

营养成分调控果树花芽分化研究进展*

王广鹏, 孔德军, 刘庆香

(河北省农林科学院 昌黎果树研究所, 河北 昌黎 066600)

摘要: 概述了近年来果树花芽分化与营养成分关系研究的主要进展, 包括果树花芽分化与淀粉、可溶性糖、氨基酸、蛋白质以及磷、钙等几种矿质营养的关系。随着研究手段的不断进步和科研水平的提高, 人们逐渐弄清了果树花芽分化期间主要营养成分生理变化以及部分外界因素调控的作用, 认为果树成花是一个多因素积累的过程, 其中营养成分是花芽分化所必需的物质基础。

关键词: 果树; 花芽分化; 碳水化合物; 矿质营养

中图分类号: S 601 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-390X (2009) 06-0908-05

Advances in Research on the Relationship between Mineral Nutrient and Flower Bud Differentiation of Fruit Trees

WANG Guang-peng, KONG De-jun, LIU Qing-xiang

(Changli Fruit Institute of Hebei Academy of Agricultural and Forestry Science, Changli 066600, China)

Abstract: Based on the literature about fruit trees published in the world, the advances of research on the relationship between flower bud differentiation and starch, soluble sugar, amino acid, protein, phosphorus and calcium etc were reviewed. With the advances in research means and scientific level, it seems that the dynamic changes of the key nutritional components during flower bud differentiation and the effects of environmental factors on flower bud differentiation has known. Flower bud differentiation is a complicated morphogenesis process, as well as nutritional component is a critical factors during flower bud differentiation.

Key words: fruit tree; flower bud differentiation; carbohydrate; mineral nutrient

花芽分化是果树年生长周期内的重要生命活动之一, 花芽分化的数量和质量直接影响果树的产量。对果树花芽分化机理的研究自 19 世纪 70 年代开始, 此后 100 多年的时间里此方面的研究一直相当活跃。近年来, 研究发现参与花芽分化的营养成分种类进一步增多, 各种营养成分的功能以及它们对树体的调控效果研究也取得了相当的进展。本文着重从以上角度来综述在这些方面取得的主要研究成果, 以期为更好地研究花芽分化机理以及在果树上的调控应用提供参考。

1 碳水化合物

1.1 淀粉和可溶性糖

研究普遍认为, 碳水化合物的积累有利于花芽分化^[1~7], 一些研究结果仍然认为单纯的 C/N 对花芽分化很重要, 其比值的增加会促进果树的花芽分化^[1,7,8]。而一些研究观点显然比传统“C/N 学说”有所进步, 他们对笼统的碳水化合物进行细化分类, 认为淀粉是能量的贮存物质, 但它本身并没有生理活性, 而是在花芽分化过程中水

收稿日期: 2008-11-07 修回日期: 2009-04-17

* 基金项目: 河北省科技富民项目 (07220105D-5)。

作者简介: 王广鹏 (1978-), 男, 河北赞皇人, 在读博士研究生, 主要从事板栗育种与栽培生理研究。

E-mail: wangguangpeng430@163.com

解为糖,供花芽分化利用^[9~12];葡萄糖、果糖和蔗糖等可溶性糖是花芽分化的营养基础,在分化过程中被直接消耗利用^[13~16],吴月燕等^[17]还认为葡萄花芽分化进度与淀粉、可溶性糖、蔗糖和果糖含量呈正相关。

树体内其它部位的碳水化合物、氮化物含量对花芽分化也具有一定的影响,一些学者借助叶片、叶芽或者枝条内这些指标的差异来研究花芽分化。PRIESTLY^[1]认为橄榄叶片适当的碳水化合物和氮化物含量能提高花芽分化量。MENZEL等^[11]研究结果表明,荔枝从花芽生理分化至开花前,叶片含氮量是逐渐上升,开花前达到最高峰,之后随着开花逐渐下降。钟晓红等^[13]在奈李的花芽分化研究中发现,叶片中可溶性糖含量在生理分化时达到最高,但在形态分化时降至最低,从而间接说明奈李的形态分化要消耗大量的糖分,这与邱金淡等人研究结果是一致的。李兴军等^[18]发现,杨梅花芽发端前,叶片中的还原糖、蔗糖和可溶性总糖均明显地积累而有利于花芽的孕育。郭金丽等^[6]研究发现苹果梨花芽生理分化期,成花短枝和叶片中淀粉积累快、含量高;形态分化过程中淀粉大量积累储存,据此认为叶片和花枝供应给花芽大量的营养物质,这与刘孝仲等^[19]在夏橙中的研究结果是一致的。

同时在花芽分化过程中,应用C/N理论采用促花和抑花措施调节树体内可溶性糖、淀粉和氮化物含量变化,进而起到调节花芽分化的例证也很多。GA₃处理可降低花芽孕育期间还原糖、蔗糖和可溶性总糖的水平,从而抑制了花芽分化^[18],而通过GA类抑制剂可以抵消其生理作用,提高碳水化合物水平,促进果树花芽分化^[4,20]。利用生长抑制剂处理植株后,叶片内总糖、可溶性糖、还原糖含量增加,尤其是还原糖含量显著增加,是花芽分化的一个可靠指标。根系中高含量的淀粉是花芽分化的一个突出指标^[21],吴定尧等^[22]研究发现,环剥可提高石峡龙眼叶片淀粉和总糖含量,促进成花。陈清西等^[23]用KClO₃诱导龙眼树花芽分化,证明龙眼成花的过程中,淀粉含量由高水平逐渐下降、可溶性总糖和果糖含量逐渐上升有利于龙眼花芽形成。

但在一些研究中也发现碳水化合物的种类和含量在花芽分化过程中没有明显的差异,有时结果甚至与传统C/N理论是相互矛盾的。柑橘无果

短枝的总糖和还原糖含量似乎高于有果短枝,并且进入形态分化以后成花枝上的可溶性糖含量变化不大^[24]。橄榄^[1]、芒果^[25]和宽皮桔^[26]叶片和枝条内高含量碳水化合物并不导致花芽分化,温州蜜桔^[27]叶片和枝条内低碳水化合物含量也不影响花芽分化,另据报道杨桃成花新梢上碳水化合物并未积累到最高即进入形态分化^[28],无花果花芽分化的过程当中,淀粉含量的变化亦不大^[29],李癭生等^[30]甚至认为果树花芽形成与淀粉粒的存在尚无直接对应关系。STUTTE和MARTIN^[31],SSLIH^[32]研究认为氮化物对花芽分化起重要作用,但是C/N在成花诱导过程中不起作用。

由此可见碳水化合物和花芽分化的关系在不同树种上有不同的表现,没有同一模式。究其原因可能是花芽分化是一个成花因素积累,由量变到质变的过程,虽然其分化方式是在树种进化过程中形成的,具有相对稳定性,但不同树种影响因素差异颇大。综合以上研究认为碳水化合物累积与花芽分化有密切关系,但它不是成花的直接决定因子。

1.2 氨基酸和蛋白质

作为细胞增殖、形态建成和生命活性的重要基础物质,氨基酸和蛋白质在花芽分化方面的重要作用众所周知的。近年来关于果树花芽分化期氨基酸和蛋白质变化动态的研究越来越多。

一些研究表明在花芽诱导期,较低的氮素代谢水平和较高的苯丙氨酸积累,是花芽分化的相关条件之一^[33],花芽孕育期间,橄榄小年结果树较大年结果树叶片内脯氨酸、天冬氨酸和精氨酸的含量高,而色氨酸的含量显著地低^[34],而多数研究者认为花芽分化有赖于一定量的氨基酸和蛋白质的合成与积累^[6,35~37],并且在个别树种上氨基酸含量与花芽发育质量有一定关系,氨基酸含量高,雌蕊发育的质量好一些,败育率也低一些^[38]。不少研究者认为在果树成花诱导过程中,可溶性蛋白质含量呈现先升高而后下降的趋势,而在随后的花芽分化过程中,蛋白质和大多数氨基酸含量再次逐步降低,与花芽形态分化紧密相关^[14,19,39,40],在此过程中变化较大的氨基酸有:天冬氨酸、谷氨酸、脯氨酸、亮氨酸、精氨酸等。

在一些研究中还发现,一些特异蛋白质与花芽分化密切相关,但其性质和功能尚不能定论。MURAI等^[41]研究发现日本夏橙即将花芽孕育的

小年结果枝较大年结果枝增加了一些特异蛋白质, 这些蛋白质与脯氨酸有关。何绍兰等^[42]对金柑、柑、蜜柑研究表明, 在花芽孕育期间, 经抑花处理的芽组织中出現新合成的蛋白质, 而随着花芽由孕育向发端过渡, 环割处理的芽组织出现小分子酸性特异蛋白质。BOURANIS 等^[43]指出, 花芽孕育过程中发育着的花序原基是一些水溶性蛋白质的强库。这些线索在今后的研究中值得进一步探讨。

2 矿质营养

2.1 磷

磷, 特别是有机磷在花芽分化中起着重要作用。周学明等^[44]用 ³²P 示踪试验表明, 在苹果花芽分化开始前, 花芽枝中核蛋白磷显著高于叶芽枝。脐橙有叶花枝的氮、磷营养条件明显高于无叶花枝, 春秋梢结果母枝的氮、磷营养条件高于春梢结果母枝^[45], 银杏早期雄花芽叶内的高磷水平, 有利于雄株成花的诱导^[7]。在 7 月间如果把苹果叶内磷酸含量从 0.15% 提高到 0.25%, 则成花数量可以增加 1 倍多^[46], 福田等^[47]用砂培的桃做试验, 发现磷在 0 ~ 160 mg/L 范围内, 含量越高成花越多, 而缺磷会引起细胞分裂素的降低, 抑制花芽分化。磷是核酸组分, 也是蛋白质、膜和 cAMP, ATP 的组分, 因此, 磷能够促进花芽的形成是十分确定的。

2.2 钙

钙不仅是一种生长必需元素, 而且作为植物细胞偶联细胞外的信息和细胞内生理生化反应的第二信使, 是许多重要的生理生化过程的调控者, 它的许多重要功能是通过钙调素 (CaM) 来实现的。已有一些报道表明, Ca 和 CaM 参与了一些植物的花芽分化过程^[48~51]。

果树 Ca²⁺ (CaM) 含量变化规律普遍在花芽发端期之前有一个积累过程, 以后随着花芽分化的进行而逐渐被消耗, Ca²⁺ 含量也就降低了^[14,52,53], 其中 CaM 含量的上升与活化依赖于 Ca²⁺ 的积累, 而 Ca²⁺ 所起的作用是通过 CaM 来完成的^[54], 但是两者是如何相互作用的目前还不清楚。用钙离子载体 A₂₃₁₈₇ 处理的草莓花芽分化始期提前, 分化时间缩短; 而用钙离子专一性螯合剂 EGTA 处理的草莓则延缓或抑制成花, CaM 拮抗剂 TEP 处理则抑制自然条件下草莓的成花, 其

结果直接证明了 Ca²⁺ 和 CaM 调控花芽分化的生理作用^[14]。但也有相反的研究结果, 部分果树枝条中的含钙量与花芽分化呈负相关关系^[55]。由此可见 Ca²⁺ 和 CaM 在果树花芽分化中的作用仍需进一步研究。

2.3 其它矿质营养

在其它矿质元素调控花芽分化这一生命过程中, 不少学者做了许多有益的探索。宽皮桔^[56]和橄榄^[57]小年结果树叶氮、磷、钾、镁积累较大年树明显, 而硼、锌、锰的含量差异不明显。戴良昭等^[58]研究发现, 柑桔主要矿质营养对成花有明显的影响, 在生理分化期前喷施硼、锌、铜、镁、钙等营养元素, 能够促进成花, 增加结果母枝的数量。阿月浑子小年结果树营养芽中氮、镁、钙、锰的含量较大年树低, 但钾含量较高^[59], 刘星辉等^[60]报道, 龙眼结果母枝花芽分化前镁含量与当年产量呈正相关。而缺素常不利于花芽分化的形成, 如缺锌时, 苹果、梨花芽分化减少。钾可以活化生长素氧化酶和丙酮酸激酶的活性, 促进叶片内氨基酸的合成, 提高碳水化合物水平, 降低游离态酚类和生长素含量^[34], 钾还可与 CTKs 具有部分的补偿作用和明显的协同效应^[61]。

3 问题与展望

果树花芽分化和开花是复杂的器官形态建成过程, 是植体内部各种因素共同参与、相互协调, 并受外界环境因素影响, 共同作用组成的一个复杂的智能网络系统对树体进行调控的结果。该过程中, 营养积累是成花的基础, 激素调节是成花的关键, 基因表达是成花的途径。

近期果树花芽分化在营养成分方面的大量报道多限于分化过程中物质含量的变化, 而未深刻探讨物质含量变化的内因, 故花芽分化的调节机制研究仍未有重大突破。今后应该将足够的注意力集中在对植物本身生物学内涵的理解和花芽分化现象在果树上的调控与应用研究上, 如: 花芽分化不同阶段的营养作用与调控、个别树种花器官发育 (如: 性别分化、雌雄比例等) 过程中营养成分调控等方面, 这对指导农业生产、提高果树生产效率更有实际意义。

[参考文献]

[1] PRIESTLEY C A. The annual turnover resources in

- young olive trees [J]. Horticultural Science, 1977, 52 (1): 105-112.
- [2] BUBAN T, FAUST M. Flower bud induction in apple trees: Internal Control and differentiation [J]. Horticultural Reviews, 1982, (4): 174.
- [3] FAUST M Q. Physiology of Temperate Zone Fruit Trees [M]. New York: John Wiley & Sons Press, 1989: 33-119.
- [4] GREENBERG J, GOLDSCHMID T E, GOREN R. Potential and limitations of the use of paclobutrazol in citrus orchards in Israel [J]. Acta Horticulturae, 1993, 329: 58-61.
- [5] 李天红, 黄卫东, 孟昭清. 苹果花芽孕育机理的探讨 [J]. 植物生理学报, 1996, 22 (3): 251-257.
- [6] 郭金丽, 张玉兰. 苹果梨花芽分化期蛋白质、淀粉代谢的研究 [J]. 内蒙古农牧学院学报, 1999, 20 (2): 80-82.
- [7] 张万萍, 史继孔. 银杏雄花芽分化期间内源激素、碳水化合物和矿质营养含量的变化 [J]. 林业科学, 2004, 40 (2): 51-54.
- [8] 樊卫国, 刘国琴, 安华明, 等. 刺梨花芽分化期芽中内源激素和碳、氮营养的含量动态 [J]. 果树学报, 2003, 20 (1): 40-43.
- [9] JONSW W, STEINACHERM L. Seasonal changes in concentrations of sugar and starch in leaves and twigs of citrus trees [J]. Proceedings of the America Society for Horticultural Science, 1951, 58: 1-4.
- [10] 黄飞飞, 黄辉白. 遮阴抑制柑桔花芽分化的效应及其间碳水化合物的变化 [J]. 广东农业科学, 1992, (1): 22-24.
- [11] MENZEL C M, CARSELDINE M L, SIMPSON D R. The effect of fruiting status on nutrient composition of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) during the flowering and fruiting season [J]. Horticultural Science, 1988, 63: 547-556.
- [12] 梁朗玛, 曾辉, 杜丽清, 等. HPLC 测定澳洲坚果果枝叶的糖类 [J]. 广西热带农业, 2007, (2): 4-6.
- [13] 钟晓红, 罗先实, 陈爱华. 奈李花芽分化与体内主要代谢产物含量的关系 [J]. 湖南农业大学学报, 1999, 25 (1): 31-35.
- [14] 罗允, 彭抒昂, 马湘淘. 草莓成花过程中 Ca^{2+} 、CaM 及成花物质含量变化 [J]. 山地农业生物学报, 2000, 19 (4): 266-271.
- [15] 孙乃波, 张志宏. 草莓花芽分化过程中叶片碳水化合物和蛋白质含量的变化 [J]. 安徽农业科学, 2006, 34 (11): 2328-2329.
- [16] 胡军, 张上隆, 李乃燕. 枇杷花芽分化与体内某些物质代谢关系的研究 [J]. 浙江农业大学学报, 1983, 9 (4): 307-314.
- [17] 吴月燕, 李培民, 吴秋峰. 葡萄叶片内碳水化合物及蛋白质代谢对花芽分化的影响 [J]. 浙江万里学院学报, 2002, 15 (4): 54-57.
- [18] 李兴军, 李三玉, 汪国云, 等. 杨梅花芽孕育期间叶片酸性蔗糖酶活性及糖类含量的变化 [J]. 四川农业大学学报, 2000, 18 (2): 164-166.
- [19] 刘孝仲, 赖毅, 许生吉, 等. 伏令夏橙花芽分化期蛋白质和氨基酸的变化 [J]. 园艺学报, 1984, 11 (2): 85-88.
- [20] 夏春生, 王兰英, 周萍. 生长调节剂对苹果花芽形成的影响 [J]. 果树科学, 1990, 7 (2): 2-3.
- [21] 谢建国, 阎遭猷. 生长抑制剂对中华猕猴桃成花和碳水化合物含量的影响 [J]. 西北农业大学学报, 1990, 18 (3): 57-61.
- [22] 吴定尧, 邱金淡. 环割促进龙眼成花的研究 [J]. 中国农业科学, 2000, 33 (6): 40-43.
- [23] 陈清西, 李松刚. $KClO_3$ 诱导龙眼成花及其叶片碳水化合物与蛋白质的变化 [J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2004, 33 (2): 182-185.
- [24] 鲁才浩. 荔枝成花诱导生理及其与温度关系的研究 [D]. 广州: 华南农业大学, 2004: 20-22.
- [25] PATIL P B, RAO M M, SRINIRASAN. Physiological and biochemical factors associated with fruit bud differentiation in Alphonso mango. III. Total phenols and polyphenol oxidase [J]. Kar Journal April Science, 1992, (5): 23-30.
- [26] GARCIA-LUIS A, FORNES F, GUARDIALA J L. Leaf carbohydrates and flower formation in citrus [J]. Journal of the American Society of Horticultural Science, 1995, 120: 222-227.
- [27] YAHATA D, OBA Y, KUWAHARA M. Changes in carbohydrate levels, alpha-amylase activity, indoleacetic acid and gibberellin-like substances in the summer shoots of Wase satsuma mandarin (*Citrus reticulata*) trees grown indoors during flower-bud differentiation [J]. Journal of the Japan Society of Horticultural Science, 1995, 64 (3): 527-533.
- [28] 武萍萍, 周碧燕. 杨桃新梢花芽分化及其碳水化合物含量的变化 [J]. 园艺学报, 2007, 34 (5): 1151-1156.
- [29] 罗羽涓, 解卫华, 马凯. 无花果花芽分化与营养物质含量的关系 [J]. 江西农业大学学报, 2008, 30 (1): 40-43.
- [30] 李贻生, 黄郊, 霍天喜. 果树花芽分化中淀粉粒及其变化的研究 [C] //中国园艺学会成立六十周年纪念暨第六届年会论文集 (I 果树). 北京: 万国学术出版社, 1990.
- [31] STUTTE G W, MARTIN G C. Effect of light intensity and Carbohydrate reserves on flowering in olive [J]. Journal of the American Society of Horticultural Science, 1986, 11 (1): 27-31.
- [32] SALIH U, SAHRIYE S, MUSTAFA K, NISA E, et

- al. . Determination of endogenous hormones, sugars and mineral nutrition levels during the induction, initiation and differentiation stage and their effects on flower formation in olive [J]. *Plant Growth Regulation*, 2004, 42 (1): 89-95.
- [33] 何绍兰, 邓烈, 李宜琴, 等. 促抑花处理对柑桔花芽分化期激素和氨基酸代谢的影响 [J]. *西南农业大学学报*, 1995, 17 (6): 501-504.
- [34] FABRI A, BENELLI C. Flower bud induction and differentiation in olive [J]. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 2000, 75: 131-141.
- [35] SURYANARAYANA V. Amino acid changes in mango shoots as affected by growth retardants in relation to flowering [J]. *Plant Biochemical*, 1980, 7 (1): 78-82.
- [36] 马青枝, 李秉真. 苹果梨花芽分化期叶片中氨基酸含量的变化 [J]. *内蒙古农业大学学报*, 2000, 21 (3): 26-29.
- [37] 刘俊松, 张上隆. 柑橘花芽分化期结果和未结果树氨基酸含量变化 [J]. *西南大学学报: 自然科学版*, 2008, 30 (2): 71-76.
- [38] 李利红, 连艳鲜. 败育率不同的两个杏树品种花芽分化期间的氨基酸含量变化 [J]. *植物生理学通讯*, 2007, 43 (5): 959-960.
- [39] 曾襄, 孟昭清, 傅玉瑚, 等. 金冠苹果花芽分化期中性氨基酸变化初探 [J]. *园艺学报*, 1987, 14 (1): 23-28.
- [40] 刘宗莉, 林顺权, 陈厚彬. 枇杷成花过程叶片蛋白质变化动态 [J]. *亚热带植物科学*, 2008, 37 (2): 1-6.
- [41] MURAI Y, HORIACHI S, MATSUI H, et al. . Flower bud formation of 'Kawano Natsudaidai' in relation to soluble protein and GA like substances in leaf and bark tissues of bearing or non-bearing shoots [J]. *Japanese Society for Horticultural Science*, 1992: 833-837.
- [42] 何绍兰, 邓烈, 李宜琴, 等. 促花或抑花处理对柑桔成花及芽内蛋白质组分的影响 [J]. *热带亚热带植物学报*, 1998, 6 (2): 124-130.
- [43] BOURANIS D L, KITSACKI C K, CHORIANOPOULOU S N. Nutritional dynamics of olive trees flowers [J]. *Journal of Plant Nutrition*, 1999, 22: 245-257.
- [44] 周学明. 原子能利用 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1985: 20-25.
- [45] 谭祖国, 钟炳辉, 刘新波. 脐橙氮、磷矿质营养的运转分配规律和座果机制的研究 [J]. *湛江师范学院学报*, 1998, (1): 13-15.
- [46] BOULD C, PARFITT R I. Leaf analysis as a guide to the nutrition of fruit crops [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1973, (24): 175-185.
- [47] 曾襄. 果树生理学 [M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1992: 134-177.
- [48] FRIEDMAN H, GOLDSCHMIDT E, HALEVY A H. Involvement of Calcium in the photoperiodic flower process of *Pharbitis nil* [J]. *Plant Physiology*, 1989, 69: 530-538
- [49] TAKENO K. Evidence for the involvement of Calcium ions in the photoperiodic induction of flowering in *Pharbitis nil* [J]. *Plant cell Physiology*, 1993, 34 (2): 22.
- [50] TRETYN A, CZAPLEWSKA J, CYMERSKY J, et al. . The Mechanism of Calcium action on flower induction in *Pharbitis nil* [J]. *Journal of Plant Physiology*, 1994, 144: 562-568.
- [51] 彭抒昂, 罗充, 章文才. 钙和钙调素在梨花芽分化中的动态研究 [J]. *武汉植物学研究*, 1999, 17 (2): 178-180.
- [52] 彭抒昂, 罗充, 李国怀. 钙在梨成花中的动态及作用研究 [J]. *华中农业大学学报*, 1998, 17 (3): 67-70.
- [53] 李兴军, 胡东维, 李三玉, 等. 杨梅花芽发端期间芽体和叶肉细胞内钙调素的分布 [J]. *科技通报*, 2002, 18 (2): 137-141, 146.
- [54] 彭抒昂, 罗充. 梨成花过程中钙与核酸的动态研究 [J]. *园艺学进展*, 1998, (2): 111-114.
- [55] 吴邦良, 夏春森, 赵宗方. 果树开花结实生理和调控技术 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1994, 25-30.
- [56] EL - HAMMADY A M. Change in leaf mineral and normal content during flower bud formation of *Balady mandarin* [J]. *Annals Agricultural Sciences*, 1990, 35: 911-918.
- [57] FERNANDEZ E R, MORENO R, GARCIA-CREUS M. Seasonal changes of mineral nutrients in olive leaves during the alternate-bearing cycle [J]. *Scientia Horticulturae*, 1999, 82: 25-45.
- [58] 戴良昭, 张群, 何明忠. 柑桔花芽分化期矿质营养与成花的关系 [J]. *中国柑桔*, 1995, 24 (3): 20-21.
- [59] VEMMOS S N. Carbohydrate content of inflorescent buds of defruited and fruiting pistachio [J]. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 1999, 74: 94-100.
- [60] 刘星辉, 郑家基, 潘东明, 等. 龙眼叶片营养诊断的研究 [J]. *福建农学院学报*, 1986, 15 (3): 237-245.
- [61] 马焕普. 果树花芽分化与激素的关系 [J]. *植物生理学通讯*, 1987, (1): 1-6.