

柑橘落花落果的营养元素含量及其脱落损耗

王男麒^{1,2}, 彭良志^{1,*}, 邢飞², 周薇², 曹立¹, 黄翼², 江才伦¹

(¹西南大学柑桔研究所/国家柑桔工程技术研究中心, 重庆 400712; ²西南大学园艺园林学院, 重庆 400700)

摘要: 以成年纽荷尔脐橙、兴津温州蜜柑和沙田柚为材料, 研究落蕾、落花和脱落幼果中的养分含量及其脱落造成的损耗。结果表明, 3个品种的蕾和花营养元素含量为 N 3.34% ~ 3.66%, P 0.26% ~ 0.31%, K 1.67% ~ 2.30%, Ca、Mg 和 S 含量 0.17% ~ 0.48%, Fe、Mn、Zn、Cu 和 B 含量 8.1 ~ 87.5 mg · kg⁻¹。除花的 B 含量显著高于蕾外, 花和蕾的多数营养元素含量相近, 且品种间差异小。与蕾和花相比, 幼果的 N 和 P 含量较少, N 和 P 含量分别少 21.8% 和 19.5%, 但 Fe 含量较多, 其它营养元素含量变化不明显。纽荷尔脐橙、兴津温州蜜柑和沙田柚单株脱落的蕾、花和幼果干物质质量合计分别为 3 016.3 g、3 533.6 g 和 1 486.7 g, 由此所造成的单株主要养分损耗为 N 49.2 ~ 119.4 g、P 4.3 ~ 10.1 g、K 30.1 ~ 76.2 g、Mg 2.5 ~ 7.1 g、Zn 24.0 ~ 81.5 mg 和 B 65.5 ~ 170.2 mg。兴津温州蜜柑和沙田柚均以落花的养分损耗最大, 落蕾其次, 落果最小; 纽荷尔脐橙则是落花和落蕾的养分损耗相近且远高于落果。品种间以兴津温州蜜柑脱落的养分损耗最大, 纽荷尔脐橙其次, 沙田柚最小。因此, 柑橘应控制过量开花, 并在萌芽开花期及时补充养分。

关键词: 柑橘; 花蕾; 花; 幼果; 营养元素

中图分类号: S 666

文献标志码: A

文章编号: 0513-353X (2013) 12-2489-08

Nutrient Element Content in Dropped Flowers and Young Fruits and Nutrient Losses Caused by Their Drops in Citrus

WANG Nan-qi^{1,2}, PENG Liang-zhi^{1,*}, XING Fei², ZHOU Wei², CAO Li¹, HUANG Yi², and JIANG Cai-lun¹

(¹Citrus Research Institute, Southwest University/National Citrus Engineering Research Center, Chongqing 400712, China; ²College of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University, Chongqing 400700, China)

Abstract: Nutrient element content in dropped flower buds, flowers and young fruits as well as the nutrient losses caused by their drops were studied in Newhall navel orange (*Citrus sinensis* L. Osb. 'Newhall'), Okitsu Wase satsuma (*Citrus unshiu* Marc. 'Okitsu Wase') and Shatian pomelo (*Citrus grandis* Osb. 'Shatian') adult trees. Results showed that the nutrient element content in flower buds and flowers of the 3 varieties were N 3.34% - 3.66%; P 0.26% - 0.31%; K 1.67% - 2.30%; Ca, Mg and S content were 0.17% - 0.48%; Fe, Mn, Zn, Cu and B content were 8.1 - 87.5 mg · kg⁻¹. B content was significantly higher in flowers than in flower buds, but other nutrient element content in flowers were close to in flower buds. For the same organs, the content of each nutrient element was slightly different

收稿日期: 2013-07-09; **修回日期:** 2013-11-29

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项资金项目; 国家自然科学基金项目 (31201587); 重庆市 '121' 科技支撑示范工程项目 (jcsf121-2012-02-1)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: penglz809@163.com; Tel: 023-68247009)

among the 3 varieties. Compared with flower buds and flowers, N and P content in young fruits greatly decreased and Fe content increased obviously, while the average decreases by 21.8% N and 19.5% P were measured for the 3 varieties, but the changes of other nutrient element content were not remarkable. The total dry weight of dropped flower buds, flowers and young fruits was 3 016.3 g per tree for Newhall navel orange, 3 533.6 g per tree for Okitsu Wase satsuma, and 1 486.7 g per tree for Shatian pomelo, which resulted in serious nutrient element losses of N 49.2 – 119.4 g, P 4.3 – 10.1 g, K 30.1 – 76.2 g, Mg 2.5 – 7.1 g, Zn 24.0 – 81.5 mg and B 65.5 – 170.2 mg for per tree. The losses of nutrient element caused by flower drops > by flower bud drops > by young fruit drops for Okitsu Wase satsuma and Shatian pomelo, while caused by flower bud drops were close to by flower drops > by young fruit drops for Newhall navel orange. Okitsu Wase satsuma had the biggest losses of nutrient element caused by those drops, followed by Newhall navel orange and Shatian pomelo. Therefore, for citrus management practices, it's important to control excessive flowering, and to apply enough fertilizers during spring sprout and blossoms.

Key words: *Citrus*; flower bud; flower; young fruit; nutrient elements

柑橘生殖生长具有花量大和落花落果严重的特点 (Walter, 1973; 何天富, 1999)。柑橘花芽分化及随后花蕾、花和幼果的形成和发育不仅需要大量的糖、氨基酸等有机养分, 也需要大量的矿质营养元素等无机养分 (陈杰忠, 2003)。春季是绝大多数柑橘品种开花坐果期, 此期又是柑橘重要的营养生长期——春梢期, 春梢生长也需要大量的有机和无机养分。在春季, 柑橘无论是生殖生长还是营养生长, 其所需的养分绝大部分来自上一年的贮藏养分 (陈杰忠, 2003; 秦长平, 2006)。因此, 生殖生长和营养生长对贮藏养分形成竞争性消耗, 适度开花可实现生殖生长和营养生长的平衡, 即所谓“半树花一树果”; 花量过大对养分消耗太多, 不仅使花质下降, 也导致春叶弱小、光合能力差, 花蕾、花和幼果大量脱落, 即所谓“一树花半树果” (武维华, 2008; Ullah et al., 2012)。然而, 长期以来, 国内外对柑橘花和幼果的研究主要集中在花芽分化、脱落机制及其调控、落果的功能性成分等领域 (Iglesias et al., 2006; Mishra et al., 2008; 毛华荣 等, 2009; John-Karuppiah & Burns, 2010; 张进杰 等, 2012; Goldberg-Moeller et al., 2013), 而有关花蕾、花和幼果脱落的营养元素损耗则尚未见报道, 以致于长久以来包括果树教科书在内的众多文献资料中, 只能用“柑橘开花坐果需要消耗大量养分”这一类笼统的表述, 缺乏具体数据, 这既不利于柑橘开花坐果养分理论的完善, 也不利于对相关柑橘生产实践的指导。为此, 本研究中以纽荷尔脐橙、兴津温州蜜柑和沙田柚 3 个代表性柑橘品种为材料, 研究其花蕾、花和幼果的脱落规律、营养元素含量及其脱落损耗, 以期对柑橘开花坐果期的养分理论及其生产上的养分管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料及取样

2012 年, 以西南大学柑桔研究所试验果园的 28 年生枳 [*Poncirus trifoliata* L. Raf] 砧纽荷尔脐橙 [*Citrus sinensis* L. Osb. ‘Newhall’]、兴津温州蜜柑 [*C. unshiu* Marc. ‘Okitsu Wase’] 和 18 年生酸柚 [*C. grandis* L. Osb.] 砧沙田柚 (*Citrus grandis* L. Osb. ‘Shatian’) 为材料, 每个品种选择树体大小、长势中等和花量中等的代表性植株, 单株小区, 重复 3 次。纽荷尔脐橙树冠直径 3.0 ~ 3.4 m, 树冠高度 2.3 ~ 2.6 m; 兴津温州蜜柑树冠直径 3.3 ~ 3.6 m, 树冠高度 2.4 ~ 2.8 m; 沙田柚树冠直径 3.3 ~ 3.6 m, 树冠高度 3.2 ~ 3.5 m。分别于现蕾期和盛花期收集轻轻摇动而刚刚脱落 (离层已形成) 的落蕾

和落花(具有完整花器官,含花梗),置于干净打孔的塑料袋内带回实验室,每株随机收集 300 个落蕾或落花,用于营养元素含量测定。分别收集各试验单株的所有落蕾、落花和生理落果,收集方法为:在每株树下用竹竿悬挂 200 目尼龙网承接落蕾、落花和落果,尼龙网宽度延伸至树冠滴水线外 0.7 m,并适度修剪周边柑橘植株,以保证只有所选植株脱落的蕾、花、幼果全部掉入网内。从现蕾后(3 月)开始至幼果停止脱落(7 月)为止,每 1~3 d 收集并统计最终的单株落蕾、落花和落果(含花梗或果梗)量。

1.2 元素测定

1.2.1 样品前处理

将现蕾期和盛花期收集的落蕾和落花称鲜质量后,用纯净水、蒸馏水漂洗各两次,每次 10 s,之后于 105 °C 恒温杀酶 30 min,再在 75 °C 下烘干至恒重,称干样后粉碎,置阴凉干燥处保存待测。收集的落果称鲜质量后,用 0.1% 中性洗涤剂液→自来水漂洗 2 次→0.2% HCl 浸泡 10 s→纯净水漂洗 2 次→蒸馏水漂洗 3 次后,于 105 °C 恒温杀酶 30 min,再在 75 °C 下烘干至恒重后称干质量,将单次重复收集的所有落果粉碎后置阴凉干燥处保存待测。

1.2.2 元素测定

N 按照 LY/T 1269-1999 规定,采用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消解法, KDY-9820 凯氏定氮仪(北京通润源机电技术有限责任公司)测定。P、K、Ca、Mg、S、Fe、Mn、Cu 和 Zn 按照 LY/T 1270-1999 规定,采用 $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ 消解法, P 采用钼锑抗比色法, S 采用 BaCl_2 比浊法,用 TU-9101 双光速紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司)分别在 700 nm 和 440 nm 波长下测定; K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu 和 Zn 用 AA-800 原子吸收分光光度计(Perkin Elmer 公司)法测定; B 按照 LY/T 1273-1999 规定,采用干灰化—甲亚胺比色法,在 430 nm 波长下测定。

1.2.3 数据分析

试验数据分析处理工具为 Excel 和 SPSS18.0 软件, Duncan's 法作多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同柑橘品种的花蕾、花和幼果脱落量

表 1 显示, 3 个品种以纽荷尔脐橙的单株平均总落蕾量最大, 达 22 706.7 个; 兴津温州蜜柑其次, 为 15 820.0 个; 沙田柚最小, 为 2 571.0 个。单株平均落蕾量以兴津温州蜜柑最大, 为 43 076.7 个; 其次为纽荷尔脐橙, 为 17 386.7 个; 沙田柚最小, 为 4 067.0 个。幼果的生理落果分带果柄脱落的第 1 次生理落果和不带果柄脱落的第 2 次生理落果, 5 月 25 日以前主要为第 1 次生理落果, 此后主要为第 2 次生理落果。3 个品种第 1 次生理落果的幼果数量均远大于第 2 次生理落果, 纽荷尔脐橙第 1 次生理落果数量是第 2 次的 11.3 倍, 兴津温州蜜柑为 37.6 倍, 沙田柚为 13.0 倍。

单株平均落蕾、落花和脱落幼果总数, 以兴津温州蜜柑最多, 达 67 809 个, 总干质量 3 533.6 g; 纽荷尔脐橙其次, 为 46 900 个, 总干质量 3 016.3 g; 沙田柚最少, 为 7 996.3 个, 总干质量 1 486.7 g。柚类花量小, 主要由于柚类在树冠内膛的 2 年生及以上的弱枝上成花, 而脐橙和温州蜜柑在 1 年生枝上成花, 而柑橘 1 年生枝的数量远多于 2 年生及以上的弱枝。从各品种的蕾、花、幼果的脱落总数量看, 纽荷尔落蕾 > 落花 > 落果, 兴津温州蜜柑和沙田柚均为落花 > 落蕾 > 落果。果实采收时的单株采果量和最终坐果率, 兴津温州蜜柑分别为每株 346 个和 0.51%; 纽荷尔脐橙分别为每株 258 个和 0.55%; 沙田柚分别为每株 75 个和 0.97%。

表 1 不同柑橘品种落蕾、落花和落果的总数量、总干质量和最终坐果率

Table 1 The total numbers and dry weight of dropped flower buds, flowers and young fruits of citrus

品种 Variety	脱落器官总数量 The total numbers of dropped organs				脱落器官总干质量/g The total dry weight of dropped organs				单株采 果数量 Picked fruit numbers per tree	坐果率/% Final fruit set rate
	落蕾 Dropped flower buds	落花 Dropped flowers	落果 Dropped young fruits	总计 Total	落蕾 Dropped flower buds	落花 Dropped flowers	落果 Dropped young fruits	总计 Total		
纽荷尔脐橙 Newhall navel orange	22707 ± 5024	17387 ± 774	6807 ± 916	46900 ± 6438	1237.7 ± 273.8	1211.6 ± 53.9	566.9 ± 64.8	3016.2 ± 146.2	258	0.55
兴津温州蜜柑 Okitsu Wase satsuma	15820 ± 3088	43077 ± 5638	8912 ± 752	67809 ± 6796	753.3 ± 147.0	2413.3 ± 315.9	367.0 ± 50.2	3533.6 ± 252.2	346	0.51
沙田柚 Shatian pomelo	2571 ± 247	4067 ± 525	1058 ± 159	7696 ± 899	428.02 ± 41.12	816.2 ± 105.4	242.4 ± 24.5	1486.6 ± 73.7	75	0.97

2.2 不同柑橘品种落蕾、落花和脱落幼果矿质营养元素含量

3 个不同柑橘品种落蕾、落花和脱落幼果矿质营养元素含量结果见表 2 和表 3。与落蕾相比，各品种落花中的 K、Ca 和 Zn 含量均略微下降，B 含量显著提高，纽荷尔脐橙提高了 32.27%，兴津温州蜜柑 54.51%，沙田柚 18.20%；落花中的其余 7 种营养元素含量与落蕾中相应元素含量相近，多数无显著差异。落花中 B 含量的提高，可能与 B 参与花粉管萌发、受精，在子房和花柱积累有关（武维华，2008）；单性结实的纽荷尔脐橙和兴津温州蜜柑由于花前 IAA 含量高，IAA 促进 B 的吸收也有一定的关系（Garcia-Papi & Garcia-Martinez, 1984; Cutting & Bower, 1990; 肖家欣 等, 2005）。

兴津温州蜜柑脱落幼果的 N、P、K、Ca、Mg、Fe、Zn 和 Cu 含量较高，沙田柚脱落幼果中的 B 含量较高，纽荷尔脐橙脱落幼果中的 Mn 较高。

与落蕾和落花相比，脱落幼果中的 N 和 P 含量出现较大幅度下降，Fe 含量上升，其它营养元素含量与落蕾和落花中的对应元素含量大致相近（表 2 和表 3）。

表 2 不同柑橘品种的落蕾、落花和脱落幼果大量和中量矿质营养元素含量

Table 2 The content of macro and medium nutrient elements in dropped flower buds, flowers and young fruits of citrus

项目 Item	品种 Variety	N/%	P/%	K/%	Ca/%	Mg/%	S/%
落蕾 Dropped flowers buds	纽荷尔脐橙 Newhall navel orange	3.54 ± 0.09 a	0.27 ± 0.00 cd	1.99 ± 0.02 b	0.48 ± 0.03 a	0.18 ± 0.00 cd	0.17 ± 0.02 b
	兴津温州蜜柑 Okitsu Wase satsuma	3.37 ± 0.06 ab	0.26 ± 0.01 de	2.25 ± 0.27 a	0.38 ± 0.00 b	0.20 ± 0.00 ab	0.19 ± 0.00 b
	沙田柚 Shatian pomelo	3.66 ± 0.11 a	0.31 ± 0.01 a	2.30 ± 0.13 a	0.31 ± 0.04 cd	0.19 ± 0.01 bc	0.20 ± 0.01 ab
落花 Dropped flowers	纽荷尔脐橙 Newhall navel orange	3.34 ± 0.10 ab	0.28 ± 0.01 bcd	1.67 ± 0.02 d	0.38 ± 0.00 bc	0.16 ± 0.00 e	0.17 ± 0.01 b
	兴津温州蜜柑 Okitsu Wase satsuma	3.43 ± 0.06 ab	0.30 ± 0.01 abc	2.13 ± 0.07 ab	0.35 ± 0.02 bc	0.20 ± 0.01 ab	0.20 ± 0.01 ab
	沙田柚 Shatian pomelo	3.37 ± 0.47 ab	0.30 ± 0.03 ab	1.90 ± 0.16 bcd	0.27 ± 0.00 d	0.17 ± 0.01 de	0.19 ± 0.01 ab
落果 Dropped fruits	纽荷尔脐橙 Newhall navel orange	2.56 ± 0.24 c	0.22 ± 0.01 f	1.73 ± 0.19 cd	0.48 ± 0.03 a	0.16 ± 0.01 e	0.20 ± 0.02 ab
	兴津温州蜜柑 Okitsu Wase satsuma	3.05 ± 0.25 b	0.24 ± 0.01 ef	2.14 ± 0.07 ab	0.49 ± 0.08 a	0.21 ± 0.01 a	0.25 ± 0.00 a
	沙田柚 Shatian pomelo	2.47 ± 0.11 c	0.23 ± 0.02 f	1.94 ± 0.06 bc	0.26 ± 0.02 d	0.13 ± 0.00 f	0.27 ± 0.01 ab

注：同一列不同字母代表 0.05 差异水平。

Note: Different small letters within the same column indicate significant differences at 5% level.

表 3 不同柑橘品种的落蕾、落花和脱落幼果的微量矿质营养元素含量

Table 3 The content of micronutrient elements in dropped flower buds, flowers and young fruits of citrus

项目 Item	品种 Variety	Fe/ (mg · kg ⁻¹)	Mn/ (mg · kg ⁻¹)	Zn/ (mg · kg ⁻¹)	Cu/ (mg · kg ⁻¹)	B/ (mg · kg ⁻¹)
落蕾 Dropped flowers buds	纽荷尔脐橙	51.40 ± 2.60 d	18.21 ± 2.92 a	23.02 ± 0.90 a	9.14 ± 0.96 bcd	37.46 ± 0.45 d
	Newhall navel orange					
	兴津温州蜜柑	61.05 ± 1.56 cd	15.31 ± 0.30 ab	23.51 ± 2.50 a	10.16 ± 0.54 b	34.89 ± 2.33 d
	Okitsu Wase satsuma					
落花 Dropped flowers	沙田柚 Shatian pomelo	54.90 ± 6.00 cd	16.16 ± 1.60 ab	19.24 ± 1.24 b	8.14 ± 0.07 de	38.30 ± 1.47 d
	纽荷尔脐橙	56.33 ± 1.67 cd	16.00 ± 0.65 ab	19.57 ± 0.52 b	9.32 ± 0.61b cd	49.55 ± 3.94 ab
	Newhall navel orange					
	兴津温州蜜柑	66.57 ± 5.24 bc	15.00 ± 1.80 b	22.68 ± 1.02 a	11.46 ± 0.72 a	53.91 ± 1.54 a
落果 Dropped fruits	Okitsu Wase satsuma					
	沙田柚 Shatian pomelo	48.05 ± 9.36 d	15.35 ± 5.37 ab	15.69 ± 2.53 c	8.81 ± 0.23 cd	45.27 ± 5.36 bc
	纽荷尔脐橙	76.39 ± 11.54 ab	20.18 ± 3.07 a	17.69 ± 2.10 bc	7.05 ± 1.34 ef	40.58 ± 6.79 cd
	Newhall navel orange					
落果 Dropped fruits	兴津温州蜜柑	87.52 ± 10.00 a	16.74 ± 2.69 ab	24.71 ± 1.70 a	9.91 ± 0.39 bc	37.62 ± 4.61 d
	Okitsu Wase satsuma					
	沙田柚 Shatian pomelo	58.86 ± 12.62 cd	8.68 ± 0.29 c	12.14 ± 1.52 d	5.90 ± 0.19 f	50.05 ± 2.16 ab
	沙田柚 Shatian pomelo					

注：同一列不同字母代表 0.05 差异水平。

Note: Different small letters within the same column indicate significant differences at 5% level.

2.3 不同柑橘品种落花落果的矿质营养元素损耗

2.3.1 落蕾落花的矿质营养元素损耗

表 4 和表 5 显示，各品种落蕾和落花损耗的大量元素均以 N、K 最多，中量元素以 Ca 损耗最多，微量元素均以 Fe 和 B 损耗最多。落蕾矿质营养元素损耗量为纽荷尔脐橙 > 兴津温州蜜柑 > 沙田柚，落花矿质营养元素损耗量为兴津温州蜜柑 > 纽荷尔脐橙 > 沙田柚。纽荷尔脐橙落蕾和落花的各种营养元素的损耗量大致相近，而兴津温州蜜柑和沙田柚落花损耗的营养元素则明显高于落蕾损耗。兴津温州蜜柑落花损耗的大、中量营养元素是落蕾的 3.0 ~ 3.7 倍，微量元素为 3.1 ~ 4.9 倍；沙田柚落花损耗的大、中量营养元素是落蕾的 1.6 ~ 1.9 倍，微量元素为 1.6 ~ 2.3 倍。

表 4 不同柑橘品种单株的落蕾、落花和落果所损耗的大量和中量矿质营养元素总量

Table 4 Macro and medium nutrient element losses caused by dropped flowers buds, flowers and young fruits of citrus

项目 Item	品种 Variety	N/g	P/g	K/g	Ca/g	Mg/g	S/g
落蕾 Dropped flowers buds	纽荷尔脐橙 Newhall orange	43.81	3.34	24.63	5.94	2.23	2.10
	兴津温州蜜柑 Okitsu Wase satsuma	25.39	1.96	16.95	2.86	1.51	1.43
	沙田柚 Shatian pomelo	15.67	1.33	9.84	1.33	0.81	0.86
落花 Dropped flowers	纽荷尔脐橙 Newhall orange	40.47	3.39	20.23	4.60	1.94	2.06
	兴津温州蜜柑 Okitsu Wase satsuma	82.78	7.24	51.40	8.45	4.83	4.83
	沙田柚 Shatian pomelo	27.50	2.45	15.51	2.20	1.39	1.55
落果 Dropped fruits	纽荷尔脐橙 Newhall orange	14.51	1.25	9.81	2.72	0.91	1.13
	兴津温州蜜柑 Okitsu Wase satsuma	11.19	0.88	7.85	1.80	0.77	0.92
	沙田柚 Shatian pomelo	5.99	0.56	4.70	0.63	0.32	0.65
合计 Total	纽荷尔脐橙 Newhall orange	98.79	7.98	54.67	13.27	5.07	5.30
	兴津温州蜜柑 Okitsu Wase satsuma	119.36	10.08	76.21	13.11	7.10	7.18
	沙田柚 Shatian pomelo	49.16	4.33	30.06	4.16	2.52	3.06

表 5 不同柑橘品种单株的落蕾、落花和落果所损耗的微量矿质营养元素总量
Table 5 Micronutrient element losses caused by dropped flowers buds, flowers and young fruits of citrus

项目 Item	品种 Variety	Fe/mg	Mn/mg	Zn/mg	Cu/mg	B/mg
落蕾 Dropped flowers buds	纽荷尔脐橙 Newhall navel orange	63.62	22.54	28.49	11.31	46.36
	兴津温州蜜柑 Okitsu Wase satsuma	45.99	11.53	17.71	7.65	26.28
	沙田柚 Shatian pomelo	23.50	6.92	8.24	3.48	16.39
落花 Dropped flowers	纽荷尔脐橙 Newhall navel orange	68.25	19.39	23.71	11.29	60.01
	兴津温州蜜柑 Okitsu Wase satsuma	160.65	36.20	54.73	27.66	130.10
	沙田柚 Shatian pomelo	39.22	12.53	12.81	7.19	36.95
落果 Dropped fruits	纽荷尔脐橙 Newhall navel orange	43.30	11.44	10.03	4.00	23.00
	兴津温州蜜柑 Okitsu Wase satsuma	32.12	6.14	9.07	3.64	13.80
	沙田柚 Shatian pomelo	14.27	2.10	2.94	1.43	12.13
合计 Total	纽荷尔脐橙 Newhall navel orange	175.17	53.36	62.23	26.60	129.37
	兴津温州蜜柑 Okitsu Wase satsuma	238.76	53.88	81.51	38.95	170.18
	沙田柚 Shatian pomelo	76.99	21.55	23.98	12.10	65.47

2.3.2 幼果脱落的矿质营养元素损耗

与落蕾落花一样，各品种脱落幼果的大量元素均以 N、K 的损耗量最大，中量元素以 Ca 的消耗量最大，微量元素均以 Fe 和 B 的损耗量最大；与落蕾和落花相比，幼果脱落造成的营养元素损耗量要少得多，一般仅为其 1/8 ~ 1/2。幼果脱落的矿质营养元素损耗为纽荷尔脐橙 > 兴津温州蜜柑 > 沙田柚。

综合落蕾、落花和脱落幼果的元素损耗总量，除个别元素外，兴津温州蜜柑蕾、花和幼果脱落损耗的矿质营养元素最多，纽荷尔脐橙次之，沙田柚最少。在柑橘生产上容易缺乏的 N、P、K、Mg、Zn 和 B 元素，每株随花果脱落的损耗量，兴津温州蜜柑分别为 119.36 g、10.08 g、76.21 g、7.10 g、81.51 mg 和 170.18 mg，纽荷尔脐橙分别为 98.79 g、7.98 g、54.67 g、5.07 g、62.23 mg 和 129.37 mg，沙田柚分别为 49.16 g、4.33 g、30.06 g、2.52 g、23.98 mg 和 65.47 mg（表 4 和表 5）。

3 讨论

从本试验结果看，纽荷尔脐橙、兴津温州蜜柑和沙田柚落蕾和落花中的 N、P、K 含量远高于各品种叶片营养诊断的适宜值，而 Ca 含量只有 0.3% ~ 0.5%，远低于叶片适宜值 3.0% ~ 5.0%，其余营养元素略低于叶片适宜值（庄伊美，1992，1994；Thomas et al., 2008；凌丽俐 等，2010）。与叶片营养诊断的适宜值相比，3 个品种落蕾和落花中的 N 含量高约 20%，P 高 1 倍左右，K 高 50% 左右；由于脱落幼果中的 N 含量下降，3 个品种脱落幼果中只有 P、K 含量仍远高于叶片营养诊断适宜值，Ca 含量远低于叶片适宜值，其余营养元素含量与叶片营养诊断适宜值相近。另外，与同果园、同品种、同年同期所测的春梢营养枝叶片的矿质元素含量相比（刁莉华，2013），纽荷尔脐橙和兴津温州蜜柑落蕾、落花和落果中除 Ca、S、Mn 和 B 外，其余元素的含量高于 4—6 月份 1、2 年生春梢营养枝叶片相应元素的含量，尤其高于 2 年生春梢营养枝叶片相应元素的含量，其中又以 P 和 K 含量最为突出。花蕾、花和幼果中的高 N、高 P 和高 K 含量应与此阶段子房或幼果细胞的分裂旺盛、细胞小、细胞核大及细胞质浓有关，而大的细胞核和浓细胞质中蛋白质和核酸等成分比例高，这些成分中的 N 和 P 含量较高。K 促进蛋白质的合成，K 与蛋白质在植物体中的分布是一致的，蛋白质丰富的组织或器官中 K 离子含量也较高（陈杰忠，2003；武维华，2008）。

解发(2012)在相同果园测得成熟纽荷尔脐橙平均单果质量 225 g, 单果的营养元素累积量分别为 N 0.48 g、P 0.06 g 和 K 0.50 g, 本研究中测得纽荷尔脐橙因花果脱落(含蕾、花、幼果, 下同)而损耗的 N 为 98.8 g/株、P 为 8.0 g/株、K 为 54.7 g/株, 则分别可供 46.3、32.1 和 24.6 kg 纽荷尔脐橙果实发育成熟之需求。另外, 以本试验相同果园纽荷尔脐橙成熟春梢叶片含 N、P 和 K 分别为 3.24%、0.15%和 1.97%(刁莉华, 2013)、单叶干样质量 0.37 g 计, 则花果脱落损耗的 N 分别可供 8 241 片、P 可供应 14 378 片, K 可供 7 500 片春梢营养叶发育成熟之需求。生产上常用的豆饼有机肥的 N + P + K 总量为 5% ~ 6% (徐秀华, 2007), 与本研究测得柑橘脱落花果中 N + P + K 总量相近, 因而纽荷尔脐橙、兴津温州蜜柑和沙田柚花果脱落所损耗的养分分别可折合成豆饼肥为 3.02 kg、3.53 kg 和 1.49 kg。然而, 柑橘对有机肥的吸收利用率远远达不到 100%, 因此, 实际损失量要远高于此。综上所述, 柑橘花果脱落所造成的养分损耗是很大的。

花量过大不仅消耗大量养分, 导致坐果率低(陈杰忠, 2003), 而且影响叶片发育, Zhang 等(2013)发现纽荷尔脐橙多花枝的叶片大小和厚度、营养元素含量和光合效率均显著低于无花枝的叶片。因此, 适当控制花量对柑橘生产尤为重要。对大年树应以减少花芽分化为主, 修剪控花为辅, 通过在花芽生理分化期喷施赤霉素、灌水等措施来减少花芽分化, 通过花前剪除或短截部分结果母枝减少开花量(彭良志, 2013), 以达到合适的叶花比。另外, 从本结果的落蕾和落花的养分消耗看, 应重视萌芽开花期补充矿质养分, 及时土施速效肥料并配合叶面施肥。在我国大部分柑橘产区, 特别要重视此阶段补充柑橘容易缺乏的 N、P、K、Mg、Zn 和 B 等营养元素, 改善树体营养状况, 这对花量大的弱树尤其重要。

References

- Chen Jie-zhong. 2003. The pomology for south China. Beijing: China Agriculture Press. (in Chinese)
- 陈杰忠. 2003. 果树栽培学各论(南方本). 北京: 中国农业出版社.
- Cutting J G M, Bower J P. 1990. The relationship between auxin transport and a calcium allocation vegetative and reproductive flush in avocado. *Acta Hort*, 275: 469 - 476.
- Diao Li-hua. 2013. Study on the seasonal changes of nutrient element contents in leaves of citrus[M. D. Dissertation]. Chongqing: Southwest University. (in Chinese)
- 刁莉华. 2013. 柑橘叶片营养元素含量的季节变化[硕士论文]. 重庆: 西南大学.
- Garcia-Papi M A, Garcia-Martinez J L. 1984. Endogenous plant growth substances content in young fruits of seedless Clementin Mandarin as related to fruit set and development. *Sci Hor*, 22 (3): 265 - 274.
- Goldberg-Moeller R, Shalom L, Shlizerman L, Samuels S, Zur N, Ophir R, Blumwald E, Sadka A. 2013. Effects of gibberellins treatment during flowering induction period on global gene expression and the transcription of flowering-control genes in *Citrus* buds. *Plant Science*, 198: 46 - 57.
- He Tian-fu. 1999. The citrus. Beijing: China Agriculture Press. (in Chinese)
- 何天富. 1999. 柑橘学. 北京: 中国农业出版社.
- Iglesias D J, Tadeo F R, Primo-Millo E. 2006. Carbohydrate and ethylene levels regulate citrus fruitlet drop through the abscission zone A in citrus. *Trees: Structure and Function*, 20 (3): 348 - 355.
- John-Karuppiah K J, Burns J K. 2010. Expression of ethylene biosynthesis and signaling genes during differential abscission responses of Sweet Orange leaves and mature fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 135 (5): 456 - 464.
- Ling Li-li, Peng Liang-zhi, Chun Chang-pin, Cao Li, Jiang Cai-lun. 2010. Characteristics analysis of microelement contents in Newhall navel orange leaves in southern Jiangxi Province. *Acta Horticulturae Sinica*, 37 (9): 1388 - 1394. (in Chinese)
- 凌丽俐, 彭良志, 淳长品, 曹立, 江才伦. 2010. 赣南纽荷尔脐橙叶片微量元素含量状况. *园艺学报*, 37 (9): 1388 - 1394.
- Mao Hua-rong, Fu Hong-fei, Wang Lu-feng, Wu Peng, Lu Qi, Pan Si-yi. 2009. Determination of hesperidin and synephrine in physiologically fallen

- fruits of various citrus species. Food Science, 30 (14): 223 - 226. (in Chinese)
- 毛华荣, 傅虹飞, 王鲁峰, 吴 鹏, 卢 琪, 潘思轶. 2009. 不同柑橘品种生理落果中橙皮苷和辛弗林含量测定. 食品科学, 30 (14): 223 - 226.
- Mishra A, Khare S, Trivedi P K, Nath P. 2008. Ethylene induced cotton leaf abscission is associated with higher expression of cellulase (GhCell1) and increased activities of ethylene biosynthesis enzymes in abscission zone. Plant Physiol Bioch, 46 (1): 54 - 63.
- Peng Liang-zhi. 2013. Guidebook for sweet orange safety producing. Beijing: China Agriculture Press. (in Chinese)
- 彭良志. 2013. 甜橙安全生产技术指南. 北京: 中国农业出版社.
- Qin Chang-ping. 2006. The effects of delay harvesting on fruits quality and tree nutrient for navel orange [M. D. Dissertation]. Wuhan: Huazhong Agricultural University. (in Chinese)
- 秦长平. 2006. 延迟采收对脐橙果实品质和树体营养的影响 [硕士论文]. 武汉: 华中农业大学.
- Ullah S, Khan A S, Malik A U, Afzal I, Shahid M, Razzaq K. 2012. Foliar application of Zinc influences the leaf nutrient status, vegetative and reproductive growth, yield and fruit quality of 'Kinnow' Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco.). Journal of Plant Nutrition, 35 (13): 2067 - 2079.
- Thoma A O, Mongi Z, Edward A H. 2008. Soil and leaf tissue testing//Thomas A O, Kelly T M. Nutrition of Florida citrus trees. 2nd. Florida: Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida: 27.
- Walter Reuther. 1973. The Citrus Industry. Revised edition. University of California, Division of Agricultural Science.
- Wu Wei-hua. 2008. The plant physiology. 2nd. Beijing: Science Press. (in Chinese)
- 武维华. 2008. 植物生理学. 2 版. 北京: 科学出版社.
- Xiao Jia-xin, Peng Shu-ang, He Hua-ping. 2005. Studies on dynamics of boron and magnesium during fruit development of parthenocarpic and self-pollinated citrus varieties. Acta Botanica Yunnanica, 27 (4): 419 - 424. (in Chinese)
- 肖家欣, 彭抒昂, 何华平. 2005. 单性结实与自花结实柑橘果实发育中硼镁营养动态的研究. 云南植物研究, 27 (4): 419 - 424.
- Xie Fa. 2012. Changes of nutrient element contents and accumulatiomg in fruits of navel orange during fruit growth and development [M. D. Dissertation]. Chongqing: Southwest University. (in Chinese)
- 解 发. 2012. 脐橙果实生长发育过程中矿质营养元素含量和累积量的变化 [硕士论文]. 重庆: 西南大学.
- Xu Xiu-hua. 2007. Soils and fertilizers. Beijing: China Agricultural University Press. (in Chinese)
- 徐秀华. 2007. 土壤肥料. 北京: 中国农业大学出版社.
- Zhang Jin-jie, Gu Wei-gang, Yao Yan-jia, Lü Bing-bing, Chen Jian-chu, Ye Xing-qian. 2012. Effect of citrus young fruit extract on lipid oxidation of raw ground pork during refrigerated storage. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 28 (4): 282 - 286. (in Chinese)
- 张进杰, 顾伟钢, 姚燕佳, 吕兵兵, 陈健初, 叶兴乾. 2012. 柑橘幼果提取物对猪肉冷藏过程中抗脂质氧化影响. 农业工程学报, 28 (4): 282 - 286.
- Zhang W W, Fu X Z, Peng L Z, Ling L L, Cao L, Ma X H, Xie F, Li C. 2013. Effects of sink demand and nutrient status on leaf photosynthesis of spring-cycle shoot in 'Newhall' navel orange under natural field conditions. Sci Hort, 150: 80 - 85.
- Zhuang Yi-mei. 1992. Citrus nutrition and fertilization. Fujian Fruits, (4): 32 - 38. (in Chinese)
- 庄伊美. 1992. 柑橘营养与施肥. 福建果树, (4): 32 - 38.
- Zhuang Yi-mei. 1994. Citrus nutrition and fertilization. Beijing: China Agriculture Press. (in Chinese)
- 庄伊美. 1994. 柑橘营养与施肥. 北京: 中国农业出版社.