

# Nitráty v červené řepě a hnojení sodíkem

NITRATES IN BEETROOT AND SODIUM FERTILIZATION

Radka Váchalová<sup>1</sup>, Josef Maroušek<sup>2</sup>, Ladislav Kolář<sup>1</sup>, Jiří Peterka<sup>1</sup>, Marek Kopecký<sup>1</sup>, Zbyněk Havelka<sup>1</sup>,  
Petra Pártlová<sup>1</sup>, Jan Váchal<sup>1</sup><sup>1</sup>Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta<sup>2</sup>Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích

Řepa salátová, červená (*Beta vulgaris* ssp. *vulgaris* var. *conditiva* L. Alef. Helm) patří mezi laskovcovité. Ze všech u nás pěstovaných kořenových zelenin má nejvyšší koncentraci nitrátů v bulvách (1). Snáší vysokou koncentraci solí v půdním roztoku, až 0,83 % (2). Vyžaduje neutrální až slabě alkalickou reakci půdy. Při očekávaném výnosu bulev 30 t.ha<sup>-1</sup> její odběr živin z plochy 1 ha je 96 kg N, 18 kg P, 153 kg K, 63 kg Ca a 12 kg Mg (3). Svými požadavky na hnojení se podobá karotce, která má při stejném výnosu nepatrně vyšší nároky na dusík, fosfor a vápník, naopak nižší na draslík (4). Většinu živin přijímá červená řepa až ve střední části vegetace v krátké době osmi týdnů. Půda musí mít dostatečnou zásobu přijatelných živin, zvláště K a N. Během čtyř týdnů intenzivního růstu je odběr živin z půdy značný přes 90 kg.ha<sup>-1</sup> K a přes 70 kg.ha<sup>-1</sup> N. Proto nepřekvapuje, že všechny kořenové zeleniny kumulují nitráty a že ze všech živin spotřebují nejvíce draslíku (5).

Řepa salátová obsahuje řadu rostlinných barviv a minerálních látek zásadité povahy. Podporuje činnost jater, tvorbu krve, má antisklerotické účinky. Existují i názory, že tlumí tvorbu nádorů. Stimuluje i funkci ledvin (6, 7) a zlepšuje činnost žaludku, střev a žlučníku. Tyto účinky jsou připisovány flavonoidům této řepy, také antokyanům, i když tyto látky mají význam spíše jako přírodní červená barviva (8). Zajímavý je však poměrně značný obsah účinného antioxidantu resveratrolu, který je prevencí proti chorobám srdce, cév a nádorových onemocnění. Je obsažen hlavně v červeném víně (2–6 mg.l<sup>-1</sup>), a tím se vysvětluje známý „francouzský paradox“, že Francouzi při vysoké

spotřebě živočišných tuků mají nízkou úmrtnost na srdečně-cévní choroby (9). Kromě vína lze resveratrol konzumovat i se zeleninami. Řepa salátová jej má obvykle 1,8 mg.kg<sup>-1</sup>, a je tak kromě růžičkové kapusty a červeného zelí nejbohatším zdrojem této důležité látky.

Plnému využití řepy salátové jako zdravé zeleniny brání dvě okolnosti. Má poměrně vysoký obsah kyseliny šťavelové a má-li být její pěstování rentabilní, musí se dobře hnojit, a pak má vysoký obsah nitrátů.

Cílem naší práce bylo zlepšit využití rostlinami přijatelného dusíku na další organickou hmotu, a tím snížit zásobu přijatého minerálního dusíku v řepě. Tento problém jsme se pokusili řešit antagonistou hlavní živiny řepy, draslíkem. Tedy hnojením sodíkem.

## Materiál a metody

K výsevu bylo použito osivo řepy salátové, červené kulaté. Setí proběhlo koncem dubna do řádků 0,4 m od sebe, do hloubky 30–40 mm, v dávce 2,5 kg.ha<sup>-1</sup> jednoklíčkového osiva do středně těžké propustné půdy v bramborářské oblasti. Byla pěstována ve druhé trati, po hnojení hnojených bramborách. Chemická ochrana pro řepu salátovou není povolena, ale z chorob se projevila jen strupovitost bulev (*Streptomyces scabies*). Ve snesitelné míře se objevila květlika řepná (*Pegomya hyoscyami*) a mšice maková (*Aphis fabae*). V rámci hnojení byl před výsevem aplikován borax

Tab. 1. Analýza půd u variant pokusu (kambizem hlinitojilovitopísčítá, obsah jílových částic je 41 %)

Varianta	C <sub>OX,tot</sub>	C <sub>OX,PPOH</sub>	C <sub>OX,HUM</sub>	pH <sub>KCl</sub>	Měrná hmotnost P <sub>z</sub>	Objemová hmotnost P <sub>d</sub>	Pórovitost (%)	MKK (%)	Bod vadnutí (%)	V <sub>h</sub> (%)	V <sub>in</sub> (%)
Kontrola Základní hnojení	2,62 ± 0,14	2,20 ± 0,15	0,42 ± 0,02	6,72 ± 0,31	2,24 ± 0,11	1,16 ± 0,05	48,1 ± 1,91	34,92 ± 1,33	8,13 ± 0,61	6,45 ± 0,40	12,90 ± 0,80
Základní hnojení + 100 kg.ha <sup>-1</sup> NaCl	2,64 ± 0,09	2,23 ± 0,12	0,41 ± 0,01	6,72 ± 0,28	0,23 ± 0,28	1,19 ± 0,07	47,8 ± 0,07	33,15 ± 1,20	8,11 ± 0,48	6,71 ± 0,33	13,40 ± 0,90
Základní hnojení + 200 kg.ha <sup>-1</sup> NaCl	1,40 ± 0,12	1,98 ± 0,13	0,42 ± 0,01	6,70 ± 0,19	2,26 ± 0,09	1,25 ± 0,05	46,4 ± 1,73	37,64 ± 1,25	8,13 ± 0,55	6,58 ± 0,52	13,20 ± 0,90

PPOH = primární půdní organická hmota  
HUM = humus (humínové kyseliny + fulvokyseliny)  
MKK = maximální kapilární vodní kapacita

V<sub>h</sub> = číslo hygroskopicity  
V<sub>in</sub> = množství vody fyziologicky neúčinné

v dávce 10 kg.ha<sup>-1</sup> formou postřiku. Podle AZP byl obsah P v půdě dobrý a obsah K vyhovující. Na podzim bylo aplikováno 120 kg trojitého superfosfátu, 280 kg 60% draselné soli a 100 kg + 200 kg technického NaCl. Kontrola nebyla hnojena NaCl. Na jaře velmi brzy 180 l.ha<sup>-1</sup> DAM a na přihnojení 40 kg ledku amonného s vápencem. Hodnocení pokusů bylo orientováno na výnos bulev a na obsah NO<sub>3</sub><sup>-</sup> v bulvách. Protože se vyskytly obavy z peptizujícího vlivu sodíku na půdní koloidy, byla věnována velká pozornost změnám vodního režimu pokusných půd.

Analýza půd byla provedena běžnými klasickými metodami (6, 10), kromě analýz frakcí půdního uhlíku. Uhlík primární půdní organické hmoty C<sub>ox PPOH</sub>, uhlík humusu C<sub>ox HUM</sub> a celkový organický uhlík C<sub>ox tot</sub> byl stanoven podle metody MARSCHNERA (4).

Veškeré výsledky byly matematicko-statisticky vyhodnoceny podle rozpětí R způsobem, který je vhodný pro máloprvkové soubory (11). Počet opakování n = 5, interval spolehlivosti průměru  $\bar{X} \pm K_n \cdot R$  pro zvolenou pravděpodobnost danou koeficientem spolehlivosti (1 -  $\alpha$ ) v hodnotě 0,95. Koeficient K<sub>n</sub> pro n = 5 (11).

### Výsledky a diskuse

V tab. I. jsou uvedeny charakteristiky vodního režimu půd s variantou řepy hnojené s přísadou NaCl a bez aplikace kuchyňské soli. Z této tabulky je zřejmé, že hnojení sodíkem vodně-vzdušný režim pokusné půdy proti očekávanému výsledku ovlivnilo jen relativně málo.

Z tab. I. vyplývá, že aplikace sodíku neovlivnila obsah C<sub>ox</sub> humusu, bod vadnutí BV, číslo hygroskopie V<sub>h</sub>, množství vody fyziologicky neúčinné V<sub>in</sub>, nezměnilo se pH<sub>KCl</sub> ani měrná hmotnost půdy p<sub>Z</sub>. Snížil se však C<sub>ox tot</sub> snížením C<sub>ox</sub> primární půdní organické hmoty pravděpodobně vyšší mineralizací v důsledku vyšší vlhkosti s vlivem na mikrobiální aktivitu půdy. To je patrné ze zvýšení maximální kapilární kapacity MKK, která při stejném V<sub>in</sub> znamená více vody fyziologicky účinné. Z tab. I. je také patrné, že sodík způsobil mírný pokles pórovitosti, ale tato hodnota je stále v kategorii „dobrý“. Také objemová hmotnost se mírně zvýšila, ale stále je v jedné kategorii „slabě ulehlá ornice“. V tab. II. jsou uvedeny výnosy obou variant pokusu a nalezené obsahy NO<sub>3</sub><sup>-</sup> v čerstvé hmotě sklizené řepy. Snad proto, že řepa salátová je na obsah solí v půdním roztoku málo citlivá, mohlo se plně využít funkce sodíku v tvorbě harmonického poměru živin a tím přispět k lepšímu využití přijatelného minerálního dusíku. Výnos řepy se zvýšil a obsah nitrátů se v řepě snížil, a to velmi podstatně. Je otázkou, zda se sodík během roku z půdy vyplaví do té míry, že nebude vadit ani následným plodinám, ani půdě samotné.

### Závěr

Řepa salátová patří mezi zeleniny, v nichž jsou nálezy obsahu NO<sub>3</sub><sup>-</sup> velmi vysoké (2 000 mg.kg<sup>-1</sup>), spolu se salátem a špenátem (12). Běžně se v této řepě nachází NO<sub>3</sub><sup>-</sup> v intervalu 224–1 877 mg.kg<sup>-1</sup> (3). Nejvyšší povolené množství (NPM) pro řepu je 3 000 mg.kg<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (13). Povolené množství je pro kořenovou zeleninu jen 700. Obsah NO<sub>3</sub><sup>-</sup> v kontrolní variantě tohoto experimentu (viz. tab. II.), tedy bez hnojení sodíkem, je 2 320 mg.kg<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Je to množství, které sice nedosahuje stanovené NPM, ale je vyšší, než je v intervalu obvyklých nálezů NO<sub>3</sub><sup>-</sup> v této zelenině. V pokusné variantě hnojení sodíkem

Tab. II. Výnos řepy salátové a obsah nitrátů v čerstvé hmotě bulev ve variantách pokusu

Varianta	Výnos (t.ha <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg.kg <sup>-1</sup> )
Kontrola Základní hnojení	28,1 ± 2,3	2 320 ± 218
Základní hnojení + 100 kg.ha <sup>-1</sup> NaCl	28,5 ± 2,2	2 185 ± 225
Základní hnojení + 200 kg.ha <sup>-1</sup> NaCl	30,5 ± 1,8	1 650 ± 134

snížilo obsah nitrátů v produkci na hodnotu 1 650 mg.kg<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub><sup>-</sup> při současném zvýšení výnosu o 2,4 t.ha<sup>-1</sup> proti kontrole, na které bylo dosaženo 28,1 t.ha<sup>-1</sup>. Kdyby platil pouze zředovací efekt (14), zvýšený výnos plným využitím minerálního dusíku bez příjmu dalšího dusíku z půdy by snížil koncentraci NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na 2 137,4 mg.kg<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Při dalším příjmu N, který je logický, protože se prodloužila vegetační doba, by bylo skutečné snížení koncentrace NO<sub>3</sub><sup>-</sup> menší, tedy nalezená koncentrace nitrátů v řepě salátové po hnojení sodíkem by byla někde v intervalu 2 137,4–2 320,0 mg.kg<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Protože snížení koncentrace NO<sub>3</sub><sup>-</sup> z 2 137,4 mg.kg<sup>-1</sup> na 1 650 mg.kg<sup>-1</sup> není nižší, ale vyšší (o 27 %), považujeme to za důkaz, že sodík při hnojení řepy salátové kromě lepšího využití minerálního dusíku, přijatého rostlinou, působí ještě jiným dalším mechanismem proti kumulaci nitrátů v této zelenině. Lze se domnívat, že příčinu lze hledat ve vlivu sodíku na změnu obsahu vody nejen v plodině, ale i v půdě, jak je zřejmé z tab. I. Lepší vodní režim v půdě bohaté zásobené labilní frakcí primární půdní organické hmoty (tab. I.) mohl zvýšit mikrobiální aktivitu a vyšší imobilizaci minerálního dusíku na imobilní dusík organický. Sodík by tak mohl hrát stejnou úlohu jako hydroabsorbent (15). Zajímavá z tohoto hlediska byla i aplikace jiných absorbentů, především biocharu (16, 17). Prošetřit tyto hypotézy je cílem naší další experimentální práce.

Článek vznikl za finanční podpory projektu QJ1630422. Za tuto podporu děkujeme.

### Souhrn

Demonstrační srovnávací experiment s hnojením řepy salátové (červené kulaté) sodíkem v dávce 100 a 200 kg.ha<sup>-1</sup> NaCl k základnímu hnojení NPK přinesl snížení obsahu nitrátů v čerstvé hmotě sklizené řepy o 29 %. Současně došlo k zvýšení výnosu řepy o 8,8 %. Zvýšením výnosu došlo k dalšímu čerpání dusíku z půdy, a proto po přepočtu zvýšeného výnosu, je skutečné snížení obsahu NO<sub>3</sub><sup>-</sup> v pokusné variantě hnojení sodíkem 27 %. Došlo k zvýšení obsahu vody v pokusné půdě, ale záporné ovlivnění vodně-vzdušného režimu půdy bylo zatím nepatrné.

**Klíčová slova:** řepa salátová, hnojení sodíkem, snížení NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, vodně-vzdušný režim půdy.

### Literatura

- PETŘÍKOVÁ, K.; HLUŠEK, J.: *Zelenina: Pěstování, výživa, ochrana a ekonomika*. Praha: Profi Press, 191 s., 2012, ISBN 80-86726-50-2.

2. LOŽEK, O.: *Hnojení zábradných plodin*. Nitra: Vysoká škola poľnohospodárska, 1995, 165 s., ISBN 8071372102, 9788071372103.
3. ŠMORANC, M.: *Rukověť zabrádkáře*. Praha: Český zahrádkářský svaz, 2009, ISBN 978-80-85362-63-3.
4. MARSCHNER, H.: *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2 ed., Cambridge: Academic Press, 1995.
5. WONNEBERGER, C. ET AL.: *Gemüsebau*. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag, 2004, 373 s.
6. STRATIL, P.: *A B C zdravé výživy – Díl 1*. 1. vyd. Brno: Stratil, 1993. 345 s., ISBN 80-900029-8-6.
7. STRATIL, P.: *A B C zdravé výživy – Díl 2*. 1. vyd. Brno: Stratil, 1993. 580 s., ISBN 80-900029-8-6.
8. VELÍŠEK, J.: *Chemie potravin*. OSSIS Tábor, 1999, 303 s., ISBN 80-86659-01-1.
9. KALAČ, P.: *Funkční potraviny: kroky ke zdraví*. České Budějovice: Dona, 2003, 130 s., ISBN 80-7322-029-6.
10. ZBÍRAL, J.; HONSA, I.; MALÝ, S.: *Analýza půd III – jednotné pracovní postupy*. Brno: ÚKZÚZ, 1997.
11. DEAN, R. D.; DIXON, W. J.: Simplified Statistics for Small Numbers of Observations. *Anal. Chem.*, 23, 1951 (4), s. 636–638.
12. PRUGAR, J.: *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Praha: VÚPS, 2008, 327 s., ISBN: 978-80-86576-28-2.
13. *Vyhláška 298/1997 Sb.* Vyhláška Ministerstva zdravotnictví, kterou se stanoví chemické požadavky na zdravotní nezávadnost jednotlivých druhů potravin a potravinových surovin, podmínky jejich použití, jejich označování na obalech, požadavky na čistotu a identitu přídatných látek a potravních doplňků a mikrobiologické požadavky na potravní doplňky a látky přídatné, část 13 – dusičnany
14. VANĚK, V. ET AL.: *Výživa a hnojení polních plodin*. Praha: Profi Press, 2016, 220 s., ISBN 978-80-86726-79-3.
15. PETŘÍKOVÁ, K. ET AL.: Pozitivní vliv hydroabsorbentu v kultuře hlávkového salátu při snížené zásobě vody. *Zabradnictví*, 9, 2010 (11), s. 26–28.
16. MAROUŠEK, J. ET AL.: Techno-Economic assessment of collagen casings waste management. *Int. J. of Environmental Science and Technology*, 12, 2015 (10), s. 3385–3390, ISSN 1735-1472, doi:10.1007/s13762-015-0840-z.
17. MAROUŠEK, J.; VOCHOZKA, M.; PLACHÝ, J.; ŽÁK, J.: Glory and misery of biochar. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 19, 2016 (2), s. 311–317.

**Váchalová R., Maroušek J., Kolář L., Peterka J., Kopecký M., Havelka Z., Pártlová P., Váchal J.: Nitrates in Beetroot and Sodium Fertilization**

The demonstrational comparative experiment with (round red) beetroot fertilized by sodium with the doses of 100 and 200 kg ha<sup>-1</sup> NaCl in addition to the basic NPK fertilization showed 29% reduction in the nitrate content in the fresh matter of the harvested beetroot. At the same time, the beetroot yield increased by 8.8%. The increase in the yield resulted in further uptake of nitrogen from the soil, so after the conversion of the increased yield, the actual reduction of the NO<sub>3</sub><sup>-</sup> content in the experimental sodium fertilization variant was 27%. The water content in the experimental soil increased, but a negative impact on the water-air soil regime has been negligible so far.

**Key words:** beetroot, sodium fertilization, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> reduction, water-air soil regime.

**Kontaktní adresa – Contact address:**

doc. Ing. Radka Váchalová, Ph. D., Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, Branišovská 1457, 370 05 České Budějovice, Česká republika, e-mail: vachalr@zf.jcu.cz

