

# Betalainy v červené řepě ve vztahu k hnojení řepy sodíkem

BETALAINS IN RED BEET IN RELATION TO SODIUM FERTILIZATION OF BEET

Radka Váchalová<sup>1</sup>, Ladislav Kolář<sup>1</sup>, Jiří Peterka<sup>1</sup>, Marek Kopecký<sup>1</sup>, Jan Váchal<sup>1</sup>, Pavel Ondr<sup>1</sup>,  
Miroslav Dumbrovský<sup>2</sup>, Veronika Sobotková<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jihočeské univerzita, Zemědělská fakulta, České Budějovice

<sup>2</sup>Vysoké učení technické, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny, Brno

Červená řepa, řepa salátová (*Beta vulgaris L., ssp. vulgaris var. conditiva* Alef. Helm) patří mezi laskavcovité. Ze všech u nás pěstovaných kořenových zelenin vykazuje nejvyšší kumulaci nitrátů v bulvách (1). Je charakteristická dobrou snášenlivostí vysoké koncentrace solí v půdním roztoku (2), vyžaduje neutrální až slabě alkalickou reakci půdy. Při výnosu bulev 30 t·ha<sup>-1</sup> je její odběr živin 96 kg N, 18 kg P, 153 kg K, 63 kg Ca a 12 kg Mg (3). Podobně jako všechny kořenové zeleniny spotřebuje ze všech živin nejvíce draslíku (4). Většinu živin přijímá červená řepa až ve střední části vegetace v krátké době osmi týdnů. 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 kumuluje nitráty. V nárocích na výživu se podobá karotce (5). Bylo zjištěno, že má také velké nároky na sodík. Hnojení sodíkem v dávce 100–200 kg·ha<sup>-1</sup> NaCl k základnímu hnojení zlepšilo harmonický poměr živin pro tuto plodinu do té míry, že se výnos bulev zvýšil o 8,5 % při současném poklesu obsahu nitrátů v čerstvé hmotě sklizené řepy o 28 %. To má velký význam zvláště pro využití této plodiny ve výrobcích dětské výživy (6).

Ze škodlivých látek obsahuje červená řepa větší množství kyseliny šťavelové, ale méně než uvádí STRATIL (7). Snaha konzumovat potraviny bez škodlivých příměsí vede v současné době ke zvýšení zájmu o přírodní neškodná barviva. Řepa salátová je surovinou k výrobě betaninové červeně, která se dodává ve formě koncentrovaného sirupu nebo prášku. Toto barvivo má však malou stabilitu, a proto se používá k barvení potravin s kratší trvanlivostí, např. mléčných výrobků a masných produktů, zvláště párků z drůbežního masa, a také cukrovinek a kyselých potravin, zejména nealkoholických nápojů. Pigmenty červené řepy jsou všeobecně povoleny jako neškodné potravinářské barvivo. Předpokládá se u nich i antikancerogenní účinek (8).

Červených betakyanů je dnes známo asi padesát, všechny se vyskytují výhradně jako glykosidy. Hlavním betakyanem v řepě je betanin (obr. 1.).

Betaxantiny, druhá skupina betalainů, jsou dihydropyridinové deriváty odvozené od aminokyselin nebo biogenních aminů. Jsou žluté a spolu s betakyanem je lze zařadit mezi indolová barviva.

Betalainy se v přírodě vyskytují jen v malém počtu rostlinných druhů, nikdy společně s antokyany. Kromě červené salátové řepy jsou obsaženy ve větším množství v lícidlu americkém (keř s červenými květy, *Phytolacca americana*, Phytolaccaceae). Průměrně obsahuje červená řepa 0,1 % betalainů, některé odrůdy ale až dvakrát více v čerstvé hmotě. Betanin tvoří 75–95 % všech betakyanů řepy a výrazně dominuje před žlutými betaxanthiny,

z nichž 95 % tvoří žlutý vulgoxanthin I. Malé množství betalainů je mezi pigmenty některých hub, např. žampionů (*Agaricus bisporus*).

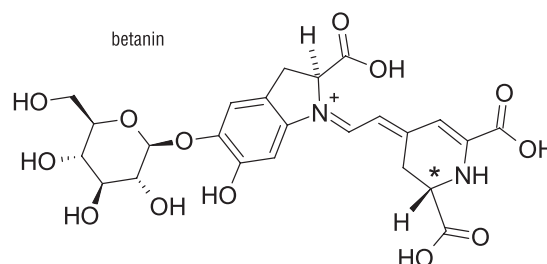
Betakyany červené řepy mají velmi intenzivní červenou barvu, nejstabilnější při pH = 4–5. Při pH 7 dochází k rychlé degradaci. Betanin se oxiduje především v přítomnosti dvojmocných a trojmocných kovů a na světle. Silnou destrukci působí také SO<sub>2</sub>. Barvivo je citlivé také na zářev, rychlost a rozsah degradace závidí na pH (9).

Cílem naší práce bylo ověřit, jak hnojení řepy sodíkem ovlivní produkci betalainů v červené řepě.

## 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> jednodílkového osiva; do středně těžké, propustné půdy v bramborářské oblasti. Chemická ochrana pro řepu salátovou není povolena, z chorob se projevila strupovitost bulev (*Streptomyces scabies*), ze škůdců květilka řepná (*Pegomya hyoscyami*) a mšice maková (*Aphis fabae*). Před výsevem byl aplikován borax v dávce 10 kg·ha<sup>-1</sup> formou postřiku. Podle AZP byl obsah P v půdě v kategorii „dobrý“ a obsah K v kategorii „vyhovující“. Na podzim bylo aplikováno 120 kg·ha<sup>-1</sup> trojitěho superfosfátu, 280 kg·ha<sup>-1</sup> 60% draselné soli a 100 + 200 kg·ha<sup>-1</sup> NaCl. Kontrola nebyla hnojena NaCl. Na jaře velmi brzy 180 l·ha<sup>-1</sup> DAM a na přihnojení 40 kg·ha<sup>-1</sup> ledku amonného s vápencem. Výnosy a obsah NO<sub>3</sub><sup>-</sup> v čerstvé hmotě bulev uvádí naše práce z loňského roku (6) spolu s analýzou půdy a s frakcionací půdního uhlíku a způsobu matematicko-statistického hodnocení.

Obr. 1. Betanin – hlavní betakyan obsažený v červené řepě (10)



Tab. 1. Snížení koncentrace barviva v betalainových skvrnách na chromatogramech ve variantách hnojených NaCl oproti variantě bez aplikace NaCl

R <sub>f</sub> / Varianta	Kontrola (%)	100 NaCl	200 NaCl
0,34	100	89 ± 9	71 ± 12
0,68	100	94 ± 6	90 ± 9
0,75	100	81 ± 13	66 ± 10

Analýza obsahu betalainů v hmotě sodíkem hnojené a ne-hnojené řepy byla provedena metodou papírové chromatografie. Vzorky byly podrobeny této přípravě k analýze: Tři varianty pokusných vzorků čerstvé hmoty bulv (nehnojená, hnojená 100 kg·ha<sup>-1</sup> NaCl, hnojená 200 kg·ha<sup>-1</sup> NaCl) byly nejprve rozkrájeny na malé kousky a postupně přidávány k vařící vodě, ve které byly vařeny 15 minut, k inaktivaci polyfenoloxidázy. Potom byly zhomogenizovány, zfiltrány, a filtrační koláč byl smísen s 80% methanolem a vařen 15 minut pod zpětným chladičem. Po vysrážení balastních látek byly vzorky spolu s varnou vodou první etapy přípravy vzorku odpařeny za sníženého tlaku k suchu. Suché vzorky byly pak extrahovány v Soxhletově ekstraktoru 4 hodiny směsí methanol : voda = 40 : 60, okyselené 1 %<sub>obj.</sub> 10M HCl. Extrakt byl použit k analýze. Rozpouštědlovou soustavou byl ethylacetát nasycený vodou. Ethylacetát byl předem vyčištěn varem pod zpětným chladičem s 4 % acetanhydridu a kapkou koncentrované H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> po dobu 1 hodiny. Pak byl předestilován na koloně a protřepán s bezvodým K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. K chromatografické analýze byl použit papír Whatmann č. 1, sestupné uspořádání, chromatografická komora syčená vodou a ethylacetátem. Jako detekční činidlo aplikované postříkem byl použit roztok 1% AlCl<sub>3</sub> v ethanolu a 1% roztok octanu olovnatého ve vodě k vyvolání žlutých a žlutohnědých skvrn. Betalainy jako indolové deriváty



byly také detekovány postříkem 1% roztoku předestilovaného aldehydu skořicového (fenylakroleinu) v methanolu a po jeho vypaření detekcí v atmosféře HCl. Tmavě červené skvrny jsou známy svojí citlivostí (5μ·g<sup>-1</sup>).

Chromatogramy byly vyhodnoceny podle R<sub>f</sub> skvrn, koncentrace byla určena semikvantitativně planimetricky z plochy skvrn a paralelně extrakcí souběhu nedetekovaných skvrn fotometricky z roztoku methanolu a vody v poměru 2 : 8.

### Výsledky a diskuse

Chromatogramy ukázaly větší počet skvrn, které odpovídaly různým flavonoidním látkám a jejich glykosidům (je známo, že v salátové řepě je značný počet různých flavonoidů, např. katechin, epikatechin, betagarin, betavulgarin, kodiliofilin, dihydroxyisorhamnetin a další).

Objevily se výrazně větší tři skvrny s R<sub>f</sub> = 0,34, R<sub>f</sub> = 0,68 a R<sub>f</sub> = 0,75, které vzhledem k známé vysoké koncentraci betalainů (0,1 %) v čerstvé hmotě proti kvantitativně méně zastoupeným glykosidům ostatních flavonoidních látek jsme považovali za betalainy. Tuto hypotézu podpořil i fakt, že tyto tři skupiny zmizely na chromatogramech vzorků, které byly zahřáty v 25% roztoku sacharosu, zatímco ostatní skvrny menší velikosti zůstaly zachovány, protože antokyany jsou cukernými roztoky stabilizovány, z důvodů snížení aktivity vody. Na chromatogramech se objevují i další skvrny po alkalizaci vzorku na pH = 8, kdy degradují nejen betalainy, ale i antokyany.

Bohužel jsme nezískali vzorek čistého betaninu, jako v řepě převažujícího betakyanu, ani vulgoxantinu I, jako hlavního řepného betaxanthinu. V naší práci však nejde o přesné určení koncentrace jednotlivých látek ze skupiny betalainů a flavonoidů, ale o prosté zjištění, zda po hnojení řepy sodíkem řepných barviv přibývá či ubývá, mohli jsme jako standard použít potravinářské barvivo E 162, řepnou betaninovou červeně, betanin (8).

Ukázalo se, že tři velké skvrny, které jsme přisoudili betalainům, ve vzorcích řepy hnojené NaCl mají zřetelně menší plochu a menší množství barviva, zvláště ve variantě hnojené vyšší dávkou sodíku. V tab. I., je uvedeno vypočítané procento snížení množství barviva třech významnějších skvrn na chromatogramech ve variantách hnojených NaCl.

Je tedy zřejmé, že hnojení sodíkem zlepšuje využití rostlinných živin, a tím dochází k snížení koncentrace NO<sub>3</sub><sup>-</sup> v rostlinné hmotě bulv a zvýšení jejich výnosu. Na produkci betalainů však hnojení sodíkem vliv nemá, naopak zvýšením produkce organické hmoty se koncentrace řepných barviv v řepné bulvě snižuje.

Článek vznikl za finanční podpory projektu QJ1630422.

### Souhrn

Na základě našich experimentů s kladným vlivem hnojení sodíkem při pěstování řepy salátové, červené kulaté na zvýšení výnosu a snížení obsahu NO<sub>3</sub><sup>-</sup> v její rostlinné hmotě jsme sledovali vliv hnojení sodíkem také na její obsah červených pigmentů, tzv. betaninu čili betaninové červeně. Její podstatou je asi 70 ve vodě rozpustných červených, oranžových a žlutých barviv, které lze rozdělit na skupinu betakyanů (čili betakyaninů), které jsou červené a dříve byly nazývány „dusíkaté antokyany“, a na skupinu betaxantinů, která jsou žluté. Dominujícím betakyanem je 5-O-β-D-glukosidbetanidinu, (15S)-betanidin-5-O-β-D-gluko-pyranosid, který se nazývá betanin.

Bylo zjištěno, že hnojení řepy salátové při zvýšení výnosu obsah tohoto významného přírodního barviva snižuje. Platí to i pro ostatní betalainy.

**Klíčová slova:** řepa salátová, hnojení, obsah červených pigmentů – betanin, snížení  $\text{NO}_3^-$ .

## Literatura

1. PETŘÍKOVÁ, K.; HLUŠEK, J.: *Zelenina: Pěstování, výživa, ochrana a ekonomika*. Praha: Profi Press, 2012, 191 s., ISBN 80-86726-50-2.
2. LOŽEK, O. ET AL.: *Hnojení zábradných plodín*. Nitra: Vysoká škola poľnohospodárska, 1995, 165 s., ISBN 8071372102, 9788071372103.
3. VANĚK, V. ET AL.: *Výživa zábradných plodín*. Praha: Academia, 2012, 570 s.
4. MEYER, J.: *Germüsebau*. Stuttgart (Hohenheim): Eugen Ulmer GmbH&Co., 2004, 373 s.
5. MARSCHNER, H.: *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2. vyd., Cambridge: Academic Press, 1995, 889 s.
6. VÁCHALOVÁ, R. ET AL.: Nitráty v červené řepě a hnojení sodíkem. *Listy cukrov. řepář.*, 133, 2017 (12), s. 386–388.
7. STRATIL, P.: *ABC zdravé výživy – Díl 2*. 1. vyd. Brno, 1993, 580 s., ISBN 80-900029-8-6.
8. PÁRTKAI, G.; BARTA, J.; VARSANYI, I.: Decomposition of anticarcinogen factors of the beetroot during juice and nectar production. *Cancer Letters*, 114, 1997, s. 105–106.
9. VELÍŠEK, J.: *Chemie potravin*. Tábor: OSSIS, 1999, 303 s., ISBN 80-86659-01-1.
10. ČOPÍKOVÁ, J. AT AL.: Přírodní barevné látky. *Chem. listy*, 99, 2005 (11), s. 802–816.

## Váchalová R., Kolář L., Peterka J., Kopecký M., Váchal J., Ondr P., Dumbrovský M., Sobotková V.: Betalains in Red Beet in Relation to Sodium Fertilization of Beet

Based on our experiments with positive effect of sodium fertilization in the cultivation of red beet, round roots of beet on yield increase and decrease in  $\text{NO}_3^-$  content in its plant biomass, the effect of sodium fertilization was also studied in relation to the content of red pigments, so called betanine or beetroot red. It consists of about 70 water soluble red, orange and yellow pigments that can be divided into a group of betacyanins (or betacyanines) that are red and that were previously called "nitrogenous anthocyanins" and into a group of betaxanthins that are yellow. The dominant betacyanin is betanidine 5-O- $\beta$ -D-glucoside, 15S-betanidine-5-O- $\beta$ -glucopyranoside, which is called betanine. It was determined that red beet fertilization at an increase in yield decreases the content of this significant natural pigment. It is also applicable to other betalains.

**Key words:** red beet, fertilization, red pigment content – betanine,  $\text{NO}_3^-$  decrease.

---

## 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