

Vliv hustoty porostu na růst, výnos a kvalitu cukrové řepy

IMPACT OF PLANT DENSITY ON GROWTH, YIELD AND QUALITY OF SUGAR BEET

Sanja Jelić, Manda Antunović, Gordana Bukvić, Ivana Varga, Dario Iljkić
University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences, Osijek, Croatia

Hustota porostu, tj. počet rostlin na jednotku plochy je jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících ukládání sušiny v rostlinách cukrové řepy a tvorbu výnosu (1, 2). Obsah sušiny významně ovlivňuje několik environmentálních proměnných, jako je půdní vláhla, půdní dusík, povětrnostní podmínky, odrůda, hustota porostu, napadení chorobami a škůdci atp. (3–7). Hustota řepného porostu se dnes pohybuje okolo 100 tis. rostlin na 1 ha (8). Při vyšší hustotě (více než 140 tis. rostlin·ha⁻¹) mohou rostliny trpět nedostatkem vláhy, živin i světla, a to může působit snížení výnosu bulev. Na druhé straně je při menší hustotě porostu (při 40–60 tis. rostlin·ha⁻¹) vzdálenost mezi rostlinami větší, tudíž nadzemní část rostlin i kořen jsou větší, chrást se rozrůstá do větší plochy, avšak obsah škodlivých necukrů (K, Na, α-aminoN) je zvýšený (9), a proto je cukernatost nižší (10).

Cílem našeho výzkumu bylo určit vliv různé hustoty výsevu (30 000 až 110 000 rostlin·ha⁻¹) na listový aparát, skladovatelnost a průměr bulev, obsah sušiny a na výnos i technologickou jakost bulev cukrové řepy v době její zralosti.

Materiál a metody

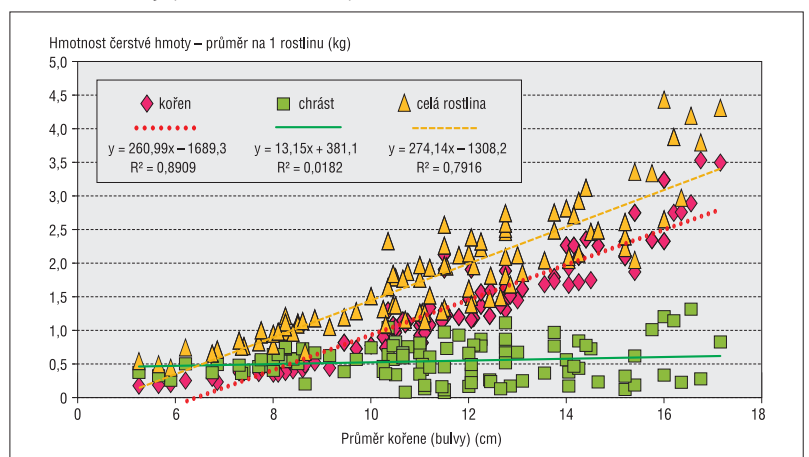
Na jaře roku 2014 byl proveden polní pokus ve východním Chorvatsku u vesnice Dalj. Předplodinou řepy byla pšenice. Na podzimní základní hnojení byla použita močovina 150 kg·ha⁻¹ (46 % N), KCl 350 kg·ha⁻¹ (60 % K₂O) a fosforečnan amonný 100 kg·ha⁻¹. Před setím byl aplikován dusičnan amonný 130 kg·ha⁻¹ (27 % N). Setí cukrové řepy odrůdy Marianka KWS proběhlo 23. 3. 2014. Meziřádková vzdálenost byla 50 cm. Ve fázi 8–10 listů, ve druhé dekádě května, byla provedena úprava hustoty porostu na pět různých hodnot: 30 tis., 50 tis., 70 tis., 90 tis. a 110 tis. rostlin·ha⁻¹. Velikost každé pokusné parcely činila 112,5 m² (15 m na délku a 7,5 m na šířku).

Před uzavřením řádků proběhlo přihnojení dusičnanem amonným 120 kg·ha⁻¹ (27 % N), aplikace bóru na list se prováděla počátkem června (Foliarel 21 % B) v dávce 3,5 kg·ha⁻¹. V srpnu před ošetřením fungicidy proběhla foliální aplikace hnojiva Kristalon (N : P : K : Mg = 3 : 11 : 38 : 4) v dávce 3 kg·ha⁻¹.

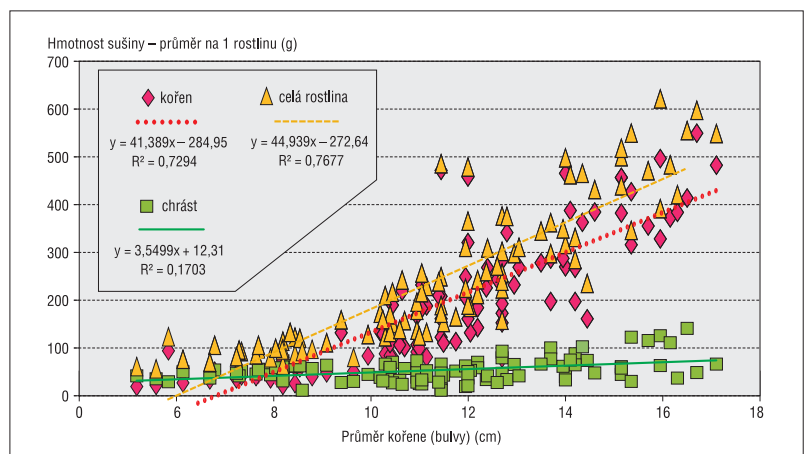
Herbicidní ošetření bylo provedeno ve třech aplikacích. V průběhu vegetace nedošlo k napadení škůdci. Ochrana rostlin proti cercosporové listové skvrnitosti řepy (*Cercospora beticola* Sacc.) se v průběhu vegetace prováděla třikrát.

Vzorky řepných rostlin byly odebírány ručně ke stanovení čerstvé hmotnosti a obsahu sušiny v rostlině. Vzorky se odebíraly ve čtyřech termínech ze všech variant hustoty porostu od června do září 2014, vždy 17. dne v měsíci. V každém termínu odběru

Obr. 1. Vztah mezi průměrem bulvy a hmotností čerstvého chrástu, kořene a celé rostliny (kořene a chrástu)



Obr. 2. Vztah mezi průměrem bulvy a hmotností sušiny chrástu, kořene a celé rostliny (kořene a chrástu)



Tab. 1. Výnosové a technologické parametry sklizené cukrové řepy při různé hustotě porostu

Hustota porostu	Výnos bulev (t·ha ⁻¹)	Cukernatost (%)	Výnos chrástu (t·ha ⁻¹)	K	Na	α-aminoN	Výtěžnost (%)	Výnos bíl. cukru (t·ha ⁻¹)
				(mmol·100g ⁻¹ řepy)				
30 000	50,9	13,62	24,0	3,77	1,32	1,65	11,53	5,9
50 000	52,5	13,22	24,0	3,74	1,47	1,94	11,04	5,8
70 000	54,4	13,55	21,7	3,98	1,29	1,94	11,38	6,2
90 000	58,5	13,86	20,9	4,12	1,05	1,37	11,38	6,9
110 000	62,4	14,40	21,5	3,97	0,94	1,03	12,48	7,8
Průměr	55,7	13,73	22,4	3,92	1,21	1,59	11,56	6,5
LSD 0,05	7,39	0,47	Ns	Ns	0,27	0,37	0,46	0,80
LSD 0,01	Ns	0,66	Ns	Ns	0,38	0,52	0,64	1,13

Ns – neprůkazná hodnota

bylo náhodně vybráno 5 rostlin cukrové řepy z každé varianty hustoty porostu, v každém termínu tak byla provedena analýza 25 rostlin cukrové řepy. Na příčném řezu nejširší částí bulvy (zhruba 1 cm pod jizvami po suchých listech) se měřil průměr čerstvé bulvy. Hodnota průměru bulvy byla stanovena jako průměr dvou kolmých měření. Poté se listy a kořeny vysušily ke stanovení množství sušiny.

Sklizeň (12. 10. 2014) proběhla ručně ve čtyřech opakováních od každé varianty hustoty porostu. Výnos bulev a technologická jakost byly stanoveny v cukrovaru v Osijeku. Získané údaje byly statisticky zpracovány programem „Agricultural statistic VVStat“ (11) a proběhl test LSD při $p < 0,05$ a $p < 0,01$.

Výsledky a diskuse

Na lokalitě v průběhu vegetace od března do září byly oproti normálu vyšší dešťové srážky o 32 % (celkem 607,8 mm) spolu s vyšší průměrnou teplotou vzduchu 17,3 °C, což bylo o 1,4 °C



více v porovnání s dlouhodobým normálem (1961–1990) (12). V květnu spadlo o 70 % více srážek, než je optimální množství pro cukrovou řepu (50 mm). Ve fázi intenzivního růstu (červen, červenec a srpen) byly nároky cukrové řepy v roce 2014 pokryty (celkem 211,3 mm). V září, kdy rostlina potřebuje dešťových srážek nejméně (35 mm), spadlo celkem 82,1 mm srážek, z toho více než 45 % v první dekádě září. Takové množství dešťových srážek stimulovalo růst listů, což mělo pravděpodobně negativní dopad na kvalitu cukrové řepy.

Ochrana porostu proti cerkosporové listové skvrnitosti se prováděla během vegetace třikrát, přesto neměla žádný účinek. Bylo to pravděpodobně způsobeno ztrátou účinnosti strobilurinu a nízkou efektivitou ošetření cyproconazole (13). V důsledku neúčinného fungicidního ošetření byl chrást chorobou *Cercospora beticola* Sacc. poškozen ve větší míře. Také průběh počasí v době vegetace roku 2014 (velké množství dešťových srážek a vysoká teplota vzduchu) byly pro rozvoj cerkosporové listové skvrnitosti řepy příznivé.

Největší hodnota rozměru průřezu kořene (průměru) byla zaznamenána 17. září a pohybovala se od 12,7 cm (při 110 tis. rostlin·ha⁻¹) do 14,6 cm (50 tis. rostlin·ha⁻¹). V našem polním pokusu byl zjištěn úzký vztah mezi průměrem řepných bulev a hmotností čerstvých kořenů i chrástu (obr. 1.), ale také mezi průměrem řepných bulev a sušinou kořene i chrástu (obr. 2.). S růstem hmotnosti čerstvé bulvy a chrástu i jejich sušiny existuje také vztah mezi kořenem a chrástem i průměrem kořene. V jiném polním pokusu (14) nemělo hnojení dusíkem významný vliv na průměr bulvy cukrové řepy, který 20. září činil okolo 13 cm. Při nádobovém pokusu (15) byl maximální zjištěný průměr řepné bulvy 15 cm a délka kořene dosahovala 45 cm.

V našem pokusu při zvětšení průměru kořene o 1 cm byl zjištěn nejvyšší přírůstek hmotnosti čerstvé bulvy 416,0 g na rostlinu (13,4 g na rostlinu denně) a sušiny bulvy 168,9 g na rostlinu (5,5 g na rostlinu denně) od poloviny června do poloviny srpna. V tomto období se na přírůstek 1 cm průměru kořene, lišil nárůst hmotnosti sušiny kořene od 78,8 g na rostlinu (50 tis. rostlin·ha⁻¹) do 351,5 g na rostlinu (90 tis. rostlin·ha⁻¹). V dalším pokusu (16) se nárůst sušiny bulvy zvýšil ze 130 g na 230 g na rostlinu při zvýšení průměru kořene o 1 cm (v rozsahu od 10 do 15 cm). HOFFMAN (16) popsal, že u současných odrůd cukrovky roste hmotnost o více než 200 g při zvýšení průměru

kořene o 1 cm, což je mnohem více oproti 100 g zjištěným v minulosti. Bulva řepy má zpravidla při sklizni 20–25 % sušiny (17, 18). V našem pokusu činil obsah sušiny kořene v průměru 19 % k datu posledního odběru vzorků (17. září).

Vztah mezi hmotností čerstvých a suchých listů a průměrem kořene nebyl přímý (obr. 1. a 2.). Průměrná hmotnost čerstvého chrástu byla nejvyšší 17. července (769,7 g na rostlinu) a sušiny chrástu 17. srpna (63,9 g na rostlinu). Nejvyšší snížení čerstvé hmoty a sušiny chrástu nastalo od 17. srpna do 17. září, kdy činil průměrný úbytek činil 375,3 g na rostlinu čerstvé hmoty a 25,1 g na rostlinu sušiny. Při sklizni (12. října 2014) nebyl výnos chrástu a hlavy bulev významně odlišný při různé hustotě porostu a činil v průměru 22,4 t·ha⁻¹ (tab. I.).

Průměrný výnos bulev v našem pokusu byl 55,7 t·ha⁻¹, cukernatost 13,73 % a výnos bílého cukru 6,5 t·ha⁻¹ (tab. I.). Nejvyšší výnos bulev (62,4 t·ha⁻¹), cukernatost (14,40 %) a výnos bílého cukru (7,8 t·ha⁻¹) byl zjištěn u hustoty porostu 110 tis. rostlin·ha⁻¹. Naproti tomu nejnižší výnos bulev, cukernatost a výnos bílého cukru byly při hustotách porostu 30 tis. až 70 tis. rostlin·ha⁻¹, a to s neprůkazným rozdílem mezi různými hustotami porostu (tab. I.).

Bulvy cukrové řepy při počtu 110 tis. rostlin·ha⁻¹ měly v průměru nejnižší obsah Na a α -aminodusíku, kdežto u obsahu K nebyl zjištěn u různých hodnot hustoty porostu (počtu rostlin) průkazný rozdíl (tab. I.). Podle LAUERA (8) neměla hustota porostu průkazný vliv na výnos řepy, ale cukernatost se zvyšovala (3–8 g·kg⁻¹) s rostoucí hustotou rostlin (počet jedinců při sklizni byl 42 700 až 105 400 rostlin·ha⁻¹). Obsah necukrů a ztráta řepného

cukru ve vyrobené melase se snižovaly se zvyšujícím se počtem rostlin na hektar. V jiné studii (10) se zvyšující se hustota rostlin (50 tis. až 116 tis. rostlin·ha⁻¹) projevila nárůstem výnosu cukrové řepy z 52,6 t·ha⁻¹ na 65,9 t·ha⁻¹ a zvýšením cukernatosti z 10,5 % na 13,7 %.

Korelační analýza (tab. II.) ukázala vysoce průkaznou přímou úměru mezi výnosem polarizačního a bílého cukru ($r = 1,00^{**}$), cukernatostí a výtěžností ($r = 0,99^{**}$), výnosem bulev a výnosem polarizačního cukru ($r = 0,98^{**}$), výnosem bulev a výnosem bílého cukru ($r = 0,96^{**}$) a mezi obsahem α -aminodusíku a ztrátou řepného cukru ve vyrobené melase ($r = 0,99^{**}$).

Závěr

Průměrný nárůst hmotnosti sušiny v kořenech byl nejvyšší od 17. července do 17. srpna, kdy za 31 dní činil přírůstek sušiny 136,7 g na rostlinu (4,41 g na rostlinu denně). Sušina chrástu byla na nejvyšší 17. srpna (63,92 g na rostlinu) a poté klesala o 0,81 g na rostlinu denně až do 17. září na 38,8 g na rostlinu. Lineární regresní model vykázal úzký vztah mezi přírůstkem průměru bulvy a hmotností čerstvé hmoty i sušiny bulvy a celé rostliny (bulvy a chrástu). Při hustotě 30 tis. až 70 tis. rostlin·ha⁻¹ byly výnos bulev řepy, cukernatost a výnos bílého cukru pod průměrem tohoto pokusu. Nejvyšší výnos bulev (62,4 t·ha⁻¹), cukernatost (14,40 %) a výnos bílého cukru (7,8 t·ha⁻¹) byly dosaženy při hustotě porostu 110 000 rostlin·ha⁻¹.

Tab. II. Pearsonův korelační koeficient (N = 20)

	Výnos kořene	Výnos chrástu	Cukernatost	Obsah K	Obsah Na	α-amino N	Cukr v melase	Výtěžnost	Výnos PC	Výnos BC
Výnos kořene	1									
Výnos chrástu	0,53*	1								
Cukernatost	-0,58*	0,08 ns	1							
Obsah K	-0,02 ns	0,48*	0,22 ns	1						
Obsah Na	0,11 ns	-0,47*	-0,69**	-0,48*	1					
α-aminoN	0,32 ns	-0,29 ns	-0,65**	-0,27 ns	0,64**	1				
Cukr v melase	0,30 ns	-0,22 ns	-0,68**	-0,04 ns	0,67**	0,96**	1			
Výtěžnost	-0,56**	0,11 ns	0,99**	0,20 ns	-0,72**	-0,74**	-0,78**	1		
Výnos polariz. cukru	0,39 ns	0,98**	0,29 ns	0,50*	-0,59**	-0,41 ns	-0,35 ns	0,31 ns	1	
Výnos bílého cukru	0,34 ns	0,96**	0,35 ns	0,49*	-0,63**	-0,47*	-0,42 ns	0,38 ns	1,00**	1

Pozn.: ns – neprůkazná hodnota; *95 %; **99 %.

Souhrn

Za účelem stanovení dynamiky akumulace hmotnosti čerstvé hmoty a sušiny (chrástu a kořene) i výnosu a technologické jakosti bulev cukrové řepy byl na jaře 2014 založen polní pokus. Řepa byla vyseta v pěti odlišných hustotách: 30 000, 50 000, 70 000, 90 000 a 110 000 rostlin na 1 ha. Ke stanovení sušiny chrástu a kořene byly od června do září 2014 čtyřikrát odebrány vzorky řepy. 17. června činila sušina v bulvách cukrovky v průměru 43,1 g na rostlinu a do 17. září došlo ke zvýšení na 330,7 g na rostlinu. Sušina v chrástu měla nejvyšší hodnotu 17. srpna (63,9 g na rostlinu). Průměr bulvy zralé cukrové řepy se 17. září pohyboval od 13,0 cm (70 000 až 110 000 rostlin na 1 ha) do 14,3 cm (30 000 a 50 000 rostlin na 1 ha). Nejvyššího nárůstu sušiny kořene při 1 cm přírůstku jeho průměru bylo dosaženo od poloviny června do poloviny srpna, kdy činil od 78,8 g na rostlinu (50 000 rostlin) do 351,5 g na rostlinu (90 000 rostlin). Průměrný výnos bulev byl 55,7 t·ha⁻¹, cukernatost 13,73 % a výnos bílého cukru 6,5 t·ha⁻¹, zatímco při 110 000 rostlin na 1 ha



byl dosažen nejvyšší výnos bulev (62,4 t·ha⁻¹), cukernatost (14,40 %) a výnos bílého cukru (7,8 t·ha⁻¹).

Klíčová slova: řepa cukrovka, rostlinná populace, chrást, bulva, sušina, průměr bulvy, výnos a jakost.

Literatura

- MIROSHNICHENKO, I. ET AL.: Anaerobic digestion of sugar beet pulp in Russia. *Landtechnik*, 71, 2016 (6), s. 175–185.
- EVANS, E.; MESSERSCHMIDT, U.: Review: Sugar beets as a substitute for grain for lactating dairy cattle. *J. Anim. Sci. Biotechnol.*, 8, 2017 (1), s. 25
- MANDERSCHIED, R. ET AL.: Effect of free air carbon dioxide enrichment combined with two nitrogen levels on growth, yield and yield quality of sugar beet: Evidence for a sink limitation of beet growth under elevated CO₂. *J. Agro. Crop Sci.*, 32, 2010 (3), s. 228–239.
- GAJ, R. ET AL.: Effect of different tillage systems on the macronutrient content and uptake in sugar beets. *J. Elem.*, 21, 2015 (2), s. 527–538.
- GRUBIŠIĆ D. ET AL.: Distribution of *Heterodera schachtii* Schmidt 1871 in the Tovarnik area and current options for control (in Croatian). *Poljoprivreda/Agriculture*, 22, 2016 (1), s. 28–33.
- POŠPIŠIL, M. ET AL.: Root yield and quality of investigated sugar beet hybrids in northwest Croatia in the period from 2010 to 2013 (in Croatian). *Poljoprivreda/Agriculture*, 22, 2016 (2), s. 10–16.
- ZEBEC, V. ET AL.: Influence of physical and chemical properties of different soil types on optimal soil moisture for tillage (in Croatian): *Poljoprivreda/Agriculture*, 23, 2017 (2), s. 10–18.
- VARGA, I. ET AL.: Growth analysis of sugar beet in different sowing density during vegetation. *Poljoprivreda/Agriculture*, 21, 2015 (1), s. 28–34.
- LAUER, J. G.: Plant density and nitrogen rate effect on sugar beet yield and quality early in harvest. *Agron. J.*, 87 (1995), s. 586–591.
- SÖGÜT, T.; ARIÖGLÜ, H.: Plant density and sowing date effects on sugarbeet yield and quality. *J. Agronomy*, 32, 2004 (3), s. 215–218.
- Agricultural statistic VVStat*. 2013, [online] <http://ishranabilja.com.hr/kalkulatori.html>, cit. 14. 12. 2015.
- Croatian Meteorological and Hydrological Service*. [online] <http://meteo.hr/index.php>, cit. 11. 10. 2016.
- KRISTEK, A. ET AL.: Results of sugar beet production depending on the hybrids selection and the number of fungicide application (in Croatian). *Poljoprivreda/Agriculture*, 21, 2015, (2), s. 15–22.
- VARGA, I. ET AL.: Vliv rozdílného hnojení dusíkem na růst kořene cukrové řepy. *Listy cukrov. řepař.*, 133, 2017 (4), s. 138–141.

15. SCHNEPEL, K.; HOFFMANN, C. M.: Effect of Extending the growing period on yield formation of sugar beet. *J. Agro. Crop. Sci.*, 202, 2016 (6), s. 530–541.
16. HOFFMAN, C. M.: Changes in root morphology with yield of sugar beet. *Zuckerind.*, 142, 2017 (7), s. 420–425.
17. STARKE, P.; HOFFMANN, C. M.: Dry matter and sugar concentration as parameters to assess the quality of sugar beet varieties for anaerobic digestion. *Zuckerind.*, 139, 2014, s. 232–240.
18. SACAŁA, E. ET AL.: Effect of laser – and hydropriming of seeds on some physiological parameters in sugar beet. *J. Elem.*, 21, 2016 (2), s. 527–538.

Jelić S., Antunović M., Bukvić G., Varga I., Iljkić D.: Impact of Plant Density on Growth, Yield and Quality of Sugar Beet

In order to determine the dynamics of fresh mass and dry matter accumulation (leaves and storage root) together with sugar beet root yield and technological quality, a field experiment was set up in spring 2014. Sugar beet was sown in five different densities: 30,000, 50,000, 70,000, 90,000 and 110,000 plants/ha. To determine leaf and root dry matter, sugar beet plants were collected four times from June to September 2014. On 17th June sugar beet root dry matter was on average 43.1 g/plant and by 17th September it increased to 330.7 g/plant. The leaf dry matter was highest on 17th August (63.9 g/plant). The root diameter of mature beet (on 17th September) varied from 13.0 cm (70,000 – 110,000 plants/ha) to 14.3 cm (30,000 and 50,000 plants/ha). The highest root dry matter accumulation per 1 cm root diameter increment was from mid-June to mid-August, when it reached from 78.8 g/plant (50,000 plants/ha) to 351.5 g/plant (90,000 plants/ha). Generally, the average root yield was 55.7 t/ha, sucrose content 13.73% and white sugar yield 6.5 t/ha; the highest root yield (62.4 t/ha), sucrose content (14.40%) and white sugar yield (7.8 t/ha) was achieved with 110,000 plants/ha.

Key words: sugar beet, plant density, leaf, root, dry matter, root diameter, yield and quality.

Kontaktní adresa – Contact address:

PhD Ivana Varga, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences, Department of Crop Production, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek, Republic of Croatia, e mail: ivana.varga@pfos.hr