

Změny obsahu nitrátového dusíku v čerstvém pletivu listových řapíků cukrové řepy v průběhu vegetace v závislosti na hnojení dusíkem a hustotě porostu

CHANGES OF NITRATE NITROGEN IN SUGAR BEET PETIOLES FRESH TISSUE
DURING SEASON WITH REGARD TO NITROGEN FERTILIZATION AND PLANT POPULATION

Ivana Varga¹, Zdenko Lončarić¹, Milan Pospíšil², Mirta Rastija¹, Manda Antunović¹

¹ University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences, Osijek, Croatia

² University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Zagreb, Croatia

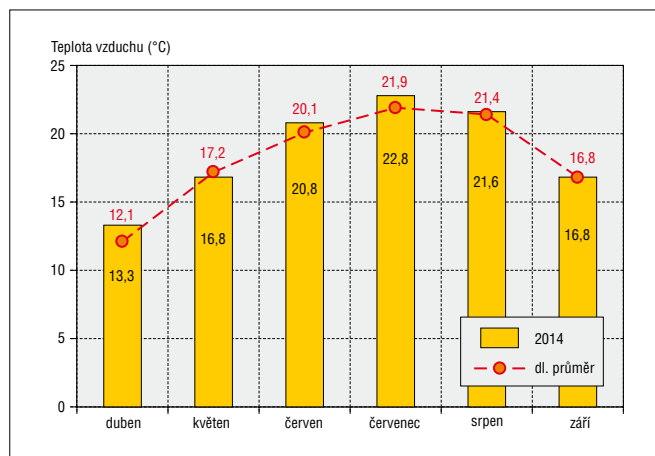
Dusík je základní živina, která hraje u polních plodin významnou úlohu a má velký vliv na tvorbu výnosu a kvalitu produkce (zejména na cukernatost a obsah α -aminodusíku v kořeni) cukrové řepy (1–7). Nejběžnější testy na obsah živin se provádějí na usušených celých listech nebo řapících. Tyto testy vyžadují složité laboratorní vybavení, které může být nákladné; také však může trvat několik dnů, týden nebo i více, než z komerční laboratoře výsledky testů rostlinného pletiva obdržíme. Vývoj rychlé metody pro analýzu na místě může provádění testů rostlinných pletiv usnadnit. Tato metoda může být zvláště užitečná vzhledem ke skutečnosti, že řapíky jsou velmi dobrým ukazatelem momentální dostupnosti dusíku a pokud je v časných růstových stádiích zjištěn jeho nedostatek, avizují nutnost přihnojení. CARTER A JANSEN (8) uvádějí, že testování pletiva řapíků cukrové řepy lze použít jako doplněk rozborů půdy k predikci dostatečné zásoby dusíku během vegetace.

Podle WHITEA (9) odrážejí řapíky cukrové řepy přísun dusíku lépe než listová čepel. EGMOND (10) uvádí, že obsah nitrátového dusíku je vyšší v sušíně řapíků než v sušíně listové čepele, a dále že dusičnany přecházející do orgánů tam nezůstávají ve stávající formě, ale jsou asimilovány do organických sloučenin.

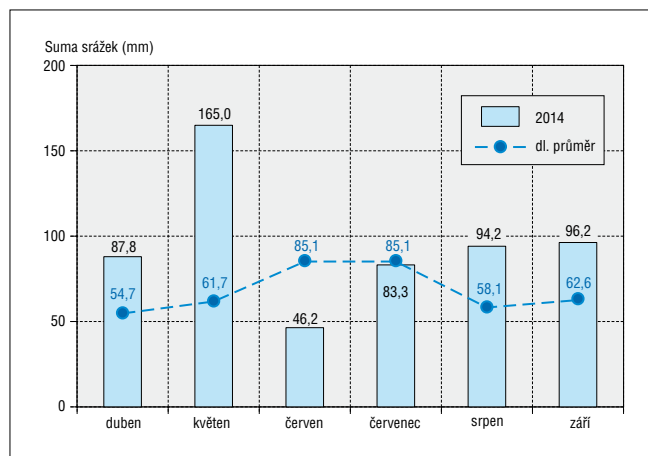
Podle URLICHA (11) je při použití materiálu z čerstvých řapíků k analýze potřeba do každého vzorku odebrat více řapíků, a to zejména k určení, zda je množství hnojiva dodané do půdy pro růst cukrové řepy během vegetačního období dostatečné. LAST A TINKER (12) uvádějí, že obsah dusičnanů v listech a řapících cukrové řepy je významně závislý na přihnojování během vegetace, a že měření nitrátového dusíku redukcí na amoniak síranem titaničitým a následnou destilací nelze doporučit pro stanovení potřeb dusíku pro tuto plodinu, může však být cenné při zjišťování nedostatku dusíku. INAL A GÜNEŞ (13) zjistili, že akumulace dusičnanů v jednotlivých částech rostliny s vyššími dávkami dusíku obvykle roste, a že jejich obsah v listech lze posoudit lépe než v kořeni.

V současnosti je nejběžnější praxí pěstitelů použití chrástu cukrové řepy k hnojení. Čerstvé listy v různých stádiích zralosti plodiny či po sklizni však lze použít i jako krmivo, což bylo běžné v minulosti (14), ale i v současnosti (15, 16). Dusičnan jako takový je relativně netoxický, avšak jeho metabolity a produkty určitých reakcí, např. dusitany, oxid dusnatý a nitrososloučeniny vyvolávají obavy v důsledku nepříznivého vlivu na zdraví, např. methemoglobinémie a vzniku rakoviny (17). Sledování

Obr. 1. Průměrná teplota vzduchu v roce 2014 a dlouhodobý průměr (1981–2010) pokusného stanoviště; pramen (37)



Obr. 2. Suma měsíčních srážek v roce 2014 a dlouhodobý průměr (1981–2010) pokusného stanoviště; pramen (37)



koncentrace dusičnanů v řapících cukrové řepy tak může být přínosné i s ohledem na možný toxický účinek (18, 19, 20).

Nitrátový test pomocí reflektometru je rychlé stanovení obsahu dusičnanů, které je zvláště užitečné u ovoce a zeleniny (21, 22), lze jej však použít i jako rychlý test přímo v zemědělském podniku ke stanovení obsahu dusičnanů v půdě (23, 24).

Cílem této studie bylo ověřit možnost reflektometrického stanovení nitrátového dusíku v čerstvém pletivu řapíků cukrové řepy při různém hnojení dusíkem a různé hustotě porostu.

Materiál a metody

Polní pokus

Cukrová řepa odrůdy Serenade KWS byla vyseta 18. 3. 2014 (meziřádková vzdálenost 50 cm, 6 řádků × 20 m). Ve stadiu 2–4 pravých listů byl porost vyjednocen na 140 tis., 100 tis. a 60 tis. jedinců na 1 ha. Před výsevem byl stanoven obsah minerálního dusíku v půdě (tab. I.) a bylo provedeno hnojení dusíkem takto: 0 – kontrola, bez jarního hnojení; 45 kg·ha⁻¹ (před výsevem) a 99 kg·ha⁻¹ (část před výsevem a část na půdu v polovině května). Během vegetace byla v celém rozsahu provedena ochrana proti *Cercospora beticola* Sacc., plevelům a škůdcům.

Klimatické podmínky

Střední teplota vzduchu během vegetace (obr. 1.) se příliš nelišila od dlouhodobého průměru (1981–2010). Celkové množství srážek za vegetační období bylo 572,7 mm, což je asi o 30 % více, než je dlouhodobý průměr. Mimořádně deštivý byl květen (obr. 2.), kdy bylo celkové množství srážek o 170 % nad dlouhodobým průměrem (61,7 mm).

Odběr rostlinného materiálu

Během vegetace 2014 byly z každé parcelky odebírány listy cukrové řepy. Ze šesti řádků byly dva okrajové řádky vyloučeny, listy byly tedy vybírány ze čtyř řádků vnitřních. Ruční odběr listů probíhal v šesti termínech od konce května do září, což odpovídá 73, 94, 114, 134, 155 a 176 dnům po výsevu. K vyloučení případných výkyvů během dne byl prováděn vždy mezi 9 a 11 h dopoledne. Ve čtyřech opakováních byl z každé parcely na 20 rostlinách z horní části odebrán vždy 1 plně vyvinutý a zdravý list (20 listů = 1 opakování). Výjimkou byl odběr na konci května, kdy bylo odebráno vždy 30 listů ve 4 opakováních (1 list z rostliny), neboť řapíky byly v té době menší. Celkem tedy bylo odebráno 520 listů.

Laboratorní stanovení dusičnanů

Pro účely stanovení dusičnanů byly řapíky odděleny od listové čepeli. V čerstvém pletivu řapíků pak byl stanoven obsah nitrátového dusíku. Vzhledem k tomu, že se reflektometrické měření používá ke stanovení obsahu dusičnanů v zelenině, byla použita hmotnost vzorku řapíků cukrové řepy tak, jak je doporučena pro stanovení obsahu dusičnanů přístrojem Reflectoquant® v kozlíčku polním. Koncentrace dusičnanů v řapících byla změřena reflektometricky po redukci na dusitany a reakci s Griessovým činidlem. Vzorky byly homogenizovány v mixéru. Z každého homogenizovaného vzorku bylo odváženo

Tab. I. Stav minerálního dusíku v půdě před setím

Půdní horizont			
0–30 cm		30–60 cm	
N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃
8,45	26,23	1,91	38,80

5 mg čerstvého materiálu z řapíků a vloženo do kádinky s 50 ml deionizované vody. Obsah kádinky byl zakryt sklíčkem a 15 minut povařen. Po vychladnutí byly vzorky přefiltrovány přes filtrační papír a přelity do odměrného válce, kde byly doplněny deionizovanou vodou na konečný objem 100 ml. Z každého vzorku bylo odebráno 10 ml do čisté a suché zkumavky. K testu byly použity proužky Merck Reflectoquant® pro rozsah 3–90 mg·l⁻¹ NO₃⁻. V případech, kdy byla naměřená hodnota vyšší než 90 mg·l⁻¹ NO₃⁻, byl vzorek (10 ml) dále naředěn deionizovanou vodou v poměru 1:2 nebo 1:3. Při následném výpočtu koncentrace dusičnanů bylo k tomuto dalšímu ředění přihlédnuto.

Po kalibraci přístroje Reflectoquant byl testovací proužek ponořen na 2 sekundy do vzorku (15–30 °C) a zároveň bylo stisknuto tlačítko *Start* na reflektometru. Přebytková kapalina z proužku byla odsáta papírovým ručníkem a po 60 sekundách byl proužek vložen do reflektometru ke změření hodnoty (mg·l⁻¹). Obsah dusičnanů (mg·kg⁻¹) byl vypočten:

$$\text{obsah NO}_3^- = \frac{\text{naměřená hodnota (mg·l}^{-1}) \times \text{objem vody (ml)}}{\text{hmotnost vzorku (g)}}$$

Obsah chlorofylu (SPAD)

Před oddělením řapíku z každého čerstvého listu (celkem 520 listů) byl použit ruční chlorofylmetr SPAD-502 (Konica Minolta) zajišťující rychlé, nedestruktivní měření obsahu chlorofylu v listu. Ten je střední hodnotou z 10 měření každého listu chlorofylmetrem, což je běžná měřicí metoda.

Stav makroživin v listové čepeli

Vzorky pro stanovení obsahu N, P, K, Na a Mg v listové čepeli byly vysušeny při 80 °C do konstantní hmotnosti. Po vyluhování (5 ml 98% H₂SO₄ a 5 ml 30% H₂O₂) byl stanoven obsah makroživin. Obsah dusíku byl stanoven dle metody Kjeldahla, obsah P spektrofotometricky a obsah K, Na a Mg byl stanoven



Tab. II. GLM analýza pro koncentraci nitrátového dusíku v čerstvém pletivu řapíků cukrové řepy

	df	Hodnota F	P – významnost
Datum odběru (S)	5	479,65	<0,001
Hnojení dusíkem (N)	2	25,52	<0,001
Hustota porostu (P)	2	16,88	<0,001
S × N	10	10,84	<0,001
S × P	10	4,67	<0,001
P × N	4	2,29	ns
S × N × P	20	2,90	<0,001

atomovou absorpční spektroskopií pomocí plamene – AAS (ICP-OES, Perkin Elmer 2100 DW).

Statistika

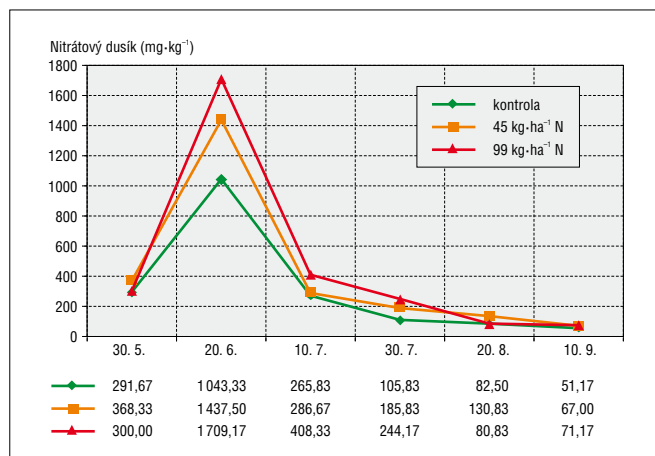
GLM analýza byla provedena pomocí programu SAS 9.4. V SAS byl rovněž vypočten Pearsonův korelační koeficient pro nitrátový dusík v čerstvém pletivu řapíků ke každému datu odběru a výnosu i kvalitě cukrové řepy. Během vegetace byly vypočteny lineární regrese ($y = a + bx$) pro SPAD chlorofyl, N, P, K, Mg a Na. Úrovně významnosti byly označeny jako P < 0,05 (*), P < 0,01 (**), P < 0,001 (***), nebo ns pro nevýznamnou.

Výsledky

Na základě GLM analýzy měly hlavní faktory – datum odběru, hnojení dusíkem a hustota porostu – mimořádně významný (P < 0,001) vliv na obsah nitrátového dusíku v řapících (tab. II.). Pokud jde o kombinované působení jednotlivých hlavních faktorů, nevýznamný vliv na nitrátový dusík v řapících byl zjištěn pouze pro interakci hustoty porostu a hnojení dusíkem.

Nejvyšší průměrná koncentrace nitrátového dusíku v čerstvém pletivu řapíků řepy (obr. 3. a obr. 4.) byla 1396,67 mg·kg⁻¹ 20. 6. (94 dnů po výsevu), přičemž do zralosti řepy obsah nitrátového dusíku postupně klesal, a 10. 10. (186 dnů po výsevu)

Obr. 3. Vliv různých dávek hnojení dusíkem na koncentraci nitrátového dusíku v čerstvém pletivu řapíků cukrové řepy



dosahoval průměrně 396,45 mg·kg⁻¹. K nejvyššímu přírůstku obsahu nitrátového dusíku v čerstvém pletivu řapíků došlo při nejvyšší dávce dusíkatého hnojiva (99 kg·ha⁻¹ N), a to mezi 30. 5. a 20. 6., kdy za 21 dnů vzrostl celkem o 1409,17 mg·kg⁻¹, tj. o 67,10 mg·kg⁻¹ denně (obr. 3.). Naopak nejvyšší pokles koncentrace nitrátového dusíku v čerstvém pletivu řapíků cukrové řepy byl zjištěn mezi 20. 6. a 10. 7. (1300,84 mg·kg⁻¹, neboli 65,04 mg·kg⁻¹ denně).

Z hlediska počtu jedinců byla ke 20. 6. nejvyšší akumulace nitrátového dusíku v čerstvém pletivu řapíků cukrové řepy při 60 tis. jedincích na 1 ha (obr. 4.), což bylo o 27 % více než obsah nitrátového dusíku v čerstvém pletivu řapíků cukrové řepy při nejvyšší hustotě porostu (140 tis. jedinců na 1 ha).

Lineární regrese (obr. 5.) ukázala nejvyšší a mimořádně významný (***) regresní koeficient mezi SPAD indexem (obsahem chlorofylu) listové čepelí a koncentrací nitrátového dusíku v čerstvém pletivu řapíků cukrové řepy ($R^2 = 0,3094^{***}$). Regresní analýza dále ukázala, že při vyšší koncentraci nitrátového dusíku v čerstvém pletivu řapíků cukrové řepy relativně stoupá obsah chlorofylu v listové čepeli vyjádřený indexem SPAD. Dále byl zjištěn mimořádně významný (***) vztah mezi obsahem N, K a Mg v listové čepeli a obsahem nitrátového dusíku v čerstvém pletivu řapíků cukrové řepy.

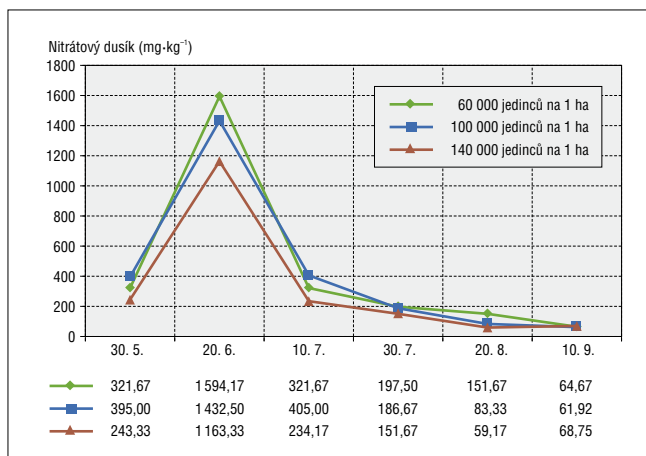
Pozitivní korelace byla zjištěna mezi koncentrací nitrátového dusíku v čerstvém pletivu řapíků cukrové řepy a SPAD indexem listové čepelí, obsahem N a Mg v listové čepeli, zatímco negativní korelace byla zjištěna mezi obsahem nitrátového dusíku v čerstvém pletivu řapíků a obsahem K v listové čepeli (obr. 5.).

Korelační analýza (tab. III.) ukázala významnou pozitivní korelaci mezi koncentrací nitrátového dusíku v čerstvém pletivu řapíků 20. 6. a obsahem α -aminoN ($r = 0,602^{***}$). Výnos kořene byl ve významné negativní korelaci s koncentrací nitrátového dusíku v čerstvém pletivu řapíků 20. 8. ($r = -0,600^{***}$), totéž platí o výnosu bílého cukru ($r = -0,570^{***}$).

Diskuse

V průběhu vegetace byla stanovována koncentrace nitrátového dusíku v čerstvém pletivu řapíků cukrové řepy. Potřeba dusíku se u cukrové řepy během období vegetace velmi liší. Jak řepa zraje, potřeba dusíku klesá. Nejvyšší hodnoty dusičnanů byly

Obr. 4. Vliv různých hustot porostu na koncentraci nitrátového dusíku v čerstvém pletivu řapíků cukrové řepy



zjištěny v časných stádiích vývoje plodiny, následně pak klesaly. LAST A TINKER (12) zjistili, že obsah dusičnanů v listech a řapících cukrové řepy je významně závislý na hnojení dusíkem, a že obsah dusičnanů v řapících v červnu, kdy překročil 700 ppm, je v nepřímé závislosti s čistotou šťávy a cukernatostí. I když je zřejmě nutno vzít v úvahu i jiné faktory, CARTER A JANSEN (8) došli k závěru, že obsah dusičnanů v řapících by v prostředí vystaveném stresu (sucho, škůdci apod.) nemusel odrážet dostupnost dusíku v půdě, neboť kořenový systém nedokáže dusík plně využívat.

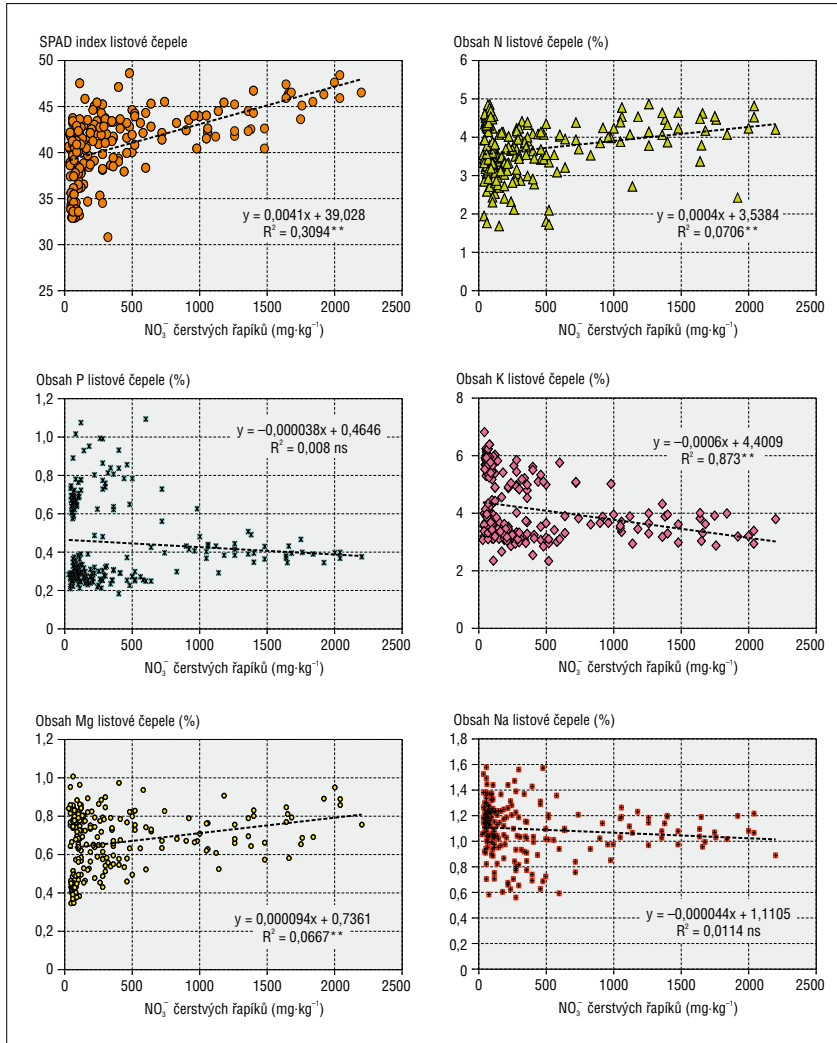
GHOULAM ET AL. (25) zjistili, že 30 dnů po výsevu se obsah NO_3^- v sušiny listů cukrové řepy u pěti odrůd pohyboval od 22 do 45 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$. V naší studii koncentrace nitrátového dusíku u všech variant hnojení se stářím rostliny klesala. Nejvyšší obsah nitrátového dusíku v čerstvém pletivu řapíků byl zjištěn v červnu, tedy 144 dnů po výsevu, a do září poklesl cca 3,5× (obr. 1. a 2.). SACALA ET AL. (26) zjistili, že obsah dusíku v listech cukrové řepy byl nejvyšší v první dekádě července (31,05 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny) a do října klesal (17,83 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny). HOFFMANN A MÄRLÄNDER (27) uvádějí, že obsah všech dusíkatých látek (zejména dusičnanů) v cukrové řepě výrazně závisí na vlivech prostředí. MÄCK A HOFFMANN (28) zjistili vyšší akumulaci nitrátového dusíku v mladých řapících cukrové řepy než v řapících zralých. MÄCK ET AL. (29) konstatují, že se stárnutím rostliny klesá obsah dusičnanů ve všech orgánech (zralé i mladé listové čepele i řapíky, koruna i kořen), nejvíce však v řapících. GERICKE (30) uvádí, že cukrová řepa obvykle ukládá více dusíku v červenci, kdy je vyšší i potřeba vody. Potvrdili to i MALNOU ET AL. (31), kteří uvádějí, že porosty cukrové řepy

ve stadiu nejvyššího indexu listové plochy v polovině července přijímají 102–147 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ dusíku.

V naší studii měly jednotlivé rostliny cukrové řepy při nižších hustotách porostu větší prostor k růstu. Jejich listy i kořeny tak byly větší než v případě rostlin, z nichž každá měla k dispozici prostor menší (32, 33). Větší rostliny mohou v kořeni i chrástu akumulovat větší množství dusíku. To se v naší studii potvrdilo, neboť obsah nitrátového dusíku v čerstvých řapících byl nejvyšší při 60 tis. jedincích na 1 ha (obr. 4). CARTER A JANSEN (8) uvádějí, že obecně přijímaný kriticky nízký rozsah obsahu NO_3^- na základě vodou vyluhovatelných dusičnanů z plně vyvinutých řapíků cukrovky je mezi 1 000 a 2 000 ppm. Dále autoři soudí, že pokud obsah NO_3^- na měřitelnou dobu v první polovině vegetace poklesne pod 1 000 ppm, poklesne výnos kořene i cukru a zásoba využitelného dusíku v půdě bude vyčerpána cca 4–6 týdnů před sklizní, neboli kolem 20. 8.

U ozimé pšenice JUSTES ET AL. (34) zjistili, že hranice obsahu nitrátového dusíku listech, pod kterou je dusík omezujícím faktorem růstu, a tedy i hranice pro rozhodnutí o přihnojení dusíkem, závisí na hustotě porostu a vývojovém stadiu rostliny. Například hranice obsahu nitrátového dusíku u ozimé pšenice odrůdy Soissons je při standardní hustotě 1 500 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ NO_3^- ve stadiu 6 Feekesovy fenologické stupnice a 1 000 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ NO_3^- ve stadiu 8–9 této stupnice. Pro kukuřici autoři uvádějí, že pro stanovení potřeby dusíkatého hnojení by se měla od stadia 12 listů do kvetení použít kritická hranice 1 000 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ NO_3^- . LAST A TINKER (12) nepotvrdili, že lze stanovení nitrátového dusíku

Obr. 5. Vztah mezi SPAD indexem, obsahem N, P, K, Mg a Na v čepeli listů a NO₃⁻ v čerstvém pletivu řapíků cukrové řepy



Úroveň významnosti: * P < 0,05, ** P < 0,01, *** P < 0,001, ns – nevýznamná.

Tab. III. Pearsonův korelační koeficient pro koncentraci nitrátového dusíku v čerstvém pletivu řapíků během vegetace a výnos a kvalitu kořene v roce 2014 (n = 36)

	30. 5.	20. 6.	10. 7.	30. 7.	20. 8.	10. 9.
Výnos kořene (t·ha ⁻¹)	-0,084 ns	-0,284 ns	-0,034 ns	0,037 ns	-0,600 ***	0,259 ns
Cukernatost (%)	0,089 ns	-0,310 ns	-0,130 ns	0,150 ns	0,009 ns	-0,015 ns
K (mmol·g ⁻¹ řepy)	0,096 ns	0,058 ns	-0,065 ns	-0,165 ns	0,217 ns	-0,378 *
Na (mmol·g ⁻¹ řepy)	-0,051 ns	-0,094 ns	-0,034 ns	-0,080 ns	-0,315 ns	0,032 ns
α-aminoN (mmol·g ⁻¹ řepy)	0,162 ns	0,602 ***	0,053 ns	0,219 ns	0,485 **	0,254 ns
Výtěžnost (%)	0,060 ns	-0,359 *	-0,121 ns	-0,149 ns	-0,044 ns	-0,019 ns
Výnos bílého cukru (t·ha ⁻¹)	-0,060 ns	-0,375 *	-0,073 ns	-0,005 ns	-0,570 ***	0,236 ns

Úroveň významnosti: * P < 0,05, ** P < 0,01, *** P < 0,001, ns – nevýznamná.

v listech a řapících cukrové řepy redukcí na amoniak síranem titaničitým a následnou destilací použit k určení potřeby přihnojení dusíkem za vegetace.

K poklesu obsahu dusičnanů dochází zejména v listovém aparátu: při stárnutí listu je část organického dusíku vyprodukovaného ve starších listech redistribuována. Proto je koncentrace dusičnanů v pletivu řapíků plně vyvinutých listů dobrým měřítkem nadměrné dávky dusíku. V naší studii byl obsah nitrátového dusíku v čerstvém pletivu řapíků k 20. 8. ve významné negativní korelaci s výnosem kořene (r = -0,600^{***}) a s výnosem bílého cukru (r = -0,570^{***}). Tento nitrátový test však nelze sám o sobě použít k předpovědi dlouhodobé dostupnosti dusíku, ale pouze ke krátkodobé diagnostice dusíku.

SEXON A CARROLL (35) zjistili, že výsledky měření chlorofylmetrem SPAD jsou u cukrové řepy při koncentracích pod 10 000 mg·kg⁻¹ v dobré korelaci s koncentrací dusičnanů v řapících; nad touto hranicí výsledky měření SPAD v korelaci s koncentrací dusičnanů v řapících nejsou. Byla vypočtena regresní analýza k predikci změny stavu makroživin ve vztahu ke změnám obsahu NO₃⁻ v řapících a indexu SPAD během vegetace. Zajímavé je, že v naší studii ukázala regresní analýza nejvyšší vztah R² (obr. 5.) mezi indexem SPAD a obsahem nitrátového dusíku v řapících. Tento R² není ve skutečnosti vysoký (i když je významný); na jeho základě nelze provádět žádné predikce, zejména proto, že v zásadním období od července do září byl obsah NO₃⁻ ca 400 mg·kg⁻¹ a ve vztahu k hodnotě SPAD vykazoval velké rozdíly. Koncentrace chlorofylu v listech je často v dobré korelaci s metabolickou aktivitou rostliny (36), proto je v naší studii obsah Mg v listech těsně spojen s NO₃⁻, obdobně jako v případě indexu SPAD.

Závěr

Test na obsah dusičnanů v pletivu rostliny (řapíků) je způsob jak průběžně kontrolovat dostupnost dusíku pro plodinu během vegetace. Může jít o rychlou a snadnou metodu jak sledovat obsah nitrátového dusíku ve vazbě na stav a růstové stadium rostliny. V naší studii měla hnojení dusíkem a hustota porostu mimořádně významný vliv (*** P < 0,001) na obsah nitrátového dusíku v čerstvém pletivu řapíků během vegetace. Nejvyšší průměrný obsah nitrátového dusíku v řapících ve výši 1 396,67 mg·kg⁻¹ byl zjištěn 20. 6., následně do 10. 10. postupně klesl na 396,45 mg·kg⁻¹. Studie je cenná i pro chovatele, kteří při sklizni chrástu na krmivo věnují pozornost vývojovému stadiu cukrové řepy.

Souhrn

Cílem studie bylo reflektometrické stanovení (Reflectoquant®) obsahu NO_3^- v čerstvém pletivu řepíků při různém hnojení dusíkem a různé hustotě porostu. 18. 3. 2014 byla naseta odrůda Serenade KWS ve třech hustotách: 140 tis., 100 tis. a 60 tis. jedinců na 1 ha. Jarní hnojení dusíkem bylo provedeno takto: 0 – kontrola, 45 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (před výsevem) a 99 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (část před výsevem s přihnojením za vegetace v polovině května). Odběr čerstvých řepíků byl proveden v šesti termínech od května do září (73, 94, 114, 134, 155 a 176 dnů po výsevu). Nejvyšší koncentrace NO_3^- v čerstvém pletivu řepíků byla zjištěna 20. 6. (94 dnů po výsevu) při 60 tis. jedincích na 1 ha (1 594,17 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), což bylo přibližně o 30 % více proti porostu se 140 tis. jedinci na 1 ha. Zároveň ke stejnému datu vykazovaly řepíky u porostu s nejvyšším dusíkatým hnojením hodnotu 1 709,17 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ NO_3^- v čerstvém pletivu, což představovalo asi o 40 % více než u nehnojené kontroly. Analýza řepíků cukrové řepy může sloužit jako rychlá a snadná metoda ke kontrole obsahu NO_3^- v rostlině a stadia růstu.

Klíčová slova: cukrová řepa, počet jedinců, nitrátový dusík, reflektometr, čerstvé pletivo řepíků.

Literatura

1. BARLÓG, P. ET AL.: Sugar Beet Response to Balanced Nitrogen Fertilization with Phosphorus and Potassium. Part I. Dynamics of Beet Yield Development. *Bulgarian J. Agricult. Sci.*, 19, 2013 (6), s. 1311–1318.
2. BARLÓG, P. ET AL.: Sugar beet response to balanced nitrogen fertilization with phosphorus and potassium. Part II. Dynamics of beet quality. *Bulgarian J. Agricult. Sci.*, 20, 2014 (6), s. 1326–1333.
3. BARLÓG, P. ET AL.: Sugar beet response to balanced nitrogen fertilization with phosphorus and potassium. Part III. Dynamics of white sugar yield development. *Bulgarian J. Agricult. Sci.*, 22, 2016 (2), s. 197–204.
4. GRUBIŠIĆ, D. ET AL.: Distribution of *Heterodera schachtii* Schmidt 1871 in the Tovarnik area and current options for control (in Croatian). *Poljoprivreda*, 22, 2016 (1), s. 28–33.
5. POSPIŠIL, M. ET AL.: Root yield and quality of investigated sugar beet hybrids in northwest Croatia in the period from 2010 to 2013. *Poljoprivreda*, 22, 2016 (2), s. 10–16, doi 10.18047/poljo.22.2.2.
6. MÄRLÄNDER, B. ET AL.: Sustainable intensification – A quarter century of research towards higher efficiency in sugar beet cultivation. *Zuckerind. / Sugar ind.*, 143, 2018 (4), s. 200–217.
7. PANAYOTOVA, G. ET AL.: Nitrogen and phosphorus balances as dependent on durum wheat fertilization. *BJAS*, 24, 2018 (sup. 1), s. 9–17.
8. CARTER, J. N.; JANSEN, M. E.: Changes in nitrate-nitrogen concentration in sugar beet petioles as influenced by irrigation and fertilizer practices. In *Proc. 18th Ann. Pac. NW Fert. Conf.*, 1967, USA, ID, Twin Falls, s. 131–142.
9. WHITE, T. L.: Petiole analysis as a guide to the manuring of sugar beet. *Plant Soil*, 11, 1959 (1), s. 76–86.
10. EGMOND, F.: *The ionic balance of the sugar-beet plant*. Wageningen: Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1975.
11. ULRICH, A.: Critical nitrate levels of sugar beet estimated from analysis of petiole and blade with special reference to yield and sucrose concentration. *Soil Sci.*, 69, 1950 (1), s. 291–310.
12. LAST, P. J.; TINKER, P. B. H.: Nitrate nitrogen in leaves and petioles of sugar beet in relation to yield of sugar and juice purity. *J. Agric. Sci.*, 71, 1968 (3), s. 383–392.
13. INAL, A.; GÜNEŞ, A.: Effects of nitrogenous fertilization on yield and nitrate accumulation in sugar beet. *TBD*, 1, 1995 (1), s. 27–30.



14. PETERS, W. H.; KISER, O. M.: *Feeding Sugar Beet Tops in the Red River Valley*. Agricultural Experiment Station. Bulletin 404. University of Minnesota, 1949, [online] <https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/164073/mn-ext-blt-404.pdf;sequence=1>, cit. 21. 9. 2018.
15. FINKENSTADT, V. L.: A Review on the Complete Utilization of the Sugarbeet. *Sugar Tech*, 16, 2013 (4), s. 339–346, doi 10.1007/s12355-013-0285-y.
16. KIKINDONOV, G.; KIKINDONOV, T.: Results of fodder and semi-sugar beet breeding in Bulgaria. *Int. J. Agri. Res.*, 6, 2017 (3), s. 132–138.
17. Nitrate in vegetables Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food chain (Question No EFSA-Q-2006-071). *EFSA Journal*, 2008, 689, s. 1–79, [online] <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/j.efsa.2008.689>, cit. 23. 11. 2018.
18. QIU, W. ET AL.: Nitrate accumulation in leafy vegetables and its relationship with water. *J. Soil. Sci. Plant Nut.*, 14, 2014 (4), s. 761–768.
19. BRKIĆ, D. ET AL.: Nitrate in leafy green vegetables and estimated intake. *Afr. J. Tradit. Complement Altern. Med.*, 14, 2017 (3), s. 31–41, doi:10.21010/ajtcam.v14i3.4.
20. NOVOSELEC, J. ET AL.: Biofortification of feedstuffs with microelements in animal nutrition. *Poljoprivreda*, 24, 2018 (1), s. 25–34.
21. HOCHMUTH, G. J.: Efficiency Ranges for Nitrate-Nitrogen and Potassium for Vegetable Petiole Sap Quick Tests. *HortTechnology*, 3, 1994 (4), s. 218–222.
22. ELFAR ALTAMIMI, M. ET AL.: Nitrate-Nitrogen Sufficiency Ranges in Leaf Petiole Sap of *Brassica oleracea* L., Pac Choi Grown with Organic and Conventional Fertilizers. *HortScience*, 48, 2013 (3), s. 357–368, doi 10.21273/HORTSCI.48.3.357.
23. KLEINHENZ, V.; SCHNITZLER H.; MIDMORE, D. J.: Managing Nitrogen Fertilization for Year-Round Vegetable Production in Paddy Rice Fields. *Die Gartenbauwissenschaft*, 61, 1996 (1), s. 25–32.
24. SCHMIDHALTER, U.: Development of a quick on-farm test to determine nitrate levels in soil. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 168, 2005 (4), s. 432–438.
25. GHOULAM, C.; FOURSRY, A.; FARES, K.: Effect of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, 47, 2002 (1), s. 39–50.
26. SACALA, 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.
27. HOFFMANN, C. M.; B. MÄRLÄNDER, B.: Composition of harmful nitrogen in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) – amino acids, betaine, nitrate – as affected by genotype and environment. *Eur. J. Agron.*, 22, 2005 (3), s. 255–265.
28. MÄCK, G.; HOFFMANN, C. M.: Organ-specific adaptation to low precipitation in solute concentration of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Eur. J. Agron.*, 25, 2006 (3), s. 270–279.
29. MÄCK, G.; HOFFMANN, C. M.; MÄRLÄNDER, B.: Nitrogen compounds in organs of two sugar beet genotypes (*Beta vulgaris* L.) during season. *Field Crops Res.*, 102, 2007 (3), s. 210–218.
30. GERICKE, S.: *Düngung der Zuckerrübe*. Essen: Tellus, 1964, 67 s.
31. MALNOU, C. S.; JAGGARD, K. W.; SPARKES, D. L.: Nitrogen fertilizer and the efficiency of the sugar beet crop in late summer. *Eur. J. Agron.*, 28, 2008 (1), s. 47–56.
32. VARGA, I.; KRISTEK, A.; ANTUNOVIĆ, M.: Growth analysis of sugar beet in different sowing density during vegetation. *Poljoprivreda*, 21, 2015 (1), s. 28–34.
33. JELIĆ, S.; LONČARIĆ, R.; CRNČAN, A.: Vliv hustoty výsevu na hospodářský výsledek produkce cukrové řepy. *Listy cukrov. řepář.*, 134, 2018 (9–10), s. 314–316.
34. JUSTES, E. ET AL.: Diagnosis Using Stem Base Extract: JUBIL Method, In LEMAIRE, G. (ED.): *Diagnosis of the Nitrogen Status in Crops*. Berlin: Springer-Verlag, 1997, s. 163–188.
35. SEXON, P.; CARROLL, J.: Comparison of SPAD chlorophyll meter readings vs. petiole nitrate concentration in sugarbeet. *Journal of Plant Nutrition*, 25, 2002 (9), s. 1975–1986.
36. JAPUNDŽIĆ-PALENKIĆ, B. ET AL.: Comparison of AA and Mehlich 3 methods for calcium and magnesium extraction from eastern Croatia soils. *Poljoprivreda*, 25, 2019 (1), s. 41–47.
37. *Meteorological and hydrological Service*. Republic of Croatia, [online] http://meteo.hr/index_en.php, cit. 11. 12. 2018.

Varga I., Lončarić Z., Pospišil M., Rastija M., Antunović M.: Changes of Nitrate Nitrogen in Sugar Beet Petioles Fresh Tissue during Season with Regard to Nitrogen Fertilization and Plant Population

The aim of this study was to test NO_3^- content of petioles wet tissue by means of reflectometric determination (Reflectoquant®) with regard to different nitrogen fertilization and plant population. The Serenade KWS variety was sown on March 18th, 2014 in three plant populations: 140,000; 100,000 and 60,000 plants ha^{-1} . Spring nitrogen fertilization was applied as follows: 0 – control, 45 kg ha^{-1} (pre sowing) and 99 kg ha^{-1} (pre sowing with topdressing in mid-May). The fresh leaves petioles were collected manually in 6 terms from the end of May to September (73, 94, 114, 134, 155 and 176 days after sowing). On June 20th (94 days after sowing) the highest NO_3^- concentration in petiole wet tissue was determined at 60,000 plants ha^{-1} (1,594.17 mg kg^{-1}) which was about 30% higher as compared to 140,000 plants ha^{-1} . Furthermore, at the same date, petioles at the highest nitrogen rate had 1,709.17 mg kg^{-1} NO_3^- in petiole wet tissue, which was about 40% higher as compared to control. This method can be adapted for sugar beet petioles analysis as fast and easy method to test and monitor the NO_3^- content of the crop and growth stage.

Key words: sugar beet, plant population, nitrate nitrogen, reflectometer, petiole fresh tissue.

Kontaktní adresa – Contact address:

PhD Ivana Varga, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences, Vladimira Preloga 1, 31 000 Osijek, Republic of Croatia, e-mail: ivana.varga@fazos.hr