

不同钙肥对红富士苹果光合作用及营养元素互作效应研究

龚 鹏¹, 车玉红^{2,3}, 杨 波^{1,3}, 李丙智³, 毛 剑⁴

(1. 新疆农业科学院 园艺所, 新疆 乌鲁木齐 830091; 2. 新疆农业职业技术学院, 新疆 昌吉 831100
3. 西北农林科技大学 园艺学院果树研究所, 陕西 西安 710065; 4. 新疆米泉县农业局 新疆 米泉 831400)

摘 要:为探明钙肥对红富士苹果光合作用及各营养元素之间的相互关系,以盛果期的矮化红富士为材料,在幼果期及果实膨大期喷不同种类的钙肥:翠康钙宝、钙宝 2000、氨基酸钙、基因钙。结果表明:①钙肥可明显提高叶片的光合速率、蒸腾速率和气孔导度,降低胞间二氧化碳浓度;不同钙肥间,钙宝 2000 光合作用最强,其次为基因钙和氨基酸钙。②钙肥能提高各营养元素的含量,但易与各营养元素形成促进和拮抗的双重关系,即 Ca 促进了 B、K 的吸收,但与 N、P、Zn、Fe 发生拮抗,而对 Mn 的作用不明显。③试验中,以幼果期和膨大期均喷钙的效果最好,而不同钙肥间,基因钙和氨基酸钙的效果最好。

关键词:红富士; 钙肥; 光合作用; 营养元素; 互作效应

中图分类号:S 661.1; S 143.2⁺2 文献标识码:A 文章编号: 1001-0009(2008)05-0031-04

钙具有重要的生理功能,它不仅是植物生长发育所需的一种元素,更重要的是作为植物细胞偶联胞外信号与胞内生理生化反应的胞内第二信使^[1]。研究富士苹果叶片和果实吸收钙及钙与各个营养元素之间的关系对合理调控钙素代谢具有重要的意义,如今这已成为国内外研究的热点^[2-3]。目前,市场上钙肥种类繁多,但使用方法和时期说法不一,很容易引起混乱^[4],给果农合理的选用钙肥造成困难。试验在幼果期及果实膨大期喷钙,研究喷钙后树体光合作用变化及各种营养元素的互作效应,探讨能使果实钙含量有效提高的钙制剂和喷钙时期,最终筛选一种或几种使树体及果实有效生长的补钙制剂,以期为果农的丰产增收提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料及处理

试验在陕西省三原县城关镇 10 a 生 M26 砧矮化红富士果园中进行,随机选取生长势、负载量较一致的树 39 株,喷布不同钙肥,分别为钙宝 2000(主要成分为活性钙和氮)、氨基酸钙、基因钙(主要成分为黄腐酸钙)、翠康钙宝(主要成分为活性钙),采用剂量为标准的中间浓度 3 株小区,重复 3 次,以喷清水为对照。具体处理如下:①幼果期喷钙:从花后 10 d 开始,每隔 10~15 d 叶

面和果面喷钙肥 1 次,共喷 3 次,时间分别为:24/4、4/5、19/5;②果实膨大期喷钙:在果实膨大期连喷 2 次,时间分别为:28/7、10/8;③幼果期和果实膨大期均喷钙:即①和②的总和。钙肥浓度如下:I 清水(CK),II 翠康钙宝(浓度 2 500×),III 钙宝 2000(浓度 700×),IV 氨基酸钙(浓度 900×),V 基因钙(浓度 1 250×)。6 月中旬进行光合作用测定,然后于 10 月中旬成熟期统一采收,采后当天即称重,后切碎、烘干,进行元素含量的测定。

1.2 测定方法

N 为半微量凯氏法,P 为钒钼黄法,K 用火焰光度法,Ca、Fe、Zn、Mn,用原子吸收法,B 用甲胺法,光合作用采用 CIRAS-1 型便携式光合仪测定。

2 结果与分析

2.1 喷钙对红富士叶片光合作用的影响

表 1 不同钙处理对红富士叶片光合作用的影响

处理	净光合速率 / $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	蒸腾速率 / $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	气孔导度 / $\text{md H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	胞间 CO ₂ 浓度
I	6.01 cC	2.07 bB	0.025 bA	61.1 aA
II	6.92 bBC	2.31 abAB	0.026 bA	56.5 aAB
III	8.26 aA	2.72 aA	0.032 aA	43.6 bB
IV	7.24 bAB	2.36 abAB	0.028 abA	51.5 abAB
V	7.41 bAB	2.48 aAB	0.029 abA	51.3 abAB

注 I 清水(CK)、II 翠康钙宝、III 钙宝 2000、IV 氨基酸钙、V 基因钙(下同);经邓肯氏新复极差法显著性测定,大写字母差异达 0.01 极显著,小写字母为差异达 0.05 显著水平。

由表 1 可知,喷钙明显促进了红富士叶片光合作用。各钙肥间,翠康钙宝、氨基酸钙、基因钙、钙宝 2000 的净光合速率分别增大 15.2%、23.4%、20.5%、37.5%,除翠康钙宝外,其它均达极显著水平,蒸腾速率分别较对照增大 11.6%、13.9%、20.0%、30.4%,气孔导度为

第一作者简介:龚鹏(1963-),男,新疆喀什人,副研究员,要从事果树栽培与生理研究。
通讯作者:李丙智。
基金项目:农业部“948”资助项目(2003-Q07)。
收稿日期:2007-12-10

0.26%、9.06%、11.3%、26.0%，其中与钙宝 2000 都达到了显著水平，这可能是由于钙宝 2000 中含较多的活性钙，容易被叶片吸收的缘故。由表 1 还可知 胞间 CO_2 浓度有所下降，钙宝 2000 下降幅度最大，为 28%，其次为基因钙和氨基酸钙，分别下降 16.2%、15.7%，这是由

于 Ca 通过第二信使的作用调节气孔保卫细胞的膨压^[3]，增加了叶片的气孔导度，使 CO_2 能够较多的进入光合器官，进行光合作用。

2.2 喷钙对红富士叶片和果实大量营养元素(N、P、K)及 Ca 的影响

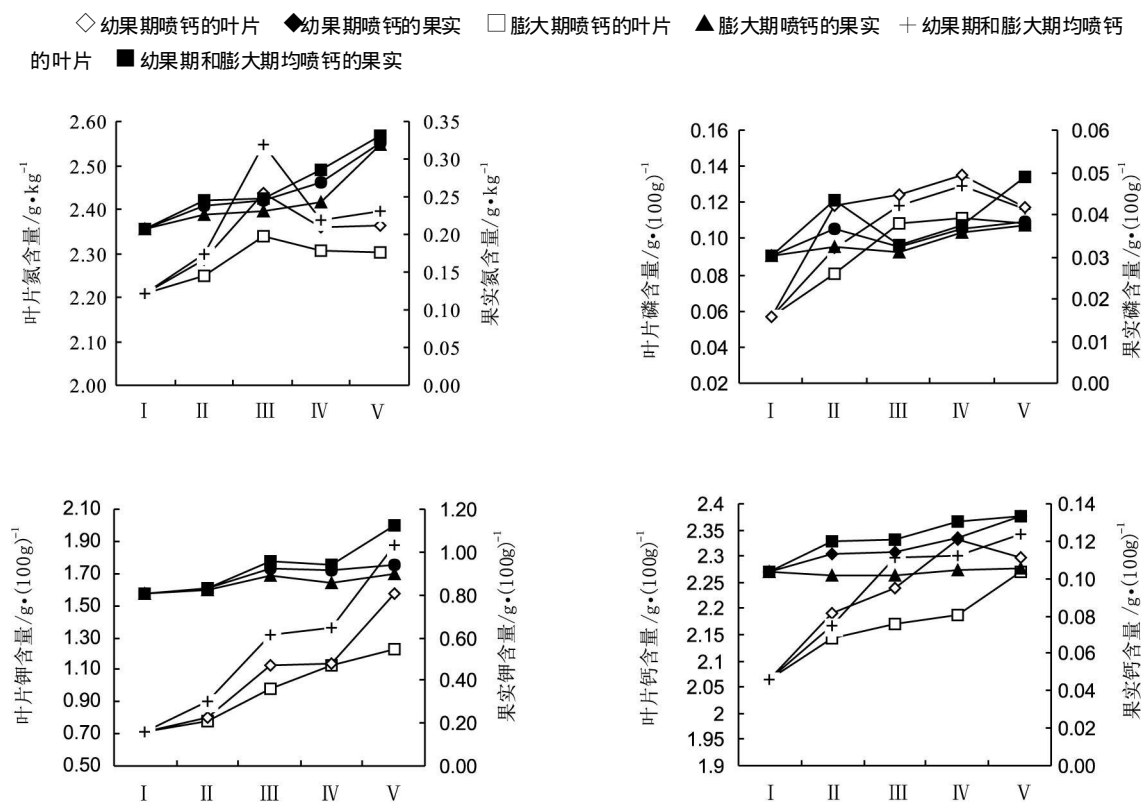


图 1 喷钙对红富士叶片和果实中 N、P、K、Ca 的影响

由图 1 可知，无论何时喷钙，在叶片和果实中，元素 N、P、K、Ca 含量都较对照有不同程度的增加，其中 N、K、Ca 以幼果期和膨大期均喷钙的处理增幅最大，而 P 以幼果期喷钙的处理增幅最大。这可能是幼果期喷钙后，Ca 迅速吸收，P 与过多的钙形成磷酸钙的非活性磷酸盐^[4]，使 P 含量减少，当膨大期喷钙后，Ca 吸收缓慢，无过多的 Ca 与 P 形成不溶物。

从图 1 可看出，钙肥均能不同程度提高各元素的含量，各钙肥间，K、Ca 元素含量以基因钙处理的最高，叶片和果实中分别平均增加(52%，22.8%；11.7%，19.8%)，其次为氨基酸钙分别平均增加(30.8%，12.3%；10.2%，14.9%)，最后为翠康钙宝。可见 K 与 Ca 相互促进，不形成拮抗。在叶片中的 N 元素含量，以钙宝 2000 的处理最高，平均为(2.34 g/kg)其次为基因钙的处理，平均为(2.35 g/kg)；而在果中的 N 元素含量，以基因钙处理的最高，平均为(0.26 g/kg)，钙宝 2000 的最低，平均为(0.32 g/kg)。这可能与钙宝 2000 中添加 N 素有

关，N 能加速光合作用，但过多 N 易引起枝条徒长，影响 N 向果实的输送，从而使果实中的 N 含量增加缓慢。

2.3 喷钙对红富士叶片和果实微量营养元素(Zn、Fe、Mn、B)的影响

从图 2 看出，无论幼果期还是膨大期喷钙，都能提高叶片和果实中 Zn、Fe、Mn、B 的含量，但各元素的增加幅度不同。B 在幼果期和膨大期均喷钙的处理中增加幅度最大，其次为幼果期处理，这与 Ca 的吸收趋势相符，表明 Ca 有利于 B 的吸收，这可能与它们有相同的吸收运转途径有关。而 Zn、Fe 在膨大期处理后增幅最高，幼果期最低。这可能因为 Ca 与 Fe、Zn 相互拮抗。由图 2 还可知，在幼果期处理后 Mn 含量达最高，而幼果期和膨大期均处理的 Mn 含量次之，这是可能是因为 Fe 抑制 Mn 的吸收。

从图 2 还可看出，不同钙肥间，Zn、Mn 元素以氨基酸钙处理的最高，叶片和果实中分别增加(60.2%，

55.7%; 77.9%, 61.2%), 其次为基因钙 再次为翠康钙 宝和钙宝 2000。而 Fe、B 以基因钙处理的为最高, 分别

增加(16.6%, 60.1%; 8.31%, 31.5%) 其次是氨基酸钙 再次为钙宝 2000 和翠康钙宝。

◇ 幼果期喷钙的叶片 ◆ 幼果期喷钙的果实 □ 膨大期喷钙的叶片 ▲ 膨大期喷钙的果实 + 幼果期和膨大期均喷钙的叶片 ■ 幼果期和膨大期均喷钙的果实

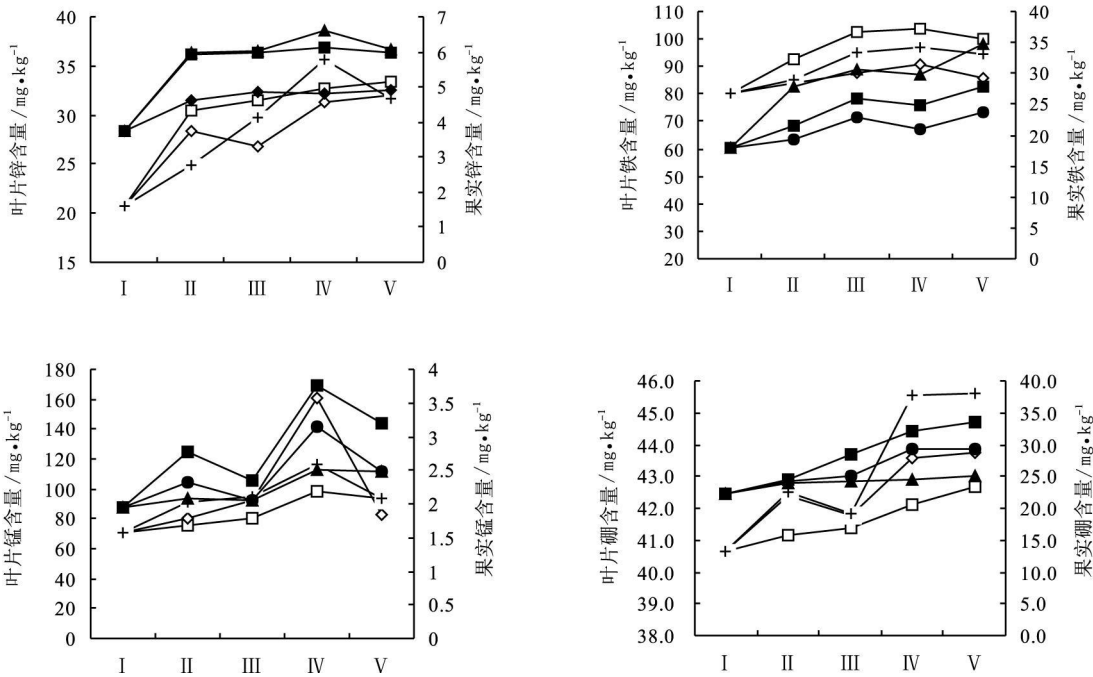


图2 喷钙对红富士叶片和果实中 Zn、Fe、Mn、B 的影响

3 讨论

苹果补钙效果除与补钙制剂的钙含量有关外, 还与钙的性质密切相关^[7]。研究结果表明, 基因钙对大量元素 N、P、K、Ca 和微量元素 Fe、B 的含量增加有明显的促进作用, 可知基因钙能够很好的螯合各元素, 这与何萍^[8]的研究一致。氨基酸钙中的钙离子, 尽管以高浓缩、螯合态存在^[9], 但其活性、渗透性、展着性、粘附性弱于黄腐酸, 因此各元素中, 仅有 Zn、Mn 的含量以氨基酸钙的处理最高, 贾爱萍^[10]研究也证实这一现象。翠康钙宝和钙宝 2000 中的活性钙虽然也能迅速吸收各元素, 但活性钙的运输易受运输途径的限制, 试验中, 钙宝 2000 的光合作用虽然最强, 但各元素的吸收并不理想, 这可能由于试验中钙宝的喷布浓度过高, 反而不利于红富士苹果的正常生长, 有待在下一年的试验中有所改进。因此, 试验表明钙肥的状态决定钙被吸收的多少, 但判断补钙效果的好坏, 不能仅仅停留在某一种指标的片面鉴定上, 而是综合的考虑。

植物对钙的吸收主要取决于钙与其它元素之间的相对平衡^[11], 试验结果表明: B 含量随 Ca 含量的增大而增大, 呈相互促进的关系, 这是因为硼和钙都为质外体运输, 促进了碳水化合物运输, 加速了光合作用的进行,

这与边少敏的试验^[12]结果相吻合。Ca 还能促进 K 含量的增加, 但与 Ca 促进 B 的吸收机制截然不同, K 和 Ca 有不同的吸收运转通道, Ca 不仅整合钾离子还发挥信号转导作用^[13], Ca 含量增大后以第二信使的作用刺激钾离子通道, 从而使钾离子通道开启, 促进了 K 含量的增大, 这与何为华^[14]的研究相一致, 但与许安民^[15]的 Ca 与 K 含量呈负相关的研究结论不一致。

结果还表明, Ca 与 N、P、Zn、Fe 产生拮抗作用, 而 Fe 与 Mn 之间也相互拮抗。Ca 随 N 含量增大而增大, 但过量的 N 抑制 Ca 的吸收, 这与陈见晖^[16]的研究结论一致。试验中, Ca 还与 Fe、Zn 竞争相同作用位点, 随 Ca 含量的迅速增大, Fe 的含量增加减缓, 而 Mn 含量呈上升趋势, 这可能是由于 Mn 与 Fe 拮抗所致, 但机理还有待进一步研究。Ca 与 Mn 间不存在拮抗, 这与陈立松^[11]的 Ca 与 Mn 竞争吸收的研究结论不符。综上所述, 在喷施钙肥时要注意各种元素间的相互关系。

参考文献

[1] 陈立松, 刘星辉. Ca²⁺ 与果树抗逆性的关系(综述)[J]. 亚热带植物科学, 2001, 30(4): 61-67.
[2] Bush D S. Calcium regulation in plant cells and its role in signaling[J]. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol, 1995, 46: 95-122.
[3] Rudd J J, Franklin-Tong. Calcium signaling in plants[J]. Cell and Mol

Life Sci. 1999, 55: 214-232.

- [4] 孟玉平, 曹秋芬. 苹果树叶面喷钙技术及其试验效果[J]. 山西果树, 2003, 94(4): 3-5.
- [5] Coussor Alain. Pharmacological study of two potential Ca^{2+} signalling pathways within stomatal closing in response to abscisic acid in Commelina communis[J]. Plant Science Shannon 1999 145(2): 67-74.
- [6] 李湘麒, 熊月明, 陆修闽. 等. 柑桔钙素营养研究综述[J]. 福建果树, 2001(1): 13-19.
- [7] 张连忠, 接玉玲, 杨兴洪. 等. 落叶前根外追肥对苹果休眠期营养状况的影响[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 1998, 29(4): 443-447.
- [8] 社会英, 薛世川, 孙忠富. 腐殖酸复合肥对葡萄养分吸收及产量的影响[J]. 土壤肥料, 2005(6): 44-46.
- [9] 孙明德, 张琳, 曹兵. 等. 膏状叶面肥及液体钙对大白菜产量和品质的影响[J]. 中国农学通报, 2006, 22(6): 265-267.

- [10] 贾爱萍, 赵冰, 廖宗文. 生化腐植酸的肥效及作用机理研究[J]. 腐植酸, 2005(2): 20-24.
- [11] 张承林. 果实品质与钙素营养[J]. 果树科学, 1996, 12(2): 119-123.
- [12] 边少敏, 孙建设, 张建光. 等. 柠檬酸钙对红富士苹果果实中钙含量及品质影响的研究[J]. 河北农业大学学报, 2002, 25(3): 37-40.
- [13] Muir S R, Sanders D. Inositol 1, 4, 5-trisphosphate-sensitive Ca^{2+} releases across non-vacuolar membranes in cauliflower[J]. Plant Physiol 1997, 114: 1511-1521.
- [14] 何为华, 黄显淦, 王瑞云. 等. 苹果施用硝酸钙的效果[J]. 果树学报, 1998, 15(1): 20-25.
- [15] 许安民, 尚浩博, 翟丙年. 等. 叶绿康球肥对防治苹果树缺铁失绿的效应[J]. 西北农业大学学报, 1999, 27(6): 44-48.
- [16] 陈见晖, 周卫. 苹果缺钙对果实钙组分、亚细胞分布与超微结构的影响[J]. 中国农业科学, 2004, 37(4): 572-576.

Research on Photosynthesis of the Red Fuji Apple by Different Calcium Fertilizers and Interactive Effects of Nutrient Elements

GONG Peng¹, CHE Yu-hong^{2,3}, YANG Bo^{1,3}, LI Bing-zhi³, MIAO Jian⁴

(1. Institute of Horticulture, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China; 2. Xinjiang Agricultural Professional Technology College, Changji, Xinjiang 831100, China; 3. Pomology Institute, College of Horticulture, Northwestern Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Xi'an 710065; 4. Miquan Agricultural Bureau, Miquan, Xinjiang 831400, China)

Abstract: There is a study on the change of photosynthesis of the red Fuji apple by different calcium fertilizers and interactive effects of nutrient elements. Took dwarfed red Fuji apple in the full fruit as the material, spraying continuously the different calcium fertilizations, which are the Gaibao 2000, the amino acid calcium, the gene calcium, Greenkang Gaibao, on the apple when the time after the flower and the fruit expanding. The result indicated that spraying various calcium fertilizations could enhance the photosynthetic rate, the transpiration rate, the nutritive elements content in leaves and fruits. Under synthetic influence of those calcium fertilization, Gaibao 2000 was the best to enhance the photosynthetic rate, next was the gene calcium and the Amino acid calcium. Spraying calcium fertilizations cause content of the nutritive elements constant arise but these calcium had a mutual relation which restricts and promotes mutually among various elements. That was to say, these calcium promote the absorption of B and K, but restrict the absorption of N, P, Zn, Fe, and the influence on Mn was not obvious. During the study, the best effects appear when spraying calcium after the flower and the fruit expanding. Among the different calcium fertilizations, Gene calcium and Amino acid calcium had the best effect.

Key words: Red Fuji apple; Calcium fertilization; Photosynthesis; Nutritive elements; Interactive effects

欢迎订阅《北方园艺》期刊

邮发代号 14-150 单月刊 每册定价 6.00 元 全年 72.00 元