdy)	22,13	27,01
K (mg.100 g ⁻¹ půdy)	21,26	23,90

Velké množství celulotických bakterií (*Bacillus* spp., *Pseudomonas fluorescens* aj.) projevuje antagonismus vůči patogenním houbám vyvolávajícím choroby cukrové řepy (13–16). Využití zdrojů z půdy snižuje potřebu použití minerálních hnojiv, stejně tak i fungicidů, což má značný ekonomický i ekologický význam, neboť snižuje kromě vyplavování živin do spodních vod i oxyselení půdy. Z těchto důvodů jsme v našich pokusech použili mikrobiologický preparát Em Aktiv při snížené úrovni minerálního hnojení dusíkem.

Materiál a metoda

Výzkum probíhal na dvou půdních typech – hnědozem a humózním gleji (tab. I.) v letech 2013 a 2014, v kompletně znárodněném blokovém schématu ve čtyřech opakováních se čtyřmi způsoby hnojení v osmi různých variantách:

- A) Aplikace mikrobiologického preparátu Em Aktiv (A1 – kontrola; A2 – aplikace 30 l.ha⁻¹);
 B) Hnojení dusíkem (B1 – kontrola; B2 – hnojeno podle chemické analýzy; B3 – hnojení sníženo o 30 %; B4 – hnojení sníženo o 50 %).

V pokusech byly použity dvě odrůdy cukrové řepy, Santino od firmy Strube a Jadranka od firmy KWS.

Mikrobiologický přípravek EM Aktiv Terra Condi (Em technology, Valpovo, Chorvatsko) obsahuje užitečné bakterie rodu *Azospirillum* (vč. bakterií fixujících dusík – *Azospirillum brasilense*, *Azospirillum lipoferum*) a *Azotobacter* (nesymbiotické bakterie fixující dusík – *Azotobacter chroococcum*, *Azotobacter vinelandii*). Přípravek EM Aktiv byl aplikován před setím (povrchová aplikace s následným zavláčením do půdy) v dávce 30 l.ha⁻¹. Hnojení dusíkem bylo provedeno v termínech a dávkách uvedených v tab. II. Předplodinou byla ozimá pšenice. Po sklizni provedené v polovině října byl stanoven výnos kořene, cukernatost a výnos cukru. Výsledky byly zpracovány moderní statistickou metodou (ANOVA) s využitím programu softwarové analýzy dat StatSoft Inc. Statistica.

Výsledky a diskuze

Výnos kořene

Nejvyšší průměrné výnosy řepy, a to v obou půdních typech a v obou sledovaných letech, byly dosaženy u variant ošetřených

mikrobiologickým přípravkem EM Aktiv Terra Condi (tab. III.). Na hnědozemí u variant bez biohnojiva byl nejvyšší průměrný výnos kořene dosažen u varianty B2 – hnojeno dle chemické analýzy. U variant ošetřených mikrobiologickým přípravkem nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly mezi variantami B2 a B3 – hnojení sníženo o 30 %. Na půdním typu (humózní glej) s podstatně lepšími půdně-fyzikálními, chemickými a mikrobiologickými vlastnostmi, bylo nejvyššího výnosu kořene u neošetřených variant dosaženo u varianty B2, zatímco u ošetřených to byla varianta B3. Průměrný výnos řepy u variant ošetřených biohnojivem byl v obou letech a na obou půdních typech 73,32 t.ha⁻¹, byl tak vyšší o 3,88 % ve srovnání s neošetřenými variantami. Podobné výsledky byly dosaženy i v pokusech popsanych v literatuře (17, 18).

Cukernatost

Nejvyšší cukernatosti bylo dosaženo u variant ošetřených mikrobiologickým přípravkem (tab. IV.). Mezi všemi variantami hnojení N bylo nejlepšího výsledku dosaženo u varianty B3 – hnojení sníženo o 30 %. Průměrná cukernatost u variant ošetřených biohnojivem byla v obou letech a na obou půdních typech 14,67 %, byla tak vyšší o 3,46 % ve srovnání s neošetřenými variantami.

Výnos cukru

Nejvyššího průměrného výnosu cukru (tab. V.), a to v obou půdních typech a v obou sledovaných letech, bylo dosaženo u varianty A2B3 (30 l.ha⁻¹ EM Aktiv Terra Condi + hnojení sníženo o 30 %).

U variant bez ošetření mikrobiologickým přípravkem bylo nejvyššího výnosu cukru dosaženo u varianty B3 – hnojení sníženo o 30 %, i když rozdíl k variantě B2 – hnojeno dle chemické analýzy – nebyl statisticky průkazný.

Průměrný výnos cukru u variant ošetřených biohnojivem byl v obou letech a na obou půdních typech 10,38 t.ha⁻¹ a byl tak o 4,85 % vyšší ve srovnání s neošetřenými variantami. Podobné výsledky byly dosaženy i jiných pokusech (18, 19).

Výnos cukru velmi průkazně pozitivně koreloval s výnosem kořene řepy ($r = 0,971$; $p < 0,01$) a cukernatostí ($r = 0,944$; $p < 0,01$).

Závěr

Nejlepších výsledků bylo ve všech sledovaných parametrech dosaženo při aplikaci mikrobiologického přípravku EM Aktiv Terra Condi.

U variant ošetřených biohnojivem bylo v obou letech, na obou půdních typech a u obou odrůd dosaženo nejlepších výsledků ve sledovaných ukazatelích u varianty se sníženým hnojením o 30 %.

Ve většině případů nebylo dosaženo statisticky významných rozdílů mezi touto variantou a variantou, u které bylo hnojení sníženo na 50 %.

Tab. II. Hnojení dusíkem

Varianta	Půdní typ – hnědozem			Půdní typ – humózní glej		
	Dávka dusíku (kg.ha ⁻¹)					
	základní dávka	dávka před setím	hnojení na list	základní dávka	dávka před setím	hnojení na list
B1	0	0	0	0	0	0
B2	60	60	60	60	60	40
B3	42	42	42	42	42	28
B4	30	30	30	30	30	20

Pozn.: B1 – kontrola; B2 – hnojeno dle chemické analýzy; B3 – hnojení sníženo o 30 %; B4 – hnojení sníženo o 50 %

Tab. III. Průměrný výnos řepy (2013 a 2014)

Odrůda	Varianta (mikrob. přípravek)	Varianta (hnojení dusíkem)	Půdní typ		
			hnědozem	humózní glej	průměr
			Průměrný výnos řepy (t.ha ⁻¹)		
Santino (Strube)	A1	B1	62,72	64,91	63,82
		B2	72,96	74,62	73,79
		B3	67,41	73,86*	70,64
		B4	65,18	70,15	67,67
	A2	B1	67,02	70,54	68,78
		B2	73,12	75,01*	74,07
		B3	72,86	75,86	74,36
		B4	68,13	73,90	71,16
Jadranka (KWS)	A1	B1	66,12	67,93	67,03
		B2	75,18	77,72	76,45
		B3	71,90	76,14	74,02
		B4	69,49	72,97	71,23
	A2	B1	69,45	72,93	71,19
		B2	74,96	77,38*	76,17
		B3	75,29	78,27	76,78
		B4	71,68	76,42*	74,05
LSD _{0,05}			0,80	0,66	0,79
LSD _{0,01}			1,60	1,35	1,56

Pozn.: A1 – kontrola; A2 – 30 l.ha⁻¹ EM Aktiv Terra Condi; B1 – kontrola; B2 – hnojeno dle chemické analýzy; B3 – hnojení sníženo o 30 %; B4 – hnojení sníženo o 50 %

Redukce hnojení dusíkem není významné jen z ekonomického hlediska, ale také z ekologického. Vzhledem k tomu, že dusík je silně mobilním prvem, může při hnojení vysokými dávkami unikát do podzemních vod a snižovat jejich kvalitu.

Předkládané výsledky jsou součástí výzkumného projektu IPA: „Zvýšení spolupráce mezi vědou, průmyslem a zemědělství“

Tab. III. Průměrná cukernatost (2013 a 2014)

Odrůda	Varianta (mikrob. přípravek)	Varianta (hnojení dusíkem)	Půdní typ		
			hnědozem	humozní glej	průměr
			Průměrná cukernatost (%)		
Santino (Strube)	A1	B1	13,40	13,76	13,58
		B2	14,18	14,39	14,29
		B3	14,29	14,51	14,40
		B4	13,67	14,02	13,85
	A2	B1	13,91	14,07	13,99
		B2	14,20	14,35	14,28
		B3	14,96	15,08	15,02
		B4	14,68*	14,90*	14,79*
Jadranka (KWS)	A1	B1	13,85	14,19	14,02
		B2	14,39	14,36	14,38*
		B3	14,45	14,77	14,61
		B4	14,08*	14,52*	14,30*
	A2	B1	14,06	14,70	14,38
		B2	14,39	14,85	14,62
		B3	15,11	15,39	15,25
		B4	14,80*	15,16*	14,98*
LSD _{0,05}			0,196	0,160	0,184
LSD _{0,01}			0,377	0,292	0,360

Pozn.: A1 – kontrola; A2 – 30 l.ha⁻¹ EM Aktiv Terra Condi;
 B1 – kontrola; B2 – hnojeno dle chemické analýzy; B3 – hnojení sníženo o 30 %;
 B4 – hnojení sníženo o 50 %

Technologický přenos pro integrovaný systém pěstování cukrové řepy (IPM) jako cesta ke zvýšení příjmu pěstitelů a snížení dávek pesticidů“ (IPA 2007/HR/16IPO/001-040511).

Souhrn

Cukrová řepa má ve srovnání s jinými plodinami velmi vysoké agrotechnické požadavky. Hnojení je jedním z nejdůležitějších agrotechnických zásahů a klíčovým prvkem dodávaným hnojivem je dusík. Dusík je pro výživu řepy velmi významný. Ovlivňuje nejen výnos, ale také kvalitu kořenů. Řepa jej přijímá ve značném množství, ale optimální rozsah dávky je omezen.

Výzkum probíhal na dvou půdních typech, hnědozemi a organogenním gleji, v letech 2013 a 2014, v kompletně znáhodněném blokovém schématu ve čtyřech opakováních a 8 různých variantách ve 4 způsobech hnojení: A) Aplikace mikrobiologického preparátu (A1 – kontrola; A2 – aplikace 30 l.ha⁻¹); B) hnojeno dusíkem (B1 – kontrola; B2 – hnojeno dle chemické analýzy; B3 – hnojení sníženo o 30 %; B4 – hnojení sníženo o 50 %).

Nejlepších výsledků ve všech sledovaných parametrech bylo dosaženo při aplikaci mikrobiologického přípravku. U variant ošetřených biohnojivem bylo v obou letech, na obou půdních typech a u obou hybridů dosaženo nejlepších výsledků ve sledovaných ukazatelích u varianty se sníženým hnojením o 30 %. Ve většině případů nebylo dosaženo statisticky významných rozdílů mezi touto variantou a variantou, u které bylo hnojení sníženo na 50 %. Redukce hnojení dusíkem není významná jen z ekonomického hlediska, ale i ekologického. Vzhledem k tomu, že dusík je silně mobilní prvek, mohou jeho vysoké dávky uniknout do podzemních vod a vést k jejich eutrofizaci.

Klíčová slova: cukrová řepa, dusíkaté hnojení, mikrobiologický přípravek, výnos, kvalita kořene.



Literatura

1. WINNER, C.: *Zuckerrübenbau* (1981). DLG – Verlag, Frankfurt am Main, Germany.
2. KRISTEK, A.: Contribution to the study of influence of physical soil properties on the development of sugar beet. *Land and plant*, 3, 1981, s. 375–384.
3. KRISTEK, A.; KRISTEK, S.: The influence of soil properties and herbicides application on sugarbeet yield and quality. *Listy cukrov. řepář.*, 121, 2005, s. 82–86.
4. KRISTEK, A. ET AL.: The influence of soil type and nitrogen fertilization on yield and quality of sugar beet. *Agriculture*, 17, 2011, s. 16–22.
5. DRAYCOTT, A. P.: *Sugar Beet Nutrition*. London: Applied Science, 1972.
6. KRISTEK, A.; STOJIC, B.; KRISTEK, S.: The effect of foliar application of boron on sugar beet yield and quality. *Agriculture*, 12, 2006, s. 22–26.
7. LAUER, J. G.: Plant density and nitrogen rate effects on sugar beet yield and quality early in harvest. *Agron. Journ.*, 87, 1995, s. 586–591.

8. BRENTROP, F. ET AL.: Application of the life cycle assessment methodology to agricultural production: an example of sugar beet production with different forms of nitrogen fertilisers. *European Journal of Agronomy*, 14, 2001, s. 221–233.
9. CHOLUJA, D. ET AL.: Assessment of the physiological responses to drought in different sugar beet genotypes in connection with their genetic distance. *Journal of Plant Physiology*, 171, 2014, s. 1221–1230.
10. NENADIĆ, N.; ŠKRBIĆ, K.; ŽIVANOVIĆ, Lj.: Effect of crop density on root yield and quality of sugar beet cultivars grown on the soil infested and uninfested by *Rhizomania*. *Journal of Agricultural Science*, 45, 2000, s. 19–27.
11. TSIALTAS, J. T.; MASLARIS, N.: The effect of temperature, water input and length of growing season on sugar beet yield in five locations in Greece. *Journal of Agricultural Science*, 152, 2013, s. 177–187.
12. GLEIXNER, G.: Soil organic matter dynamics: a biological perspective derived from the use of compound-specific isotopes studies. *Ecological research*, 28, 2013, s. 683–695.
13. KRISTEK, S. ET AL.: Influence of Sugar Beet Treatment with *Pseudomonas fluorescens* and Low Fungicide Doses on Infection with *Pythium* and Plant Yield and Quality. *Journal of Phytopathology*, 154, 2006, s. 622–625.
14. KRISTEK, S. ET AL.: Influence of bacterium *Pseudomonas fluorescens* on the pathogen of root rot *Rhizoctonia solani*, storage period and elements of sugarbeet yield and quality. *Zuckerind.*, 132, 2007 (7), s. 568–575.
15. SORENSEN, D. ET AL.: Cyclic lipoundecapeptide amphisin from *Pseudomonas* sp. Strain Dss73. *Acta Crystallogr. Sect. C Cryst. Struct. Commun.* 57, 2001, s. 1123–1124.
16. THRANE, C. ET AL.: Viscosinamide – producing *Pseudomonas fluorescens* DR54 exerts a biocontrol effect on *Pythium ultimum* in sugar beet rhizosphere. *FEMS Microbiol Ecol.*, 33, 2000, s. 139–146.
17. ANTIPCHUK, A. F. ET AL.: Effect of *Azotobacter* on the yield and quality of sugar beet. *Mikrobiol. Zhurnal*, 59, 1997, s. 90–94.
18. MRKOVAČKI, N.; KOVAČEV, L.; MEZEI, S.: Application of microbiological preparation in sugarbeet production. *A Periodical of Scientific Research on Field and Vegetable Crops*, 35, 2001, s. 67–73.

Kristek S., Rešić I., Jović J., Rašić S., Varga I., Lenart L., Kišpal H., Antunović M.: Possibility of Mineral Nitrogen Fertilization Reduction by Applying Beneficial Microorganisms

Sugar beet has very high demands on agro-technical measures in comparison to other field crops. Fertilization is one of the most important agro technical measures and the most important nutrient that we add in fertilizers is nitrogen. Nitrogen is of great importance in sugar beet nutrition; it affects not only the yield, but also the quality of sugar beet roots. Sugar beet adopts it in significant quantities, but the optimal amount is within small ranges. Research was conducted on two soil types: Eutric brown soil and Humogley in 2013 and 2014; its scheme was of a completely randomized block design with four replications and 8 different variants in 4 repetitions:

- A) Application of microbiological preparation (A1 – control; A2 – application 30 l ha⁻¹);
 B) Nitrogen fertilization (B1 – control; B2 – fertilization on the basis of chemical analysis; B3 – fertilization reduced by 30%; B4 – fertilization reduced by 50%).

Tab. III. Průměrný výnos cukru (2013 a 2014)

Odrůda	Varianta (mikrob. přípravek)	Varianta (hnojení dusíkem)	Půdní typ		
			hnědozem	humozní glej	průměr
Průměrný výnos cukru (t.ha ⁻¹)					
Santino (Strube)	A1	B1	8,84	9,46	9,15
		B2	9,80	10,26	10,09
		B3	9,90	10,31	10,06
		B4	8,98	9,70	9,34
	A2	B1	9,58	9,94	9,76
		B2	10,16	10,37	10,27
		B3	10,43	10,90	10,67
		B4	9,87	10,42	10,15
Jadranka (KWS)	A1	B1	9,45	9,91	9,68
		B2	10,32	10,54	10,43
		B3	10,17*	10,63	10,40
		B4	9,80	10,29	10,05
	A2	B1	9,93	10,40	10,17
		B2	10,44	10,59	10,52
		B3	10,74	11,35	11,05
		B4	10,19	10,70	10,45
LSD _{0,05}			0,121	0,093	0,106
LSD _{0,01}			0,230	0,184	0,191

Pozn.: A1 – kontrola; A2 – 30 l.ha⁻¹ EM Aktiv Terra Condi;
 B1 – kontrola; B2 – hnojeno dle chemické analýzy; B3 – hnojení sniženo o 30 %;
 B4 – hnojení sniženo o 50 %

The best results in all investigated parameters were obtained by application of microbiological preparations. In the case of the variants treated with biofertilizer, the best results in the investigated parameters were obtained by reducing nitrogen fertilizers by 30% in both soil types, both years and both sugar beet hybrids. However, in most cases, there was no statistically significant difference between the above mentioned variant and the variant where nitrogen fertilizers were reduced by 50%.

The reduction of nitrogen fertilizers is not only important for economic reasons, but also for ecological ones. Since nitrogen is a highly mobile element, the use of high doses of nutrient can lead to leaching into groundwater and to eutrophication.

Key words: sugar beet, nitrogen fertilization, microbiological preparation, yield, root quality.

Kontaktní adresa – Contact address:

Ph.D. Suzana Kristek, full professor, University of J. J. Strossmayer, Faculty, of Agriculture, Kralja P. Svačića 1d, 31000 Osijek, Croatia, e-mail: skristek@pfos.hr