

夜间温度对薄皮甜瓜果实膨大及多胺含量的影响

李天来^{*}, 郝敬虹, 杜哲, 王延迪

(沈阳农业大学园艺学院, 辽宁省设施园艺重点实验室, 沈阳 110161)

摘 要: 为探讨果实内源多胺对温度胁迫的响应及其与果实膨大之间的关系, 以薄皮甜瓜 (*Cucumis melo* L.) ‘玉美人’为试材, 研究了不同夜间温度对果实膨大及内源多胺含量的影响。结果表明, 12℃ 处理的单果质量、果实横径、纵径最大, 其次是 15℃ 处理, 18℃ 处理的单果质量、果实横径、纵径显著低于 15℃ 处理, 而 9℃ 处理又显著低于 18℃ 处理。从果实多胺含量变化情况看, 除精胺外, 果实总多胺、亚精胺、腐胺均随着果实的发育而减少, 但不同夜温处理间存在差异, 在夜温处理 6 d 内的果实快速膨大期, 腐胺、亚精胺、精胺和总多胺含量均是 9℃ 夜温处理显著低于 12℃、15℃ 和 18℃ 处理, 18℃ 处理又显著低于 12℃ 和 15℃ 处理, 而 15℃ 和 12℃ 处理间无显著差异。腐胺、亚精胺、总多胺含量与单果质量增长率呈显著或极显著正相关。这些结果说明夜间温度对薄皮甜瓜果实膨大的影响可能与多胺含量的变化有关。

关键词: 甜瓜; 夜间温度; 果实膨大; 多胺

中图分类号: S 652 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2009) 03-0421-06

Effects of Night Temperature on Fruit Expansion and Polyamine Content in Melon

LI Tian-lai^{*}, HAO Jing-hong, DU Zhe, and WANG Yan-di

(College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Liaoning Key Laboratory of Protected Horticulture, Shenyang 110161, China)

Abstract: To probe into the response of endogenous polyamine to temperature stress and the relationship between endogenous polyamine and fruit expansion, the effects of different night temperatures on fruit expansion and polyamines were analyzed with *Cucumis melo* L. ‘Yu Meiren’ as material. The results showed that single fruit weight, transverse length and vertical length after 12℃ in night were the biggest, that after 15℃ in night were the second, and the single fruit weight, transverse length and vertical length after 18℃ in night were significant smaller than that after the treatment of 15℃ in night, whereas the single fruit weight, transverse length and vertical length after 9℃ in night were remarkable smaller than that after the treatment of 18℃ in night. Meanwhile, the change of PA content in fruit indicated that the contents of total PA, Spd, Put decreased during fruit development, while the difference among night temperatures was lied. The contents of Put, Spd, Spm, total PA were the lowest in six days after the treatment of 9℃ in night, and that of 18℃ in night was remarkable lower than that of 12℃ and 15℃ in night. Moreover, the difference between 12℃ and 15℃ in night was not significant. In addition, Put, Spd and total PA content in fruit was positively correlated to the increment rate of melon single fruit. These results suggested that the effect of high or low temperature on fruit expansion may be related with the change of PAs in fruit.

Key words: melon; night temperature; fruit expansion; polyamine

收稿日期: 2008 - 10 - 09; 修回日期: 2009 - 02 - 27

基金项目: 国家 ‘十一·五’ 科技支撑项目 (2006BAD07B04); 辽宁省 ‘十一·五’ 重大科技攻关项目 (2006215001)

^{*} 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: ltl@syau.edu.cn)

甜瓜是喜温植物, 低温季节栽培会造成果实发育不良和品质下降, 尤其是冬季温室栽培多为亚适温环境, 常常出现生育缓慢和品质不良等现象, 因此, 研究甜瓜的低温耐受性对于制定低温季节设施节能栽培技术具有重要意义。

许多研究表明, 多胺是众多植物逆境生理反应的重要指标之一, 温度胁迫会引起植物体内各种多胺之间的转变和含量改变 (茅林春和张上隆, 1999; 杜永臣等, 2003; Irène et al, 2004; Yeun et al, 2005)。同时, 多胺也是鉴别许多作物品种耐低温性的重要指标之一 (Wang, 1987; 周玉萍等, 2003)。以往的研究多是探讨低温胁迫后正常温度条件下植物体内多胺的变化 (林定波等, 1994), 或是低温胁迫下耐低温与不耐低温品种植株体内多胺含量的变化比较 (韦军和田边贤二, 1994; Lee et al, 1997; Wenyun et al, 2000), 而有关不同温度下植物体内多胺的变化及其与果实发育之间关系的研究目前尚鲜见报道。

因此, 本研究中以薄皮甜瓜‘玉美人’为试材, 研究不同夜间温度对果实膨大、多胺含量的影响, 探讨果实内源多胺对温度胁迫的响应及其与果实膨大之间的关系。

1 材料与方法

1.1 试验材料与试验设计

试验于 2007 年 2—6 月在沈阳农业大学工厂化高效农业工程技术研究中心科研基地日光温室内进行。供试薄皮甜瓜 (*Cucumis melo* L.) 品种为‘玉美人’。2007 年 2 月 5 日播种, 穴盘育苗, 4 月 4 日定植于 25 cm × 25 cm 的塑料桶中, 定量浇水, 单干整枝, 12~14 节位留瓜, 一株留一个瓜, 21 节位去生长点。开花后 7 d 移入人工气候室进行夜温处理。

夜温处理分别为 18、15、12 和 9, 处理时间为 18: 00—次日 6: 00, 白天均升为 26。相对湿度和光照条件各处理相同。相对湿度 60%; 光照 6: 00—10: 00 (475 ± 50) $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 10: 00—16: 00 ($1\,045 \pm 50$) $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 16: 00—18: 00 (570 ± 50) $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 18: 00—次日 6: 00 无光照; 共处理 18 d。

每处理 25 株, 单株取样为 1 次重复, 共 3 次重复。

1.2 测定项目与测定方法

分别在夜温处理的 0、3、6、9、12、15、18 d 的上午 8: 30 取大小基本一致的 4 个甜瓜果实, 称量平均单果质量; 测量各个果实的横、纵径; 同时从 3 个果实中分别取果肉 1 g, 液氮速冻, -80 低温冰箱保存, 备用果实内源多胺含量的测定。

多胺提取参照 Flores 和 Galston (1982) 的方法。称取果肉 1 g, 用 4 mL 预冷的 5% (体积分数) 高氯酸 (HClO_4) 在冰浴中研磨成匀浆, 冰浴浸提 1 h 后, 低温下 (0°C) 23 000 g 离心 20 min, 收集上清液。取上清液 0.5 mL 加入 1 mL $2.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH, 10 μL 苯甲酰氯, 旋涡振荡 20 s 后, 37 下保温 30 min, 然后加入 2.0 mL 饱和 NaCl, 2.0 mL 乙醚, 旋涡振荡 20 s 后, 1 500 $\times\text{g}$ 离心 5 min, 收集 1.0 mL 醚相于小离心管中, 用真空浓缩冻干系统蒸干 (型号 MAXI dry Lyo), -20 低温冰箱保存用于多胺含量的测定。

多胺含量的测定采用高效液相色谱法 (HPLC) (刘俊等, 2002)。腐胺 (Put)、亚精胺 (Spd)、精胺 (Spm) 标样均购自 Sigma 公司。高效液相色谱仪为 Waters600E, 紫外检测器, 波长 230 nm, 色谱柱为反相 C18 (5 μm , 5.0 mm × 250 mm), 柱温 30, 流动相为甲醇: 水 = 60: 40 (体积分数), 流速为 $0.7 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ 。待测样品用 300 μL 60% (体积分数) 甲醇溶解, 用微孔滤膜 (孔径 0.45 μm) 过滤后上机测定, 进样量为 20 μL , 外标法定量计算, 通过标样计算样品中多胺的浓度, 计算单位质量鲜样中多胺的含量, 单位是 $\text{nmol} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ 。

2 结果与分析

2.1 夜间温度对薄皮甜瓜质量及果实膨大的影响

从图 1 可以看出, 不同夜温处理对薄皮甜瓜果实生长有明显影响。从单果质量看, 在薄皮甜瓜开花后 7 d 开始处理至处理 18 d 时, 各处理单果质量均快速增长, 其中夜温 12 $^{\circ}\text{C}$ 处理前 6 d 的单果质量低于 15 $^{\circ}\text{C}$ 处理, 其后二者无明显差异; 18 $^{\circ}\text{C}$ 处理在 6 d 后明显小于 12 $^{\circ}\text{C}$ 和 15 $^{\circ}\text{C}$ 处理; 9 $^{\circ}\text{C}$ 处理增长最慢。从这一结果看, 薄皮甜瓜单果质量增长的最佳夜温为 12~15 $^{\circ}\text{C}$, 夜温 18 $^{\circ}\text{C}$ 和 9 $^{\circ}\text{C}$ 不利于单果质量增长。

从果实的膨大过程看, 虽与单果质量有相似变化趋势, 但处理开始后的 6 d 内果实横、纵径增长快, 而后逐渐缓慢。

从单果质量增长率看, 其变化趋势更说明薄皮甜瓜在处理后的 6 d 内单果质量增长率高, 而后进入缓慢期, 处理间主要在前期差异较大, 后期无明显差异。

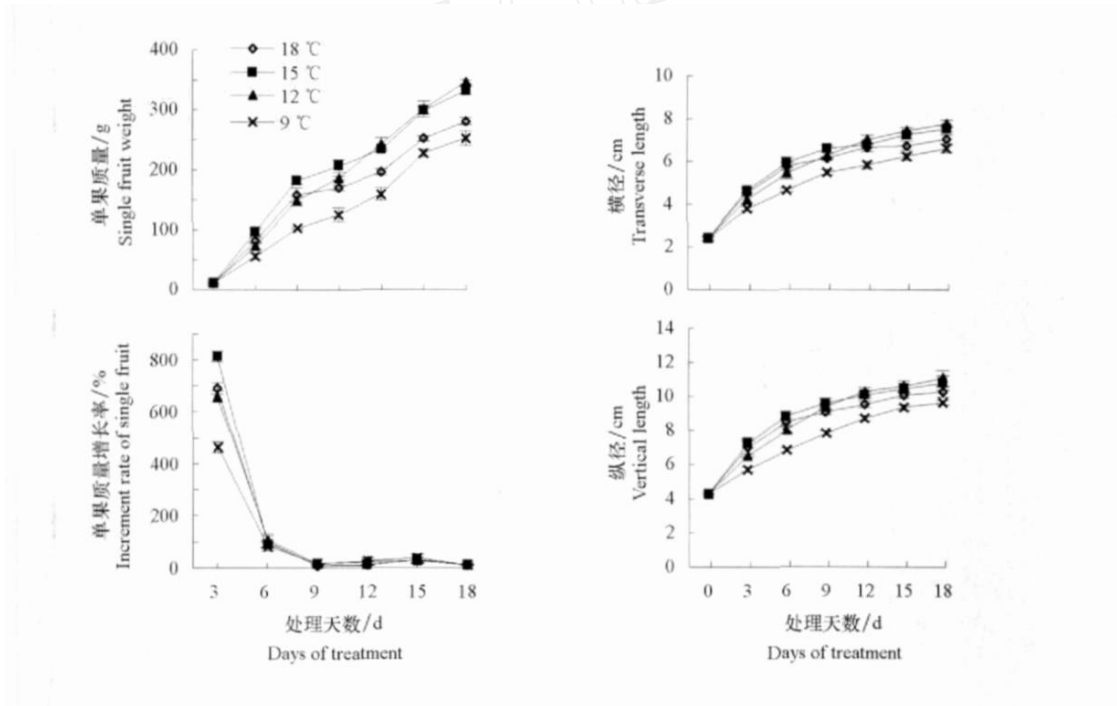


图 1 夜间温度处理后薄皮甜瓜单果质量、单果质量增长率及果实膨大的动态变化

Fig. 1 Changes of single fruit weight, increment rate of single fruit and expansion of melon fruit after different night temperatures

2.2 夜间温度对薄皮甜瓜果实多胺含量的影响

由图 2 可知, 夜间温度对薄皮甜瓜果实内源多胺含量有明显影响。

从薄皮甜瓜内源腐胺含量变化看, 各夜温处理均是果实快速膨大的发育初期含量高, 最高可达 33.55 $\text{nmol} \cdot \text{g}^{-1}$, 而后迅速下降, 在处理 6 d 后腐胺含量变化较小, 其含量在 4.40 $\text{nmol} \cdot \text{g}^{-1}$ 上下波动。但在夜温处理 3 d 和 6 d 的果实发育前期, 不同夜温处理间存在显著差异 ($F_{3d} = 50.40$, $F_{6d} = 12.77$), 其中 15 $^{\circ}\text{C}$ 处理显著高于其它各处理, 12 $^{\circ}\text{C}$ 处理显著高于 18 $^{\circ}\text{C}$ 处理, 18 $^{\circ}\text{C}$ 处理又显著高于 9 $^{\circ}\text{C}$ 处理。夜温处理 9 d 后的果实发育后期处理间无显著差异。说明低夜温和高夜温均对薄皮甜瓜果实发育前期果实内源腐胺含量有显著影响。

从薄皮甜瓜内源亚精胺含量变化看,各夜温处理的变化趋势与腐胺基本一致,在果实快速膨大的发育初期含量最高,可达 $60.43 \text{ nmol} \cdot \text{g}^{-1}$,之后急剧下降,处理 6 d 在 $12.83 \text{ nmol} \cdot \text{g}^{-1}$ 至 $16.71 \text{ nmol} \cdot \text{g}^{-1}$ 范围内波动。但在夜温处理 3 d 和 6 d 的果实发育前期,不同夜温处理间存在显著差异 ($F_{3d}=30.21$, $F_{6d}=7.93$),其中 12 和 15 处理显著高于 18 和 9 处理,18 处理显著高于 9 处理,而 12 和 15 处理间差异不显著。说明低夜温和高夜温均对薄皮甜瓜果实发育前期果实内源亚精胺含量有显著影响。

从薄皮甜瓜内源精胺含量变化看,各夜温处理均是在果实快速膨大的发育初期含量较低;而果实膨大速度缓慢期出现峰值,且 9 和 12 处理峰值出现在处理后 12 d,而 15 和 18 出现在处理后 15 d。从各夜温处理间的峰值差异看,12 和 15 处理的峰值极显著高于 18 和 9 处理,18 处理又显著高于 9 处理,12 与 15 处理间无显著差异。说明夜温 12 和 15 可提高薄皮甜瓜内源精胺含量,而 18 和 9 则影响薄皮甜瓜内源精胺的积累,且 9 处理影响程度更大。

从薄皮甜瓜内源总多胺含量变化看,各夜温处理均是果实快速膨大的发育初期含量高,最高达 $103.72 \text{ nmol} \cdot \text{g}^{-1}$,而后迅速下降,在处理 6 d 之后总多胺含量变化较小,但处理 12 d 和 15 d 时分别出现较小峰值后又下降。各夜温处理间,12 和 15 处理最高,18 处理次之,9 处理最低,且在果实发育前期的处理后 3 d 和 6 d 存在显著差异,而 12 和 15 处理间差异不显著。

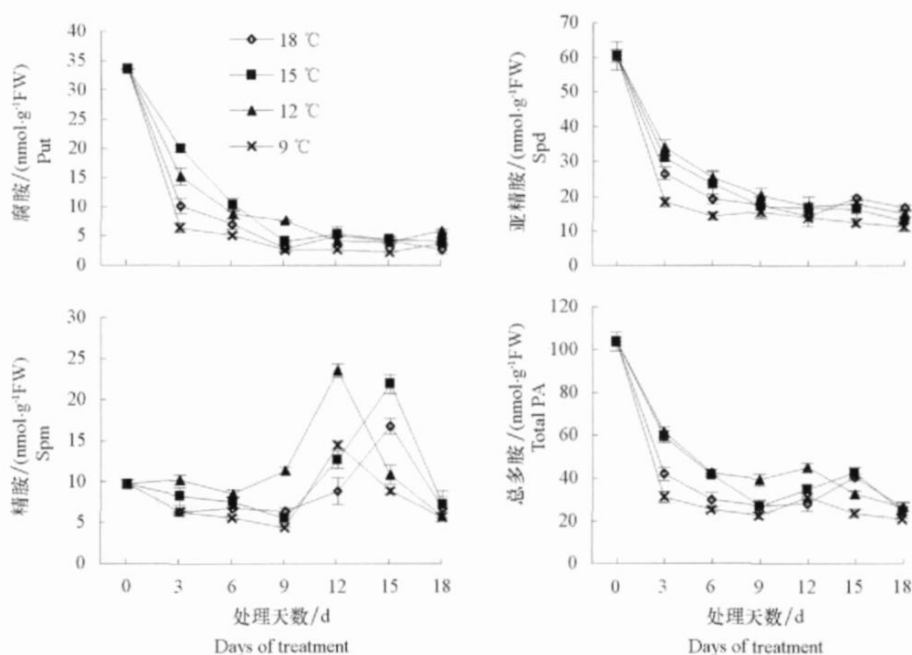


图 2 夜间温度处理后果实内源腐胺、亚精胺、精胺、总多胺含量的变化

Fig 2 Changes of endogenous Put, Spd, Spm and total PA content of fruit after different night temperatures

2.3 夜间温度处理后果实总多胺含量与单果质量增长率的相关性分析

表 1 为不同夜温处理后 (3 ~ 18 d) 薄皮甜瓜果实多胺含量与单果质量增长率的相关性分析。由表 1 可知,不同夜温下薄皮甜瓜果实中精胺与单果质量增长率均无显著相关性;但腐胺、亚精胺、总多胺与单果质量增长率的相关性均达到显著或极显著水平。说明单果质量增长率可能与果实中腐胺、亚精胺、总多胺含量具有一定的关系。

表 1 不同夜间温度处理后 (3~18 d) 果实内源多胺与单果质量增长率的相关性

Table 1 Correlation between PA and increment rate of single fruit after treatment of different night temperatures (3 - 18 d)

夜温处理 / Night temperature	腐胺—单果质量增长率 Put - increment rate of single fruit	亚精胺—单果质量增长率 Spd - increment rate of single fruit	精胺—单果质量增长率 Spm - increment rate of single fruit	总多胺—单果质量增长率 PA s - increment rate of single fruit
18	0.9893 ^{**}	0.9913 ^{**}	0.1989	0.9868 ^{**}
15	0.9529 [*]	0.9522 [*]	0.2248	0.9624 [*]
12	0.9610 [*]	0.9517 [*]	0.2719	0.9575 [*]
9	0.9932 ^{**}	0.9934 ^{**}	0.0001	0.9962 ^{**}

注：* *表示达到 1%的显著水平，*表示达到 5%的显著水平。

Note: * * indicates significant difference at 1% level, * indicates significant difference at 5% level

3 讨论

植物果实膨大受温度影响较大，尤其是果实膨大速度最快的幼果期温度影响更大。因此筛选果实膨大的适宜温度对于植物栽培来说非常重要，尤其是对逆境环境下植物栽培更为重要。

关于夜温与植物果实膨大之间的关系，一般认为夜间温度较高，会增加植株的呼吸作用，减少物质的积累，从而影响植株的生长发育，影响果实的膨大；而夜间温度较低，虽然可减小植株呼吸强度，增加积累 (Eamus & Wilson, 1984)，但夜间低温会影响植株白天的光合作用 (王丽娟, 2006)，同时也会影响光合产物的运转与分配，低温也会影响植株体内的物质代谢，从而影响到植株各器官的生长。

关于植物果实内源腐胺、亚精胺、总多胺与果实生长的关系，已有研究表明，在龙眼、柿果实发育前期腐胺、亚精胺含量均较高，随着果实的生长发育而迅速下降，精胺含量在果实发育的前期很低，果实的快速膨大期急剧升高。由于幼果前期主要以细胞分裂为主 (即花前的子房分裂期和受精后的幼果分裂期)，而后开始细胞体积增大的过程 (Goffinet & Welser, 1995)，因此，高含量的腐胺、亚精胺可能有利于果实早期的细胞分裂，精胺可能有利于果实后期的细胞膨大 (Serrano et al, 1995; 王立英, 2002; 陈杰忠 等, 2006)。然而本试验结果表明，各夜间温度处理的甜瓜果实内源腐胺、亚精胺含量均在果实快速膨大期含量最高，而后急剧下降后保持较低水平。在果实的快速膨大期细胞以快速膨大为主，因此果实中高含量的腐胺、亚精胺、精胺可能与细胞的膨大相吻合。这与在枇杷、茄子、苹果中的研究结果 (Rodriguez et al, 1999; 闫树堂和徐继忠, 2005; 蔡建秀 等, 2007) 相似。

References

- Chen Jie-zhong, Liu Yun-chun, Ye Zi-xing, Hu You-li, Feng Qi-rui. 2006. Changes in endogenous polyamine contents during fruit development of longan (*Diospyros longan* Lour.). Chinese Journal of Tropical Crops, 27 (2): 18 - 22. (in Chinese)
- 陈杰忠, 刘运春, 叶自行, 胡又厘, 冯奇瑞. 2006. 龙眼果实发育过程中内源多胺含量的变化. 热带作物学报, 27 (2): 18 - 22.
- Cai Jian-xiu, Liu Guo-qiang, Chen Wei. 2007. Changes in endogenous polyamine and hormone contents during different fruit developing stages in loquat. Chinese Agricultural Science Bulletin, 23 (9): 317 - 322. (in Chinese)
- 蔡建秀, 刘国强, 陈伟. 2007. 枇杷果实发育不同阶段内源多胺及激素含量的变化. 中国农学通报, 23 (9): 317 - 322.
- Du Yong-chen, Mao Sheng-li, Wang Xiao-xuan, Zhu De-wei, Li Shu-de, Dai Shan-shu, Gao Zhen-hua. 2003. The different changes of endogenous polyamines in tomato plants with different heat-tolerance under high temperatures. Acta Horticulturae Sinica, 30 (3): 281 - 286. (in Chinese)
- 杜永臣, 毛胜利, 王孝宣, 朱德蔚, 李树德, 戴善书, 高振华. 2003. 高温胁迫下耐热性不同番茄多胺水平变化的差异. 园艺学报, 30 (3): 281 - 286.
- Eamus D, Wilson J M. 1984. Model for the interaction of low temperature, ABA, IAA, and CO₂ in the control of stomatal behaviour. Journal of Experimental Botany, 35 (1): 91 - 98.
- Flores H E, Galston A W. 1982. Analysis in higher plant by high performance liquid chromatography. Plant Physiol, 69: 701 - 706.

- Goffinet M C, Welser M J. 1995. Relationship of winter stage of 'Concord' grapevine buds, previous season, and return bloom. *HortScience*, 30: 195 - 914.
- Ire  ne Hummel, Abdelhak El Amrani, Gwenola Gouesbet, Franc oise Hennion, Ivan Coue  . 2004. Involvement of polyamines in the interacting effects of low temperature and mineral supply on *Pringlea antiscorbutica* (Kerguelen cabbage) seedlings. *Journal of Experimental Botany*, 55 (399): 1125 - 1134.
- Lee T M, Lur H S, Chu C. 1977. Role of abscisic acid in chilling tolerance of rice seedling modulation of free polyamine levels. *Plant Science*, 126: 1 - 10.
- Lin Ding-bo, Liu Zu-qi, Zhang Shi-cheng. 1994. Effects of polyamines on cold hardiness development of citrus. *Acta Horticulturae Sinica*, 21 (3): 222 - 226. (in Chinese)
- 林定波, 刘祖祺, 张石城. 1994. 多胺对柑桔抗寒力的效应. *园艺学报*, 32 (4): 222 - 226.
- Liu Jun, Ji Xiao-jia, Liu You-liang. 2002. High performance liquid chromatography method for measuring polyamine content in plant tissue. *Plant Physiology Communications*, 38 (6): 596 - 598. (in Chinese)
- 刘 俊, 吉晓佳, 刘有良. 2002. 检测植物组织中多胺含量的高效液相色谱法. *植物生理学通讯*, 38 (6): 596 - 598.
- Mao Lin-chun, Zhang Shang-long. 1999. Responses of polyamines and ethylene in peaches to chilling stress. *Acta Horticulturae Sinica*, 26 (6): 360 - 363. (in Chinese)
- 茅林春, 张上隆. 1999. 采后桃果实中多胺和乙烯对低温胁迫的反应. *园艺学报*, 26 (6): 360 - 363.
- Rodriguez S del C, Lopez B, Chaves A R. 1999. Changes in polyamines and ethylene during the development and ripening of egg plant fruits (*Solanum elongata*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47 (4): 1431 - 1434.
- Serrano M, Martinez-madrid M C, Riquelme F, Romojaro F. 1995. Endogenous levels of polyamines and abscisic acid in pepper fruits during growth and ripening. *Physiologia Plantarum*, 95: 73 - 76.
- Wang Li-Juan. 2006. Study of low night temperature effect on photosynthesis production, distribution and metabolism of tomato plant in greenhouse [Ph. D. Dissertation]. Shenyang: Shenyang Agricultural University. (in Chinese)
- 王丽娟. 2006. 夜间低温对设施番茄光合物质生产、分配及代谢影响的研究 [博士论文]. 沈阳: 沈阳农业大学.
- Wang Li-ying. 2002. Studies on fruit development and maturation mechanism of *Diospyros kaki* L. [M. D. Dissertation]. Baoding: Agricultural University of Hebei. (in Chinese)
- 王立英. 2002. 柿 (*Diospyros kaki* L.) 果实生长发育及成熟机理研究 [硕士论文]. 保定: 河北农业大学.
- Wang S Y. 1987. Changes of polyamines and ethylene in cucumber seedling in response to chilling stress. *Physiol Plant*, 69: 253 - 257.
- Wei Jun, Kenji Tanabe. 1994. Effect of temperature on polyamine, ACC contents, EFE activities and ethylene production in post-harvested pear fruits. *Acta Horticulturae Sinica*, 21 (2): 139 - 144. (in Chinese)
- 韦 军, 田边贤二. 1994. 温度对采后梨果实多胺、ACC含量、EFE活性和乙烯生成量的影响. *园艺学报*, 21 (2): 139 - 144.
- Shen Wenyun, Kazuyoshi Nada, Shoji Tachibana. 2000. Involvement of polyamines in the chilling tolerance of cucumber cultivars. *Plant Physiology*, 124: 431 - 439.
- Yan Shu-tang, Xu Ji-zhong. 2005. The effects of different dwarfing interstocks on the endogenous hormones, polyamines and cell division in fruits of Red Fuji apple. *Acta Horticulturae Sinica*, 32 (1): 81 - 83. (in Chinese)
- 闫树堂, 徐继忠. 2005. 不同矮化中间砧对红富士苹果果实内源激素、多胺与细胞分裂的影响. *园艺学报*, 32 (1): 81 - 83.
- Yeun Joo Huh, Seoung Youl Choi, Hak Ki Shin, Chun Ho Pak. 2005. Effect of temperature on axillary bud formation and polyamine contents of nonbranching chrysanthemum. *HortScience*, 40: 993 - 1147.
- Zhou Yu-ping, Wang Zheng-xun, Tian Chang-en. 2003. Studies on the relation of polyamines and cold-resistance of banana. *Guihaia*, 23 (4): 352 - 356. (in Chinese)
- 周玉萍, 王正询, 田长恩. 2003. 多胺与香蕉抗寒性的关系的研究. *广西植物*, 23 (4): 352 - 356.