

Navýšení výnosu a jakosti cukrové řepy pomocí listové výživy a biologicky aktivních látek

INCREASED YIELD AND QUALITY OF SUGAR BEET BY MEANS OF FOLIAR NUTRITION AND BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

Jaroslav Urban, Josef Pulkrábek

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Výsledky výzkumu i praktické zkušenosti ukazují, že významné místo ve výživě a hnojení zauímají listová hnojiva, která obohacují rostlinu o momentálně potřebné makroživiny a především mikroživiny. Pěstители tak umožňují rychle reagovat na aktuální potřebu či nedostatek konkrétní živiny. Po aplikaci limitující živiny se tento prvek dostane z oblasti minima do oblasti optima, může se plně zapojit do výnosotvorného procesu a umožnit tak využití geneticky daného výnosového potenciálu.

Cukrová řepa je rostlinou s mohutným listovým aparátem, tedy rostlinou velmi vhodnou k listové výživě. Na rostlinách s většími listy a celkově větší listovou plochou se zachytí více aplikovaného roztoku a jsou lepší předpoklady průniku kutikulou a příjmu do vnitřního prostoru buněk. Hlavní výhodou listové výživy je rychlost působení živin („startující vliv“) a nižší aplikační náklady.

Řada autorů uvádí, že listová hnojiva slouží nejen k cílenému řízení růstu a vývoje polních plodin, ale také k vytváření podmínek pro vyšší odolnost rostlin vůči stresovým faktorům (1, 2). V podstatě lze říci, že listová hnojiva omezují strádání rostlin, a tím přispívají k plnohodnotnému využití vegetační doby, která je jedním z rozhodujících faktorů tvorby výnosu a kvality produkce.

Příjem živin přes list (foliární výživa)

Úspěch listové výživy závisí na vývojovém stadiu rostlin, na způsobu a místě aplikace a na průběhu podmínek prostředí v době aplikace a bezprostředně po aplikaci.



Při mimokořenové (listové) výživě se obchází prostředník výživy, tj. půda, ve které může docházet k imobilizaci určité živiny (k její nepřijatelnosti). Výsledkem je potom deficit živiny v rostlině, i když celková zásoba živin v půdě může být dobrá. Mechanismus takového vstupu živin do rostliny – např. listy, ve srovnání s příjmem kořeny, se liší hlavně v tom, že povrch listů (epidermis) je pokryt ještě voskovým povlakem (kutikulou), který značně omezuje možnost difuze živiny z povrchu listů do mezibuněčných (vnějších) prostorů listů a absorpci povrchovými buňkami listů. Tedy impregnace povrchu listů kutikulou je hlavním faktorem, který ovlivňuje možnost příjmu živiny rostlinou (3).

Kutikula se skládá z několika vrstev tvořených kutinem a vosky. Houbovitá struktura kutikuly umožňuje pomalý transport vody a v ní obsažených živin. Tato propustnost je větší při ovlhčení povrchu listu, kdy se zvyšuje hydratace a bobtnání kutikuly (4, 5). Pronikání látek do listu je řízeno koncentračním gradientem, je to tedy pasivní proces. Po proniknutí živin kutikulou a poté, co se dostanou k buňkám listového mezofylu, se stává příjem aktivním procesem, stejně jako je tomu v kořenech. Příjem probíhá proti koncentračnímu gradientu za spotřeby metabolické energie a je zprostředkován specifickými přenašeči bílkovinné povahy, které jsou umístěny na cytoplasmatické membráně buněk. Živiny, které takto vstoupí do buňky, mohou být buď ihned metabolizovány, nebo jsou ukládány do vakuoly. Hlavní podíl živin v listu je transportován symplastem na místo spotřeby. Na příjem živiny listy se značně podílejí také průduchy listů, kterými může vnější roztok z povrchu listů difundovat do mezibuněčných prostorů listů. O možné využitelnosti přijatých živin listy v metabolismu celé rostliny rozhoduje hlavně jejich mobilnost ve vodivých cestách floému. Obecně je možno říci, že živiny nemobilní floémem jsou daleko méně využitelné pro potřeby celé rostliny (6).

Při příjmu živin listy ionty a molekuly pronikají do rostlin velmi jemnými póry (mikropóry) v kutikule, která ve vodě bobtná a stává se propustnější, čehož se využívá při mimokořenové výživě postřikem. Živiny pronikají touto cestou až k buněčným stěnám epidermis. Ionty se tím dostávají bez větších překážek do volných prostorů v buněčných stěnách a do mezibuněčných dutin listu. Plyny jsou převážně přijímány přes stomata (průduchy) (7).

Důležitým momentem při pronikání živin do listů je doba, po kterou se roztok udrží na listech, než vyschne. Tím je odůvodněn praktický poznatek, že nejvhodnější doba aplikace listových postřiků je k večeru, kdy stoupá relativní vlhkost vzduchu a klesá odpar z aplikovaných roztoků. Pro podvečerní aplikaci svědčí i to, že při případném vyschnutí roztoku za noci je možná

jeho obnova v důsledku kondenzace vzdušné vlhkosti na listech ve formě rosy. Úroveň hydratace kutikuly tedy hraje významnou roli v prostupnosti pro aplikované živiny. Po smočení kutikuly roztokem hnojiva se nabobtnáním kutikuly rozšiřují mezery mezi destičkami kutikuly, takže se živiny dostanou zčásti přímo, zčásti spolupůsobením ektodermu kutikulou k buněčným stěnám (3).

Dle TRČKOVÉ (8) je do značné míry možné ovlivnit příjem živin z listových hnojiv právě vhodným výběrem chemické formy konkrétní živiny a také přidavkem vhodně zvolených doplňků. Volba těchto doprovodných látek má zlepšit fyzikálně-chemické vlastnosti hnojiva. Jedná se především o snížení povrchového napětí, přilnavost a prodloužené ovlhčení listu. SCHOHERR (9) uvádí, že snížení povrchového napětí aplikovaných roztoků po přidavku vhodného smáčedla zkracovalo poločas průniku Ca^{2+} izolovanou kutikulou z 204 až na 17 hodin.

Rychlost příjmu živin

Rychlost příjmu živin do buněk listu je ovlivněna mnoha vnitřními i vnějšími faktory. Jako aktivní proces je zpomalována použitím metabolických inhibitorů a zvyšována světlem, které působí jako zdroj energie. Příjem foliárně aplikovaných živin je vyšší u mladých rostlin a snižuje se v průběhu stárnutí listů, které je provázáno poklesem metabolické aktivity a zvětšováním tloušťky kutikuly (8).

BAIEROVÁ (1) uvádí, že rychlost příjmu aplikovaných živin v postřiku na list je různá, maxima je však dosahováno po 1–2 hodinách, po zhruba 5 hodinách je příjem stabilizován (asi 1 % za 1 hodinu). TRČKOVÁ (8) uvádí dobu potřebnou k absorpci 50 % z celkového množství aplikované živiny (tab. I.).

BAIEROVÁ (1) dále uvádí, že např. dusík močoviny je absorbován mnohem lépe než dusík nitrátový či čpavkový. Foliárně aplikovaný draslík je lépe přijímán z organických solí. Obecně platí, že kationty vstupují do listu rychleji než anionty a malé molekuly jsou přijímány rychleji než molekuly velké (8).

Příjem živin je rovněž ovlivněn teplotou a vzdušnou vlhkostí. BAIEROVÁ (1) uvádí, že zvýšená teplota příjem živiných roztoků podporuje (při nadměrné teplotě – zpravidla nad 25 °C však může dojít k zasychání aplikovaného živného roztoku a k vykrystalizování solí na povrchu listu). Vlhkost ovzduší působí příznivě (proto jsou listová hnojiva ve velké míře používána např. v subtropických, popř. tropických oblastech, kde vysoká vzdušná vlhkost napomáhá vysokému využití těchto hnojiv).

Účinek listových hnojiv je naopak omezen při silném poškození rostlin chorobami a škůdci a při silně kyselé půdní reakci.

BAIER (10) uvádí, že podle zákona minima má živina doplněná v listovém hnojivu k živině přijaté v minimu vysoký účinek, který je dán také tím, že je optimalizací přijatých živin silně stimulován příjem živin z půdní zásoby.

Dle řady autorů je třeba mít na paměti, že listová výživa nemůže plně nahradit hnojení plodin přes půdu, tzn. udržování, popřípadě zvyšování půdní úrodnosti, a je třeba ji vždy chápat jako výživu doplňkovou, která umožňuje v praxi:

- operativní korekci výživného stavu rostlin na základě jejich chemické analýzy nebo podle vizuálních změn na rostlinách,
- reagovat na nepříznivé vnější podmínky (nízká teplota půdy, nevhodné půdní podmínky pro příjem určité živiny, nerostupná forma živin v půdě aj.),
- či překonání kritických podmínek v růstu rostlin, a to zvláště při poškození kořenů.

Tab. I. Doba potřebná k absorpci 50 % z celkového množství aplikované živiny (8)

Živina		Doba absorpce
Makroelementy	N (močovina)	1–4 h
	Mg, Na, B	2–5 h
	K	1–3 d
	Ca	4 d
	S	7–8 d
Mikroelementy	Zn	1 d
	Mn	2 d
	Fe, Mo	10–12 d

Termíny aplikace listových hnojiv

S využitím listových hnojiv u cukrovky lze začít od 4. pravého listu (dřívejší aplikace se nedoporučují především z důvodu velmi malého zakrytí půdy listovým aparátem). Časná jarní aplikace listových hnojiv (4–6 pár pravých listů) však přispívá k optimálnímu řízení růstu a vývoje cukrové řepy a napomáhá také k vyšší odolnosti rostlin vůči stresovým faktorům (sucho, herbicidy atd.) či urychlení regeneračních procesů.

Termín aplikace listových hnojiv v průběhu vegetace se řídí především aktuálním výživným stavem porostu, resp. prokázáním nedostatku konkrétní živiny (právě v takovýchto situacích, kdy se aplikují listová hnojiva cíleně, lze dosáhnout nejpriznivějších výsledků). Komplexní listová hnojiva je vhodnější použít v době, kdy chrást cukrovky dosahuje zhruba poloviční velikosti, aby bylo zajištěno co nejvyšší využití postřikové jichy. Při využití listových hnojiv po 15. červnu, pokud není na porostu patrný nedostatek dusíku, je lépe z nabídky vybírat hnojiva s nižším obsahem dusíku, aby nedocházelo ke snížení cukernatosti.

Většinu listových hnojiv lze bez problémů aplikovat v kombinaci s ostatními pěstitelskými faktory (např. ošetřením herbicidy, regulátory růstu, v kombinaci s fungicidem či insekticidem), a tudíž není zapotřebí „sólo“ aplikace, která by zvyšovala náklady na pěstování cukrové řepy.

Biologicky aktivní látky

Biologicky aktivní látky mohou obsahovat malé množství živin, ale především látky ovlivňující růst a vývoj nadzemních a podzemních částí rostlin. Na trhu se dnes objevuje široké spektrum biologicky aktivních látek, které obsahují látky nebo mikroorganismy, jejichž úkolem je při aplikaci na rostlinu stimulovat přirozené procesy rostliny s cílem zvýšit příjem a účinnost živin, toleranci vůči abiotickému stresu a příznivě ovlivnit kvalitu produkce. Biologicky aktivní látky mohou být jak přírodního, tak syntetického charakteru.

Tyto látky, ať již produkované samotnými rostlinami (endogenní) nebo syntetické, aplikované exogenně, kontrolují dělení buněk, ovlivňují základní životní procesy (dýchání, fotosyntézu, kořenovou výživu, růst, tropizmy, kvetení, tvorbu plodů) a regulují fyziologickou a morfológickou korelaci orgánů a tkání rostlin. Jejich největší úloha v rostlinné výrobě spočívá v regulaci růstu a vývoje rostlin, a tím v podpoře co nejvyšší produkční

Tab. II. Varianty (metodika) pokusu (2017)

Varianta		Termín aplikace
1.	Kontrola	—
2.	FORTE gama (4,0 l.ha ⁻¹) + N-Fenol max (0,2 l.ha ⁻¹)	ve fázi 6 pravých listů
3.	FORTE gama (4,0 l.ha ⁻¹) + N-Fenol max (0,2 l.ha ⁻¹) K-gel 175 (5,0 l.ha ⁻¹) Retafos prim (5,0 l.ha ⁻¹)	ve fázi 6 pravých listů první dekáda srpna druhá dekáda srpna
4.	FORTE gama (4,0 l.ha ⁻¹) + N-Fenol max (0,2 l.ha ⁻¹) K-gel 175 (5,0 l.ha ⁻¹) NanoFYT Si (1,0 l.ha ⁻¹)	ve fázi 6 pravých listů první dekáda srpna druhá dekáda srpna

Složení přípravků:

- FORTE gama (NPK hnojivo roztokové; NPK 8, 12, 6), N celkový 7,7 % (tj. 96 g.l⁻¹), P₂O₅ 11,6 % (tj. 144 g.l⁻¹), K₂O 5,8 % (tj. 72 g.l⁻¹), B 0,5 % (tj. 6,2 g.l⁻¹);
- K-gel 175 (gelové listové hnojivo s obsahem draslíku a síry), K₂O (175 g.l⁻¹), S (58 g.l⁻¹);
- Retafos prim (kapalné listové hnojivo) s obsahem N (125 g.l⁻¹), P₂O₅ (250 g.l⁻¹), K₂O (250 g.l⁻¹), B (5 g.l⁻¹);
- NanoFYT Si (pomocný rostlinný přípravek s obsahem křemíku), obsahuje 20 % hydratovaných nanočástic SiO₂ (230 g.l⁻¹);
- N-Fenol max (pomocný rostlinný přípravek na bázi nitrofenolů – jedná se o vývojový produkt ve zkouškách a procesu registrace).

schopnosti, resp. k dosažení co nejvyššího výnosu (11). PAČUTA, RAŠOVSKÝ, ČERNÝ (12) či PROCHÁZKA ET AL. (13) uvádějí, že hlavním cílem těchto přípravků je podpora metabolických funkcí, podpora adaptace na abiotické a biotické stresy, zvýšení regeneračních schopností po následném působení stresových faktorů a podpora příjmu živin z půdy. Například listové preparáty obsahující biostimulátory ve formě aminokyselin nebo výtažků z mořských řas jsou schopny eliminovat vliv sucha, tepla a dalších možných povětrnostních faktorů vedoucích k redukci výnosu.

Biologicky aktivní látky u cukrové řepy mají za cíl zvýšit biologickou hodnotu osiva, regulaci růstu a podporu vývoje během vegetace, a vést tak ke zvýšení výnosu bulev za současného zvýšení cukernatosti. Doporučuje se také aplikace společně

s herbicidním ošetřením, která má omezit nebo zabránit vzniku herbicidního stresu. Další možností je letní aplikace společně s aplikací fungicidu. Biologicky aktivní látky můžeme rozdělit na látky:

- nefytohormonální povahy (např. sodné soli nitrofenolů, deriváty kyseliny benzoové, huminové látky, hydrolyzáty bílkovin – aminokyseliny, extrakty z mořských řas aj.),
- fytohormonální povahy (k základním rostlinným hormonům se řadí auxiny, gibbereliny, cytokininy, kyselina abscisová, etylen, brassinosteroidy a jasmonáty) (14, 15).

Zvládnutím chemické syntézy fytohormonů bylo umožněno připravit tyto látky v dostatečném množství pro výzkum jejich biologického účinku pomocí exogenních aplikací. V případě auxinů a cytokininů se ukázalo, že některé jejich syntetické deriváty vykazují vyšší biologickou aktivitu než přirozené fytohormony. Je zřejmé, že synteticky připravené deriváty fytohormonů, které se v přírodě nevyskytují, nejsou fytohormony. Proto tyto sloučeniny vykazující fytohormonální aktivitu označujeme souhrnně jako regulátory růstu rostlin, zatímco pojmenování fytohormony přísluší pouze těm regulátorům růstu, které se vyskytují jako přirozené rostlinné látky (16).

V současnosti je zaznamenáno více jak 400 přírodních či syntetických látek, jež umožňují snížit nežádoucí vlivy způsobené abiotickými či biotickými stresy (17).

V praxi jsou velice často tyto látky aplikovány společně s listovou výživou, kdy se jejich stimulační efekt ještě zvyšuje.

Zemědělské praxi se dnes nabízejí desítky různých listových hnojiv a desítky přípravků s regulačním (stimulačním) účinkem. Pěstitel má tedy řadu možností, jaké listové hnojivo či stimulator při pěstování cukrovky využít.

Materiál a metody

Pro ověření účinku listových hnojiv a pomocných rostlinných přípravků v rámci pěstitelské technologie cukrové řepy jsme v roce 2017 založili maloparcelkové pokusy na Výzkumné stanici FAPPZ ČZU v Červeném Újezdě. Tato Výzkumná stanice spadá do oblasti mírně teplé, klimatického okruhu mírně suchého. Průměrná roční teplota vzduchu činí 7,7 °C, průměrná teplota za vegetační období (IV. – IX.) je 13,9 °C. Roční úhrn srážek v této oblasti činí 549 mm a průměrný vegetační úhrn srážek 361 mm.

V pokusu byla použita odrůda Gellert (N/C typ) – diploidní odrůda tolerantní k rizománii. Hustota porostu byla upravena jednocením na 100 tis. ks.ha⁻¹. Do pokusu jsme zařadili listové hnojivo **FORTE gama** (s obsahem NPK 8-12-6 + bór) aplikované ve fázi 6 pravých listů (v dávce 4,0 l.ha⁻¹), gelové listové hnojivo **K-gel 175** (s obsahem 175 g.l⁻¹ K₂O a 58 g.l⁻¹ S) aplikované v první dekáde srpna (v dávce 5,0 l.ha⁻¹), listové hnojivo **Retafos prim** (s obsahem 125 g.l⁻¹ N, 250 g.l⁻¹ P₂O₅, 250 g.l⁻¹ K₂O, 5 g.l⁻¹ B) aplikované v druhé polovině srpna (v dávce 5,0 l.ha⁻¹), pomocný rostlinný přípravek **N-Fenol max** aplikovaný ve fázi 6 pravých listů (v dávce 0,2 l.ha⁻¹) a pomocný rostlinný přípravek **NanoFYT Si** (s obsahem 230 g.l⁻¹ nanočástic SiO₂) aplikovaný ve druhé polovině srpna (v dávce 1,0 l.ha⁻¹). Listové hnojivo FORTE gama je novinkou, která přichází na trh na jaře 2018



a nahrazuje dosavadní řadu Fortestim. Přípravek N-Fenol max je vývojovým produktem ve zkouškách a procesu registrace. Z výše uvedených přípravků jsme sestavili tři varianty ošetření ve čtyřech opakováních. Podrobnější metodiku pokusu znázorňuje tab. II. V rámci pokusu byly sledovány tyto výnosové a kvalitativní parametry: výnos bulev ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$), výnos chrástu ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$), cukernatost (%), obsah α -aminodusíku ($\text{mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), draslíku ($\text{mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), sodíku ($\text{mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), výnos polarizačního cukru ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$), výnos bílého cukru ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$) a výnos bulev přepočtený na 16% cukernatost – výnos řepy standardní kvality ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Výsledky a diskuse

Z výsledků pokusu je patrný pozitivní vliv listové výživy a stimulace růstu především na výnosové ukazatele, ale také na obsah melasotvorných látek (α -aminodusíku, K a Na). U všech pokusných variant byl obsah melasotvorných látek nižší (tedy příznivější) než u varianty kontrolní. Kombinace přípravků FORTE gama, N-Fenolu max, K-gelu 175 a Retafosu prim příznivě ovlivnila také dosaženou cukernatost (tab. III. a IV., obr. 1. až 3.).

Pozitivní účinek listové výživy a stimulace růstu na výnosové a kvalitativní parametry cukrové řepy uvádí řada autorů (12, 18, 19, 20). Řada autorů rovněž uvádí, že i nepatrný efekt listové výživy a stimulatorů růstu lze považovat za pozitivní, zejména za předpokladu, že ošetření provedeme společně s některými pesticidními látkami na ochranu rostlin proti plevelům, chorobám a škůdcům.

Nejvyššího výnosu bulev ($85,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) dosáhla varianta 4 (s aplikací FORTE gama a N-Fenolu max ve fázi 6 pravých listů + aplikace K-gelu 175 a NanoFYTu Si v průběhu srpna). Tato varianta převyšovala ostatní sledované varianty o $0,2\text{--}5,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (rel. $0,23$ až $6,35 \%$).

Druhého nejvyššího výnosu ($85,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) bulev, avšak téměř shodného jako u nejlepší varianty, dosáhla varianta 3 (aplikace FORTE gama a N-Fenolu max ve fázi 6 pravých listů + aplikace K-gelu 175 a Retafosu prim v srpnu). Tato varianta zároveň dosahovala nejvyšší cukernatosti ($20,22 \%$). Navýšení cukernatosti oproti ostatním zkoušeným variantám představovalo $0,06\text{--}0,11 \%$ absolutně.

Zajímavých výsledků bylo dosaženo v obsahu melasotvorných látek, neboť veškeré pokusné varianty dosahovaly nižšího (tedy příznivějšího) obsahu melasotvorných látek než varianta kontrolní (vyjma obsahu sodíku u varianty 2). Z uvedeného vyplývá, že i zůstatek cukru v melase je u pokusných variant nižší (tedy příznivější), což se společně s výnosem řepných bulev a cukernatostí pozitivně projevuje na navýšení výnosu bílého cukru (obr. 2.).

Z pohledu výnosu bulev přepočteného na 16% cukernatost se jako nejúspěšnější (s výnosem $112,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) projevila varianta 3 (aplikace FORTE gama a N-Fenolu max ve fázi 6 pravých listů + aplikace K-gelu 175 a Retafosu prim v průběhu srpna). Navýšení výnosu oproti ostatním variantám představovalo $0,4$ až $6,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (rel. $0,36$ až $6,55 \%$). Následovala varianta 4 (aplikace FORTE gama a N-Fenolu max ve fázi 6 pravých listů + aplikace K-gelu 175 a NanoFYTu Si v srpnu), varianta 2 (FORTE gama

Tab. III. Výnosové a kvalitativní ukazatele sklizené cukrové řepy a statistické vyhodnocení rozdílů mezi jednotlivými variantami (2017): 1. Kontrola; 2. FORTE gama + N-Fenol max; 3. FORTE gama + N-Fenol max + K-gel 175 + Retafos prim; 4. FORTE gama + N-Fenol max + K-gel 175 + NanoFyt Si

Varianta	Výnos bulev	Výnos chrástu	Cuker- natost	Obsah α -aminoN	Obsah K	Obsah Na	Výnos PC	Teoretická výťažnost	Výnos BC	Výnos stand. řepy
	(t.ha ⁻¹)	(t.ha ⁻¹)	(%)	(mmol.100 g ⁻¹)			(t.ha ⁻¹)	(%)	(t.ha ⁻¹)	(t.ha ⁻¹)
1. Kontrola	80,3 a	43,6 a	20,16 a	2,23 a	3,20 a	0,33 a	16,2 a	18,45 a	14,8 a	105,3 a
2.	84,6 a	47,2 a	20,14 a	2,17 a	3,18 a	0,34 a	17,0 a	18,44 a	15,6 a	111,0 a
3.	85,2 a	42,5 a	20,22 a	2,08 a	3,06 a	0,29 a	17,2 a	18,58 a	15,8 a	112,2 a
4.	85,4 a	47,8 a	20,11 a	2,15 a	3,06 a	0,31 a	17,2 a	18,46 a	15,8 a	111,8 a
F-test	1,54	0,43	0,05	0,34	0,59	2,01	0,1	1,41	1,57	1,35
p (α)	0,2543	0,7355	0,9823	0,798	0,6359	0,1663	0,9599	0,2873	0,249	0,3034
d _{min.}	8,2704	16,765	0,820835	0,462452	0,408293	0,0597139	0,921011	1,75759	1,61322	11,6967

Jednofaktorová analýza rozptylu (n = 16). Průměry označené odlišnými písmeny vyjadřují průkazné rozdíly na hladině významnosti 95 % ($\alpha = 0,05$) podle Tukeyho metody. Hodnota d_{min.} odpovídá minimálnímu rozdílu mezi průměry hodnot, který je statisticky průkazný.

Tab. IV. Výnosové a kvalitativní ukazatele sklizené řepy – uvedeno relativně vůči kontrole (2017): 1. Kontrola; 2. FORTE gama + N-Fenol max; 3. FORTE gama + N-Fenol max + K-gel 175 + Retafos prim; 4. FORTE gama + N-Fenol max + K-gel 175 + NanoFyt Si

Varianta	Výnos bulev	Výnos chrástu	Cuker- natost	Obsah α -aminoN	Obsah K	Obsah Na	Výnos PC	Teoretická výťažnost	Výnos BC	Výnos stand. řepy
	(% rel.)									
1. Kontrola	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2.	105,5	108,3	99,9	97,3	99,3	104,6	105,3	99,9	105,4	105,3
3.	106,2	97,5	100,3	93,0	95,6	90,0	106,5	100,7	106,9	106,5
4.	106,5	109,5	99,8	96,5	95,7	96,2	106,2	100,1	106,5	106,2

a N-Fenolu max ve fázi 6 pravých listů) a kontrola (obr. 3.). Přes uvedené rozdíly nebyly jednofaktorovou analýzou rozptylu na 95% hladině významnosti zjištěny mezi sledovanými variantami statisticky průkazné rozdíly.

Z výše uvedených přípravků máme dlouholeté zkušenosti s listovým hnojivem K-gel 175. Draslík vystupuje jako aktivátor

enzymů glycidového metabolismu. Svou biochemickou funkcí ovlivňuje příznivě cukernatost sklizených bulv a výnos cukru. Navíc také výrazně ovlivňuje osmotický tlak v buňkách, a tím i turgor buněk, což má význam z hlediska hospodaření rostlin s vodou. Draslík podporuje příjem vody kořeny a současně snižuje transpiraci. K-gel 175 je listové hnojivo určené pro

Tab. V. Vliv K-gelu 175 na výnos bulv a cukernatost cukrovky

Varianta	2006	2007	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	Výnos bulv (t.ha ⁻¹)								
Kontrola	45,7	76,1	47,2	76,3	102,2	83,8	88,8	110,3	61,6
K-gel 175	49,8	80,9	50,1	85,4	103,5	85,4	93,3	111,8	63,2
Rozdíl	+4,1	+4,8	+2,9	+9,2	+1,3	+1,6	+4,4	+1,5	+1,6
Varianta	Cukernatost (%)								
Kontrola	18,11	18,01	19,76	18,24	18,76	17,95	19,10	18,74	19,50
K-gel 175	18,41	18,09	19,53	18,50	19,11	17,92	19,10	18,93	19,58
Rozdíl	+0,30	+0,08	-0,23	+0,27	+0,34	-0,03	0,00	+0,19	+0,08

Tab. VI. Vliv K-gelu 175 na výnos bulev a cukernatost cukrové řepy (průměr let 2006–2015)

Varianta	Výnos bulev (t.ha ⁻¹)	Cukernatost (%)	Výnos stand. _(16%) řepy (t.ha ⁻¹)
Kontrola	76,90 a	18,69 a	92,20 a
K-gel 175	80,40 b	18,80 a	97,10 b
rozdíl	+3,50	+0,11	+4,90
F-test	5,4	1,3	7,5
p (α)	0,0244	0,2591	0,0086
d _{min.}	3,07551	0,203366	3,61947

Vícefaktorová analýza rozptylu ($n = 54$). Průměry označené odlišnými písmeny vyjadřují průkazné rozdíly na hladině významnosti 95 % ($\alpha = 0,05$) dle Tukeyho metody. Hodnota $d_{min.}$ odpovídá min. rozdílu, který je statisticky průkazný.

podporu procesů fotosyntézy především v pozdních fázích vegetace, kdy je plně vyvinut listový asimilační aparát. K-gel 175 jsme tedy vždy aplikovali počátkem srpna, tak aby bylo možno využít společné aplikace s fungicidem. Gelová složka omezuje negativní vliv povětrnostních podmínek a zajišťuje lepší přilnavost jich na povrchu listů a zároveň zpomaluje vysychání a ztrátu vody.

Z výsledků dlouholetých pokusů (prováděných v letech 2006–2015) je patrné (tab. V.), že ve všech sledovaných letech dosáhla varianta s aplikací K-gelu 175 v porovnání s variantou kontrolní vždy vyššího výnosu bulev řepy, a to o 1,3 t.ha⁻¹ (v roce 2011) až 9,2 t.ha⁻¹ (v roce 2010). Průměrné navýšení výnosu řepných bulev představovalo 3,5 t.ha⁻¹.

Ze statistického zpracování výsledků (tab. VI.) je ve výnosu bulev patrný statisticky průkazný rozdíl.

Příznivé působení K-gelu 175 jsme zaznamenali také v dosažené cukernatosti (tab. V). V rámci devítiletého sledování jsme u varianty s aplikací K-gelu 175 v šesti pokusných letech zaznamenali navýšení cukernatosti (o 0,08–0,34 % absolutně). Průměrné navýšení cukernatosti představovalo +0,11 %.

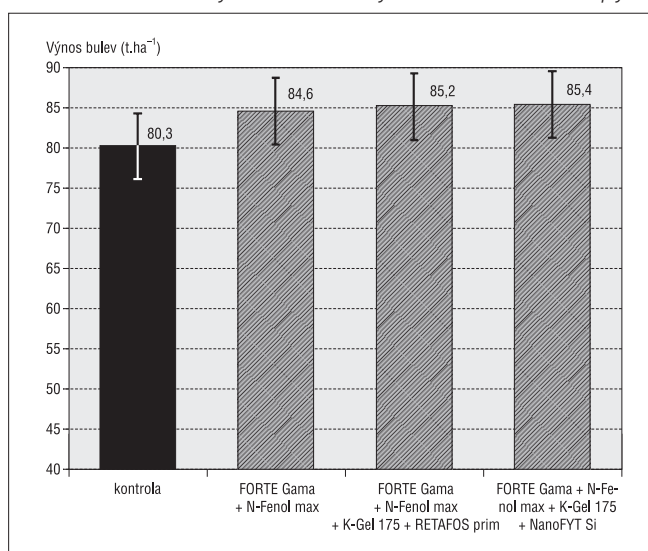
Navýšení výnosu bulev a příznivá cukernatost se pozitivně projeví ve výnosu bulev přepočteném na 16% cukernatost (tab. VI.). U tohoto parametru představovalo průměrné navýšení 4,9 t.ha⁻¹ ve prospěch K-gelu 175. Analýzou rozptylu bylo toto navýšení vyhodnoceno jako vysoce průkazné.

Závěr

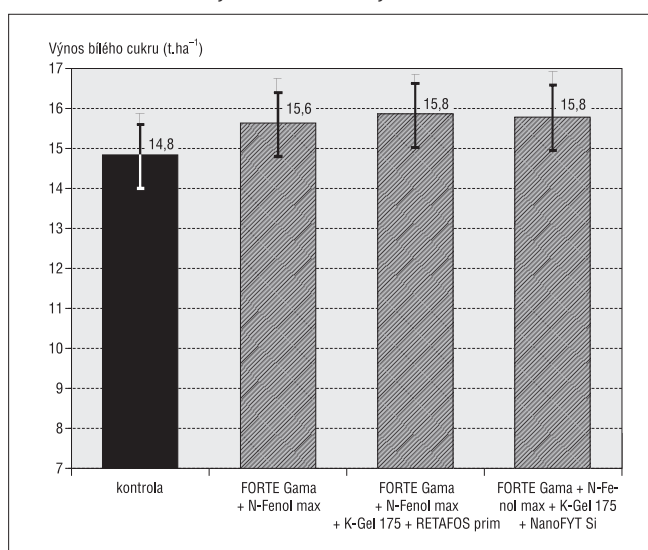
Výsledky našich pokusů jasně ukazují, že sledovaná listová hnojiva a biologicky aktivní látky pozitivně ovlivňují zejména výnosové ukazatele cukrové řepy. Přínos lze spatřovat především v navýšení výnosu bulev. U kvalitativních parametrů jsme zaznamenali příznivé působení na snížení obsahu melasotvorných látek, částečně i navýšení cukernatosti.

Všechny tři zkoušené pokusné varianty hnojení dosahovaly v porovnání s variantou kontrolní vyššího výnosu bulev (o 4,3–5,1 t.ha⁻¹), vyššího výnosu polarizačního a bílého cukru (o 0,8–1,0 t.ha⁻¹) a vyššího výnosu bulev přepočteného na 16% cukernatost (o 5,7–6,9 t.ha⁻¹).

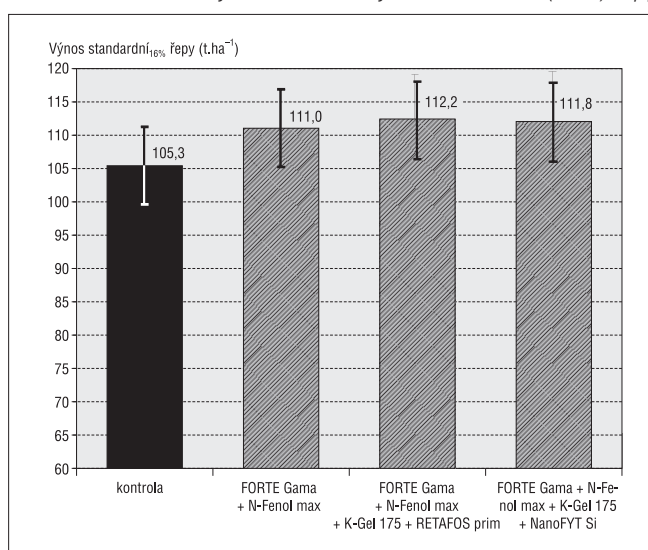
Obr. 1. Vliv zkoušených variant na výnos bulev cukrové řepy



Obr. 2. Vliv zkoušených variant na výnos bílého cukru



Obr. 3. Vliv zkoušených variant na výnos standardní (16%) řepy



Obsah melasotvorných látek (α -aminodusík, K a Na) byl u všech pokusných variant nižší (tedy příznivější) než u varianty kontrolní (vyjma obsahu sodíku u varianty 2).

Jednoznačně pozitivně se v dlouholetém sledování projevilo listové hnojivo K-gel 175. Ve všech sledovaných letech bylo dosaženo vždy vyššího výnosu bulev a v šesti letech z devíti také vyšší cukrnatosti.

Souhrn

Příspěvek hodnotí dlouholeté pokusy (2006–2015) s gelovým listovým hnojivem s obsahem draslíku (K-gel 175), které byly realizovány na Výzkumné stanici FAPPZ ČZU v Červeném Újezdě. Přínos K-gelu 175 na navýšení výnosu bulev a výnosu bulev při 16% cukrnatosti (výnos řepy standardní kvality) byl analýzou rozptylu vyhodnocen jako statisticky vysoce průkazný. Výnos bulev přepočtený na 16% cukrnatost byl v porovnání s variantou kontrolní o 4,9 t.ha⁻¹ vyšší. Příspěvek dále hodnotí výsledky pokusu z roku 2017, kde bylo sledováno listové hnojivo FORTE gama, K-gel 175, Retefos prim a biologicky aktivní látky NanoFYT Si a N-Fenol max. Aplikace přípravků byla realizována ve fázi 6 pravých listů a v průběhu měsíce srpna, tedy tak, aby bylo možné využít společné aplikace s herbicidy a fungicidy. Díky vysokému výnosu bulev a vyšší cukrnatosti dosáhla jednoznačně nejvyššího výnosu bulev přepočteného na 16% cukrnatost (112,2 t.ha⁻¹) varianta s aplikací FORTE gama a N-Fenolu max ve fázi 6 pravých listů společně s aplikací K-gelu 175 a Retafosu prim v srpnu. Ve výnosu bulev přepočteném na 16% cukrnatost převyšovala tato varianta variantu kontrolní o 6,9 t.ha⁻¹. Aplikací sledovaných přípravků bylo dosaženo vždy vyššího výnosu bulev, vyššího výnosu polarizačního a bílého cukru a vyššího výnosu bulev při 16% cukrnatosti. Zároveň bylo dosaženo snížení obsahu melasotvorných látek, tedy látek, které snižují výtěžnost bílého cukru.

Klíčová slova: řepa cukrová, listová výživa, biologicky aktivní látky, výnos, technologická jakost.

Literatura

- BAIEROVÁ, V.: Listová výživa pomáhá zemědělcům. *Farmář*, 9, 2003 (5), s. 20–21.
- VACH, M.; JAVŮREK, M.: Vliv doplňkové výživy na produkci ozimé pšenice a cukrovky. *Úroda*, 51, 2003 (4), s. 26–27.
- IVANIČ, J.; HAVELKA, B.; KNOP, K.: *Výživa a hnojení rostlin*. Bratislava: Příroda – Praha: SZN, 1984, 482 s.
- ŠEBÁNEK, J. ET AL.: *Fyziologie rostlin*. Praha: SZN, 1983, 560 s.
- PROCHÁZKA, S. ET AL.: *Fyziologie rostlin*. Praha: Academia, 1998, 484 s.
- TRČKOVÁ, M.; RAIMANOVÁ, I.; SVOBODA, P.: *Listová výživa obilnin: uplatněná certifikovaná metodika*. Praha: VÚRV, 2009, ISBN 978-80-7427-030-7.
- BAIER, J.; BAIEROVÁ, V.: *Abeceda výživy rostlin a hnojení*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. 1985, 360 s.
- TRČKOVÁ, M.: Příjem a využití živin z listových hnojiv (Fyziologické aspekty listové výživy – její přednosti a omezení). In *Listová výživa polních plodin – sborník příspěvků k semináři*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2004, s. 1–6.
- SCHOHERR, J.: Cuticular penetration of calcium salts: effect of humidity, anions and adjuvants. *J. Plant Nutrition and Soil Sci.*, 164, 2001 (2), s. 225–231.
- BAIER, J.: Přínos listových hnojiv. *Agro*, 2, 1997 (5), s. 65–68.
- ŠTRANC, P.: Význam biologicky aktivních látek při pěstování rostlin, tentokrát sóji. *Agromanuál*, 5, 2010 (5), s. 58–59.
- PAČUTA, V.; RAŠOVSKÝ, M.; ČERNÝ, I.: Vplyv ročníka, odrody a biopreparátov Alga 300 P, K a Alga 600 na obsah melasotvorných látek, výťažnosť a úrodu bieleho cukru repy cukrovej. *Listy cukrov. repař.*, 133, 2017 (7–8), s. 232–236.
- PROCHÁZKA, P. ET AL.: Effects of biologically active substances used in soybean seed treatment on oil, protein and fibre content of harvested seeds. *Plant Soil Environment*, 63, 2017 (12), s. 564–568.
- MACHÁČKOVÁ, I.; KREKULE, J.: Plant Growth Regulators – Theory and Praxis. In *Sborník z konference Setrvalý rozvoj rostlinné a živočišné produkce – cesta k rozvoji českého venkova*. Praha: Agronomické fakulty České zemědělské univerzity, 2002, s. 113–114.
- KOPRNA, R.; SPÍCHAL, L.; STRNAD, M.: Perspektivy využití růstových regulátorů. *Úroda*, 2012 (6), s. 47–49.
- KAMÍNEK, M.: Rostlinné hormony a jejich praktické využití. In *Listová výživa polních plodin – sborník příspěvků k semináři*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2004, s. 28–31.
- BLÁHA, L.; HNILČKA, F.; MARTINKOVÁ, J.: *Současné možnosti fyziologie a zemědělského výzkumu přispět k produkci rostlin (vybrané kapitoly)*. Praha: VÚRV, 2010, 310 s., ISBN 978-80-7427-023-9.
- JÁKL, B. ET AL.: Leaf, canopy and agronomic water-use efficiency of field-grown sugar beet in response to potassium fertilization. *J. Agronomy and Crop Sci.*, 204, 2018 (1), s. 99–110.
- PROŠBA-BIALCZYK, U. ET AL.: Impact of seed stimulation and foliar fertilization with microelements on changes in the chemical composition and productivity of sugar beet. *Journal of Elementology*, 22, 2017 (4), s. 1525–1535.
- DRAYCOTT, A. P.; CHRISTENSON, D. R.: *Nutrients for Sugar Beet Production: Soil-Plant Relationships*. Cambridge: CABI Publishing, 2003, 242 s.

Urban J., Pulkrábek J.: Increased Yield and Quality of Sugar Beet by Means of Foliar Nutrition and Biologically Active Substances

The article evaluates long term experiments (2006–2015) with gel based potassium fertilizer (K-gel 175), which were realized at the Research Center of the Faculty of Agrobiolgy, Food and Natural Resources of the Czech University of Life Sciences in Prague. The contribution of K-gel 175 to increase root yield and root yield converted to 16% sugar content was evaluated by statistical analysis as statistically highly significant. The root yield converted to 16% sugar content was higher than the control variant by 4.9 t.ha⁻¹. The article further evaluates the results of the 2017 experiment, in which the foliar fertilizer FORTE gama, K-gel 175, Retefos prim and the biologically active substances NanoFYT Si and N-Fenol max were studied. The application of the preparations was carried out in stage 6 of true leaves and in August, so that joint applications with herbicides and fungicides could be performed. The highest root yield converted to 16% sugar content (112.2 t.ha⁻¹), was observed in the application of FORTE gama and N-Fenol max in the 6 true leaves stage together with the application of K-gel 175 and Retafos prim in August). This variation exceeded the control by 6.9 t.ha⁻¹ in the root yield converted to 16% sugar content. Application of the monitored preparations always resulted in higher root yield, higher polarization sugar yield, higher white sugar yield and higher root yield converted to 16% sugar content. At the same time, reduction in the molasses content, i.e. substances that reduce white sugar yield, was achieved.

Key words: sugar beet, foliar nutrition, biologically active substances, yield, technological quality.

Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Jaroslav Urban, Ph. D., Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Katedra rostlinné výroby, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6, Česká republika, e-mail: urbanj@af.czu.cz