

Reakce genotypu cukrové řepy na hustotu výsevu: dopad na výnos a kvalitu

SUGAR BEET GENOTYPE RESPONSE TO PLANT DENSITY: YIELD AND QUALITY IMPLICATIONS

Ivana Varga¹, Antonela Markulj Kulundžić², Monika Tkalec Kojić¹, Dario Iljić¹, Catalin Zoican³, Dušan Dunderski⁴, Manda Antunović¹

¹ Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia; ² Agricultural Institute Osijek, Croatia

³ University of Life Sciences "King Mihai I" from Timisoara, Romania,

⁴ Institute of Field and Vegetable Crops, National Institute of the Republic of Serbia

Optimální počet rostlin na jednotku plochy ovlivňuje řada faktorů, jako je dostupnost vody, živin, slunečního světla, délka vegetace a morfologie rostlin. Pro dosažení genetického potenciálu jednotlivých odrůd cukrové řepy je nutné dosáhnout odpovídajícího počtu rostlin na hektar při sklizni. Počet rostlin na jednotku plochy je jedním z hlavních faktorů ovlivňujících výnos a kvalitu kořenů cukrovky.

Přestože výsev cukrovky závisí na počasí, optimální termíny výsevu v Evropě se pohybují mezi 15. 3. a 5. 4. Aby bylo možné provést přesný výsev, používá se mořené osivo obalené směsí hnojiv, insekticidů, fungicidů a růstových stimulantů. Hlavní nevýhodou obalovaného osiva je jeho vyšší potřeba vody, což může být problém za suchých jarních podmínek – mořené osivo vyžaduje 145 % vody vůči hmotnosti semene, zatímco přírodní osivo potřebuje 125 % (1).

Množství osiva se vyjadřuje ve výsevních jednotkách (VJ), přičemž jedna jednotka obsahuje 100 000 semen. S ohledem na rozteč mezi řádky a v řádku se obvykle používá 1,1–1,3 VJ·ha⁻¹.

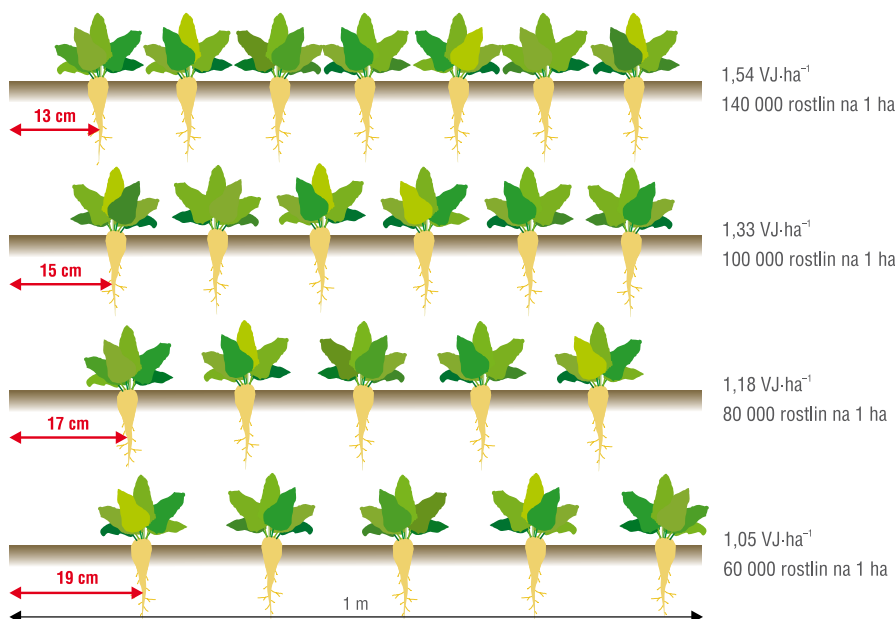
Optimální počet rostlin na jednotku plochy byl předmětem mnoha studií již od počátků pěstování řepy (2–9). LÜDECKE (10) uvádí, že koncem 18. století (v době výzkumu Franze C. Acharda, 1753–1821) byla řepa pěstována v hustotě 250 tis. rostlin na 1 ha. V osmdesátých letech 19. století byla optimální hustota 120 tis. rostlin·ha⁻¹ a na počátku 20. století 80 tis. rostlin·ha⁻¹. SMIT (11) a SMIT ET AL. (12) uvádějí jako optimálních 8 rostlin·m⁻², tedy 80 tis. rostlin·ha⁻¹. BOSEMARK (13) doporučuje 75 tis. rostlin·ha⁻¹ – při vyšších hustotách porostu se listy navzájem stíní a snižuje se akumulace sušiny. Dnes se za optimální počet rostlin považuje 80–100 tis. rostlin·ha⁻¹ (14, 15). Tento počet se liší mezi předními evropskými producenty řepy (Francie, Itálie, Španělsko, Německo, Nizozemsko); podle RÜDELSHEIMA A SMETSE (16) se cukrová řepa vysévá v rozmezí 80–120 tis. rostlin·ha⁻¹.

Velikost vegetačního prostoru ovlivňuje výnos a kvalitu cukrové řepy – tedy obsah cukru, draslíku, sodíku a α -aminodusíku (4, 10, 13). KRISTEK ET AL. (4) uvádějí, že jednou z hlavních příčin nerovnoměrného vegetačního prostoru je nevyrovnané klíčení a nesprávná agrotechnika. Počet rostlin závisí nejen na vzdálenosti mezi řádky a v řádku, ale také na vzházení (11).

Osivo cukrové řepy se vysévá do hloubky 2–3 cm se vzdáleností mezi řádky 45–50 cm, vzdálenost rostlin v řádku je 16–20 cm. Polní vzházejivost by měla být 80–90 % (11, 12). Optimální vegetační prostor zajišťuje rostlinám dostatek vody a světla, zvyšuje účinnost fotosyntézy, což vede k vyššímu podílu sušiny v kořenech a vyššímu výnosu cukrové řepy na jednotku plochy.

Semena cukrové řepy obsahují malé množství zásobních látek, proto je důležitá kvalitní příprava půdy. Dobře připravené setové lůžko – s co nejmenším počtem pojezdů – zajistí kontakt osiva s půdou a rovnoměrné klíčení (13, 14). Je třeba dbát na vlhkost půdy a hloubku přípravy – příliš hluboká či mělká příprava může způsobit vznik krusty (15). Cukrovka má vysokou schopnost přijímat živiny i vodu (16, 17).

Obr. 1. Velikost výsevu, vzdálenost v řádku a počet rostlin na jednotku plochy



Předseťová příprava začíná už v zimě zavíráním brázd, aby se minimalizovaly jarní pojezdy (18). Bezprostředně s výsevem se půda připravuje secím strojem, který vytváří kyprou vrstvu 2–3 cm nad cca 1 cm vysokým podložím – ta umožňuje snadné klíčení, ztuhlé podloží zase lepší kontakt se zbytkovou vlhkostí (19). Diskování může vést k nerovnoměrnému výsevu a následné i porostu (20–22).

Cílový počet rostlin při sklizni se pohybuje v rozmezí 90–110 tis. jedinců. Cílem této studie bylo analyzovat jeho vliv na výnos odrůd cukrovky používaných v evropské produkci. Rovněž byl sledován vliv hustoty porostu na kvalitativní parametry řepy.

Materiál a metody

Polní pokus

Cukrová řepa byla zasetá na lokalitách Županja a Vrbanja, které se nacházejí ve východním Chorvatsku. Výsev byl proveden pneumatickým secím strojem v optimálním období ve dvou letech (2014 a 2015) – od poloviny března do začátku dubna. Pro každou výsevní jednotku a odrůdu bylo vyseto 60 m v 6 řádcích s meziřádkovou vzdáleností 50 cm (180 m² pro každou odrůdu). Nedocházelo k napadení škůdci a plevely byly příležitostně odstraňovány ručně. Ochrana proti cercosporióze byla v roce 2014 provedena čtyřikrát a v roce 2015 třikrát.

V posusech byly použity čtyři různé výsevky s cílem vytvořit různé velký vegetační prostor rostlin cukrové řepy (obr. 1.):

- 1,05 VJ·ha⁻¹ s rozestupem v řádku 19 cm a vegetačním prostorem 950 cm² na rostlinu,
- 1,18 VJ·ha⁻¹ s rozestupem v řádku 17 cm a vegetačním prostorem 850 cm² na rostlinu,
- 1,33 VJ·ha⁻¹ s rozestupem v řádku 15 cm a vegetačním prostorem 750 cm² na rostlinu,
- 1,54 VJ·ha⁻¹ s rozestupem v řádku 13 cm a vegetačním prostorem 650 cm² na rostlinu.

Ve fázi 2–4 pravých listů byl počet jedinců řepy na jednotku plochy ručně upraven. Takto byly vytvořeny čtyři různé skupiny: přibližně 60 000, 80 000, 100 000 a 140 000 rostlin·ha⁻¹.

Počasí

Dešťové srážky byly v roce 2014 výrazně vyšší než v následujícím roce 2015 (obr. 2.). Teploty ve fázi plného růstu listů byly naopak vyšší v roce 2015. Množství srážek ovlivnilo výnos bůlev v obou sezonách.

Sklizeň

Sklizeň cukrovky byla provedena ručně (obr. 3.). Vzorčky byly odebrány ve 4 opakováních z plochy 5 m². Všechny byly doručeny do laboratoře cukrovaru v Županji a analyzovány standardními metodami (23, 24).

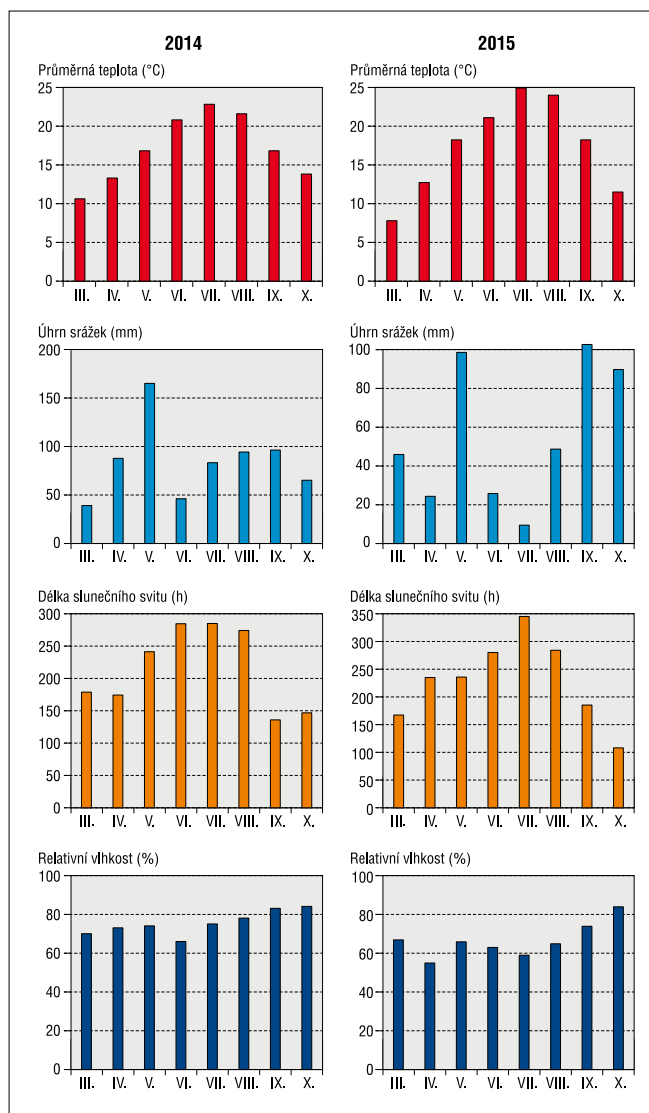
Statistická analýza

Pro stanovení kvalitativních parametrů cukrové řepy byly použity výpočty dle BUCHHOLZE ET AL. (25):

1. Ztráta cukru v melase (LoM), (%):

$$\text{LoM} = 0,12 \cdot (\text{K} + \text{Na}) + 0,24 \cdot \alpha\text{-aminoN} + 0,48$$

Obr. 2. Průběh počasí (průměrná teplota, množství srážek, sluneční svit a relativní vlhkost) ve sledovaných letech



Pramen: Státní hydrometeorologický ústav Chorvatska

Obr. 3. Sklizeň pokusů s odebráním vzorků cukrové řepy



Tab. 1. Analýza rozptylu (ANOVA) vlivu počtu výsevních jednotek (VJ) a odrůd (odr.) na výnos a kvalitu bulev cukrové řepy a jejich interakce

Rok	Lokalita	Hodno- cený faktor	Počet rostlin na 1 ha	Výnos bulev	Cuker- natost	Obsah α-N	Obsah K	Obsah Na	Ztráta cukru v mel.	Výtěž- nost	Výnos bílého cukru
2014	Županja	VJ	★★	★★	★★	★★	★★	★★	★★	★★	★★
		odr.	ns	★★	★★	★★	★★	★★	★★	★★	★★
		VJ × odr.	★★	★★	★★	ns	★★	★★	★★	★★	ns
	Vrbanja	SU	★★	★★	★★	★★	ns	ns	★★	★★	★★
		odr.	ns	★★	★★	★★	★★	★★	★★	★★	★★
		VJ × odr.	★★	ns	ns	ns	★★	★★	★★	ns	★★
2015	Županja	VJ	★★	★★	★	★★	ns	ns	ns	ns	★★
		odr.	ns	★★	★★	★★	★★	★★	★★	★★	★★
		VJ × odr.	★★	★★	★★	★★	★★	★★	★★	★★	★★
	Vrbanja	SU	★★	★★	★★	ns	ns	ns	ns	★★	★★
		odr.	ns	★★	★★	★★	★★	★★	★★	★★	★★
		VJ × odr.	★★	★★	★★	★★	ns	★★	ns	★★	★★

ns – nevýznamné, ★ významnost $p < 0,05$, ★★ významnost $p < 0,01$.

2. Výtěžnost (ES), (%):

ES = cukernatost – $[0,12 \cdot (K + Na) + 0,24 \cdot \alpha\text{-aminoN} + 1,08]$.3. Výnos bílého cukru ($t \cdot ha^{-1}$) = $(BY \cdot ES) / 100$,BY je čistý výnos bulev řepy ($t \cdot ha^{-1}$).

Výsledky byly statisticky analyzovány pomocí SAS Enterprise Guide 7.1. Při neprůkazném výsledku F-testu byl použit LSD test.

Výsledky

ANOVA analýza

V polních pokusech byl po dobu dvou let zkoumán vliv různých počtů jedinců cukrové řepy na jednotku plochy na výnos

a kvalitu řepných bulev. Stanoven byl s využitím ANOVA analýzy (tab. 1.).

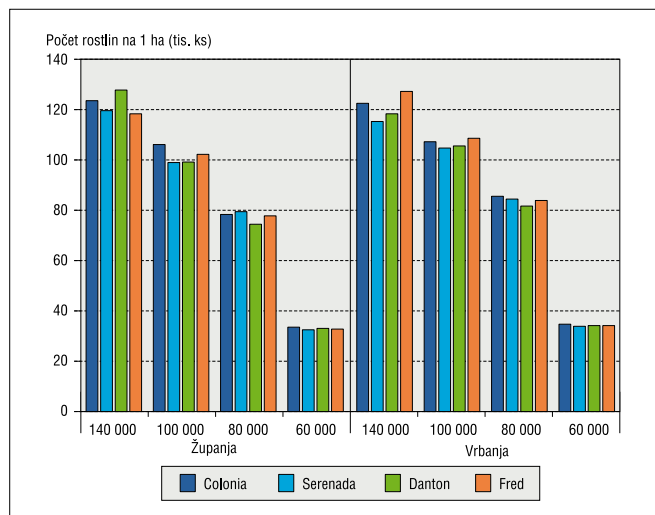
Počet rostlin na jednotku plochy

V roce 2014 byl průměrný počet sklizených rostlin na jednotku plochy v lokalitě Županja 98 168 rostlin·ha⁻¹ a ve Vrbanji 103 785 rostlin·ha⁻¹. Naproti tomu v roce 2015 bylo v Županji v průměru 100 972 rostlin·ha⁻¹ a ve Vrbanji 100 104 rostlin·ha⁻¹ (obr. 4.). Nejvyšší počet rostlin byl v Županji v roce 2014 zaznamenán při výsevu 1,54 VJ·ha⁻¹ (128 090 rostlin·ha⁻¹) a nejnižší při 1,05 VJ·ha⁻¹ (65 934 rostlin·ha⁻¹). Nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi skutečnou hustotou porostu jednotlivých odrůd. Odrůda Colonia měla

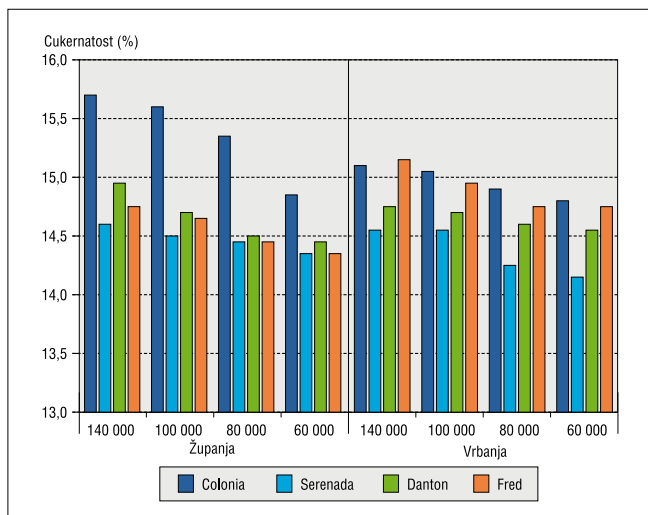
však nejvyšší průměrnou hustotu porostu (101 597 rostlin·ha⁻¹), naopak Serenada nejnižší (96 490 rostlin·ha⁻¹). Ve Vrbanji v roce 2014 se počet rostlin pohyboval mezi průměrnými 68 472 rostlinami·ha⁻¹ (1,05 VJ·ha⁻¹) a 129 722 rostlinami·ha⁻¹ (1,54 VJ·ha⁻¹). V Županji v roce 2015 se počet rostlin pohyboval od 65 139 rostlin ha⁻¹ (1,05 VJ·ha⁻¹) po 127 778 rostlin·ha⁻¹ (1,54 VJ·ha⁻¹).

V roce 2014 měl počet rostlin v Županji velmi významný vliv ($p \leq 0,01$) na dosaženou cukernatost (tab. 1.). Nejvyšší cukernatost byla u varianty se 140 tis. rostlinami·ha⁻¹ (průměrně 13,8 %), zatímco 100 tis. rostlin ha⁻¹ snížilo obsah cukru pouze o 0,7 % (obr. 5.). Průměrně za všechny výsevky (varianty) měla odrůda Colonia nejvyšší cukernatost (14,0 %), zatímco Serenada nejnižší (13,1 %). Ve Vrbanji v roce 2014 měl počet rostlin také velmi významný vliv ($p \leq 0,01$) na průměrný obsah cukru – nejvyšší byl u 140 tis. rostlin·ha⁻¹ (12,9 %), nejnižší u 100 tis. rostlin·ha⁻¹ (12,5 %).

Obr. 4. Počet rostlin cukrové řepy na jednotku plochy při sklizni (průměr za roky 2014 a 2015 pro každou lokalitu)



Obr. 5. Cukernatost řepy (průměr za roky 2014 a 2015 pro každou lokalitu)



V roce 2015 měl počet rostlin v Županji rovněž velmi významný vliv ($p \leq 0,01$) na cukernatost, a to zejména u sponu 19 cm ($1,05 \text{ VJ} \cdot \text{ha}^{-1}$) ve srovnání s ostatními (obr. 6.). Ve Vrbanji v roce 2015 měla hustota výsevu také velmi významný vliv na obsah cukru – nejvyšší hodnoty byly zaznamenány u 140 tis. rostlin $\cdot\text{ha}^{-1}$ (průměrně 16,0 %), nejnižší u 60 tis. rostlin $\cdot\text{ha}^{-1}$ (15,6 %).

Obsah draslíku, sodíku a α -aminodusíku

V roce 2014 byl průměrný obsah draslíku v závislosti na hustotě řepného porostu nejvyšší při 100 tis. rostlin $\cdot\text{ha}^{-1}$ v Županji ($3,04 \text{ mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ řepy) a ve Vrbanji ($2,67 \text{ mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), což bylo statisticky velmi významné ($p \leq 0,01$) (tab. I.). V roce 2015 nebyly rozdíly v závislosti na velikosti výsevu statisticky prokázány.

V Županji v roce 2014 měl počet rostlin velmi významný vliv na obsah sodíku (Na) v kořenech ($p \leq 0,01$), přičemž řepy s největším počtem rostlin měly v průměru nejvyšší obsah sodíku ($0,66 \text{ mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) (obr. 7). Ve Vrbanji v roce 2014 nebyl vliv počtu rostlin na obsah sodíku statisticky prokázán. V roce 2015 neměl počet rostlin významný vliv na obsah sodíku na žádné z lokalit.

Velikost výsevu měla velmi významný vliv na obsah α -aminodusíku v roce 2014 v obou lokalitách; v Županji v roce 2015 však nebyl vliv statisticky významný (tab. I.). Nejnižší obsah α -aminodusíku byl v Županji 2014 zaznamenán při 140 tis. rostlin $\cdot\text{ha}^{-1}$ ($1,05 \text{ mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), nejvyšší při počtu 100 tis. rostlin $\cdot\text{ha}^{-1}$ ($1,35 \text{ mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). Ve Vrbanji byl obsah α -aminodusíku nejvyšší při 100 000 rostlin $\cdot\text{ha}^{-1}$ ($2,29 \text{ mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), nejnižší při 140 tis. rostlin $\cdot\text{ha}^{-1}$ ($1,66 \text{ mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). V roce 2015 měl počet rostlin v Županji opět velmi významný vliv ($p \leq 0,01$), přičemž nejvyšší obsah byl zaznamenán u 60 tis. rostlin $\cdot\text{ha}^{-1}$ ($1,68 \text{ mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). Také ve Vrbanji 2015 byl tento vliv statisticky velmi významný.

Výnos kořene a bílého cukru

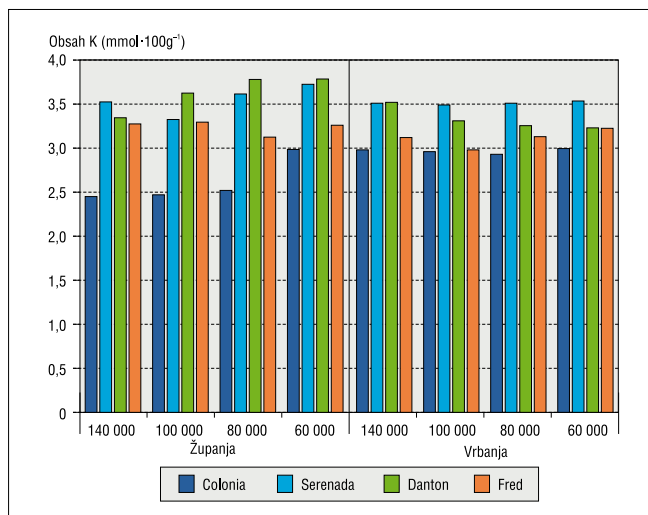
Výše výsevu měla v roce 2014 v obou lokalitách velmi významný vliv ($p \leq 0,01$) na výnos bílého cukru (tab. I.). Menší počet rostlin je ovlivnil negativně – výnos bílého cukru klesl z průměrných $12,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (140 tis. rostlin $\cdot\text{ha}^{-1}$) na $9,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (100 tis. rostlin $\cdot\text{ha}^{-1}$) v Županji a z $10,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ na $9,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ve Vrbanji (tab II.). V roce 2015 byl vliv velikosti výsevu v Županji také statisticky významný a nejlepší výsledky byly dosaženy při 1,18 a $1,33 \text{ VJ} \cdot \text{ha}^{-1}$. Ve Vrbanji 2015 byl výnos bílého cukru nejvyšší u varianty s 100 tis. rostlinami $\cdot\text{ha}^{-1}$ (průměrně $11,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$).

V Županji v roce 2014 měl počet rostlin významný vliv na výnos bulev – nejvyšší průměrný výnos byl při 140 tis. rostlin $\cdot\text{ha}^{-1}$ ($99,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), nejnižší při 60 tis. rostlin $\cdot\text{ha}^{-1}$ ($81,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Ve Vrbanji byly rozdíly obdobné – od $90,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (60 tis. rostlin) po $99,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (140 tis. rostlin). I v roce 2015 byl vliv hustoty porostu na výnos velmi významný v obou lokalitách ($p \leq 0,01$), přičemž výnosy byly vyšší ve Vrbanji než v Županji (tab. I.).

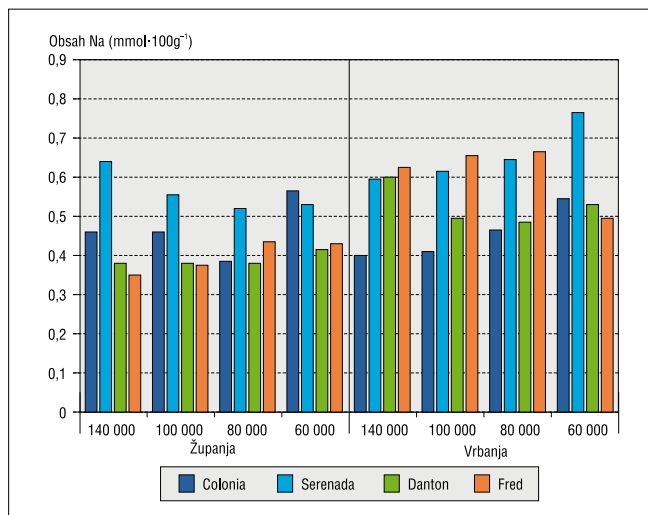
Diskuse

Počet dosažených rostlin na jednotku plochy ovlivňuje několik faktorů, jako jsou agrotechnika, polní klíčivost, půdní textura, povětrnostní podmínky během vývojové fáze mladých rostlin, výskyt chorob a škůdců (*Heterodera schachtii* Schm.) a další

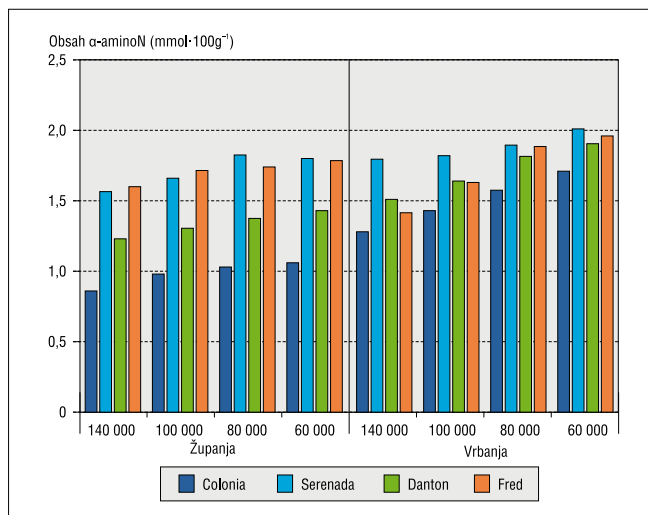
Obr. 6. Obsah draslíku v kořeni cukrovky (průměr za roky 2014 a 2015 pro každou lokalitu)



Obr. 7. Obsah sodíku v kořeni cukrovky (průměr za roky 2014 a 2015 pro každou lokalitu)



Obr. 8. Obsah alfa-aminodusíku v kořeni cukrovky (průměr za roky 2014 a 2015 pro každou lokalitu)



Tab. II. Výnos kořene a bílého cukru u jednotlivých variant pokusu

Počet rostlin, odrůda	Výnos bulev (t·ha ⁻¹)			Výnos bílého cukru (t·ha ⁻¹)		
	2014	2015	průměr	2014	2015	průměr
140 000	99,4	59,8	79,6	11,5	8,2	9,9
100 000	96,7	68,8	82,8	11,0	9,5	10,3
80 000	91,6	63,6	77,6	10,2	8,7	9,5
60 000	85,9	53,9	69,9	9,3	7,2	8,6
Colonia	93,9	59,9	76,9	10,9	8,6	9,7
Serenada	100,8	61,3	81,1	11,0	8,1	9,5
Danton	90,0	67,8	78,9	10,1	8,7	9,4
Fred	88,8	60,2	74,5	10,0	8,2	9,1
Průměr	93,4	61,5	77,5	10,5	8,4	9,5

(26–30). Ve svém výzkumu KRISTEK ET AL. (4) dosáhli podobných výsledků v souvislosti se zvýšením výnosu kořenů v závislosti na počtu rostlin na jednotku plochy. Autoři uvádějí, že podle průměru ze čtyř lokalit v Chorvatsku byl nejvyšší výnos kořenů dosažen při 108 tis. rostlinách na hektar (průměrně 79,85 t·ha⁻¹), zatímco nejnižší výnos byl při 59 tis. rostlinách na hektar (průměrně 71,38 t·ha⁻¹).

ÇAKMAKCI A ORAL (31) rovněž uvádějí, že zvýšením počtu rostlin na jednotku plochy (z 55 500 na 103 600 rostlin·ha⁻¹) došlo ke zvýšení výnosu kořenů ze 44,74 t·ha⁻¹ na 53,15 t·ha⁻¹. SÖĞÜT A ARIÖĞLU (32) zdůrazňují, že vzdálenost setí v řádku (15, 20, 25, 30 a 35 cm) měla velmi významný vliv na výnos cukrové řepy. Autoři dospěli k závěru, že při výsevu na vzdálenost 15 cm v řádku (116 tis. rostlin·ha⁻¹) byl výnos kořenů o 10 t·ha⁻¹ vyšší než u rostlin při vzdálenosti v řádku 35 cm (58 tis. rostlin·ha⁻¹).

Podle průměru z obou lokalit tohoto výzkumu v roce s vyššími srážkami (2014) řepa poskytla uspokojivé výnosy ve všech variantách hustoty setí, zatímco v roce s nižšími srážkami (2015) byly nejlepší výnosy dosaženy při setí 1,33 VJ·ha⁻¹ a 1,18 VJ·ha⁻¹ (68,8 t·ha⁻¹ a 63,6 t·ha⁻¹). ECKHOFF ET AL. (33) uvádějí, že nižší množství vody ke konci vegetace cukrové řepy může částečně snížit výnos kořenů, ale nemá vliv na snížení výnosu čistého cukru. Tento výsledek v roce 2015 lze také přičíst rovnoměrnějšímu zásobování kořenů vodou.

DRAYCOTT ET AL. (34) při výzkumu čtyř různých hustot setí – výsevního množství (18 500–124 000 rostlin·ha⁻¹) uvádějí, že v běžné praxi se jako optimální doporučuje hustota 75 tis. rostlin·ha⁻¹, přičemž jedním z důvodů je, že při této hustotě nebyla zjištěna potřeba zavlažování.

SMIT (11) uvádí, že v Nizozemsku zemědělci obvykle přisévají porost, pokud počet rostlin klesne pod 40 tis. rostlin·ha⁻¹, a na kvalitnějších půdách pod 30 tis. rostlin·ha⁻¹.

SÖĞÜT A ARIÖĞLU (32) dále uvádějí, že zvýšení hustoty porostu z 58 na 116 tis. rostlin·ha⁻¹ zvyšuje výnos kořenů z 52,6 t·ha⁻¹ na 65,9 t·ha⁻¹ a obsah cukru z 10,5 % na 13,7 %.

STANAČEV (2) uvádí, že při různých hustotách setí byl nejvyšší průměrný počet listů na rostlinu (odrůda NC) při vzdálenosti mezi řádky 45 cm a v řádku 30 cm, tedy při 74 074 rostlinách·ha⁻¹. KRISTEK A HALTER (4) tvrdí, že při nižším počtu rostlin na jednotku plochy řepa nedokáže plně využít vegetační prostor, přičemž díky

vyšší dostupnosti dusíku je jeho příjem vyšší, obsah cukru v kořenech nižší a celkový výnos cukru menší.

YONTS A SMITH (17) uvádějí, že nejlepší výnosy bulev byly dosaženy při 40 tis. rostlinách·ha⁻¹ (průměrně 66,6 t·ha⁻¹), zatímco nejvyšší obsah cukru byl při 100 tis. rostlinách·ha⁻¹ (17,5 %). LAUER (5) nezjistil významné rozdíly ve výnosu (průměrně 49,9 t·ha⁻¹) při čtyřech různých hustotách setí, ale nejvyšší obsah cukru (16,3 %) byl dosažen při nejvyšší hustotě, zatímco nejvyšší výnos cukru (7,79 t·ha⁻¹) byl při 86 500 rostlinách·ha⁻¹.

Podle výzkumu NENADIĆ ET AL. (36) měly různé hustoty setí (výsevek: 60 000, 80 000 a 100 000 rostlin·ha⁻¹) významný vliv na výnos a kvalitu cukrové řepy. Nejlepší výsledky byly při 100 tis. rostlinách na 1 ha – průměrný výnos bulev činil 71,8 t·ha⁻¹, cukernatost 17,9 % a výnos cukru 8,8 t·ha⁻¹. V nedávné studii tří hustot setí (59–139 tis. rostlin·ha⁻¹) ve východním Chorvatsku KRISTEK ET AL. (37) zjistili, že na půdách vhodných pro pěstování cukrové řepy (černozem, rítská černá půda, hnědozemě) byly nejvyšší

výnosy při 108 a 118 tis. rostlinách·ha⁻¹ (85,8 a 87,1 t·ha⁻¹), zatímco na méně vhodných půdách (např. pseudoglej) byly nejlepší výsledky při 77 tis. a 108 tis. rostlinách·ha⁻¹ (56,3 a 58,3 t·ha⁻¹).

V roce 2014 byl průměrný obsah cukru v kořeni nízký (13,1 %), zatímco v roce 2015 činil průměrně 15,5 %, což bylo o 2,4 % více. Nižší cukernatost v roce 2014 byla ovlivněna vyšší intenzitou napadení houbou *Cercospora beticola* Sacc., kdy i přes čtyři aplikace fungicidů došlo k poškození listů, čímž se část nashromážděného cukru spotřebovala na tvorbu nových listů při retrovegetaci. KRISTEK ET AL. (38) ve třiletém výzkumu (2010–2012) potvrzují, že opakovaná aplikace fungicidů výrazně zvyšuje výnos a obsah cukru. PIDGEON ET AL. (39) uvádějí, že *Cercospora beticola* Sacc. se častěji vyskytuje v sušších a teplejších oblastech Evropy. Rok 2014 měl kromě vyšších srážek i méně slunečního svitu (o cca 60 h méně), což mohlo mít negativní vliv na akumulaci cukru.

V našem pokusu bylo rovněž zjištěno, že větší výsevek měl pozitivní vliv na obsah cukru ve všech lokalitách.

Přestože se za optimální považuje vzešlost 80–90 % (25, 26), v chorvatských podmínkách se pohybuje v rozmezí 50–90 %. ANDREATA-KOREN ET AL. (40) uvádějí, že obalované osivo má mírně lepší klíčivost, ale rozdíly mezi způsoby úpravy semen nebyly statisticky významné.

Optimální počet rostlin na jednotku plochy je klíčovým faktorem. Správné uspořádání rostlin zajišťuje rovnoměrné zásobování živinami, světlem a vodou, což podporuje fotosyntézu a vyšší podíl sušiny v kořenech.

BOSEMARK (13) uvádí, že pro jednu rostlinu cukrové řepy je zapotřebí prostor o poloměru 25,5 cm. Tato studie ale naznačuje, že postačuje vegetační prostor 33 × 33 cm (1 089 cm²), což je však v praxi kvůli dostupné mechanizaci obtížně proveditelné. Jelikož se cukrová řepa běžně seje při vzdálenosti řádků 45 cm nebo 50 cm, důraz by měl být kladen na optimalizaci vzdálenosti rostlin v řádku.

Přehled literatury ukázal, že hustota porostu cukrové řepy výrazně ovlivňuje její výnos a cukernatost (obr. 8.). Většina výzkumů doporučuje optimální hustotu porostu 90–110 tis. rostlin·ha⁻¹. V podmínkách Chorvatska se kvůli mechanizaci cukrovka často seje do řádků vzdálených 50 cm, s rozestupy 16–18 cm v řádku, což vede k počtu asi 100 tis. rostlin·ha⁻¹ a za příznivých podmínek přináší uspokojivé výnosy.

Závěr

Prezentovaná studie měla za cíl analyzovat vliv hustoty porostu (počtu jedinců) cukrové řepy různých genotypů. Velikost výsevu je jedním z nejdůležitějších faktorů pro úspěšnou produkci, protože výrazně ovlivňuje růst rostlin a kvalitu kořenů cukrové řepy. Výsledky studie potvrdily, že velikost výsevu je stále klíčovým faktorem v produkci cukrové řepy a vyžaduje zvláštní pozornost.

Na základě výsledků této studie se doporučuje vysévat více než $1,30 \text{ VJ} \cdot \text{ha}^{-1}$, aby se dosáhlo populace nad 120 tis. rostlin na hektar, a tím i uspokojivých výnosů kořenů a kvalitativních parametrů.

Výzkum byl součástí projektu IPA: Enhancement of Collaboration between Science, Industry and Farmers: Technology Transfer for Integrated Pest Management (IPM) in Sugar Beet as the Way to Improve Farmer Income and Reduce Pesticide Use (contract No: IPA 2007/HR/16IPO/001-040511).

Souhrn

Počet rostlin na jednotku plochy při pěstování cukrovky je klíčovým faktorem úspěchu, výnosu a kvality kořenů. Cílem této studie bylo analyzovat různé hustoty výsevu v rozmezí 60–140 tis. rostlin na hektar. Polní pokus byl proveden na dvou lokalitách ve východním Chorvatsku během dvou let. Ve studii byly zahrnuty čtyři odrůdy cukrovky – dvě typu C (cukernaté), Colonia a Danton, a dvě typu NC (normální-cukernaté), Serenada a Fred. Průměrný obsah cukru v kořenech se zvyšoval s rostoucím počtem rostlin na jednotku plochy. Nejvyšší obsah cukru byl zaznamenán při hustotě 140 tis. rostlin $\cdot \text{ha}^{-1}$ ($1,54 \text{ VJ} \cdot \text{ha}^{-1}$) – 13,4 % v roce 2014 a 15,6 % v roce 2015, zatímco nejnižší při hustotě 60 tis. rostlin $\cdot \text{ha}^{-1}$ ($1,05 \text{ VJ} \cdot \text{ha}^{-1}$) – 12,8 %

v roce 2014 a 15,3 % v roce 2015. Obecně, při průměru obou let a lokalit, byly nejlepší výsledky dosaženo při výsevu $1,54$ a $1,33 \text{ VJ} \cdot \text{ha}^{-1}$, což odpovídá přibližně 100–120 tis. rostlinám $\cdot \text{ha}^{-1}$ při sklizni. Nejvyšší výnos kořenů ($82,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) a výnos bílého cukru ($10,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) byl dosažen při výsevu $1,33 \text{ VJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ (120 tis. rostlin $\cdot \text{ha}^{-1}$), zatímco nejvyšší průměrný obsah cukru v kořenech (14,5 %) při výsevu $1,54 \text{ VJ} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Klíčová slova: hustota porostu, sklizeň, kvalitativní parametry, obsah sacharosy, výnos kořenů.

Literatura

1. KRISTEK, A.; MAGUD, Z.; VUJEVIĆ, M.: Utjecaj krupnoće i dorade na svojstva sjemena šećerne repe. *Znanstvena praksa poljoprivrede i tehnologija*, 1990, 20, s. 1–2, 178–197.
2. STANAČEV, S.: Uticaj vegetacionog prostora na neke osobine i dinamiku stvaranja asimilacione površine šećerne repe sorte NS poli 2. *Savremena poljoprivrede*, 1968, 4, s. 311–321.
3. SARIĆ, B.: *Uticaj gustine useva i vremena vađenja na prinos i kvalitet sorata šećerne repe u agroekološkim uslovima južnog Banata*. Doktorska disertacija, 1985, Poljoprivredni fakultet Beograd.
4. Kristek, A., Halter, J. Djelovanje vegetacijskog prostora na porast lišća šećerne repe i prinos korijena. *Agronomski glasnik*, 1988, 2/3, s. 79–94.
5. LAUER, J. G.: Plant density and nitrogen rate effects on sugar beet yield and quality early in harvest. *J. Agric. Sci.*, 1995, 87, s. 586–591.
6. VARGA, I. ET AL.: Sugar Beet Root Yield and Quality with Leaf Seasonal Dynamics in Relation to Planting Densities and Nitrogen Fertilization. *Agriculture*, 2021, 11, s. 407, doi.org/10.3390/agriculture11050407.
7. KRISTEK, A. ET AL.: Utjecaj veličine vegetacijskog prostora u proizvodnji na elemente prinosa šećerne repe. In *Proc. of the 47th Croatian & 7th Int. Symposium on Agriculture*. Opatija, Croatia, 13th – 17th February 2012, s. 5020506.

Obr. 8. Hustota porostu výrazně ovlivňuje výnos a cukernatost cukrové řepy, doporučována bývá 90–110 tis. rostlin na hektar



8. JELIĆ, S. ET AL.: Variranje težinskog odnosa mase lista i korijena tijekom vegetacije šećerne repe pri različitim gustoćama sjetve. In POSPIŠIL, M. (ed.). *Proc. of 50th Croatian and 10th Int. Symposium on Agriculture*. University of Zagreb, 2015, s. 309–313.
9. VARGA, I.; KRISTEK, A.; ANTUNOVIĆ, M.: Growth analysis of sugar beet in different sowing density during vegetation. *Poljoprivreda*, 2015, 21, s. 28–34.
10. Lüdecke, H. *Šećerna repa*. Poljoprivredni nakladni zavod Zagreb: Zagreb, Croatia, 1956.
11. SMIT, A. L.: The influence of sowing date and plant density on the decision to resow sugar beet. *Field Crops Research*, 1993, 34, s. 159–173.
12. SMIT, A. B. ET AL.: Critical Plant Densities for Reaowing of Sugar beet. *Journal Agronomy & Crop Science*, 1996, 177, s. 95–99.
13. BOSEMARK, N. O.: Genetics and breeding. In COOKE, D. A.; SCOTT, R. K. (EDS.): *The sugar beet crop: Science into practice*. Chapman & Hall. Great Britain, University Press, Cambridge, 1993.
14. DRAYCOTT, A. P., CHRISTENSON, D. R.: *Nutrients for Sugar Beet Production: Soil-Plant Relationships*. CABI Publishing, 2003, s. 177–179.
15. POSPIŠIL, M. ET AL.: Proizvodne vrijednosti istraživanih hibrida šećerne repe. *Poljoprivreda*, 12, 2006 (1), s. 16–21.
16. RÜDELSHEIM, L. J., SMETS, G.: Baseline information on agricultural practices in the EU Sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Perseus Belgium*, 2012, s. 30–31.
17. YONTS, C. D.; SMITH, J. A.: Effects of plant population and row width on yield of sugarbeet. *J. Sugar Beet Res.*, 1997, 34, s. 21–30.
18. KULAN, E. G.; KAYA, M. D.: Effects of weed-control treatments and plant density on root yield and sugar content of sugar beet. *Sugar Tech*, 25, 2023 (4), s. 805–819.
19. BARIČEVIĆ, M. ET AL.: Zeolites and Their Application in Plant Protection. *Poljoprivreda*, 2023, 29, s. 33–42, doi.org/10.18047/poljo.29.2.5.
20. KUŠA, H. ET AL.: Vliv organického a minerálního hnojení a plečkování na kvalitu půdy a výnos cukrové řepy. *Listy cukrov. řepař.*, 140, 2024 (7–8), 264–270.
21. GORSKI, D. ET AL.: Effect of Strip-Till and Variety on Yield and Quality of Sugar Beet against Conventional Tillage. *Agriculture*, 2022, 12, s. 166, doi.org/10.3390/agriculture12020166.
22. AFSHAR, R. K. ET AL.: Impact of conservation tillage and nitrogen on sugarbeet yield and quality. *Soil and Tillage Research*, 2019, 191, s. 216–223.
23. *Determination of Potassium and Sodium in Sugar Beet by Flame Photometry (Methods GS6-7)*. ICUMSA Methods Book, Bartens: Berlin, Germany, 2007.
24. *Determination of α -Amino Nitrogen in Sugar Beet by the Copper Method ('Blue Number') (Methods GS6-5)*. ICUMSA Methods Book. Bartens: Berlin, Germany, 2007.
25. BUCHHOLZ, K. ET AL.: Neubewertung des technischen Wertes von Zukerrüben. *Zuckerind.*, 120, 1995, s. 113–121.
26. LAUFER, D. ET AL.: Soil erosion and surface runoff under strip tillage for sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Central Europe. *Soil and Tillage Research*, 2016, 162, s. 1–7.
27. REHAK BIONDIĆ, T. ET AL.: The Status of Root-Knot Nematodes of the Meloidogyne Genus in Croatia, with a Special Reference to the Quarantine Species. *Poljoprivreda*, 29, 2023 (1), s. 27–34.
28. KRISTEK, A.: *Utjecaj zbijenosti zemljišta na rast i razvoj korijena šećerne repe*. Magistarski rad, 1976, Poljoprivredni fak., Novi Sad.
29. RYCHUČIK, B.; ZAWIŚLAK, K.: Yields and root technological quality of sugar beet grown in crop rotation and long-term monoculture. *Roslinná výroba*, 48, 2002 (10), s. 458–462.
30. POSPIŠIL, M. ET AL.: Root yield and quality of investigated sugar beet hybrids in northwest Croatia in the period from 2010 to 2013. *Poljoprivreda*, 2016, 22, s. 10–16, doi.org/10.18047/poljo.22.2.2.
31. ÇAKMAKÇI, R.; ORAL, E.: Root yield and quality of sugarbeet in relation to sowing date, plant population and harvesting date interactions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 26, 2002 (3), s. 133–139.
32. SÖĞÜT, T.; ANOĞLU, H.: Plant density and sowing date effects on sugarbeet yield and quality. *J. Agron.*, 3, 2004 (3), s. 215–218, doi.org/10.3923/ja.2004.215.218.
33. ECKHOFF, J. L. A.; BERGMAN, J. W.; FLYNN, C. R.: Sprinkler and Flood Irrigation Effects on Sugarbeet Yield and Quality. *Journal of Sugar Beet Research*, 42, 2005 (1/2), s. 19–30.
34. DRAYCOTT, A. P.; DURRANT, M. J.; WEBB, D. J.: Effects of plant density, irrigation and potassium and sodium fertilizers on sugar beet I. Yields and nutrient composition. *Journal of Agricultural Science*, 82, 1974 (2), s. 251–259.
36. NENADIĆ, N.; ŠKRBIĆ K.; ŽIVANOVIĆ LJ.: Effects of crop density on root yield and quality of sugar beet cultivars grown on the soil infested and uninfested by Rhizomania. *Journal of Agricultural Sciences*, 45, 2000 (1), s. 19–27.
37. KRISTEK, A. ET AL.: Proizvodne vrijednosti hibrida šećerne repe u nepovoljnim uvjetima proizvodnje. In *Proc. of the 49th Croatian & 9th Int. Symposium on Agriculture*. Dubrovnik, Croatia, 16th – 21th February 2014, s. 387–391.
38. KRISTEK, A. ET AL.: Kvalita cukrové řepy v závislosti na odrůdě a účinnosti fungicidů proti cercosporové listové skvrnitosti řepy (*Cercospora beticola* Sacc.). *Listy cukrov. řepař.*, 131, 2015 (5–6), s. 173–177.
39. PIDGEON, J. D. ET AL.: Climatic impact on the productivity of sugar beet in Europe, 1961–1995. *Agr Forest Meteorol.*, 2001, 109, s. 27–37, doi.org/10.1016/S0168-1923(01)00254-4
40. ANDREATA-KOREN, M.; AUGUSTINOVIĆ, Z.; PEREMIN VOLF, T.: Utjecaj načina dorade sjemena i razmaka sjetve šećerne repe na poljsku klijavost i sklop u vađenju. *Sjemenarstvo*, 1998, 15 (6), s. 461–469, [online] <https://hrcak.srce.hr/file/248253>.

Varga I., Markulj Kulundžić A., Tkalec Kojić M., Ilkić D., Zoičan C., Dunderski D., Antunović M.: Sugar Beet Genotype Response to Plant Density: Yield and Quality Implications

The number of plants per unit area in sugar beet cultivation is important for success, yield, and root quality. This study aimed to analyze different plant-sowing densities from 60,000 to 140,000 plants per hectare. A field trial was conducted at two locations in eastern Croatia over the period of two years; the study included four sugar beet varieties, two C-type (high sugar content), Colonia and Danton, and two NC-type (standard sugar content), Serenada and Fred. The average root sugar content increased with increasing number of plants per unit area. The highest sugar content was found in roots at 140,000 plants per 1 ha (1.54 seed units (U) per 1 ha) (13.4% in 2014 and 15.6% in 2015), and the lowest sugar content was recorded when sowing 1.00 U·ha⁻¹ (60,000 plants per 1 ha) (12.8% in 2014 and 15.3% in 2015). In general, averaged over both years and locations, the best results were achieved by sowing 1.54 and 1.33 U·ha⁻¹, corresponding to about 100,000 to 120,000 plants per 1 ha at harvest. The highest root yield (82.8 t·ha⁻¹) and white sugar yield (10.3 t·ha⁻¹) were achieved at a sowing rate of 1.33 U·ha⁻¹ (120,000 plants per 1 ha), while the highest average root sugar content (14.5%) was achieved at 1.54 U·ha⁻¹.

Key words: plant density, harvest, quality parameters, sucrose content, root yield.

Kontaktní adresa – Contact address:

doc. dr. sc. Ivana Varga, PhD, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences, Department of Plant Production and Biotechnology, Osijek, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek, Croatia, e-mail: ivana.varga@fazos.hr