

Výživa cukrovej repy na báze pôdnych baktérií fixujúcich vzdušný dusík

NITROGEN NUTRITION OF SUGAR BEET BASED ON N₂ FIXING SOIL BACTERIAKatarína Hrčková¹, Norbert Britaňák², Roman Hašana¹¹ Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav rastlinnej výroby² Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav trávnych porastov a horského poľnohospodárstva

V posledných rokoch sa nielen v Európe, ale aj vo svete razi trend ekologizácie rastlinnej výroby, čo okrem redukcie spotreby pesticídov znamená aj rozvoj možností náhrady klasických anorganických hnojív rôznymi alternatívami. Je to jedna z ciest, ako prispieť k trvalej udržateľnosti poľnohospodárstva z dlhodobého hľadiska, resp. k trvalo udržateľnej intenzifikácii (1) s dôrazom od lokálnych podmienok po planetárny rozsah, vrátane zdravia (2).

Dusík je esenciálny prvok pre všetky druhy rastlín a je tradične základným prvkom, ktorý sa využíva ako intenzifikačný faktor zvyšovania produkcie nielen pri pestovaní cukrovej repy. Tvorí až 78 % atmosféry, avšak z tohto zdroja je nedostupný a rastliny nie sú schopné ho akoukoľvek biochemickou dráhou

transformovať a využiť pre svoj rast. Atmosférický dusík je ale konvertovaný na biologicky prijateľné formy prostredníctvom biologickej fixácie pôdnymi mikroorganizmami v dvoch možných mechanizmoch. Symbiotická fixácia vyžaduje špecifické podmienky a vzťah medzi rastlinami a mikroorganizmami, najmä v oblasti pôdy a koreňovej sústavy a je typická najmä pre rody z čeľade *Fabaceae*. Nesymbiotickú fixáciu atmosférického dusíka realizujú rôzne druhy pôdnych baktérií, ktoré vôbec nemusia fungovať vo väzbe na vyššie rastliny. Ich potenciál je vysoký, pretože produkty ich metabolismu, t.j. prístupné formy dusíka, sú vhodné pre všetky druhy rastlín (3).

V pestovateľskej technológii cukrovej repy predstavuje manažment výživy rastlín jeden z kľúčových faktorov, pretože okrem regulácie rastu a vývoja dokáže ovplyvniť kvalitu primárneho produktu. Deficit prístupných foriem dusíka môže viesť k poklesu úrody, naopak nadbytok môže byť príčinou poklesu technologickú kvality (4).

Táto práca je zameraná na identifikáciu zmien produkčných parametrov cukrovej repy pri zabezpečení dusíkatej výživy rastlín na základe pôsobenia pôdnych baktérií fixujúcich vzdušný dusík.

Materiál a metódy

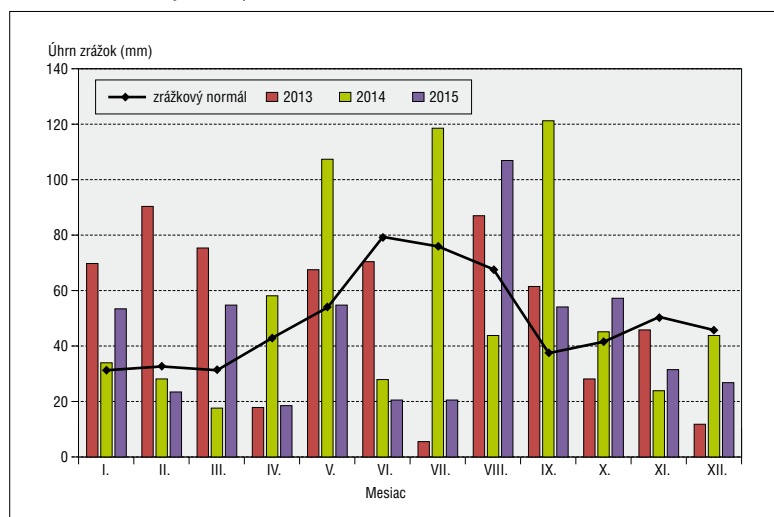
Maloparcelový poľný pokus bol založený na experimentálnom pracovisku NPPC-VÚRV v Borovciach (17°43'45"E, 48°34'43"N) v rokoch 2013–2015. Lokalita má nadmorskú výšku 167 m. Patrí do kukuričnej výrobnéj oblasti s priemerným ročným úhrnom zrážok 595 mm a priemernou ročnou teplotou vzduchu 9,1 °C počas vegetačného obdobia. Pôda je stredne ťažká, černoziem hnedozemná. Hĺbka humusového horizontu dosahuje 0,4–0,5 m s obsahom humusu 1,8–2,0 %.

Cieľovou plodinou bola cukrová repa, odroda Tatry. Súčasťou konvenčnej technológie pestovania bola hlboká jesenná orba a jarná predsejbová príprava pôdy kompaktorom a zapracovanie hnojív. Na celú pokusnú plochu bol paušálne aplikovaný trojitý superfosfát (28 kg·ha⁻¹ č.ž.) a síran draselný (83 kg·ha⁻¹ č.ž.), pričom dávky hnojív boli stanovené na základe agrochemického rozboru pôdy. Organické hnojivá neboli aplikované a pokus bol vedený v podmienkach bez závlahy.

Tab. 1. Prehľad pokusných variantov a aplikácií inokulantu a LAV 27 %

Variant	Inokulácia pôdy pred sejbou	N pred sejbou	N pri-hnojenie	Spolu N
1. Kontrola nehnojená	nie	0	0	0
2. Inokulant	20 l·ha ⁻¹	0	0	0
3. Inokulant + dohnojenie	20 l·ha ⁻¹	0	60	60
4. Kontrola hnojená	nie	60	60	120

Obr. 1. Zrážkový úhrn počas sledovaného obdobia



Prehľad pokusných variantov uvádza tab. I. Minerálny dusík vo forme LAV 27 % (v dávke $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ č. ž.) a pôdny inokulant na báze pôdnych baktérií *Azotobacter* spp., *Bacillus megatherium* a *Rhizobium* spp. (v dávke $20 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$), boli v príslušných variantoch zapracované do pôdy tesne pred sejbou. Prihnojenie dusíkom sa realizovalo vo fáze 6–10 listov (BBCH 16–20).

Pokus bol založený metódou znáhodnených blokov v troch opakovaníach. Veľkosť parcely bola 30 m^2 . Namerané údaje boli štatisticky vyhodnotené v programe Statgraphics Centurion XVI metódou jednofaktorovej analýzy rozptylu. Rozdiely priemerov boli porovnané pomocou Tukey HSD testu ($P < 0,05$).

Výsledky a diskusia

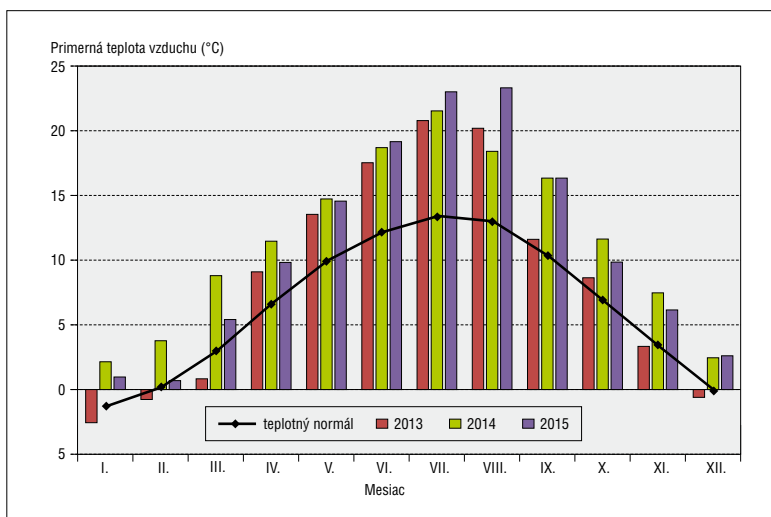
Priebeh meteorologických podmienok jednotlivých ročníkov je uvedený na obr. 1. a 2. Počas trojročného obdobia boli najvhodnejšie poveternostné podmienky v pestovateľskom ročníku 2014, kedy bola zaznamenaná aj maximálna produkcia ($89,72 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ v priemere pokusných variantov). Produkcia v rokoch 2013 ($75,23 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) a 2015 ($75,94 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) bola ovplyvnená najmä júlovými deficitmi zrážok, pričom oba ročníky boli teplotne rôznostranné: v roku 2013 bola priemerná teplota vzduchu nižšia než dlhodobý priemer a opak bol zaznamenaný v roku 2015.

Existujú rôzne spôsoby aplikácie bakteriálnych inokulantov a preparátov priamo na osivo, do pôdy alebo zriedkavejšie na list počas vegetačného obdobia (5). V poľnom pokuse bola použitá metóda inokulácie pôdy baktériami na pórovitom nosiči, ktorý bol zapracovaný do pôdy tesne pred sejbou. Z technického hľadiska bol tento spôsob inkorporácie baktérií do agroekosystému najvýhodnejším kompromisom medzi možnosťami strojového parku a vlastnosťami osiva. Repné osivo je už od výrobcu obalené v ochrannej vrstve a aplikácia ďalších prídavných látok by mohla na proces klíčenia a vzhádzania rastlín pôsobiť kontraproduktívne.

V kontexte lokálnych podmienok bola dosiahnutá úroda buliev na intenzívne hnojenom kontrolnom variante ($83,27 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) vyššia ako priemerná úroda v okrese Piešťany ($74,39 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) za sledované obdobie (6). Úroda bola podmienená aplikáciou priemyselného dusíka v dávke $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ vo forme LAV. Úplná absencia vstupov dusíka znížila priemernú úrodu na nehnojenom variante o 13,15 % na úroveň $72,32 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Takéto situácie sa však v praxi takmer nevyskytujú, dokonca ani na úrodných a živinami dobre zásobených pôdach. Pokusné varianty so sólovou aplikáciou bakteriálneho inokulantu a jeho kombináciou s dohnojením minerálnym N poskytli úrodu buliev vo výške 80,81 resp. $81,90 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. II.). Počet rastlín pred zberom a hmotnosť jednej rastliny neboli štatisticky významne ovplyvnené spôsobom výživy. Vzájomné vzťahy medzi týmito znakmi naznačujú, že úroda buliev bola daná hmotnosťou jednotlivých rastlín ($r = 0,7297$, $P < 0,0001$) nie ich počtom na jednotku plochy ($r = -0,0796$, $P = 0,6871$).

Kvalitatívne znaky úrody boli vyrovnané na všetkých pokusných variantoch (tab. III.). Priemerná koncentrácia sušiny sa

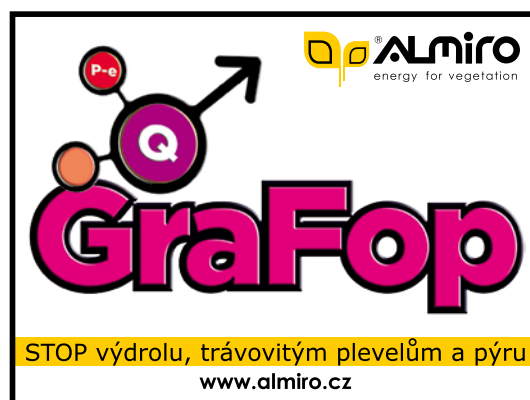
Obr. 2. Priemerná teplota vzduchu počas sledovaného obdobia



Tab. II. Kvantitatívne parametre

Variant	Úroda buliev ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	Celková biomasa ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	Hmotnosť 1 rastliny (kg)	Počet rastlín ($\text{ks} \cdot \text{m}^{-2}$)
1. Kontrola nehnojená	72,32	91,92	0,74	11,97
2. Inokulant	80,81	103,14	0,84	10,79
3. Inokulant + dohnojenie	81,90	103,56	0,89	10,67
4. Kontrola hnojená	83,27	108,06	0,86	10,65
Priemer	79,57	101,67	0,83	11,02

pochybovala v rozpätí 22,73–23,09 %. Cukornatosť buliev sa pri redukcii N hnojenia mierne zvýšila. Rastúce dávky dusíkatých hnojív zvyšujú obsah nečistôt v repnej šťave. Najmä obsah α -aminoN je všeobecne v pozitívnej korelácii s dodávaným dusíkom a pokladá sa za indikátor úrovne dusíkatého hnojenia (7, 4). Nepriamym dôkazom, že introdukované baktérie sa presadili v konkurencii lokálnej mikroflóry a svojou činnosťou sprístupňovali rastlinám dusík, sú zvýšené hodnoty α -aminoN na variantoch 2 a 3. Medzi pokusnými variantami neboli štatisticky významné rozdiely v žiadnom z týchto sledovaných znakov.



Tab. III. Kvalitatívne parametre

Variant	Cukornatosť (%)	α -aminoN (mmol·100g ⁻¹)	Produkcia bieleho cukru (t·ha ⁻¹)	Produkcia bieleho cukru (t·ha ⁻¹)
1. Kontrola nehnojená	18,90	4,33	11,76	11,58
2. Inokulant	18,17	4,90	12,44	12,46
3. Inokulant + dohnojenie	18,22	4,69	12,60	12,68
4. Kontrola hnojená	18,12	4,98	12,76	12,86
Priemer	18,35	4,72	12,39	12,40

Záver

Počas troch rokov monitorovania produkcie cukrovej repy a jej kvalitatívnych znakov neboli nezistené žiadne preukazné rozdiely medzi variantmi. Štatistickým šetrením prijímame nulovú hypotézu o tom, že výška a spôsob výživy dusíkom cukrovej repy neovplyvnili ani výšku jej úrod a ani kvalitu. Z uvedeného vyplýva tá skutočnosť, že pre pestovanie cukrovej repy v daných a analogických podmienkach, pri splňaní cieľov trvalej udržateľnosti poľnohospodárstva, je vhodné výživu dusíkom cukrovej repy riešiť alternatívnymi cestami, t.j. aplikáciou dusík fixujúcimi baktériami voľne žijúcimi v pôde.

Práca vznikla vďaka podpore v rámci OP Výskum a vývoj pre projekt: Vývoj a inštalácia lyzimetrických zariadení pre racionálne hospodárenie na pôde v udržateľnej rastlinnej výrobe (ITMS 26220220191), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Súhrn

V maloparcelovom poľnom pokuse, realizovanom v rokoch 2013–2015 na experimentálnom pracovisku NPPC-VÚRV v Borovciach, boli sledované zmeny produkčných parametrov cukrovej repy pri zabezpečení dusíkatej výživy rastlín na základe pôsobenia pôdnych baktérií fixujúcich vzdušný dusík. Pôdny inokulant na báze pôdnych baktérií *Azotobacter* spp., *Bacillus megatherium* a *Rhizobium* spp. bol zapracovaný do pôdy pred sejbou v dávke 20 t·ha⁻¹. Sólóva inokulácia bola porovnaná s dohnojením 60 kg·ha⁻¹ N, nehnojenou kontrolou a intenzívnym hnojením v súhrnnej dávke 120 kg·ha⁻¹ N. Počet rastlín pri zbere nebol ovplyvnený aplikáciou hnojív, resp. pôdneho inokulantu. Tvorba úrody bola daná výkonom jednotlivých rastlín v daných podmienkach. Produktivita agroekosystému po čiastočnej redukcii vstupov minerálneho dusíka neklesala signifikantne. Porovnanie sólovej aplikácie inokulantu a kombinácie inokulantu s dohnojením sa ukazuje, že obe možnosti v lokálnych podmienkach poskytovali vysokú úrodu buliev aj finálneho produktu. Kvalitatívne vlastnosti úrody cukrovej repy boli vyrovnané, bez významných rozdielov. Z uvedeného vyplýva, že aplikácia inokulantu a inokulantu s dohnojením dusíkom vo výžive cukrovej repy predstavuje jednu z foriem trvalo udržateľného pestovania, resp. trvalo udržateľnej intenzifikácie, ktorá zabezpečuje rovnakú produkciu i kvalitu pri znížených vstupoch minerálneho dusíka vo forme priemyselného hnojiva.

Kľúčové slová: cukrová repa, úroda buliev, fixácia dusíka, inokulácia, kvalita, udržateľnosť.

Literatúra

- GARIBALDI, L. A. ET AL.: Farming approaches for greater biodiversity, livelihoods, and food security. *Trends Ecol. Evol.* 32, 2017 (1), s. 68–80.
- WILLETT, W. ET AL.: Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diet from sustainable food systems. *Lancet*, 2019, č.393 (10170), s. 447–492.
- GUPTA, G. ET AL.: Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): Current and Future Prospects for Development of Sustainable Agriculture. *J. Microb. Biochem. Technol.* 7, 2015 (2), s. 96–102.
- PRVULOVIĆ, D. ET AL.: Effect of nitrogen fertilization on the biochemical and physiological parameters in leaves and roots of sugar beet associated with *Azotobacter chroococcum*. *J. Plant Nutrition*, 33, 2010 (1), s. 15–26.
- KUZEVSKI, J. ET AL.: Uticaj primene *Azotobacter chroococcum* na proizvodne osobine i mikroorganizme u rizosferi šećerne repe. *Mikrobiologija zemljišta*, 48, 2011, s. 383–390.
- Odvetovú štatistiku: Poľnohospodárstvo, lesníctvo a rybníctvo*. DATAcube, Štatistický úrad Slovenskej republiky, 2019, [online] <http://www.statistics.sk/>, cit. 22. 7. 2019.
- ABDEL-MOTAGALLY, F. M. F.; ATTIA, K. K.: Response of sugar beet plants to nitrogen and potassium fertilization in sandy calcareous soil. *Int. J. of Agriculture and Biology*, 11, 2009 (6), s. 695–700.

Hrčková K., Britaňák N., Hašana R.: Nitrogen Nutrition of Sugar Beet Based on N₂ Fixing Soil Bacteria

Changes in sugar beet production parameters under several forms of nitrogen nutrition were studied. In 2013–2015 a small-plot experiment was established in National Agriculture and Food Centre – Plant Production Research Institute in Borovce. Conventional intensive nitrogen management (120 kg ha⁻¹ N) was compared to alternatives: single application of soil inoculant and application of soil inoculant with additional mineral nitrogen in the dose of 60 kg ha⁻¹ N. These three treatments were compared to zero nitrogen application. Soil inoculant was based on soil bacteria *Azotobacter* spp., *Bacillus megatherium*, and *Rhizobium* spp. It was incorporated into the soil before sowing in the dose of 20 t per hectare. The final plant number was not affected by fertilisation and soil inoculant either. Yield formation was given by the performance of individuals under the open field conditions. Qualitative parameters of root yield were stable with no significant differences among the variants. The productivity of agroecosystem after a partial reduction of mineral nitrogen inputs did not decrease significantly. Comparison of single application of inoculant and combination of inoculant with additional mineral nitrogen showed that both treatments under the local conditions provided high root yield and final product. Sugar beet fertilisation based on soil bacteria could be presented as a form of sustainable cultivation or sustainable intensification, which ensures equal production and yield quality with reduced mineral nitrogen inputs.

Key words: sugar beet, root yield, nitrogen fixation, inoculation, yield quality, sustainable agriculture.

Kontaktná adresa – Contact address:

Ing. Katarína Hrčková, Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav rastlinnej výroby, Bratislavská 122, 921 68 Piešťany, Slovenská republika, e-mail: katarina.hrckova@nppc.sk