

四季柚生育期叶片和果实中矿质元素含量变化的研究

陈巍, 郭秀珠, 黄品湖, 潘君慧, 徐文荣, 林绍生*

(浙江省亚热带作物研究所, 浙江温州 325005)

摘要: 本研究以四季柚为试材, 定期测定果实发育周期内叶片与果实的矿质元素含量, 研究四季柚叶片和果实矿质养分需求特征与相关性, 为果树营养科学调控, 优质高效施肥提供理论依据。结果显示, 叶片生长过程中 N、P 元素含量呈逐渐下降趋势, K、Ca、Mg、B、Zn 含量呈先增后降趋势, S 含量总体保持上升趋势, Fe 含量呈现先降后稳再上升趋势, Cu 含量总体较稳定, Mn 含量呈现出先上升后下降再上升趋势; 果实生长过程中, N、P、K、Ca、S 含量呈下降趋势, Mg 含量呈现先升后降的趋势, 微量元素中 Fe、Mn 元素含量变化幅度较小, B、Zn、Cu 元素含量变化趋势略有不同。叶片与果实之间矿质元素协同吸收作用较弱, 而果实与果皮之间作用较强。研究表明, 萌芽前应适当增施氮、磷肥, 6 月中旬增施钙肥, 7 月中旬增施钾肥和镁肥, 以及重视微量元素肥料的应用。

关键词: 四季柚; 果实; 叶片; 矿质元素

中图分类号: S666.3.601

文献标识码: A

文章编号: 1008-505X(2013)03-0664-06

Variations of mineral elements contents in Sijiyou pummelo leaves and fruits during the development period

CHEN Wei, GUO Xiu-zhu, HUANG Pin-hu, PAN Jun-hui, XU Wen-rong, LIN Shao-sheng*

(Zhejiang Institute of Subtropical Crops, Wenzhou, Zhejiang 325005, China)

Abstract: As an important part in fruit cultivation, fertilization becomes one of the most effective technologies to improve yield and quality of fruit. Combination with plant nutrition diagnostic techniques, the theory of mineral nutrition with fertilization techniques on fruit production was applied to understand surplus-deficit status of nutrient elements at fruit growth period of Sijiyou pummelo [*Citrus grandis* (L.) Osbeck] and to provide theoretical basis for the nutritional regulation and rational fertilization application. The contents of mineral elements in Sijiyou pummelo leaves and fruits at the fruit development period were measured to study their variation characteristics and correlations. The research was carried out in plants of over 40 years old in Sijiyou pummelo production base in Zhejiang province since 2009. The results show that during the development of leaves, the N and P contents decreased gradually, the K, Ca, Mg, B and Zn contents increased in the early phase and decreased later, and the S content increased on the whole. The Fe content decreased gradually in the early phase, then steady, and increased later. The Cu content kept stable, and the content of Mn increased and then decreased, and finally increased. In the development of fruits, the N, P, K, Ca and S contents present downward trends all along, the Mg content increased at the early phase and decreased later, the Fe and Mn contents kept relatively stable, and the contents of B, Zn and Cu slightly different at the development period. The level of collaborative absorption of mineral elements was weak between fruits and leaves, but strong between flesh and peel. Relatively high N and P fertilizer rates should be used before the budding, proper amount of Ca fertilizer in mid-June, K and Mg fertilizers in mid-July should be applied, and microelements fertilizer application should be emphasized.

Key words: Sijiyou pummelo; fruit; leaf; mineral element

收稿日期: 2012-09-04

接受日期: 2013-01-10

基金项目: 浙江省科技厅优先主题重点农业科研项目(2009C12093, 2011C12017)资助。

作者简介: 陈巍(1983—), 男, 山西高平人, 助理研究员, 主要从事果树资源与栽培研究。E-mail: carchen110@163.com

* 通信作者 E-mail: lshsh28@sina.com

随着我国水果产业逐渐扩大,对果树产量和品质的要求逐渐提高,进而对栽培技术提出了更高要求,而营养与施肥作为生产中最直接、最关键的一个环节,成为实现此目标的主要途径之一^[1-3]。将矿质营养原理与施肥技术运用到果树生产上,结合树体营养诊断技术,从而了解果树生长过程中营养元素的盈亏状况,是指导合理施肥的重要依据。在对欧李、扁桃、葡萄、梨等果树的研究中已有此类报道^[4-7]。

四季柚为芸香科柑桔亚科柑桔属,是我国柚类优良资源之一,其皮薄而光滑,无裂果,无核,果肉柔嫩化渣,品质风味极佳,是浙江省传统名果。关于其生物学特性、配方施肥等方面已有报道^[8-9],而有关其矿质营养方面的研究还未见报道。本研究以四季柚为试材,通过在果实发育周期内定期测定叶片与果实的矿质元素含量,研究四季柚叶片和果实矿质养分需求特征与相关性,为树体营养科学调控、优质高效施肥提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验设计

试验在浙江省亚热带作物研究所马站试验站四季柚生产基地进行,果园土壤的基础肥力为:有机质含量 18.3 g/kg、全氮 2.09 g/kg、全磷 0.52 g/kg、速效氮 38.2 mg/kg、速效磷 195 mg/kg、速效钾 190 mg/kg、pH 值 5.58。果园每年施肥 3 次,分别为:3 月初施春肥(每株施尿素 1 kg,过磷酸钙 1.5 kg);6 月底施夏肥(每株施三元复合肥 1 kg);12 月底施冬肥(每株施腐熟鸡粪 25kg)。果园 3 月份喷一次石硫合剂,其余时期用多菌灵和农用链霉素进行病害防治。试验材料为 40 年树龄四季柚,选取 5 株长势一致、正常结果的树体作为试验材料。叶片取样时间为 4 月中下旬(春梢叶完整展开)至 12 月中旬,每月取样一次,每株采 10 片,共 50 片,重复三次。果实取样时间为花后 6 周(6 月中旬)至果实成熟,每 15 d 取样一次,每株采 4 个果,共 20 个果,3 次重复。按常规方法进行洗涤,将叶片和果实(果肉和果皮),烘干、粉碎、过筛,并贮于塑料瓶中待测。

1.2 测定项目及方法

叶片和果实矿质元素的测定 氮、磷、钾采用 $H_2SO_4 - H_2O_2$ 消解,分别采用改良式凯氏定氮法、钼蓝比色法和火焰光度计测定;钙、镁、铜、锌、锰、铁采用 Multiwave3000 微波消解仪消解,

iCE3500 型原子吸收分光光度计测定;硫采用 $HNO_3 - HClO_4$ 消煮,比浊法测定;硼采用姜黄素比色法测定^[10]。

试验数据采用 SPSS version 13.0 和 Excel 2003 软件进行统计分析和作图。

2 结果与分析

2.1 四季柚生长期叶片矿质元素的变化

2.1.1 四季柚生长期叶片大量元素含量的变化 如图 1 所示,四季柚叶片中 N 含量最高,其次为 K, P 含量较低,各元素呈现出不同的动态变化模式。叶片生长过程中, N 含量呈逐渐下降趋势,最大值为 2.80%,至 12 月中旬降至最低,下降了 0.68 个百分点; P 含量变化幅度较小,5 月中旬至 6 月中旬含量最高,为 0.25%,9 月中下旬至 12 月中旬下降 0.02 个百分点; K 含量呈先升后降趋势,8 月中旬达到最大为 2.18%。

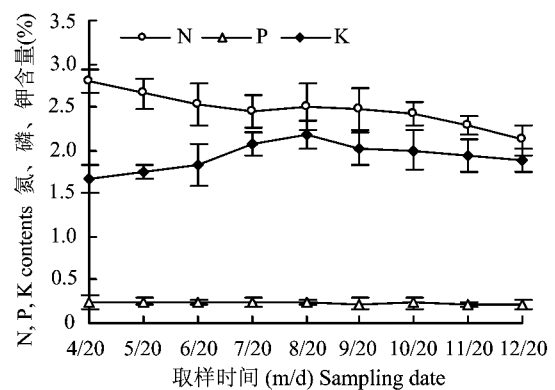


图 1 四季柚生长期叶片大量元素含量的变化
Fig.1 Changes of major elements in the leaves of Sijiyou pummelo at the growth periods

2.1.2 四季柚生长期叶片中量元素含量的变化 从图 2 可以看出,四季柚叶片中量元素中 Ca 含量最高,其次为 S 和 Mg。叶片生长过程中,Ca、Mg 含量均呈先升后降趋势,至 7 月中旬达到最大,分别为 3.18% 和 0.33%;而 S 含量总体保持上升趋势,最大值为 0.45%。

2.1.3 四季柚生长期叶片微量元素含量的变化 图 3 显示,四季柚叶片微量元素中 Fe 含量最高,其次为 B、Mn 和 Zn,Cu 含量最低,且各元素动态变化有所不同。Fe 含量总体呈现出先下降后稳再上升趋势,最大值出现在 12 月 20 日,为 110.30 mg/kg,6 月中旬至 9 月中旬变幅较小;B、Zn 含量呈先升后降趋势,最大值分别出现在 10 月 20 日和 6 月 20 日,

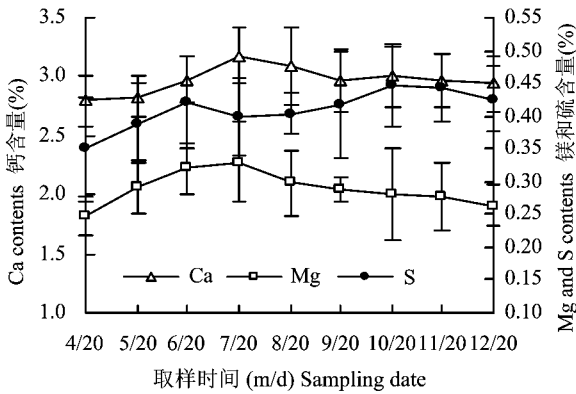


图2 四季柚生长期叶片中量元素含量变化

Fig.2 Changes of secondary elements in the leaves of Sijiyou pummelo at the growth periods

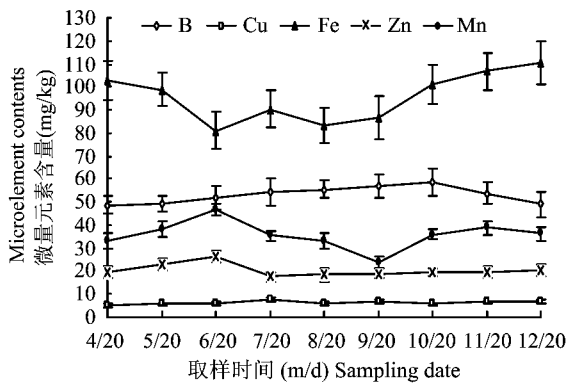
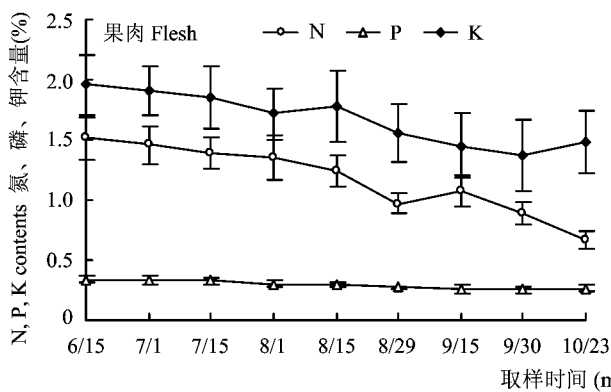


图3 四季柚生长期叶片微量元素变化

Fig.3 Changes of microelements content in the leaves of Sijiyou pummelo at the growth periods

为 58.80 mg/kg 和 26.22 mg/kg; Mn 含量呈先上升后下降再上升趋势,最大值出现在 6 月 20 日,为 46.68 mg/kg; Cu 含量总体较稳定,最大值为 7.73



mg/kg。

2.2 四季柚生长期果实矿质元素的变化

2.2.1 四季柚生长期果实大量元素含量的变化 四季柚果肉和果皮大量元素中 K 含量最高,其次为 N, P 含量最低(图 4)。同一时期比较,果肉中 N、P、K 含量均高于果皮。6 月中旬四季柚果肉和果皮 N、P、K 含量分别为 1.51%、0.34%、1.96% 和 1.37%、0.24%、1.82%,随果龄增长其含量出现下降趋势,至采收时分别下降了 0.84、0.08、0.47 和 0.48、0.07、0.54 个百分点。

2.2.2 四季柚生长期果实中量元素含量的变化 图 5 显示,四季柚果肉和果皮中量元素中 Ca 含量最高,果皮中 Mg 含量高于 S。同一时期比较,果肉 S 含量高于果皮,而果皮 Ca、Mg 含量高于果肉。四季柚果肉和果皮 Ca 含量随果龄增大而出现下降趋势,至采收时下降了 0.24 和 0.46 个百分点; Mg 含量呈现先升后降的趋势,8 月 1 日达到最大值,其值分别为 0.098% 和 0.174%,8 月 29 日后逐渐趋稳; S 含量呈现出间断性下降趋势,至采收时分别下降了 0.070 和 0.034 个百分点。

2.2.3 四季柚生长期果实微量元素含量的变化 从图 6 可以看出,四季柚果肉和果皮微量元素中 Fe 含量最高,其次为 B,再次为 Zn,在果肉中 Cu 含量高于 Mn,而果皮则相反。同一时期比较,果肉 Fe、Cu、Zn 含量高于果皮,而果皮 B、Mn 含量高于果肉。与大、中量元素相比,四季柚生长期微量元素含量较稳定,果肉和果皮 Fe、Mn 元素含量变化幅度较小,B、Zn、Cu 元素含量变化趋势略有不同。

2.3 四季柚不同矿质元素含量相关性分析

2.3.1 四季柚果实与叶片矿质元素相关性分析 对四季柚果实与叶片的 11 种矿质元素含量变化的相

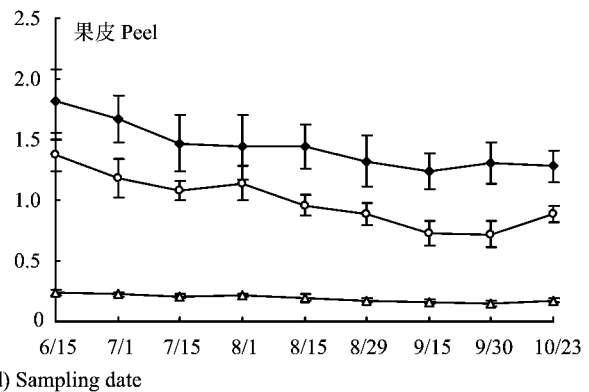


图4 四季柚生长期果实大量元素含量变化

Fig.4 Changes of major elements in the fruit of Sijiyou pummelo at the growth periods

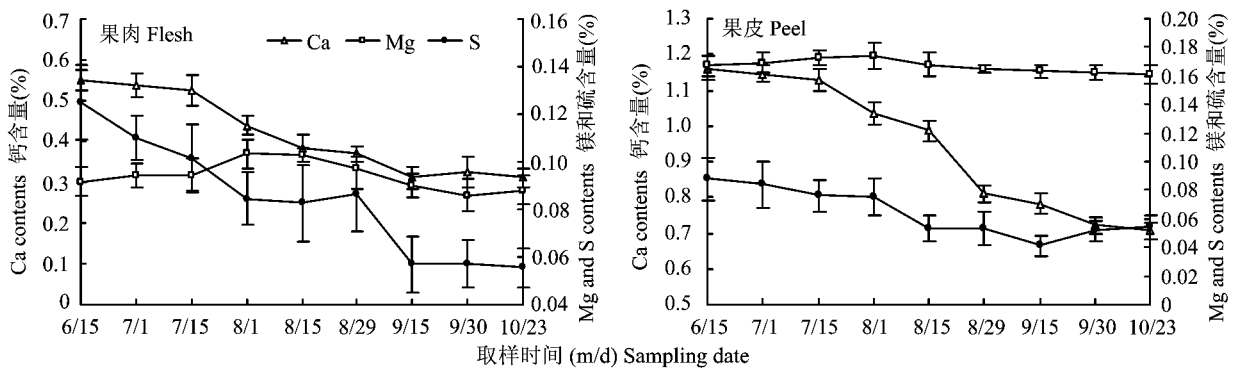


图5 四季柚生长期果实中量元素含量变化

Fig. 5 Changes of secondary elements contents in the fruit of Sijiyou pummelo at the growth periods

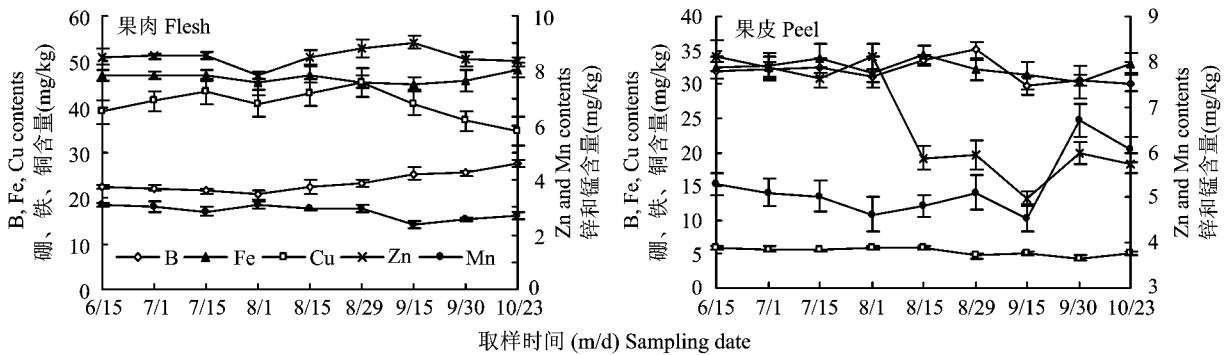


图6 四季柚生长期果实微量元素含量变化

Fig. 6 Changes of microelements contents in the fruit of Sijiyou pummelo at the growth periods

相关性分析结果显示,果实与叶片之间 N 与 P 呈极显著正相关,相关系数为 0.963, N 与 B 呈极显著负相关,相关系数为 -0.985; P 与 B 呈显著负相关,相关系数为 -0.929; K 与 Ca 呈显著正相关,相关系数为 0.889; Ca 与 Mg 呈极显著正相关,相关系数为 0.981; Mg 与 B 呈显著负相关,相关系数为 -0.879; S 与 Mn 呈显著正相关,相关系数为 0.929 (表 1)。

2.3.2 四季柚果肉与果皮矿质元素相关性分析 如表 2 所示,果肉与果皮 N、P、K、Ca、S 五种元素之间分别呈极显著正相关,相关系数最大值为 0.984,最小值为 0.946; B 与 N 呈显著负相关,相关系数为 -0.709; Cu 与 Mg 元素呈极显著正相关,相关系数为 0.860, Cu 与 N、P、K、Ca 元素呈显著正相关,其相关系数分别为 0.747、0.720、0.671、0.745; Zn 与 N、P、K、Ca、S 元素呈极显著正相关,其相关系数分别为 0.923、0.913、0.881、0.935、0.962,与 B 元素呈显著负相关,其相关系数为 -0.667。

3 讨论

叶片是植物制造养分供果实生长发育的主要器官^[11],柚类果实矿质元素含量占树体养分吸收量的比例较大^[12],因此探明四季柚叶片和果实的矿质元素含量变化规律对合理施肥具有重要的参考价值。本研究中通过比较叶片和果实大量元素含量变化表明,N、P 含量在生长过程中呈逐渐下降趋势,说明萌芽前保证树体的 N、P 含量以满足叶片、果实的生长发育十分必要;叶片 K 含量在 7 月中旬即果肉膨大期开始增加,因此果实生长后期应施配钾肥。中量元素方面,叶片和果实 Mg 含量呈现先增后降趋势,说明 7 月中旬以后应适当增施镁肥以利于果实发育和叶片生长,叶片 Ca 含量 6 月中旬开始增加,因此果实生长中期应增加钙肥。与大、中量元素相比,果实与叶片中微量元素变化幅度较小,生产上可通过施微量元素肥料满足树体需求。微量元素肥料各有适宜的施用技术,包括施肥量、施肥期和施肥方法^[13-14]。如未能适时适量使用微肥,在 8 月

表 1 四季柚叶片与果实矿质元素相关性分析
Table 1 The correlation of mineral elements between leaves and fruits in Sijiyou pummelo

元素 Elements	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Zn
P	0.963**									
K	0.788	0.832								
Ca	0.762	0.804	0.889*							
Mg	0.822	0.825	0.836	0.981**						
S	0.547	0.669	0.218	0.264	0.296					
B	-0.985**	-0.929*	-0.760	-0.804	-0.879*	-0.483				
Cu	0.279	0.180	0.399	0.654	0.689	-0.398	-0.422			
Fe	-0.744	-0.556	-0.509	-0.359	-0.459	-0.012	0.736	-0.288		
Zn	0.708	0.707	0.230	0.184	0.277	0.870	-0.640	-0.363	-0.446	
Mn	0.675	0.824	0.531	0.487	0.470	0.929*	-0.591	-0.301	-0.107	0.787

注(Note): **— $P < 0.01$; *— $P < 0.05$

表 2 四季柚果肉与果皮矿质营养元素相关性分析
Table 2 The correlation of mineral elements between flesh and peel in Sijiyou pummelo

元素 Elements	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Zn
P	0.977**									
K	0.956**	0.984**								
Ca	0.978**	0.977**	0.956**							
Mg	0.624	0.566	0.481	0.606						
S	0.946**	0.964**	0.961**	0.956**	0.479					
B	-0.709*	-0.602	-0.518	-0.665	-0.606	-0.520				
Cu	0.747*	0.720*	0.671*	0.745*	0.860**	0.622	-0.469			
Fe	0.262	0.431	0.452	0.359	0.179	0.324	0.120	0.327		
Zn	0.923**	0.913**	0.881**	0.935**	0.487	0.962**	-0.667*	0.543	0.164	
Mn	-0.226	-0.152	-0.055	-0.178	-0.476	0.010	0.337	-0.632	0.093	0.006

注(Note): **— $P < 0.01$; *— $P < 0.05$

底前,需要增施微肥的任意时间可以叶面喷施微肥。另外,随着收获果实带走了大量营养,按照“归还学说”,必需补充果实带走的这部分营养才能持续增产,本文未能计算果实的养分吸收量,有待于进一步研究。

土壤矿质营养元素有效性、元素间的相互作用

以及树体养分需求特性等决定了柚类矿质营养元素的吸收和分配。柚类生产中偏施氮、磷、钾肥,而忽视施用微肥,会造成土壤中大量元素和中量元素适宜,而微量元素较为缺乏,同时 N、K 对 B 以及 P 对 Cu、Zn、Fe 存在拮抗作用,加剧了微量元素的缺乏,另外由于被动吸收和向上运输限制了叶片的微

量营养元素进入果实,因此形成了叶片与果实 N、P、Mg 与 B 之间呈极显著或显著负相关关系,而大量元素及中量元素与微量元素之间不相关或负相关的结果^[15-16]。

参考文献:

- [1] 何忠俊, 同延安, 张国武, 等. 钾对黄土区砀山酥梨产量及品质的影响[J]. 果树学报, 2002, 19(1): 8-11.
He Z J, Tong Y A, Zhang G W *et al.* Effect of potash application on the output and quality of Dangshan Suli pear variety in loess area[J]. J. Fruit Sci., 2002, 19(1): 8-11.
- [2] 鲁剑巍, 陈防, 王运华, 等. 氮磷钾对红壤地区幼龄柑橘生长发育和果实产量及品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10, (4): 413-418.
Lu J W, Chen F, Wang Y H *et al.* Effect of N, P, K fertilization on young citrus tree growth, fruit yield and quality in area of red soil[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2004, 10(4): 413-418.
- [3] 刘桂东, 姜存仓, 王运华, 等. 柑橘对不同矿质营养元素效应的研究进展[J]. 土壤通报, 2010, 41(6): 1518-1523.
Liu G D, Jiang C C, Wang Y H *et al.* A review on effects of mineral nutrients on Citrus[J]. Chin. J. Soil Sci., 2010, 41(6): 1518-1523.
- [4] 马建军, 张立彬. 野生欧李生长期矿质营养元素含量的变化[J]. 园艺学报, 2004, 31(2): 165-168.
Ma J J, Zhang L B. Change of mineral nutrient elements content in growing period of *Cerasus humilis* [J]. Acta Hort. Sin., 2004, 31(2): 165-168.
- [5] 高启明, 罗淑萍, 郑春霞, 李疆. 扁桃幼果发育期果实和叶片中矿质元素含量的变化[J]. 果树学报, 2007, 24(2): 222-225.
Gao Q M, Luo S P, Zheng C X, Li J. Studies on the variation of mineral element content in almond fruits and leaves during its development[J]. J. Fruit Sci., 2007, 24(2): 222-225.
- [6] 马建军, 王同坤, 齐永顺, 齐秀东. 赤霞珠葡萄生长期矿质营养元素的含量变化[J]. 河北科技师范学院学报, 2007, 21(1): 8-12.
Ma J J, Wang T K, Qi Y S, Qi X D. Dynamic variations of mineral elements during the annual growing period of *Cabernet Sauvignon* [J]. J. Hebei Norm. Univ. Sci. Technol., 2007, 21(1): 8-12.
- [7] 贾兵, 衡伟, 刘莉, 等. 砀山酥梨叶片矿质元素含量年变化及其相关性分析[J]. 安徽农业大学学报, 2011, 38(2): 212-217.
Jia B, Heng W, Liu L *et al.* Annual change of mineral elements in the leaves of pear (*Pyrus bretchnederi* cv. 'Dangshansuli') and their correlation analysis[J]. J. Anhui Agric. Univ., 2011, 38(2): 212-217.
- [8] 陈巍. 四季柚生物学特性的研究[J]. 中国柑桔, 1994, 23(4): 15-16.
Chen W. Research on biological characteristics of *Sijiyou pummelo* [J]. China Citrus, 1994, 23(4): 15-16.
- [9] 陈巍, 丁勇. 不同配方复合肥料对四季柚产量和品质的效应[J]. 果树科学, 1996, 13(3): 189-190.
Chen W, Ding Y. Effects on product and quality of *Sijiyou pummelo* using compound fertilizers of different prescription [J]. J. Fruit Sci., 1996, 13(3): 189-190.
- [10] 李西开. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983. 273-297.
Li Y K. Conventional analysis method of soil and agricultural chemistry[M]. Beijing: Science Press, 1983. 273-297.
- [11] 张森, 潘立忠, 王小兵, 吴刚. 库尔勒香梨叶内主要矿质元素年生长动态变化的研究[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(8): 41-43.
Zhang S, Pan L Z, Wang X B, Wu G. Research on annual variation of the mainly nutrient elements in leaves of "Kuerle" pear[J]. Anhui Agric. Sci. Bull., 2007, 13(8): 41-43.
- [12] 何天富. 中国柚类栽培[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999. 138-139.
He T F. Cultivation of China pummelo [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1999. 138-139.
- [13] 姜存仓, 王运华, 刘桂东, 等. 赣南脐橙叶片黄化及施硼效应研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(3): 656-661.
Jiang C C, Wang Y H, Liu G D *et al.* Effect of boron on the leaves etiolation and fruit fallen of Newhall Navel orange [J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2009, 15(3): 656-661.
- [14] 全国微肥科研协作组. 几种主要农作物锌硼肥施用技术规范[J]. 中国肥料, 1989, (3): 6-9.
National Micronutrients Fertilizer Research Accompany. Technological rules of Zn and B fertilization on several mainly crops[J]. Soil Fert., 1989, (3): 6-9.
- [15] 俞立达. 橘柑橙柚施肥技术[M]. 北京: 金盾出版社, 2007. 7-12.
Yu L D. Fertilization technology of Citrus [M]. Beijing: Jindun Press, 2007. 7-12.
- [16] 陈晓亚, 汤章城. 植物生理与分子生物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007. 225-246.
Chen X Y, Tang Z C. Plant physiology and molecular biology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2007. 225-246.