园 艺 学 报 2006, 33 (6): 1203～1208
Acta Horticulturae Sinica

1-甲基环丙烯处理荔枝果实减轻其贮藏中冷害的研究

胡位荣[1,2] 刘顺枝[1] 张昭其[2*] 蒋跃明[3] 季作梁[2]
([1]广州大学生命科学学院, 广东广州 510006; [2]华南农业大学园艺学院, 广东广州 510642; [3]中国科学院华南植物园, 广东广州 510650)

摘 要: 研究了‘桂味’荔枝果实采后 1-甲基环丙烯 (1-MCP) 处理对其 0℃贮藏过程中冷害发生和相关生理生化指标的影响。结果表明: 1-MCP处理有效推迟了冷害主要症状即果皮褐变的出现, 延缓了果皮花色素苷含量的下降, 抑制了果实的乙烯释放速率, 但对呼吸速率的影响不明显。进一步的研究表明, 1-MCP处理提高了果实冷藏前期超氧化物歧化酶 (SOD) 和过氧化氢酶 (CAT) 活性, 降低了果皮多酚氧化酶 (PPO) 活性, 抑制了后期过氧化物酶 (POD) 和抗坏血酸过氧化物酶 (AsA-POD) 活性的提高。

关键词: 荔枝; 1-甲基环丙烯; 酶活性; 冷害; 贮藏
中图分类号: S 667.3 **文献标识码**: A **文章编号**: 0513-353X (2006) 06-1203-06

Reduction of Chilling Injury in Litchi Fruit by 1-MCP

Hu Weirong[1,2], Liu Shunzhi[1], Zhang Zhaoqi[2*], Jiang Yueming[3], and Ji Zuoliang[2]
(*[1]School of Life Science, Guangzhou University, Guangzhou, Guangdong* 510006, *China;* *[2]College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong* 510642, *China;* *[3]South China Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong* 510650, *China*)

Abstract: The effects of 0.25 μL·L^{-1} 1-methylcyclopropene (1-MCP) on chilling injury and related physiological and biochemical responses of litchi fruit (*Litchi chinensis* Sonn. 'Guiwei') stored at 0℃ were investigated. The results indicated that 1-MCP treatment efficiently retarded the development of pericarp browning, the main chilling injury symptom of litchi fruit, delayed color change and the decrease of anthocyanin content of pericarp, inhibited ethylene release, but had no effect on respiration rate of the fruits. Further study showed that 1-MCP treatment maintained the higher level of superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) activities during early days, decreased polyphenol oxidase (PPO) activity and inhibited the increase of peroxidase (POD) and ascorbic acid-peroxidase (AsA-POD) activities of fruits.

Key words: Litchi; *Litchi chinensis* Sonn.; 1-methylcyclopropene; Enzymatic activity; Chilling injury; Storage

1-甲基环丙烯 (1-MCP) 作为一种新型乙烯受体抑制剂, 能抑制果蔬和切花后熟或衰老进程中乙烯诱导的相关生理生化反应, 明显延长贮藏寿命, 在园艺产品采后保鲜领域具有良好的应用效果和应用前景[1,2]。

荔枝果实对低温敏感, 在 3℃以下贮藏很容易发生冷害, 导致果皮快速褐变[3]。作者以荔枝果实为材料, 研究 1-MCP对荔枝冷藏过程中生理生化指标的影响, 评价其减轻荔枝果实冷害的效果, 为荔枝冷藏保鲜技术的改进提供参考。

1 材料与方法

收稿日期: 2006-01-25; **修回日期**: 2006-09-20
基金项目: 国家自然科学基金农业倾斜项目 (30070534); 广东省自然科学基金团队项目 (06200670)
*通讯作者 Author for correspondance (E-mail: zqzhang@scau.edu.cn)

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.1 材料及处理

试验荔枝品种为‘桂味’(*Litchi chinensis* Sonn. ‘Guiwei’)，果实采自广州市从化生产性果园。采收后立即运回实验室，选取八成熟、大小均匀、无病虫害和机械伤的果实，用 0.5 g·L^{-1}施保功浸果并适当晾干后，于 20℃下置于有盖的泡沫箱内。根据预备试验的结果，按 0.25 μL·L^{-1}称取 1-MCP粉剂 (EthyBloc, 美国 Rohm and Hass公司生产)，放入一小瓶内，密封，注入 1 mL热蒸馏水，摇匀，置于果实之间，打开瓶盖，迅速密封泡沫箱，20℃下处理 12 h。然后取出果实迅速用 0.03 mm聚乙烯薄膜包装，贮藏于 (0±0.2)℃。对照采用蒸馏水。

1.2 果实褐变及果皮色度、花色素苷含量的测定

每隔 7 d每处理随机抽查 60个果实。按照胡位荣等[4]的方法进行果实褐变分级：0，果实全红；1，果实龟裂片尖变褐；2，果皮 1/3以下变褐；3，1/3～1/2变褐；4，1/2以上变褐；5，完全变褐。褐变指数 = ∑ (褐变级数 ×果实数) /总果数。好果率：0级 +1级 +2级果占调查总果数的百分数。

采用日本产 Minolta CR-300型全自动测色差计测定果皮颜色，以 a、L、C值表示；采用 pH差示法测定果皮花色素苷含量。

1.3 果实呼吸速率、乙烯释放速率及酶活性的测定

采用气相色谱仪法测定果实呼吸速率和乙烯释放速率[5]。按张昭其等[6]的方法，测定 398 nm OD值的变化，以 OD_{398}每分钟变化 0.01为 1个 PPO酶活力单位；测定 470 nm OD值的变化，以 OD_{470}每分钟增加 0.01为 1个 POD酶活力单位。按胡位荣等[7]的方法，采用 NBT光化还原法，以抑制反应 50%为 1个 SOD酶活力单位；测定 240 nm OD值的变化，以 OD_{240}每分钟减少 0.1为 1个 CAT酶活力单位；测定 290 nm OD值的变化，以 OD_{290}每分钟下降 0.001为 1个 AsA-POD酶活力单位。

上述测定均重复 3次。

2 结果与分析

2.1 ‘桂味’荔枝采后 1-MCP处理对冷藏效果的影响

果实在冷害温度环境中贮藏 14 d时，果皮的红色略显暗淡；21 d时果面已经均匀分布着水渍状小褐斑，28 d时褐斑面积扩大，但果面无病斑，果肉完好。1-MCP处理的果实冷藏 14 d时，褐变指数明显低于对照，好果率则显著高于对照；21 d时差异进一步增大；28 d时，处理果实的褐变指数虽然明显低于对照，但 0～2级果比例极低，好果率基本上接近 0 (表 1)。说明 1-MCP对提高荔枝在 0℃下的短期贮藏效果明显，但贮藏超过一定时间，仍然出现不可逆的冷害。

将冷藏 21 d的果实移入常温后 6 h，1-MCP处理的果实货架期好果率 (46.8%) 高于对照 (23.9%)。对照的冷害褐斑在货架期间进一步扩大，水渍状更明显，货架时间 48 h时果实发病率为 39.5%，而 1-MCP处理果仅 6.4%。

表 1 ‘桂味’荔枝采后 1-MCP处理对果实冷藏效果的影响

Table 1 Effect of 1-MCP treatment on browning index and good fruit percentage of litchi stored at 0℃

处理 Treatment	14 d		21 d		28 d	
	褐变指数 Browning index	好果率 Good fruit(%)	褐变指数 Browning index	好果率 Good fruit(%)	褐变指数 Browning index	好果率 Good fruit(%)
对照 Control	1.42b	82.3a	3.19b	6.2a	4.27b	0.0a
1-MCP	0.97a	92.4b	1.68a	79.1b	3.78a	6.5a

注：同一列数字后不同英文字母表示差异显著 (*t*测验，P • 0.05)。

Note: Values in the same column followed by different letters represent significant difference at P • 0.05 (*t*-test, n = 3).

2.2 ‘桂味’荔枝采后 1-MCP处理对果实色泽的影响

在颜色测定系统中，a值的正值越大，表示红色越深。从图 1可以看出，对照在贮藏 7 d后 a值降低，1-MCP处理则延缓了 a值的下降。21 d时 a值分别为 16.27和 19.89，差异显著 (P • 0.05)。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

L值表示果实光泽的明亮度，L值越大亮度越高。随着果实遭受冷害程度加剧，对照果实 L值下降较快，而 1-MCP处理使果皮的 L值 7 d后略有回升，之后一直高于对照 (图 1)。

C值为色饱和度，可以用来表示颜色的鲜艳程度。由图 1可知，对照果实在冷藏过程中 C值呈直线下降趋势，而 1-MCP处理延缓了 C值的下降，21 d时对照和 1-MCP处理果的 C值分别为鲜果的 64.6%和 75.1%。

2.3 ‘桂味’荔枝采后 1-MCP处理对果实花色素苷含量变化的影响

在冷害温度下，随着贮藏时间延长，果皮花色素苷含量迅速降低 (图 1)。1-MCP处理的果实在贮藏开始的 7 d, 花色素苷含量略有减少，但之后的减少相对缓慢，21 d时高出对照 59.8%。

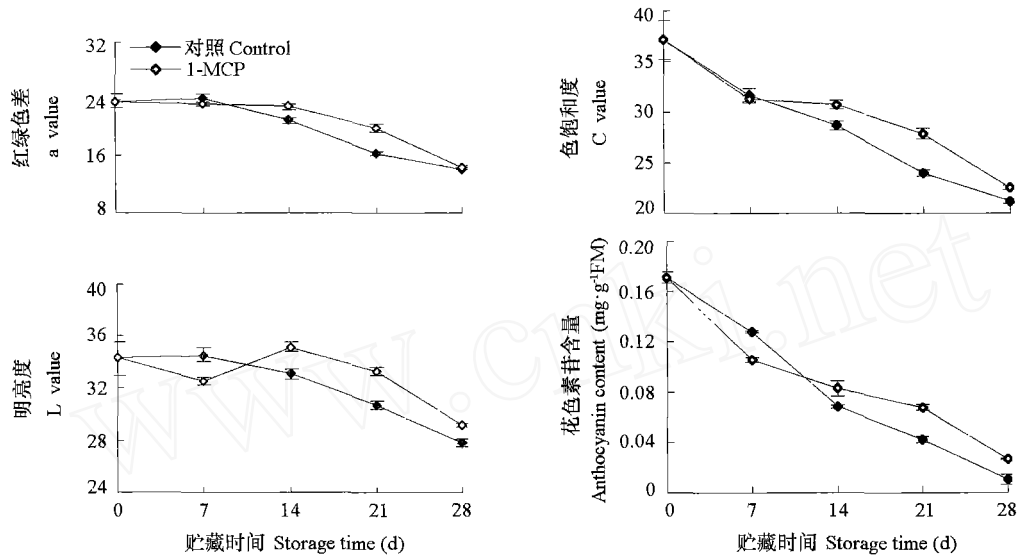


图 1　‘桂味’荔枝采后 1-MCP处理对其冷藏过程中色泽的影响

Fig. 1　Effect of 1-MCP treatment on the color of pericarp in litchi fruit stored at 0℃

2.4 ‘桂味’荔枝采后 1-MCP处理对果实呼吸速率和乙烯释放速率的影响

由图 2可以看出，在冷害温度下贮藏过程中，果实的呼吸速率受到抑制，1-MCP处理对其没有明显影响。低温同样抑制了果实乙烯的释放，在出现冷害褐斑的 21 d时，果实乙烯释放有所增加 (图 2)，1-MCP处理显著抑制了 14 d和 21 d时乙烯的释放速率。

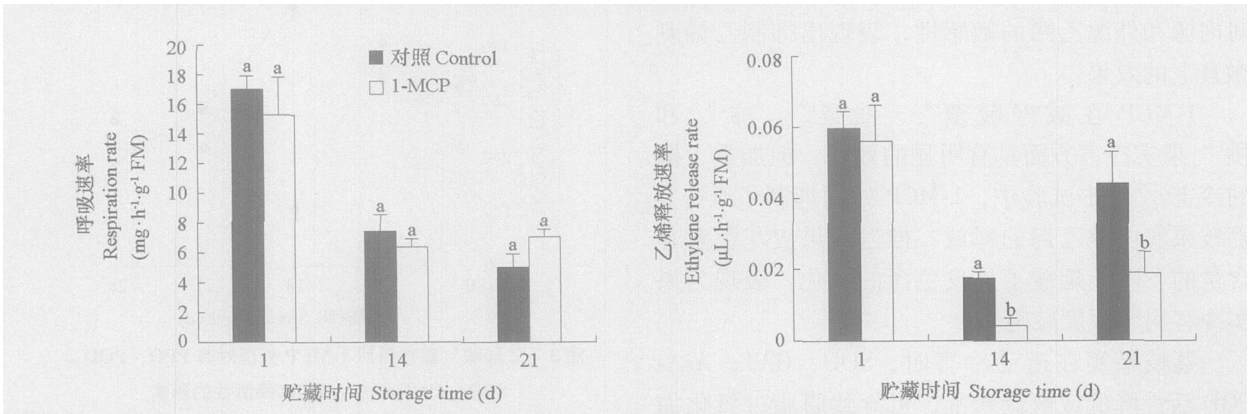


图 2　‘桂味’荔枝采后 1-MCP处理对其冷藏过程中呼吸速率和乙烯释放速率的影响

Fig. 2　Effect of 1-MCP treatment on respiration rate and ethylene release rate of the litchi fruits stored at 0℃

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2.5 ‘桂味’荔枝采后 1-MCP处理对其酶活性的影响

由图 3可以看出，荔枝果实采后在 0℃下保持较高的 PPO活性，1-MCP处理降低了果实 PPO活性，7 d时只有对照的 52.5%，在 7～14 d期间，PPO活性显著低于对照 ($P < 0.05$)。

对照的 POD活性在贮藏开始的 14 d降低，之后上升，在 21 d时达到高峰值；1-MCP处理在整个贮藏期呈平稳降低的趋势。

对照的 SOD活性渐渐升高，14 d时出现高峰，之后较快地下降，1-MCP处理使果实在贮藏前期保持了较高的 SOD活性。

果实 CAT活性在贮藏过程中呈下降趋势，1-MCP处理使果实在贮藏前期的 CAT活性显著高于对照，14 d后下降。

对照果实的 AsA-POD活性变化呈倒 V型，即在遭受低温胁迫时活性逐渐升高，14 d时达到高峰，随着冷害的加剧又迅速下降；1-MCP处理抑制了 AsA-POD活性，14 d前后明显低于对照。

3 讨论

热带、亚热带的果蔬在冷害临界温度以上贮藏时，虽然可以避免冷害发生，但是，与临界低温贮藏相比，其生理活动较为活跃，各种营养成分损失较大，并且易遭受采后病害的侵染，使贮藏期受到限制。因此，几十年来，国内外许多研究者就如何降低果蔬冷害做了大量探索，以使果蔬冷藏保鲜期进一步延长。1-MCP是一种乙烯作用抑制剂，可以特异性地和乙烯受体结合，阻断乙烯与其受体的正常结合，从而有效地抑制植物对内源和外源乙烯的敏感性，表现出抑制乙烯刺激衰老的效果。

1-MCP在减轻菠萝[8]、油梨[9]、柿[10]和桃[11]果实冷害方面具有明显的效果，但加重了橙的冷害[12]。本试验中，1-MCP处理抑制了 0℃下荔枝果实内源乙烯的释放，推迟了果皮花色素苷含量的下降，延缓了果皮色泽的变化，表现为果实冷害褐变程度减轻。

荔枝果实在遭受冷害时，SOD、CAT、AsA-POD活性降低或协调紊乱，可导致膜脂过氧化加剧和细胞膜透性快速增大，花色素苷、酚类在 PPO、POD等氧化酶作用下被氧化为褐色物质，

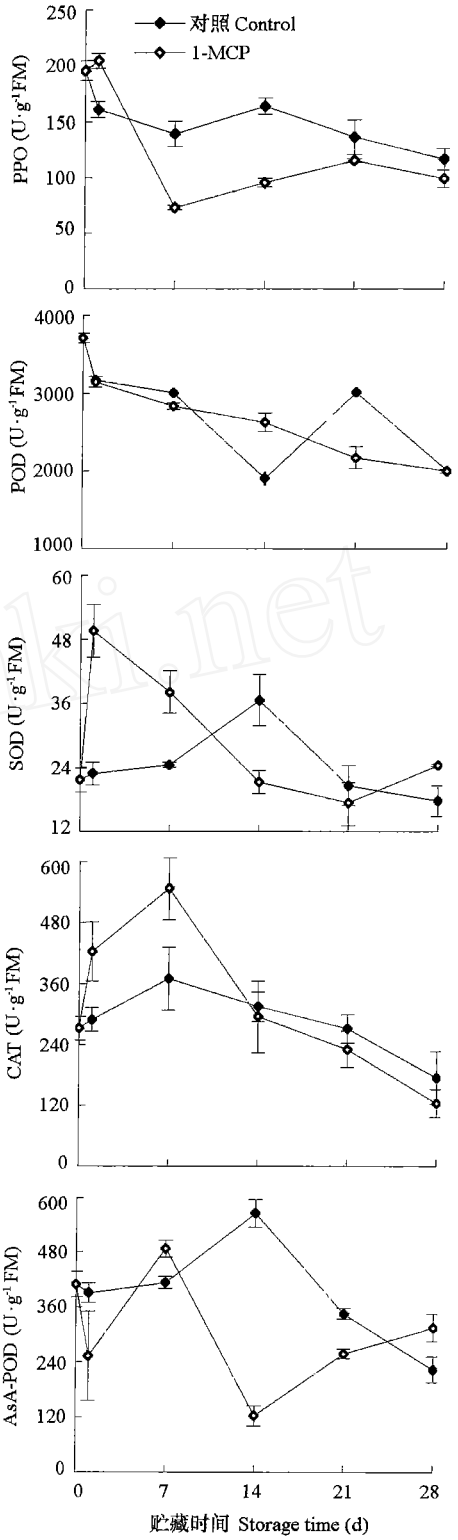


图 3 ‘桂味’荔枝采后 1-MCP处理对其 PPO、POD、SOD、CAT和 AsA-POD酶活性的影响

Fig. 3 Effect of 1-MCP treatment on activities of PPO, POD, SOD, CAT and AsA-POD of the litchi fruits stored at 0℃

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

果皮较快地呈现冷害褐变[7]。本试验中采用1-MCP处理显著提高了荔枝贮藏前期果实中SOD、CAT活性，降低了果实PPO和POD活性，从而延缓了花色素苷含量的下降和果皮褐变，使冷害症状得以减轻。这与1-MCP能显著提高桃果实中SOD活性，减少冷害[11]，保持冷藏食荚豌豆中SOD、AsA-POD活性，延缓衰老进程的报道[13]相似。

乙烯可能直接或间接地参与了荔枝褐变的生理过程[14]。庞学群等[5]发现1-MCP处理对常温下保鲜的荔枝的呼吸、乙烯、PPO、POD均无显著影响，也不能延缓果皮褐变。本研究表明，1-MCP能明显影响0℃下冷藏荔枝的生理生化过程，从而减轻果皮冷害褐变程度，我们认为造成差异的原因可能与荔枝在20℃下贮藏期过短使1-MCP的保鲜作用来不及得到有效显现有关，也可能与品种、处理时间等有关。

本试验结果表明，1-MCP处理能通过调节果实的一系列生理生化反应，在短期内能一定程度上减轻荔枝的冷害程度，但是，在低温环境中超过一定时间，果实仍然不可避免地遭受冷害，也就是说，果实诱导的耐冷性也存在着温度与冷藏时间的关系。当然，荔枝采后保鲜操作的基本要求是尽快预冷，因此，如果将1-MCP处理与预冷有机地结合，可能会更充分地体现1-MCP对荔枝冷藏保鲜的效果。

参考文献：

1 李富军，杨洪强，翟　衡，束怀瑞. 1-甲基环丙烯延缓果实衰老作用机制研究. 园艺学报，2003，30（3）：361～365
Li F J，Yang H Q，Zhai H，Shu H R. Physiological mechanism of 1-MCP in delaying fruits senescence. Acta Horticulturae Sinica，2003，30（3）：361～365（in Chinese）

2 翟进升，郭维明，周　凯，郑　泉. 1-MCP延缓观赏植物衰老的研究与应用. 园艺学报，2005，32（1）：165～170
Zhai J S，Guo W M，Zhou K，Zhong Q. Studies and applications of 1-MCP on delaying ornamental crops senescence. Acta Horticulturae Sinica，2005，32（1）：165～170（in Chinese）

3 黄晓钰，康德妹，季作梁. 荔枝果实的冷藏适温与冷害. 华南农业大学学报，1990，11（3）：13～18
Huang X Y，Kang D M，Ji Z L. The optimum storage temperature for litchi fruits and chilling injury to them. Journal of South China Agricultural University，1990，11（3）：13～18（in Chinese）

4 胡位荣，张昭其，季作梁，刘顺枝，张辉玲. 荔枝冷害过程中果皮色泽、花色素苷和类黄酮含量的变化. 园艺学报，2004，31（6）：723～726
Hu W R，Zhang Z Q，Ji Z L，Liu S Z，Zhang H L. Changes of pericarp color and the content of anthocyanin and flavonoids in litchi pericarp during chilling-injury temperature storage. Acta Horticulturae Sinica，2004，31（6）：723～726（in Chinese）

5 庞学群，张昭其，段学武，季作梁. 乙烯与1-甲基环丙烯对荔枝采后果皮褐变的影响. 华南农业大学学报，2001，22（4）：11～14
Pang X Q，Zhang Z Q，Duan X W，Ji Z L. The effects of ethylene and 1-methylcyclopropene on pericarp browning of postharvest lychee fruit. Journal of South China Agricultural University，2001，22（4）：11～14（in Chinese）

6 张昭其，庞学群，段学武，季作梁. 荔枝采后果皮花色素苷的降解与花色素苷酶活性变化. 中国农业科学，2003，36（8）：945～949
Zhang Z Q，Pang X Q，Duan X W，Ji Z L. The anthocyanin degradation and anthocyanase activity during the pericarp browning of lychee fruit. Scientia Agricultura Sinica，2003，36（8）：945～949（in Chinese）

7 胡位荣，张昭其，季作梁，刘顺枝. 冷害对荔枝果皮膜脂过氧化和保护酶活性的影响. 华南农业大学学报，2004，25（3）：6～9
Hu W R，Zhang Z Q，Ji Z L，Liu S Z. Effect of chilling injury on membrane lipid peroxidation and activities of cell defense enzyme in litchi pericarp. Journal of South China Agricultural University，2004，25（3）：6～9（in Chinese）

8 Selvarajah S，Bauchot A D，John P. Internal browning in cold-stored pineapples is suppressed by a postharvest application of 1-methylcyclopropene. Postharvest Biology and Technology，2001，23：167～170

9 Woolf A B，Requejo-Tapia C，Cox K A，Jackman R C，Gunson A，Arpaia M L，White A. 1-MCP reduces physiological storage disorders of 'Hass' avocados. Postharvest Biology and Technology，2005，35：43～60

10 Salvador A，Arnal L，Monterde A，Cuquerella J. Reduction of chilling injury symptoms in persimmon fruit cv. 'Rojo Brillante' by 1-MCP. Postharvest Biology and Technology，2004，33：285～291

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

11 李富军，翟 衡，杨洪强，张新华，束怀瑞. 1-MCP和 AVG对肥城桃果实采后衰老的影响. 果树学报，2004，21（3）：272～274
Li F J，Zhai H，Yang H Q，Zhang X H，Shu H R. Effects of 1-MCP and AVG on fruit senescence of Feicheng peach variety in storage. Journal of Fruit Science，2004，21（3）：272～274（in Chinese）

12 Porat R，Weiss B，Cohen L，Daus A，Goren R，Droby S. Effect of ethylene and 1-methylcyclopropene on the postharvest qualities of ‘Shamouti’ oranges. Postharvest Biology and Technology，1999，15：155～163

13 汪 峰，郑永华，张 兰，冯 磊，苏新国，蒋跃明. 1-MCP对冷藏食荚豌豆衰老及品质的影响. 植物生理与分子生物学学报，2004，30（2）：167～172
Wang F，Zheng Y H，Zhang L，Feng L，Su X G，Jiang Y M. Effect of 1-MCP on senescence and quality in cold-stored edible podded pea. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology，2004，30（2）：167～172（in Chinese）

14 江建平，苏美霞，李沛文. 荔枝果实在发育和采后的乙烯产生及其生理作用. 植物生理学报，1986，12（1）：95～103
Jiang J P，Su M X，Li P W. Production and physiology of ethylene in litchi fruit during development and postharvest. Acta Phytophysiologica Sinica，1986，12（1）：95～103（in Chinese）

新书推荐

《分子克隆实验指南》(第三版)

作者对图书内容进行了全面升级，修订了试验的每条方案，增加了大量新的材料，拓宽了所涉及试验的领域。前面的章节描述了一些基本的技术，后面的几章是关于 cDNA 克隆和外显子截留、核酸探针的使用、突变和 DNA 测序的介绍。最后的章节主要解决筛选表达文库、克隆基因在原核和真核细胞的表达、转录物和蛋白质分析、探测蛋白质与蛋白质的相互作用，附录中包含了试剂、载体、培养基、技术支持等基本信息。定价：187元（上、下册，含邮资）。

《果品品质研究》 关军锋 主编

河北科学技术出版社，石家庄，2001

《果品品质研究》是根据我国果品生产发展方向和在果品品质研究日益受到重视的前提下编写的。全书共分五篇，第一篇系统介绍果品品质的概念、风味物质及绿色果品的生产；第二篇着重阐述采前果实品质的发育机理及影响因素，如生态、水分、激素的调控及果实品质的遗传和改良；第三篇总结了减少采后果实品质损失的策略及途径，介绍了重要氧化酶的理化性质；第四篇分析了主要果实生理病害的发生机理和控制途径；第五篇介绍了果实品质的数学评价方法和常见果品品质的测定技术。定价：30元（含邮资）。

《基 因 组》

本书以清晰而简明的写作风格将基因组学的新观点与研究基因表达的传统方法相结合，为基因组作为生命蓝图所起的重要作用提供了最新理解。全书从 3个方面论述了基因组学的核心主题：基因组的研究方法、基因组的功能、基因组的复制和进化。全书采用大量的图表，形象而简洁，适合各层次的学生使用，是一本必备的现代分子生物学教材。定价：55元（含邮费）。

购书者请汇款至北京中关村南大街 12号中国农科院蔬菜花卉所《园艺学报》编辑部，邮编 100081。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net