

# 纽荷尔脐橙缺硼表现与其硼、糖含量年变化的关系

肖家欣<sup>1,2</sup> 严翔<sup>3</sup> 彭抒昂<sup>1\*</sup> 邓秀新<sup>1</sup> 方贻文<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>华中农业大学园艺林学学院, 园艺植物生物学教育部重点实验室, 武汉 430070; <sup>2</sup>安徽师范大学生命科学学院, 芜湖 241000; <sup>3</sup>江西省赣州市柑橘科学研究所, 赣州 341401)

**摘要:** 研究了赣南‘纽荷尔’和‘朋娜’脐橙果实及叶片的硼和可溶性糖含量的年变化。结果表明: 幼果期两品种果皮硼含量均较高, 之后果皮与果肉硼含量均趋下降, 但在果实膨大中后期均出现显著上升。纽荷尔越冬老叶硼含量趋明显下降并居较低水平, 而朋娜老叶硼含量变幅小且相对较高。果实膨大中后期两品种果皮和果肉的可溶性糖含量均与果实硼含量出现同步积累, 此时二者老叶和朋娜春梢叶的糖含量均出现低谷, 而对应纽荷尔春梢叶糖含量并无明显下降。

**关键词:** 柑橘; 硼; 糖; 缺素症; 缺硼病

**中图分类号:** S 666; Q 945 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2006) 02-0356-04

## Relationship between Boron Deficiency Occurrence and Annual Changes in Contents of Boron and Sugar of Newhall Navel Orange

Xiao Jiaxin<sup>1,2</sup>, Yan Xiang<sup>3</sup>, Peng Shu'ang<sup>1\*</sup>, Deng Xiuxin<sup>1</sup>, and Fang Yiwen<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>College of Horticulture and Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University, Key Laboratory of Horticultural Plant Biology, Ministry of Education, Wuhan 430070, China; <sup>2</sup>College of Life Sciences, Anhui Normal University, Wuhu 241000, China;

<sup>3</sup>Institute of Citrus Science Research of Ganzhou City, Ganzhou 341401, China)

**Abstract:** Annual changes of boron (B) and soluble sugar (SS) concentrations were investigated in fruits and leaves of both Newhall (*Citrus sinensis* Osbeck) and Skagg's Bonanza (*C. sinensis* Osbeck) navel orange in the south part of Jiangxi province. The results showed that B concentrations in the rind were relatively high during fruitlet growth, and then those of both rind and pulp decreased, while the significant increases of B concentrations were detected in both rind and pulp from the two cultivars during middle and late fruit enlargement. Meanwhile, B concentration decreased progressively and remained relatively low in old leaves from last season of Newhall, whereas was relatively high and changed little in old leaves from Skagg's Bonanza. During the middle and late stage of fruit enlargement, SS concentrations in both rind and pulp from the two cultivars accumulated significantly in accordance with B of them, meanwhile, notable decreases were presented for SS both in old leaves from the two cultivars and in spring-flush leaves from Skagg's Bonanza, whereas no obvious decrease was found for SS in spring-flush leaves of Newhall.

**Key words:** *Citrus sinensis* Osbeck; Navel orange; Boron; Sugar; Chemical elements deficiency; Boron deficiency

## 1 目的、材料与方法

江西赣南是我国柑橘的优势产区, 但当地的红黄壤条件致使柑橘缺素现象比较普遍, 特别是主栽品种‘纽荷尔’脐橙的缺硼症状突出: 随着果实的发育其越冬老叶叶脉表现为严重木栓化或龟裂, 严重时当年春梢叶在后期也有此表现。越冬老叶贮存的营养对柑橘翌年的开花结果十分重要, 如果缺硼, 会使其功能急剧下降, 从而严重影响产量与效益。但在同样的土壤与栽培管理条件下, ‘朋娜’等品种缺硼症状并不明显, 这说明不同脐橙品种对硼的吸收或敏感反应存在差异。业已清楚, 硼的吸

收稿日期: 2005 - 06 - 24; 修回日期: 2005 - 08 - 26

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30471202); 湖北省自然科学基金优秀团队项目

\*通讯作者 Author for correspondence (E-mail: ganjuli\_2002@mail.hzau.edu.cn)

收、运输及其利用与糖有着非常密切的关系<sup>[1,2]</sup>, 但将不同品种、不同果实部位与其周围叶片的硼、糖含量动态进行比较测定分析, 还未见报道。本研究以‘朋娜’脐橙为对照, 对‘纽荷尔’脐橙果实和叶片中的硼、糖含量年变化进行了分析, 以探讨纽荷尔脐橙硼和糖含量年变化特点及其与缺硼表现的关系。

试验于 2003 ~ 2004 年在江西省赣州市柑橘科学研究所试验果园进行。土壤基本农化性状为: 热水溶性 B 0.276 mg/kg, 有效 N 0.168 g/kg, 有效 P 28.665 mg/kg, 有效 K 212.206 mg/kg, 有效 Mg 153.548 mg/kg, 有效 Ca 1.600 g/kg, pH 6.33。试材为 10 年生枳砧‘纽荷尔’脐橙 (*Citrus sinensis* Osbeck ‘Newhall’) 和‘朋娜’脐橙 (*C. sinensis* Osbeck ‘Skagg’s Bonanza’) 各 15 株, 5 株小区, 3 次重复。叶样和果样从盛花后 20 d 开始采取, 每隔 20 d 取样 1 次, 直至果实成熟采收。每次取样时从每株树上取果实周围的越冬老叶及当年生春梢叶各 10 片及大小相对均匀一致的果实 2 ~ 5 个, 并将果实分成果皮和果肉两部分 (开始两次幼果样未分, 均以整个幼果代表果皮)。样品于 105 °C 烘箱中杀青 20 min 后, 置于 75 °C 恒温烘箱中烘至恒重, 粉碎过筛后置于干燥器中保存供测定用。硼含量用等离子体发射光谱仪 (美国 VARIAN 公司 VISTA-MPX 型 ICP-OES) 测定<sup>[3]</sup>。可溶性糖采用蒽酮比色法。数据处理采用 SAS 软件中 ANOVA 过程作不同时期差异显著性测定, 并用 LSD 法作各时期多重比较。

## 2 结果分析与讨论

### 2.1 果实发育期果实和叶片硼含量的变化

‘纽荷尔’和‘朋娜’脐橙果皮硼含量呈现相似的变化趋势: 幼果期相对较高, 果实膨大前期出现明显下降, 果实膨大中后期 (花后 140 ~ 160 d) 出现显著上升 (图 1, A)。

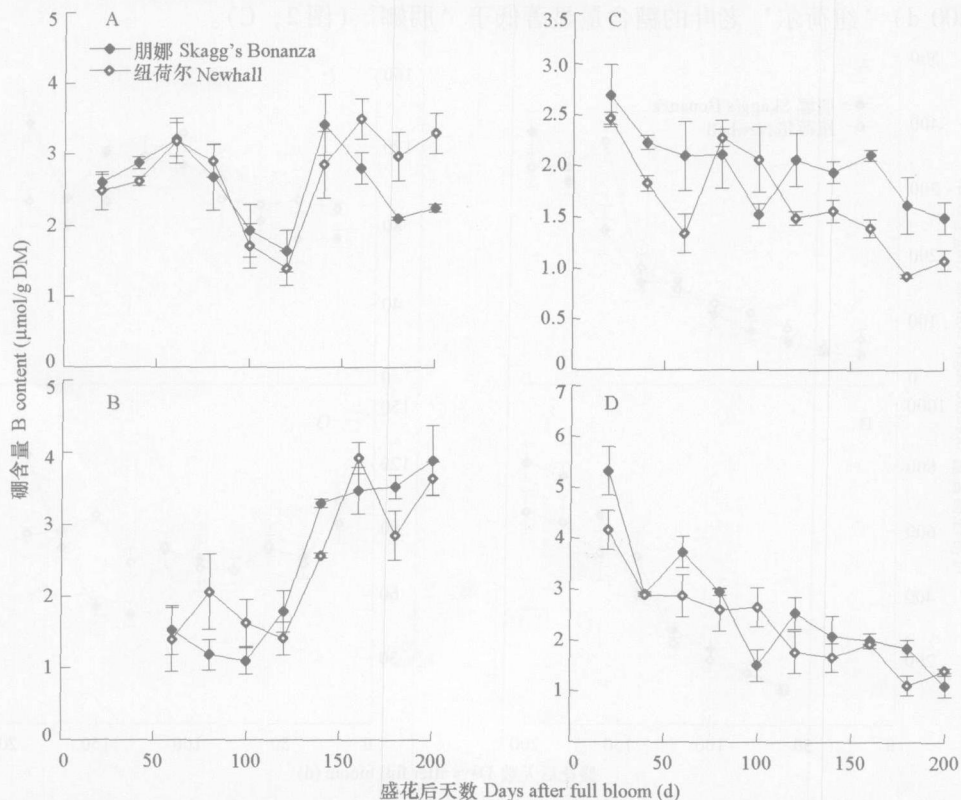


图 1 2004 年脐橙果实发育期果皮 (A)、果肉 (B)、越冬老叶 (C) 和当年春梢叶 (D) 硼含量的变化

Fig 1 Changes in boron content of fruit rind (A), pulp (B), old leaf from last season (C) and spring-flush leaf from current year (D) during navel orange fruit development in 2004

两品种果肉硼含量变化亦基本一致：于果实膨大中后期均出现大幅度上升（图 1, B）。二者老叶硼含量变化规律存在着显著差异：幼果期纽荷尔下降幅度大，由 20 d 的  $2.464 \mu\text{mol/g}$  降至 60 d 的  $1.338 \mu\text{mol/g}$ ，而此期间‘朋娜’变幅小；果实膨大中后期（花后 140 ~ 200 d）‘纽荷尔’下降显著并处于相对较低水平（图 1, C）。

2003 和 2004 年两年的硼含量变化规律基本一致：果实（果皮和果肉）硼含量在幼果期和果实膨大中后期居相对较高水平或显著上升时，‘纽荷尔’的越冬老叶硼含量却显著下降并居相对较低水平，而‘朋娜’老叶硼含量相对较高且变幅较小。

以上结果表明，‘纽荷尔’果实硼含量有 2 个高峰，即幼果期和果实膨大期。这与作者在宽皮柑橘品种（正常硼水平果园）上的研究结果<sup>[4,5]</sup>相类似。而正是在果实硼含量居较高或出现高峰时，‘纽荷尔’越冬老叶的硼却显著下降且含量值相对较低，而‘朋娜’却不同（图 1）。这似乎表明‘纽荷尔’越冬老叶的缺硼与其周围果实发育的需硼有关。又由图 1, D 可知，两品种春梢叶片硼含量均随着叶龄的增长而呈下降趋势，且二者之间并无明显差异。这说明只是‘纽荷尔’越冬老叶的硼含量动态与果实发育的需硼动态呈明显的负相关，而也许正是这种负相关，导致了‘纽荷尔’缺硼症状在幼果期和果实膨大中后期普遍显现。

## 2.2 果实发育期果实和叶片可溶性糖含量的变化

两品种果皮和果肉可溶性糖含量均随果实的发育呈上升趋势，且均于果实膨大中后期上升较快，而在整个膨大后期至成熟期间‘纽荷尔’果肉糖含量显著低于‘朋娜’（图 2, A、B）。两品种越冬老叶可溶性糖含量均于果实生长前期出现积累，中后期在果实糖含量显著上升时（如花后 160 d）出现明显下降。所不同的是，‘纽荷尔’老叶的可溶性糖在花后 100 d 达到高峰后急剧下降并一直处于较低的水平，而‘朋娜’在花后 160 d 短暂回落至谷底后又迅速回升至较高水平。另外，在后期（花后 140 ~ 200 d）‘纽荷尔’老叶的糖含量显著低于‘朋娜’（图 2, C）。

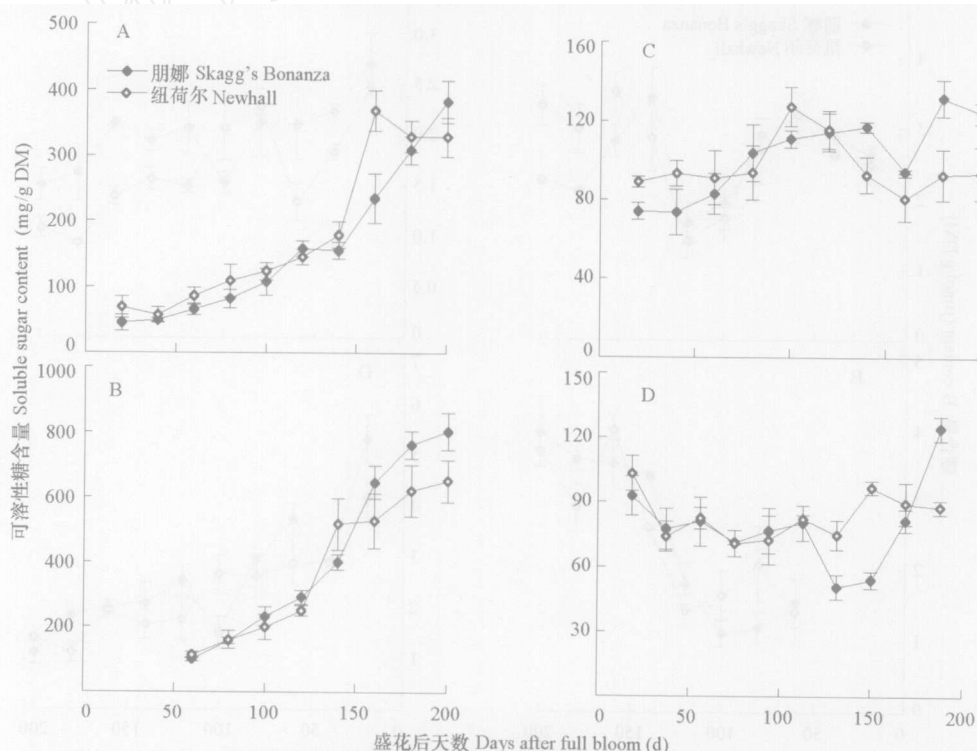


图 2 脐橙果实发育期果皮 (A)、果肉 (B)、越冬老叶 (C) 和当年春梢叶 (D) 的可溶性糖含量变化

Fig. 2 Changes in soluble sugar content of fruit rind (A), pulp (B), old leaf from last season (C) and spring-flush leaf from current year (D) during navel orange fruit development

二者春梢叶片的可溶性糖在前期变幅均较小, 中后期变化趋势存在明显差异。在果实糖含量急剧上升时, ‘朋娜’春梢叶糖含量出现显著下降(如花后 140 ~ 160 d), 在成熟期迅速回升至较高的水平, 而‘纽荷尔’春梢叶可溶性糖含量一直较平稳, 在中后期并无明显下降过程(图 2, D)。

本研究的结果表明, 两品种果实的可溶性糖含量均于果实膨大中后期开始急剧上升, 并与对应硼含量显著上升的时期相一致(图 1, 图 2), 可见硼与糖的关系紧密。一般认为, 植物硼等矿质营养的吸收运输主要依靠蒸腾拉力, 而此时期果肉对硼的大量吸收并不能用蒸腾作用来解释, 可见脐橙果实作为生理代谢旺盛的“库”, 对硼有极强的吸收力。对比叶片与果实糖的动态可知, 在果实可溶性糖含量开始急剧上升时, 叶片的糖含量显著下降并落入低谷(图 2), 说明果实糖的积累由其周围的叶片提供。在夏秋季的果实糖积累期, 糖的积累应主要由当年生春梢叶片提供。但对比两品种越冬老叶与春梢叶可溶性糖的动态可知, 在果实糖含量显著上升时, ‘朋娜’的越冬老叶与春梢叶糖含量均出现下降和低谷, 而‘纽荷尔’却只有越冬老叶的糖含量有明显下降过程, 且含量亦相对较低(图 2)。这说明‘纽荷尔’的越冬老叶由于缺硼已严重衰老, 光合功能衰退; 此时春梢叶片硼含量也在低量范围, 虽未明显表现症状, 但足以使糖的运输受阻, 即使在果实糖积累的高峰期也不受影响(图 2, D), 这与此时期‘纽荷尔’果肉糖含量明显比‘朋娜’低相吻合(图 2, B), 也与 Camacho-Cristóbal 等<sup>[6]</sup>在烟草上的研究结果相一致。虽然‘纽荷尔’春梢叶片后期的硼含量较‘朋娜’低得不太明显(图 1, D), 但‘纽荷尔’也许在对硼的敏感反应上要强得多。‘朋娜’的越冬老叶和当年生春梢叶的可溶性糖含量在果实糖积累高峰过后均有迅速回升过程, 尤其是春梢叶片的回升幅度大(图 2), 说明‘朋娜’糖的代谢较正常, 且受硼含量的影响小。

此外, 参照文献 [7] 中的甜橙类叶片营养诊断标准, 果实发育期‘纽荷尔’老叶硼含量相对较低且大都处于硼缺乏范围(小于  $2.0 \mu\text{mol/g}$ ) (图 1, C), 故生产上容易表现出明显的缺硼症状, 但两品种的当年生春梢叶片在中后期也处于硼低量范围(图 1, D), ‘纽荷尔’春梢叶在后期严重时也出现症状, 而‘朋娜’并无缺硼表现。可见缺硼症状的显现, 除与品种间对硼敏感反应的差异外, 还与叶片当时所处的功能和衰老程度有关。

## 参考文献:

- 1 Marschner H. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press, 1995. 243 ~ 267
- 2 Brown P H, Shelp B J. Boron mobility in plants. Plant and Soil, 1997, 193: 85 ~ 101
- 3 Hofman P J, Vuthapanich S, Whaley A W, Klieber A, Simons D H. Tree yield and fruit minerals concentrations influence ‘Hass’ avocado fruit quality. Scientia Horticulturae, 2002, 92: 113 ~ 123
- 4 肖家欣, 彭抒昂. 柑橘开花前后子房(幼果)钙、硼营养与 IAA、 $\text{GA}_{1/3}$  动态研究. 果树学报, 2004, 21 (2): 132 ~ 135  
Xiao J X, Peng S A. Studies on dynamics of calcium, boron nutrients and IAA,  $\text{GA}_{1/3}$  in ovary (fruitlet) around citrus flowering. Journal of Fruit Science, 2004, 21 (2): 132 ~ 135 (in Chinese)
- 5 Xiao J X, Peng S A, He H P. Studies on dynamics of boron and magnesium nutrients during fruit development of parthenocarp and self-pollinated citrus cultivars. Acta Botanica Yunnanica, 2005, 27 (4): 419 ~ 424
- 6 Camacho-Cristóbal J J, González-Fontes A. Boron deficiency causes a drastic decrease in nitrate content and nitrate reductase activity, and increase the content of carbohydrates in leaves from tobacco plants. Planta, 1999, 209: 528 ~ 536
- 7 庄伊美. 柑桔营养与施肥. 北京: 中国农业出版社, 1994. 137 ~ 176  
Zhuang Y M. Citrus nutrition and fertilizer. Beijing: Chinese Agriculture Press, 1994. 137 ~ 176 (in Chinese)