

根系输液改善妃子笑荔枝钙营养的研究

唐健^{1,2}, 薛进军^{1*}, 覃其云¹, 段敏¹, 徐炯志¹

(1. 广西大学农学院, 南宁 530005; 2. 广西林业科学研究院经济林研究所, 南宁 530003)

摘要: 在妃子笑果实膨大期, 用 CaCl_2 进行根系输液、果实蘸果及树冠喷施三种不同的补钙处理, 研究不同补钙方式对改善妃子笑荔枝钙营养的作用。结果表明, 用 CaCl_2 根系输液, 能够显著改善树体钙素营养, 果皮和叶片的钙含量比对照分别提高了 85.19% 和 50.28%, 效果显著好于树冠喷施和果实浸蘸。与对照相比, 果实浸蘸、树冠喷施也有显著改善钙营养的作用, 果皮和叶片的钙含量比对照分别提高了 33.48%、8.85% 和 28.43%、51.54%。综合比较三种补钙方式的效果, 根系输液好于蘸果, 蘸果处理好于树冠喷施。

关键词: 荔枝; 根系输液; 钙营养

中图分类号: Q945.12 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2010)04-0517-04

Studies on the calcium nutrition of *Litchi chinensis* “Feizixiao” improved by root injecting

TANG Jian^{1,2}, XUE Jin-Jun^{1*}, QIN Qi-Yun¹, DUAN Min¹, XU Jiong-Zhi¹

(1. College of Agriculture, Guangxi University, Nanning 530005, China; 2. Institute of Economic Forest, Guangxi Academy of Forestry, Nanning 530005, China)

Abstract: The effects on improving the calcium nutrition of *Litchi chinensis* by three different types of calcium supplement (root injecting, fruit dipping and foliar spraying) during fruit development were studied. The results showed that the calcium nutrition of the trees could be significantly improved by root injection, and the calcium content of the pericarp and the leaves increased by 85.19% and 50.28% comparing with the control, respectively, which were better than the other two types. Compared with the control, treatments of foliar spraying and fruit dipping also contributed to higher content of calcium in the pericarp and the leaves, with 33.48%, 8.85% and 28.43%, 51.54% higher than those of control, respectively. Among the three types of calcium supplement, root injecting had the best effect on increasing the calcium content in *L. chinensis*, followed by fruit dipping and finally foliar spraying.

Key words: litchi (*Litchi chinensis*); root injecting; calcium nutrition

妃子笑是荔枝 (*Litchi chinensis*) 的一个著名品种, 具有早熟、易成花、花量大、果品质好, 宜加工等优点。由于妃子笑早熟、果实生长快, 缺钙现象比较普遍。低钙往往引起果实的生理失调, 常见的有苹果苦痘病 (bitter pit)、水心病 (watercore) (Pering, 1984; Pering & Person, 1987)、鸭梨黑心病 (龚云池, 1986)、荔枝裂果 (李建国等, 1999; 彭坚等,

2003)、柑橘皱皮 (陈杰忠等, 2002) 等。荔枝钙素营养水平与果实品质有明显的正相关 (Fallahi 等, 1985; Bramlage 等, 1990; Johnson 等, 1998; Wojcik 等, 2001), 在栽培上采用人为增钙技术可明显改善果实品质 (Ferguson 等, 1989)。生产上常用喷施钙肥的方法提高果皮含钙水平 (刘剑锋等, 2007), 彭坚等 (2003) 报道喷施硝酸钙可显著降低荔枝裂果。李

收稿日期: 2008-12-17 修回日期: 2009-11-05

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项; “948”荔枝公益性行业专项 (nyhyzx07-031) [Supported by the Earmarked Fund for Modern Agro-industry Technology Research System; Litchi Non-profit Special Project (nyhyzx07-031)]

作者简介: 唐健 (1980-), 男, 广西桂林人, 博士, 从事植物营养和园艺作物栽培及生理研究, (E-mail) tang_jian_2000@163.com。

* 通讯作者 (Author for correspondence, E-mail: xuejinjun@163.com)

建国等(1999)利用螯合钙添加其他微量元素也使裂果率大幅度下降。但也有报道,喷施难以提高果皮钙的含量(黄旭明等,2006)。可见,树冠喷钙等常规补钙技术效果并不稳定。根系输液是将矿质元素从根系直接输入树体的一种方法,由于没有土壤的吸附和喷施空气的氧化、雨水冲刷等,具有利用率高,见效快,可以经木质部直接进入果实等显著优点,近年在矫正果树缺铁失绿症等方面获得了较好的效果。为了利用该方法解决荔枝缺钙造成的裂果问题,进行了该项试验,以期在荔枝栽培上创造一种新型的人工补钙技术。

1 材料与方法

1.1 材料

试材为 2002 年定植的妃子笑荔枝树,种植密度为 3 m×5 m,南北行向。选树体大小、结果量相近的树作为试验树。土壤类型为红壤,酸性,pH 值为 4.58,质地偏粘,管理水平中等。用分析纯 CaCl₂ 进行处理。

1.2 方法

试验于 2007~2008 年在广西大学农学院果树标本园进行。5 月 3 日当荔枝坐果后(谢花后 30 d)设置以下处理:(A)根系输液:在距主干 1 m 左右的不同方位刨出 5 条直径 0.5 cm 左右的根,每条根剪平后插入装有 100 mL 的输液瓶中,CaCl₂ 浓度为 2 000 mg/L 去离子水。(B)蘸果:CaCl₂ 浓度为 2 000 mg/L 去离子水,配好后放入大烧杯中,按照常用的蘸果方法,蘸果时间 5 s。(C)树冠喷施:用 2 000 mg/L CaCl₂ 均匀喷施树冠,每株树喷 500 mL,与根系输液的量相同。(CK)对照:用 500 mL 清水均匀喷施树冠。单株小区,重复 3 次。进行正常的果园生产管理。

处理前、花后 40 d、花后 50 d 各采集一次叶片和果实的样品,每次采 25 张叶片、10 个果实。用硝酸-过氧化氢-高氯酸消化法分别测定果皮和叶片中总钙含量,测定果实横纵径和单果重,叶片相对含水量用烘干恒重法。调查果实大小和统计果实的裂果情况。

裂果率(%)=(每次裂果数之和/第 1 次调查时总果数)×100%

试验相关测定结果用 Excel 软件和 SAS 软件进行统计,用邓肯氏新复极差法进行显著性测定。

2 结果与分析

2.1 不同处理果皮中钙含量变化动态

对照花后 40 d 果皮中钙含量为 1 105.73 mg/kg,比花后 30 d 提高了 2.13%,花后 50 d 果皮中钙含量为 1 243.93 mg/kg,增加了 12.50%,果皮中的含钙量呈逐渐增加的趋势;根系输液处理前(花后 30 d)果皮中钙含量为 977.53 mg/kg,处理 10 d 后果皮中钙含量迅速增加到 1 638.50 mg/kg,增加了 67.62%。花后 50 d 果皮中钙含量达到 1 810.30 mg/kg,显著高于其它处理;蘸果处理花后 50 d 果皮中钙含量达到 1 517.13 mg/kg,提高了 15.68%,显著高于对照和喷钙处理;喷钙处理花后 40 d 钙含量小幅增加,达 1 365.47 mg/kg,花后 50 d 果皮中钙含量略有下降,但仍显著高于对照。试验表明,根系输液能大幅的提高果皮中钙的含量,可能与吸收铁一样,通过木质部导管进入树体并进入果实,增加果皮中钙含量。

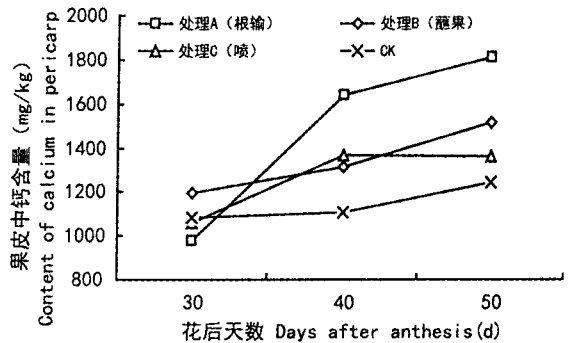


图 1 不同处理对果皮中钙含量的影响

Fig. 1 Effect of different treatments on calcium contents in pericarp

2.2 不同处理叶片钙含量变化动态

不同处理对荔枝叶片中钙含量有显著影响,如图 2 所示:叶片中钙的含量,无论是否用钙处理,从花后 30 d,到花后 40 d,都是呈增加的趋势,其中根系输液 10 d 后叶片中钙含量增加了 86.97%,对照增加 14.54%,蘸果处理和喷钙处理分别增加 11.83%和 48.33%。处理 20 d 后,叶片中钙含量逐渐降低。其中根系输液处理叶片中钙含量比前期下降了 19.62%,下降幅度大于对照和其它处理。其它处理叶片中钙含量与前期相比无明显差异。由此可见,根系输液使木质部中钙含量迅速升高,特别是在蒸腾作用相对强烈的叶片,能使钙局部浓度迅速

提高,随着处理时间的增加,根系输液完成,这种局部的高浓度难以维持,在蒸腾流的稀释作用下,木质部中钙浓度迅速降低。叶片中钙含量也就下降得比较快。而其它处理则波动较小。

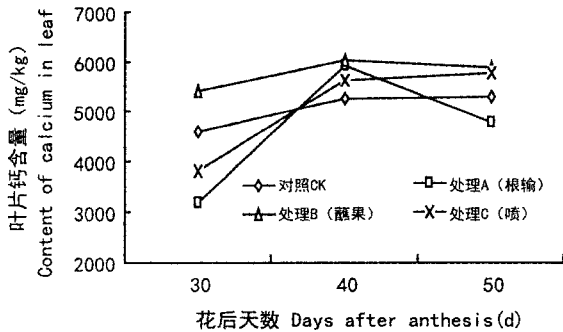


图 2 不同处理对叶片钙含量的影响
Fig. 2 Effect of different treatments on calcium content in leaf

2.3 不同处理果实含水量变化动态

在果实膨大期间,果实含水量先大幅提高,然后增速减缓(图 3)。可见,在果实发育的膨胀期,对水分需求比较大。荔枝假种皮快速生长期水分大量进

入果实,水分的进入主要通过木质部,钙在木质部移动相对自由,Cline 等(1992)认为木质部可能是苹果果实中钙源的重要通道。因此,荔枝果皮中钙含量在后期的迅速增加可能与水分在木质部中的运动有关。根系输液处理与其它处理间水分含量差异不显著,但果实中钙含量却显著高于其它处理。根系输液处理有效地提高了木质部中钙溶液的浓度,从而

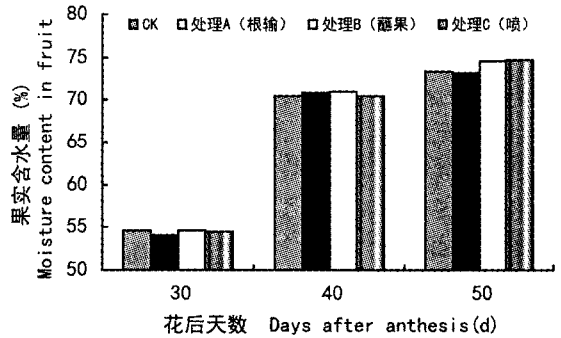


图 3 不同处理对果实中含水量的影响
Fig. 3 Effect of different treatments on moisture content in fruit

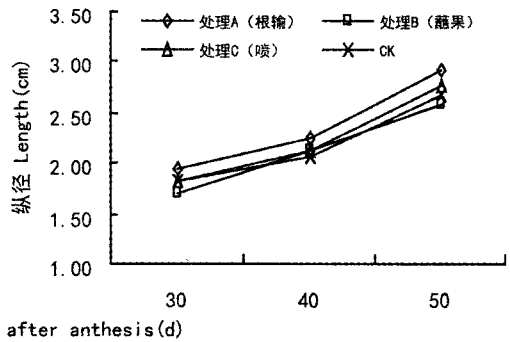
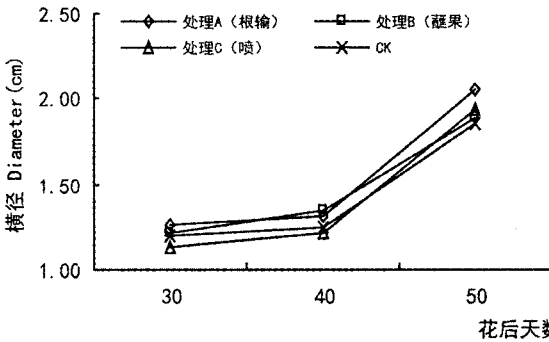


图 4 不同处理对果实横径和纵径的影响
Fig. 4 Effect of different treatments on diameter and length of fruit

改善了果实钙素的营养水平。

2.4 不同处理对果实发育情况的影响

2.4.1 不同处理对果实大小的影响 从图 4 可以看出:妃子笑荔枝果实前期膨大得比较慢,花后 40~50 d 是果实膨大期。果实在横径和纵径上的膨大速度不同,在花后前 40 d 横径增长不大,花后 40~50 d 果实横径迅速增长。而果实纵径增长的过程比较平缓。由于妃子笑是早熟品种,花后 50 d 果实大小基本长成,是单 S 生长图型。处理 20 d 后,根系输液处理的果实显著大于其它处理。其它处理间无显著差异。可见,果实膨大期,充足的钙营养能促

进果实的发育。

2.4.2 不同处理对裂果情况的影响 钙是细胞壁的重要组成成分之一,在维持细胞膜的稳定方面也起到重要影响。一般认为,钙能增加细胞壁强度,已有的研究指出,叶面喷钙可减轻多种果实的采前裂果(孟玉平等,2003; Moon 等,2002a, b)。李建国等(1999)研究也表明,荔枝的裂果率与叶片的钙含量呈明显的负相关。从表 1 可以看出:不同处理对妃子笑单果重和裂果率的影响存在显著差异。其中以根系输液的效果最好。而蘸果处理和喷钙处理之间的差异不显著,但均显著好于对照。这与前人研究

的结果相似,说明补钙降低了荔枝果实的裂果率,其中以根系输液的补钙效果最好(表1)。

表1 不同处理对单果重和裂果率的影响

Table 1 Effect of different treatments on the percentage of cracking fruit and fruit weight

处理 Treatment	单果重 Weight (g)	裂果率 (%) Percentage of cracking fruit
A	31.5a	5.23a
B	26.4b	10.56b
C	25.8b	11.28b
CK	22.9c	16.75c

注: 同列数字后面不同英文字母表示差异显著($P \leq 0.05$)

Note: Different letters after each data in same column mean significant difference at 0.05 level ($P \leq 0.05$).

3 讨论

钙是细胞壁的重要组成成分之一,在维持细胞膜的稳定方面也起到重要作用,裂果严重的果园土壤中交换性钙明显偏低,树体叶片和果皮中钙含量也显著低于裂果较轻的果园;裂果果皮中钙含量显著低于正常果;单株的裂果率与叶片中钙含量呈显著的负相关(李建国等,1999; Moon等,2002a,b)。通过外源施钙提高妃子笑荔枝钙营养水平,是降低妃子笑荔枝裂果的重要方法之一。钙离子主要通过木质部导管运输,通过韧皮部运输的钙相对较少,蒸腾拉力是其主要的运输动力(周卫等2002)。由于果实蒸腾强度远小于叶片,进入果实的钙明显比叶片少,加之移动性差,叶片的钙难以向果实转移,因而常导致果实缺钙。妃子笑在果实膨大期,喷施或蘸果处理能提高果皮中的钙含量,但是,由于果实对其表面的钙吸收缺乏主动机制,依赖内外浓度梯度和组织内外液相的连续,因此往往会受天气的影响;其次,果实表面存在蜡质层,气孔稀疏,吸收的途径少,阻力大;另外,吸收的钙能否形成细胞壁结构钙,还取决于细胞壁环境,包括细胞壁的负电荷和离子环境其中,果皮组织内外的钙浓度梯度是钙吸收的动力,因此外施的钙浓度越高,越有利钙的吸收。在果实发育的初期,果实表面蜡质层薄,喷钙和蘸果处理均能大幅的提高果皮钙营养水平。但是随着果实的发育,喷施钙处理虽然能提高叶片的钙素水平,但叶片中的钙难以向果实运输,对提高果皮钙素营养水平的作用越来越有限。蘸果处理受天气影响小,在果皮表面能形成相对较大的浓度差,所以,同样能

促进果皮对钙的吸收,改善果实钙营养状况。根系输液补钙的方式与喷施和蘸果补钙的机理完全不同,根系输液的钙从果树根部在蒸腾拉力的作用下,直接通过木质部运输到果实和叶片,提高了果树钙营养水平,保证了果实膨大期对钙的需求。我们用根系输液矫正果树缺铁失绿症,也取得了很好的效果(薛进军等,1999;杨青芹,2001)。根系输液最大的好处是节省肥料,而且肥料不与土壤直接接触,不污染土壤。用根系输液的方法将中量元素供给树体,估计需要在生长季多次进行,还需要进一步深入研究。

4 结论

树冠喷施、果实蘸果和根系输液处理,均能显著提高荔枝果实和叶片中钙的营养水平。其中,根系输液处理效果最明显,果皮和叶片的钙含量值分别提高了85.19%和50.28%;不同处理对妃子笑单果重和裂果率的影响存在显著差异。其中以根系输液的效果最好。单果重达到31.5g,比对照提高了37.55%,裂果率为5.23%,比照降低了11.52%。

参考文献:

- Chen JZ(陈杰忠), Lu XJ(吕雪娟), Ye ZX(叶自行), et al. 2002. Study on the relation between mineral nutrition levels and creasing peel in mature orange(柑橘皱果皮与果皮及其细胞壁矿物质元素关系的研究)[J]. *Plant Nutr Fert Sci*(植物营养与肥料学报), 8(3):367-371
- Gong YC(龚云池), Xu JE(徐季娥), Zhang SZ(张淑珍), et al. 1986. The relationship between brown core of 'Yali' and calcium nutrition. (鸭梨黑心病与钙素营养的关系)[J]. *Acta Hort Sin*(园艺学报), 13(2):145-148
- Li JG(李建国), Gao FF(高飞飞), Huang HB(黄辉白), et al. 1999. Preliminary studies on the relationship between calcium and fruit-cracking in litchi fruit(钙与荔枝裂果关系初探)[J]. *J South China Agric*(华南农业大学学报), 20(3):45-49
- Liu JF(刘剑锋), Peng SA(彭抒昂), Cheng YQ(程云清), et al. 2007. Studies on calcium transportation and its movement in pear fruit(梨果各部分(皮、肉、核)钙运转动态的研究初报)[J]. *Guihaia*(广西植物), 27(2):240-243
- Meng YP(孟玉平), Cao QF(曹秋芬). 2003. Apple leaf surface spray calcium technical and its test effect(苹果树叶面喷钙技术及其试验效果)[J]. *Shaanxi Fruits*(山西果树), (4):3-5
- Peng J(彭坚), Xi JB(席嘉宾). 2003. Studies on the physiological mechanism and the preventing measures of cracking fruit of *Litchi chinensis* cv. Nuomici(糯米糍荔枝裂果的生理机理与防裂效果研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 23(1):65-68
- Xue JJ(薛进军), Yu DC(余德才), Wang XR(王秀茹), et al.

(下转第543页 Continue on page 543)

- tilized kernels and their parents during the early stages of seed development in wheat(不同优势小麦正反杂交种子与亲本自交种子发育前期基因表达差异)[J]. *Acta Agron Sin*(作物学报), **31**(1):119—123
- Tyagi A, Chandra A. 2006. Isolation of stress responsive *Psb A* gene from rice(*Oryza sativa* L.) using differential display [J]. *Indian J Biochem Biophys*, **43**(4):244—246
- Watanabe H, Saigusa M, Hase S, et al. 2004. Cloning of cDNA encoding an ETR2-like protein(Os-ERL1) from deep water rice (*Oryza sativa* L.) and increase in its mRNA level by submergence, ethylene, and gibberellin treatments[J]. *J Exp Bot*, **55**(399):1 145—1 148
- Xie XD(谢晓东), Ni ZF(倪中福), Meng FR(孟凡荣), et al. 2003. Relationship between differences of gene expression in early developing seeds of hybrid versus parents and heterosis in wheat(小麦杂交种与亲本发育早期种子的基因表达差异及其与杂种优势关系的初步研究)[J]. *J Genet Genom*(遗传学报), **30**(3):260—266
- Zeng JM(曾建敏), Lin WX(林文雄), Liang KJ(梁康迺), et al. 2003. Molecular responses of rice(*Oryza sativa*) to the stress of lowly enhanced UV-B radiation(水稻对低剂量 UV-B 辐射胁迫的分子应答研究)[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **14**(6):941—944
- Zhang JJ(章基嘉), Zhou SG(周曙光). 1990. Major climatic disasters in China and their impact on agricultural production(我国的主要气候灾害及其对农业生产的影响)[J]. *J Nanjing Inst of Meteor*(南京气象学院学报), **13**(3):259—264
- Zhang HY(张海英), Liu Y(刘勇), Liu DC(刘冬成), et al. 2005. Identification of the genes related to resistant to *Magnaporthe grisea* using differential display technique in rice(差异显示法分离水稻抗稻瘟病相关基因)[J]. *J Genet Genom*(遗传学报), **32**(7):719—725
- Zhang LP(张立平), Wu P(吴平), Zhu JM(祝金明), et al. 1997. The expressive difference of inductive gene by aluminium in rice by differential display(利用 DD-PCR 技术分析水稻铝诱导基因的表达差异)[J]. *Sci Agric Sin*(中国农业科学), **30**(5):71—74
- Zhao L(赵莉), Deng XL(邓晓玲), Jia XL(贾显禄). 2006. mRNA differential expression of rice induced by elicitor from *Magnaporthe grisea*(稻瘟病激发子诱导的水稻叶片 mRNA 差别表达研究)[J]. *Mol Plant Breeding*(分子植物育种), **4**(4):535—539
- Zhou JM(周建明), Zhu Q(朱群), Bai YY(白永延). 1999. Cloning and sequencing of cDNA fragment of early responsive gene of rice induced by blast fungus *Magnaporthe grisea*(稻瘟病菌侵染诱导的水稻早期反应基因的 cDNA 片段克隆与序列分析)[J]. *Acta Phytophysiol Sin*(植物生理学报), **25**(2):115—120

(上接第 520 页 Continue from page 520)

1999. Effect of different fertilizing methods on the absorption and translocation of iron in apple trees(施肥方式对苹果吸收、运输铁的影响)[J]. *J Fruit Sci*(果树科学), **16**(1):1—3
- Yang QQ(杨青芹), Xue JJ(薛进军), Wang XR(王秀茹), et al. 2001. Mechanism of iron fertilizer by root-inserted to correcting chlorosis of fruit(铁肥根系输液矫正苹果缺铁失绿症机理)[J]. *Plant Nutr Fert Sci*(植物营养与肥料学报), **7**(4):435—440
- Zhou W(周卫), Lin B(林葆). 2002. Study on pathways of Ca²⁺ movement in young fruit tissue of apple and its regulation by hormones(苹果幼果组织钙运输途径与激素调控)[J]. *Plant Nutr Fert Sci*(植物营养与肥料学报), **6**(2):214—219
- Bramlage WJ, Weis SA, Drake M. 1990. Observation on the relationships among seed number, fruit calcium, and senescent breakdown in apples[J]. *Hort Sci*, **25**:351—353
- Cline JA, Haiuon EJ. 1992. Relative humidity around apple fruit influences its accumulation of calcium[J]. *J Amer Soc Hort Sci*, **117**(4):542—546
- Fallahi E, Righetti TL, Richardson DG. 1985. Predictions of quality by preharvest fruit and leaf mineral analyses in 'Starkspur Golden Delicious' apple[J]. *J Amer Soc Hort Sci*, **110**:524—527
- Huang XM, Wang HC, Zhong WL, et al. 2008. Spraying calcium is not an effective way to increase structural calcium in litchi pericarp[J]. *Sci Hort*, **117**(1):39—44
- Johnson DS, Ridout MS. 1998. Prediction of storage quality of 'Cox's Orange Pippin' apples from nutritional and meteorological data using multiple regression models selected by cross validation[J]. *J Hort Sci Biotech*, **73**:622—630
- Moon BW, Lu WJ, Zheng HL, et al. 2002a. Effects of tree-spry of liquid calcium compounds on calcium contents, quality, and cell wall structure change of "Jingfen" pear fruits[J]. *J Kores Soc Hort Sci*, **43**(4):51—53
- Moon BW, Kang IK, Lee YC, et al. 2002b. Effects of tree-spry of liquid calcium compounds on the changes in cell wall components, cell wall hydrolases, and cell wall structure during cold storage of non-astringent persimmon fruits[J]. *J Kores Soc Hort Sci*, **43**(4):443—446
- Perring MA. 1984. Redistribution of minerals in apple fruit during storage; preliminary investigations with the variety Spartan[J]. *J Sci Food Agric*, **35**:182—190
- Perring MA, Person K. 1987. Redistribution of minerals in apple fruit during storage, the effect of storage atmosphere on calcium concentration[J]. *J Sci Food Agric*, **40**:37—42
- Wojcik P. 2001. Dabrowicka prune fruit quality as influenced by calcium spraying[J]. *J Plant Nutri*, **24**(8):1 229—1 241