

Vliv aplikace bóru na výnos a technologickou kvalitu cukrové řepy

EFFECT OF BORON APPLICATION ON YIELD AND TECHNOLOGICAL QUALITY OF SUGAR BEET

Luděk Hřivna¹, Jana Pechková¹, Iva Burešová²¹Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno,²Ústav technologie a mikrobiologie potravin, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Cukrovka je plodinou na živiny velmi náročnou. V průměru odčerpá na 1 t bulev 5,6 kg K, 4,4 kg N, 2 kg Ca, 0,9 kg Na, 0,8 kg Mg a 0,7 kg P (1). Rozhodující je výběr stanoviště pro její pěstování. Vyžaduje půdy středně těžké, hluboké, s neutrální až slabě alkalickou půdní reakcí (pH 6,3–7,4). Řízená výživa pak ovlivňuje především výnos bulev, do kterého se promítá i poměr mezi hmotností bulev a chrástu, obsah cukru a další technologické parametry. Cukrovka je plodinou s velkými nároky na mikroelementy.

Při jejich deficitu se projevují různé defekty. Projevy nedostatku námi sledovaného bóru lze pozorovat jak na listech, tak na kořenech (obr. 1.). Na listových řapících se objevuje hnědá skvrnitost až korkovitost, v hlavě bulvy se vyskytuje dutina. Častým projevem jsou také nekrotické praskliny na čepeli listů. Při akutním nedostatku se objevují na řezu kořenem hnědé skvrny podél cévních svazků. Nedostatek bóru snižuje výnos kořene (vlivem zmenšení listové plochy) a také snižuje cukernatost (2).

Bór je jedním ze základních prvků pro rostliny a jediný nekovový prvek mezi ostatními sedmi mikroelementy. V roce 1808 ho objevili Gay Lussac a Thenard. Jeho hlavní roli ve vývoji rostlin se však podařilo objasnit až progresivním výzkumem v posledních několika letech. Bór se podílí zejména na metabolismu cukrů a buněčném dělení. Kromě těchto dvou úloh má vliv na nejméně

14 dalších funkcí v rostlině. Je důležitý pro translokaci sacharidů přes membránu do kořenových a listových meristémů, strukturu a funkci buněčné stěny ad. Bylo pozorováno, že se bór hromadí v koncích listů, kde jsou koncentrace 5× až 10× vyšší než v celém listu (3).

Bór také pomáhá k lepšímu využití vápníku. Při nedostatku bóru nemohou rostliny využít vápník, a to ani při jeho dostatku v půdě. Rostliny bór přijímají lépe v půdách s vyšším obsahem draslíku a také v kyselém prostředí (4).

Pro cukrovou řepu dostupný bór se vyskytuje v kyselé a neutrální půdě ve formě H_3BO_3 , v půdě alkalické jako $H(BO)_4^-$. Obě formy se snadno vyplavují z půdy pod kořenovou zónu (lépe než ostatní prvky), a to zejména v oblastech, kde srážky přesáhnou bod evapotranspirace, nebo kde se cukrovka zavlažuje. V důsledku toho se bór v půdě nekumuluje (5). Je zřejmé, že k největšímu nedostatku bóru dochází na písčitéch půdách v důsledku jeho malé zásoby v půdě, vyplavování (zejména v kyselých půdách) a zvýšené adsorpci v půdách alkalických, také i kvůli tendenci bóru přecházet v relativně nerozpustný boritan vápenatý. Suchá léta mohou i ve vlhkých oblastech způsobit nedostatek bóru, a to buď snížením průtoku půdního roztoku, nebo nepřímo snížením mikrobiální aktivity. V některých případech mohou příznaky nedostatku bóru zmizet, pokud se opět dostaví srážky (6).

Z výše uvedeného je zřejmé, že deficit bóru může být v porostech cukrovky poměrně častým jevem. Vzhledem k tomu, že jeho potřeba se pohybuje v průměru mezi 350–500 g ha⁻¹, můžeme efektivně zasáhnout a případný deficit upravit mimokořenovou výživou. Důležitým předpokladem přitom je, aby roztok zasáhl co největší plochu listu a působil zde po co nejdéle dobu. Mimokořenová výživa nemůže sice plně nahradit kořenovou výživu a funguje zde spíše jako její doplněk, je ale významným opatřením sloužícím pro eliminaci nepříznivých podmínek a překonání kritických období růstu (7).

Efektivnost zásahu je také dána volbou použitého hnojiva. V našich pokusech jsme se na tuto problematiku zaměřili.

Metodika

V roce 2011 a 2012 byly založeny maloparcelní polní pokusy na pozemcích patřících do katastru ZD Agrosopol Velká Bystřice. Agrochemické vlastnosti pozemků jsou uvedeny v tab. I.

Obr. 1. Projevy deficitu bóru na rostlině cukrové řepy



Testován byl vliv mimokořenové výživy bórem na výnos bulev a jejich technologickou kvalitu. V pokusu bylo zkoušeno pět druhů hnojiv určených pro mimokořenovou výživu cukrovky (tab. II.). Dávka hnojiva byla určena tak, aby celková dávka bóru v jedné aplikaci činila 185 g.ha⁻¹. Každá varianta sestávala ze 4 opakování a byla ošetřena v průběhu vegetace hnojivy dvakrát. Základní agrotechnické údaje jsou uvedeny v tab. III. Průběh povětrnosti prezentuje tab. IV.

V obou letech proběhla sklizeň cukrovky v průběhu měsíce října. Při sklizni bylo z každého opakování sklizeno vždy deset řep v řádku za sebou. U odebraných vzorků rostlin byla zvlášť stanovena hmotnost chrástu a bulev ze sklizňové plochy a výpočtem byl stanoven výnos bulev i chrástu na hektar. Ihned po sklizni byly stanoveny technologické parametry řepných bulev. Byla provedena digesce řepných řízků roztokem octanu olovnatého pro stanovení obsahu cukru a α -aminodusíku, rozpustný popel byl stanoven po digesci ve vodném výluhu.

Vzorky k provedení jednotlivých analýz byly připraveny dle standardních metodik (8):

- Stanovení polarizace: na přístroji Polamat S (%).
- Stanovení rozpustného popela: Stanovení konduktometrické na přístroji InolabLevel WTW (%).
- Stanovení α -aminodusíku: Stanovení spektrofotometrické na přístroji Konica Minolta CM 3500d.

Pro bližší posouzení účinků jednotlivých hnojiv bylo provedeno statistické zpracování dat dle STÁVKOVÉ A DUFGA (9). Při hodnocení byl využit software Statistica 10.0 (StatSoft, Inc.).

Tab. I. Výsledky agrochemického zkoušení půd (dle Mehlich III)

| Rok | Půdní profil | pH/CaCl ₂ | Obsah živin (mg.kg ⁻¹) | | | | | |
|------|--------------|----------------------|------------------------------------|-----|-------|-----|------|-------|
| | | | P | K | Ca | Mg | S | B |
| 2011 | 0–30 cm | 7,06 | 109 | 273 | 3 680 | 138 | 8,56 | 1,09 |
| | 30–60 cm | 7,16 | 31,8 | 109 | 3 010 | 140 | 14,6 | 0,794 |
| 2012 | 0–30 cm | 6,258 | 87 | 197 | 1 914 | 94 | 17,4 | 0,887 |
| | 30–60 cm | 6,542 | 33 | 97 | 2 394 | 106 | 8,6 | 0,555 |

Pozn.: Obsah P, K, Ca a Mg byl stanoven dle Mehlich III, obsah S a B ve vodném výluhu.

Tab. II. Varianty pokusu

| Varianta | Hnojivo | Složení – obsah v 1 l či 1 kg hnojiva | Dávka na 1 ha |
|----------|---------------------|--|---------------|
| 1 | Kontrola | – | – |
| 2 | Carbonbor | 185 g B + 90 g C | 1 l |
| 3 | Carbonbor Na | 185 g B + 90 g C + 35 g Na | 1 l |
| 4 | Carbonbor K | 185 g B + 90 g C + 35 g K ₂ O | 1 l |
| 5 | Bortrac | 150 g B | 1,23 l |
| 6 | YaraVita Brassitrel | 115 g S, 83 g MgO, 80 g B, 70 g Mn, 4 g Mo | 2,3 kg |

Výsledky a diskuse

Do výnosových charakteristik i do technologické kvality bulev se významně promítnul vliv ročníku. Zatímco výnos chrástu byl v roce 2011 oproti roku 2012 v době sklizně téměř dvojnásobný (obr. 2.), u výnosu bulev tomu bylo naopak (obr. 4.).

Při srovnání jednotlivých variant (obr. 3.) se hmotnost chrástu sklizená z hektaru pohybovala v roce 2011 od 56 t do 70 t a v následujícím ročníku od 34 t do 40 t. Nejmohutnější

před Nurelle D není úniku!

Nurelle D hubí široké spektrum škůdců cukrovky, máku, brambor, luskovin, řepky, obilnin, atd. (mšice, křísi, kyjatky, krytonosci, kohoutci a další.)

Přípravek má dlouhodobou biologickou účinnost v porostu, reziduálně hubí další nálety škůdců.

Fumigačním efektem zasáhne i skryté škůdce pod listy.

Doplňující informace: 602 275 038

DOW Dow AgroSciences

Tab. III. Základní agrotechnické údaje

| | 2011 | 2012 |
|-------------------------|---|---|
| Předplodina | pšenice, sláma zaorána | pšenice, sláma zaorána |
| Hnojení podzim | 3 t.ha ⁻¹ Betaliq (2–3 % N, 5 % K ₂ O), 150 kg.ha ⁻¹ superfosfát (45 % P ₂ O ₅), 150 kg.ha ⁻¹ draselná sůl (60 % K ₂ O) | 3 t.ha ⁻¹ Betaliq (2–3 % N, 5 % K ₂ O), 190 kg.ha ⁻¹ superfosfát (45 % P ₂ O ₅), 170 kg.ha ⁻¹ draselná sůl (60 % K ₂ O) |
| Datum setí a výsevek | 31. 3. 2011 – 1,3 VJ | 24. 3. 2012 – 1,17 VJ |
| Odrůda | Lucata (Syngenta) | Imperial (Maribo Seed) |
| Hnojení před setím | 200 kg.ha ⁻¹ LAV 27 (27% N) | 200 kg.ha ⁻¹ LAV 27 (27% N) |
| Aplikace hnojiv s bórem | 18. 7., 29. 8. 2011 | 18. 7., 29. 8. 2012 |
| Sklizeň | 11. 10. 2011 | 5. 10. 2012 |

Tab. IV. Průběh povětrnosti

| Měsíc | Srážky (mm) | | Teplota (°C) | |
|----------|-------------|-------|--------------|------|
| | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 |
| Březen | 38,4 | 8,0 | 5,1 | 6,3 |
| Duben | 33,5 | 31,0 | 11,8 | 10,5 |
| Květen | 71,5 | 38,0 | 15,0 | 16,5 |
| Červen | 126,7 | 100,0 | 19,0 | 19,0 |
| Červenec | 136,0 | 84,2 | 18,4 | 21,2 |
| Srpen | 81,8 | 71,2 | 20,3 | 20,7 |
| Září | 21,5 | 82,2 | 16,8 | 15,6 |

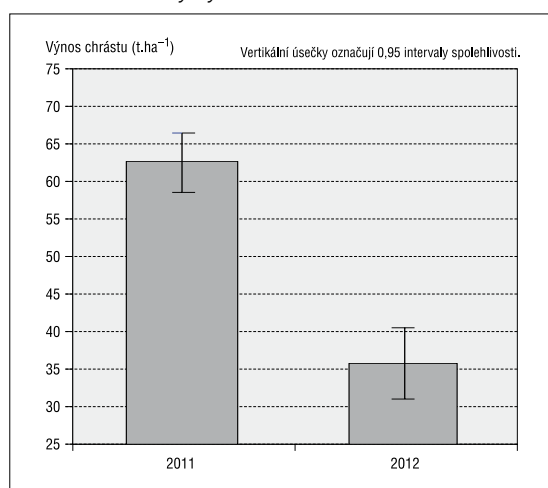
chrást měla v roce 2011 cukrovka po aplikaci hnojiva Carbonbor (varianta 2) a v roce 2012 po aplikaci hnojiva Bortrac (varianta 5).

Výnos kořene řepy se pohybuje okolo 60 t.ha⁻¹ (10), u maloparcelových pokusů bývá běžně vyšší. V našich pokusech byly i zde pozorovány značné rozdíly mezi jednotlivými variantami hnojení. Větší rozpětí přinesla sklizeň v roce 2011, kde se všechny aplikace hnojiv projeví ve výnosu bulev příznivě. Zatímco u kontrolní varianty byl výnos 72,5 t.ha⁻¹, po aplikaci hnojiva

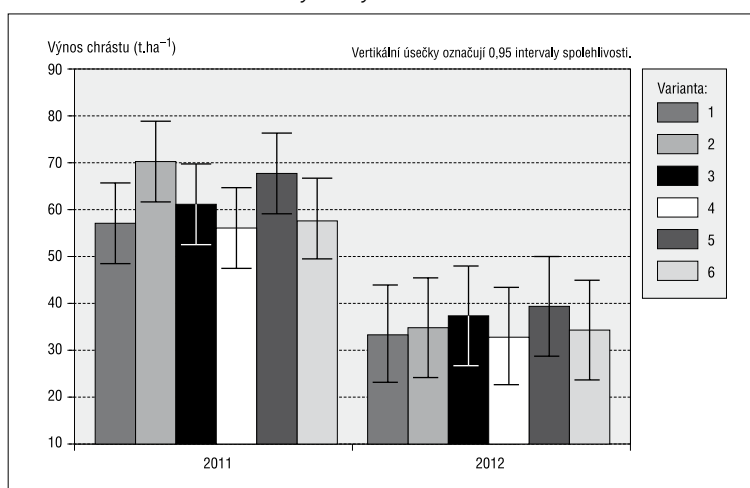
Carbonbor Na (varianta 3) byla sklizeň nejvyšší a dosahovala 95,5 t.ha⁻¹. V následujícím roce se mimokořenová výživa bórem, s výjimkou varianty 4, opět příznivě odrazila ve výnosu, rozdíly ale nebyly v důsledku mimořádného výnosu tak velké (obr. 5.). Nejvyšší výnos byl zaznamenán po aplikaci hnojiva Bortrac (varianta 5). Účinek aplikovaného bóru nemusí být vždy stejně silný, promítá se zde řada faktorů. Studie prováděná v Iráku sledovala vliv různých aplikačních termínů a dávek bóru na koncentraci sacharosy a výnos kořene. Mezi různými termíny aplikace (30, 45 a 60 dní po výsevu) nebyly zjištěny výrazné rozdíly. Naopak aplikační dávka 0 – 0,35 – 0,70 a 1,22 kg.ha⁻¹ vodorozpustného bóru (kyselina boritá) zvýšila koncentraci sacharózy i výnos kořene (11). I další studie prokázaly tyto trendy. Aplikace bóru zvýšila výnos kořene (při jeho předcházejícím nedostatku v půdě) o 2,4 t.ha⁻¹ a cukernatost o 0,46 %. Za nejefektivnější se považuje aplikace bóru na list, zvláště v oblastech, kde je stabilně zaznamenáván nedostatek bóru v půdě a dále při prvních příznacích nedostatků na listech (12). Potvrzuje to i dvouletá terénní studie z Cambridge University, kde byla srovnávána půdní a mimokořenová výživa (13).

Přítomnost množství bóru v kořeni není hlavním vodítkem pro stanovení potřebné minimální koncentrace. Je jím obsah bóru v chrástu, který by měl v ideálním případě překročit 30 mg B na 1 kg chrástu. Příznaky nedostatku lze očekávat při koncentracích nižších než 20 mg.kg⁻¹. Pokud je bór aplikován dříve než

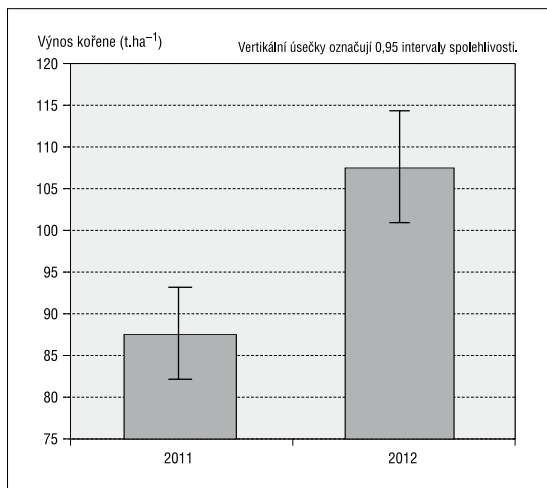
Obr. 2. Průměrný výnos chrástu



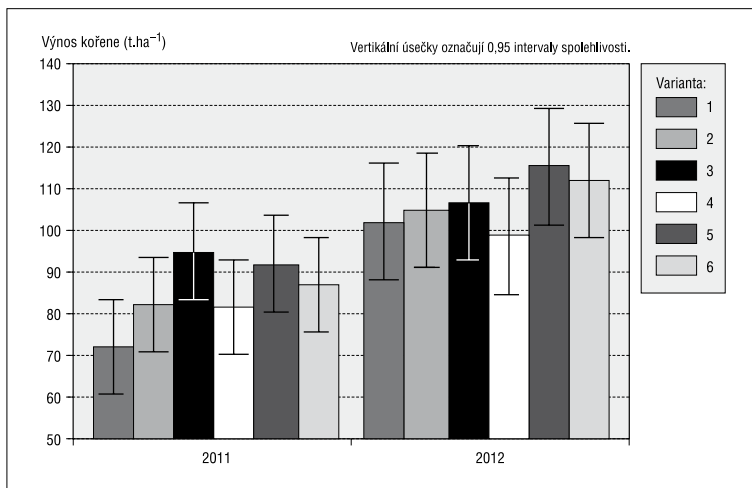
Obr. 3. Vliv ročníku a varianty na výnos chrástu



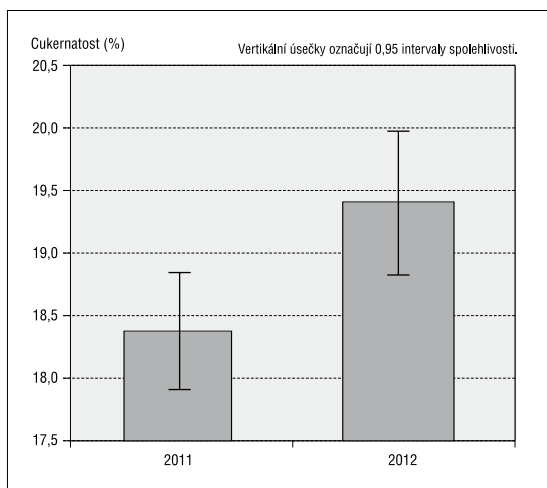
Obr. 4. Průměrný výnos bulev



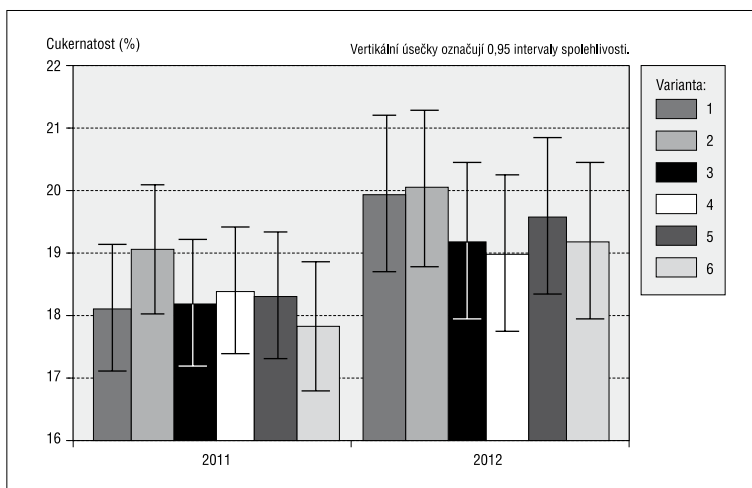
Obr. 5. Vliv ročníku a varianty na výnos bulev



Obr. 6. Průměrná cukernatost bulev



Obr. 7. Vliv ročníku a varianty na cukernatost



v červnu, není rozdíl, zda použijeme tekuté hnojivo na list či tuhé do půdy. Při aplikaci v průběhu vegetace je jedna aplikace na list málo, dvě jsou však již dostatečné a výnosy jsou totožné jako při půdní aplikaci. Obecně platí, že čím teplejší podnebí a více alkalická půda, tím vyšší dávky jsou potřeba (6).

Cukernatost bulev byla v obou letech vysoká. V roce 2012 (obr. 6.) byla průměrná cukernatost vyšší, i když zde byl vyšší výnos bulev. Naměřené hodnoty se blížily maximálním hodnotám 20–22 %, které lze v našich podmínkách dosáhnout (14).

Pokud se zaměříme na jednotlivé varianty (obr. 7.), nejvyšší cukernatost byla dosažena v obou ročnících u varianty č. 2 (Carbonbor). Přesto, že je bór mikroelement (jeho potřeba je tedy nižší v porovnání s jinými prvky), studie výnosu kořene, chrástu a cukernatosti u půd nedostatečně zásobených bórem ukazují, že je dosahováno po aplikaci bóru lepších výsledků. To potvrzují zvláště pak v roce 2011 nižší hodnoty cukernatosti u neošetřené varianty č. 1. Další parametry, jako například čistota řepné šťávy, nejsou aplikací bóru ovlivněny (6). Potvrzují to hodnoty obsahu rozpustného popela (obr. 8.). Obsah rozpustného popela byl v roce 2012 vyšší a v průměru se pohyboval okolo 0,66 %. Příznivější hodnoty byly stanoveny v roce 2011. Významnou roli tu zřejmě sehrály nadprůměrné srážky v průběhu března až srpna (tab. IV.). Docházelo zde k vyplavování živin a omezení

jejich příjmu. Listový aparát byl i ke konci vegetace mohutný a nedocházelo k translokaci kationtů do kořene.

Rozpustné minerální látky (rozpustný popel) jsou tvořeny především ionty draslíku a sodíku, které působí silně melasotvorně, čímž způsobují pokles výnosů cukru (1). Aplikace hnojiv Carbonbor Na a Carbonbor K, které výše uvedené kationty obsahují, měly i nejvyšší obsahy rozpustného popela.

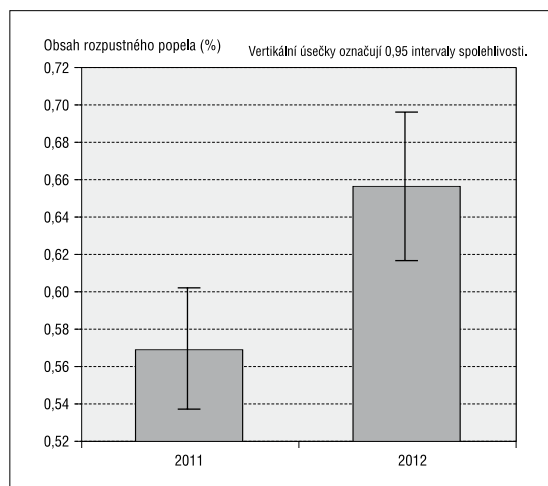
V tomto ohledu můžeme jako nejpriznivější vyhodnotit variantu 6 (obr. 9.), kde bylo aplikováno hnojivo YaraVita Brasitrel. Zde byl v obou letech obsah rozpustného popela nejnižší.

Závěr

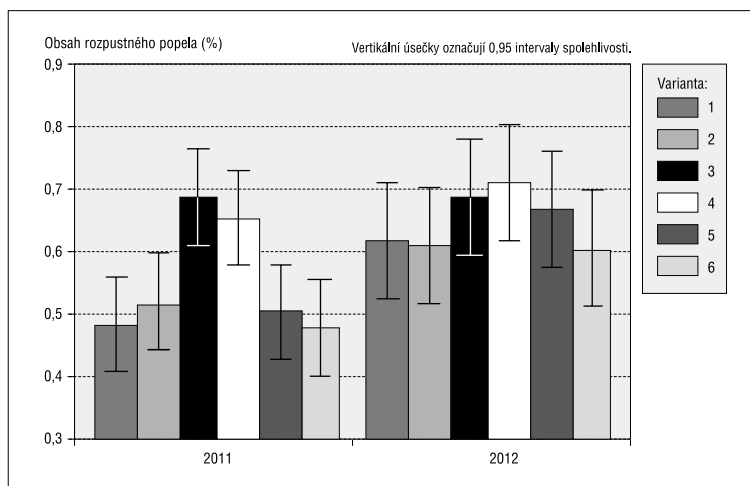
Výsledky našich pokusů potvrdily, že bór jako mikroelement má významné postavení ve výživě cukrovky a je nezastupitelný. Optimální výživa tímto prvkem podporuje výnos cukrovky i její technologickou kvalitu. Z námi testovaných hnojiv se jako nejhodnější jeví ty, kde byl aplikován pouze bór (Bortrac), případně bór s uhlíkem (Carbonbor). Přídavek sodíku sice zvyšoval zvláště v prvním roce výnos bulev, jejich kvalita ale byla horší.

Příspěvek vznikl za přispění IGA Mendelovy univerzity IP 11/2012.

Obr. 8. Průměrný obsah rozpustného popela



Obr. 9. Vliv ročníku a varianty na obsah rozpustného popela



Souhrn

V letech 2011 a 2012 byl založen maloparcelní polní pokus, který sledoval vliv aplikace bóru na výnos a technologickou kvalitu cukrové řepy. Výnos chrástu byl téměř dvojnásobně vyšší v roce 2011 ($62,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), výnos bulev byl naopak vyšší v roce 2012 ($107,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). V roce 2012 byla také vyhodnocena vyšší průměrná cukernatost (19,41 %). Příznivější, tedy nižší hodnoty rozpustného popela byly stanoveny v roce 2011 (0,57 %). Ze zkoušených hnojiv se osvědčil jako nejúčinnější Bortrac. Dobré výsledky byly dosahovány také po aplikaci hnojiva Carbonbor.

Klíčová slova: cukrová řepa, mikroelement, bór, hnojivo, výnos.

Literatura

1. RICHTER, R.; HŘIVNA, L.: *Nové trendy a poznatky při pěstování okopanin*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita Brno, 2001, 39 s.
2. BITTNER, V.; BĚHAL, R.: *Škodlivé organismy cukrovky: Abiotická poškození, choroby, škůdci, plevele*. Slavkov: Maribo Seed, 2010, 104 s., ISBN 978-80-254-8494-4.
3. GUPTA U.; SOLANKI H.: Impact of boron deficiency on plant growth. *International journal of bioassays*, 2, 2013 (7), s. 1048–1050.



4. HŘIVNA, L. ET AL.: *Komplexní výživa cukrovky*. Danisco, 2003, 84 s.
5. DRAYCOTT, P. A.: *Sugar Beet*. UK: Blackwell publishing, 2008, 474 s., ISBN 13:978-1-4051-1911-5.
6. DRAYCOTT, P. A.; CHRISTENSON, R. D.: *Nutrients for sugar beet production Soil-Plant Relationships*. UK: CABI publishing, 2003, 242 s., ISBN 08-5199-623-X.
7. VANĚK, V. ET AL.: *Výživa a hnojení polních a zabradních plodin*. Praha: Profi press, 2002, 132 s., ISBN 80-902413-1-X.
8. FRIML, M.; TICHÁ, B.: *Laboratorní kontrola cukrovarnické výroby. Díl I, Základní rozbor*. Praha: VÚPP Středisko technických informací potravinářského průmyslu, 1986, 152 s.
9. STÁVKOVÁ, J.; DUFEK, J.: *Biometrika*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2005, 194 s.
10. DIVIŠ, J.: *Pěstování rostlin: (učební texty pro obor provozní podnikatel a pozemkové úpravy a převody nemovitosti)*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Č. Budějovicích, 2010, 260 s.
11. PULKRÁBEK, J.: *Řepa cukrová: pěstitelský rádce*. Praha, 2007, 64 s.
12. ARMIN, M.; ASGHARIPOUR, M. R.: Effect of time and concentration of boron foliar application on yield and quality of sugar beet. *Asian Journal of Plant Sciences*, 10, 2011 (5), s. 307–311.
13. KRISTEK, A. ET AL.: Vliv hojení bórem a hořčíkem na list na výnosové prvky u cukrovky. *Listy cukrov. řepář.*, 119, 2003 (4), s. 106–108.

Hřivna L., Pechková J., Burešová I.: Effect of Boron Application on Yield and Technological Quality of Sugar Beet

In the years 2011 and 2012, a small plot field experiment was set up monitoring the influence of boron application on yield and technological quality of sugar beet. The yield of leaves was almost twice higher in 2011 ($62.6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). On the other hand, the yield of roots was higher in 2012 ($107.6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Also in 2012, higher average sugar content (19.41 %) was observed. More favorable, lower values of soluble ash were observed in 2011 (0.57 %). Among the tested fertilizers, Bortrac has proven to be most effective. Good results were also achieved by the application of fertilizer CARBONBOR.

Key words: sugar beet, microelement, boron, fertilizer, yield.

Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Mgr. Jana Pechková, Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav technologie potravin, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: pechkovajana@tiscali.cz