

热处理提高芒果抗冷性与内源 ABA 的关系

朱世江, 季作梁

(华南农业大学园艺学院, 广州 510642)

摘要: 观察了 38℃ 热空气处理持续时间对 2℃ 下贮藏 12d 的芒果抗冷性的影响, 结果表明, 在 12h 以内, 芒果的抗冷性随热处理时间的延长而提高, 至 12h 抗冷性最强; 继续延长热处理时间至 72h, 抗冷性保持不变。说明使芒果抗冷性达到最强的热处理持续时间是一个跨度较大的区间。热处理 72h 的芒果在低温贮藏的 12d 内果皮的细胞膜透性保持不变, 而未经热处理的对照果膜透性随低温贮藏时间的延长而升高; 与此同时经热处理的芒果在低温贮藏期间内源 ABA 含量高于对照。表明冷藏期间芒果组织中的 ABA 浓度高则其抗冷性较强。

关键词: 抗冷性; ABA; 热处理; 芒果

The Relationship Between Heat-induced Chilling Tolerance and Endogenous ABA Levels in Mango Fruits

ZHU Shi-jiang, JI Zu-liang

(College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642)

Abstract: The effects of heating mango (*Mangifera indica* L.) fruit in hot air at 38℃ for 12 h on chilling tolerance of the fruits was studied. The results showed that it significantly reduced the development of chilling injury following storage for 12 d at 2℃. Prolonging the heating time up to 72 h acquired similar results. During the 12 d storage at 2℃ after heating for 72 h, the membrane leakage of the peel of mango fruits showed little change, while that increased for the control fruits with storage period prolonged at low temperature, and the endogenous ABA levels in the heated fruits were higher than that in the control. These results indicated that higher ABA levels were linked closely with stronger chilling tolerance in mango fruits.

Key words: Chilling tolerance; ABA; Heat treatment; Mango

热处理作为诱导植物或植物组织产生抗冷性的一个手段, 在生产上, 特别是在延长热带亚热带果蔬产品的低温贮藏寿命方面具有十分重要的现实意义和应用前景。关于热处理诱导植物抗冷性的生理机制, 前人已做过不少研究。经过热处理的采后果蔬在后熟期间一些生理指标与未经热处理的相比表现了明显的差异, 这些生理指标包括离子渗漏率, 丙二醛含量, 磷脂含量, 固醇含量, 乙烯释放量, 呼吸强度等^[1-3]。在诸多的生理指标中, 膜的完整性与抗冷性具有特别密切的关系, 因此有人提出将电解质渗漏率用作衡量冷害严重程度的间接指标^[4,5]。但是, 关于内源 ABA 含量与热处理诱导植物抗冷性的

联系, 却是一个有争议的问题。一方面有人报道南瓜和仙人掌抗冷性的诱导与内源 ABA 含量的增加有关^[6,7], 另一方面, 有人认为黄瓜子叶的抗冷性与 ABA 含量无关^[8]。本文以不耐低温贮藏的热带水果芒果为试材, 采用 38℃ 热空气处理作为诱导抗冷性的方法, 对芒果的热诱导耐冷性与内源 ABA 含量的关系进行初步的考察。

1 材料与方法

1.1 材料

供试品种为紫花芒 (*Mangifera indica* L.), 采自广州市果树研究所。供试果健康正常, 无病虫害

收稿日期: 2001-10-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (39770533)

作者简介: 朱世江 (1963-), 男, 四川安岳人, 副教授, 主要从事果蔬采后生理和病理方面的研究。Tel: 020-85282107; Fax: 020-85282107; E-mail: shijiangzhu@yahoo.com

及机械伤。果实采收后立即运回实验室,用1 000 mg/L 特克多浸泡 10 min 于室温(30 ℃)晾干后进行热处理。

1.2 热处理

将清洗晾干的芒果果实放入日产 Sanyo MIR 553 型培养箱中在(38 ± 0.5) ℃下进行热空气处理;在热处理期间,所有果实均用塑料果篮盛装,外套塑料薄膜袋以避免蒸发失水。热处理时间分别为 3h、6h、12h、24h、48h、72h,处理后取出一定数量的芒果用于冷藏。

1.3 冷藏及后熟

将经热处理的果实转入冷害温度(2 ± 0.5) ℃的培养箱贮藏,冷藏时间为 12d。对照为将未经热处理的果实直接放入(2 ± 0.5) ℃培养箱中贮藏。每处理 20 ~ 30 个果,重复 3 次。冷藏结束后,将果实从培养箱中取出,放在恒温室[温度(20 ± 1) ℃,相对湿度 95 %]中后熟,以观察冷害及病害发生情况。

1.4 冷害观察及冷害指数计算

观察芒果经 2 ℃冷藏 12d 后,后熟 6d 的冷害症状。症状按严重程度分为 5 级。分级标准为:0 级,果面光洁,没有冷害症状;1 级,有轻微的下陷冷害斑,占果面总面积 15 %以下;2 级,冷害面积占果面的比例小于 40 %;3 级,冷害面积小于果面的 70 %;4 级,冷害面积占果面总面积的 70 %以上。冷害指数(chilling injury index, CII)的计算公式:

$$CII = (0 \cdot N_0 + 1 \cdot N_1 + 2 \cdot N_2 + 3 \cdot N_3 + 4 \cdot N_4) / (4 \cdot NT)$$

上式中 $N_0 \sim N_4$ 分别为相应级别冷害的果数,NT 为试验观察果实的总数。

1.5 细胞膜透性的测定

参照朱广廉等^[9]。每处理取 3 个果,削取 0.1 cm 厚的果皮,用内径为 0.5 cm 的打孔器取果皮圆片 20 片,放进试管中,用蒸馏水洗 3 遍,加 25 ml 蒸馏水于室温下放置 4h 后用 DDS-11 A 型电导仪测定浸泡液电导值,加热煮沸后用上述方法再次测定电导值,以相对电导率代表果皮细胞膜透性。重复 3 次。数据用 SAS 软件进行统计分析。

1.6 ABA 含量测定

采用酶联吸附免疫分析法(ELISA)测定^[10,11]。精确称取 0.5g 果实组织(果皮),分 3 次加入预冷的 80 %甲醇共 4 ml,在弱光下冰浴匀浆,于 4 ℃ 5 000r/min 离心 10 min,残渣加 1 ml 甲醇研磨后再离心 1 次,合并上清液。上清液用 C18 柱过滤,取 100 μl,氮气吹干,再用 200 μl 甲醇溶解并进行甲酯化处理后

测定 ABA 含量。数据用 SAS 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 热空气处理(Hot-air Treatment, HAT)对芒果抗冷性的影响

用 38 ℃热空气处理芒果时,诱导的抗冷性随处理时间的长短而有差异(图 1)。以 12h 为界,前后表现出 2 个明显不同的趋势。在 12h 内,随处理时间的延长,芒果的冷害指数降低。从 12h 起,一直到 72h,冷害指数并不因热处理时间延长而降低。即热空气处理 12h 就可使芒果获得最强的抗冷性,延长热处理时间至 72h 抗冷性不再增强。可以认为,热处理时间介于 12 ~ 72h 芒果均可获得很强抗冷性。

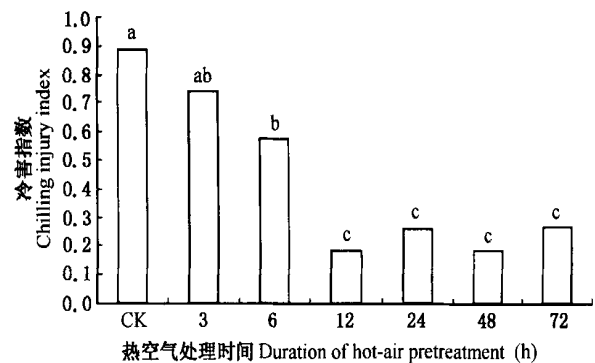


图 1 38 ℃热空气处理持续时间对芒果抗冷性的影响(2 ℃冷藏时间为 12d,柱形图上方标有不同字母者为差异显著, $P = 0.05$)

Fig.1 The effects of duration of hot-air treatment at 38 ℃ on chilling tolerance of mango (Cold storage at 2 ℃ for 12 d, the columns with different letters are significantly different, $P = 0.05$)

2.2 热空气处理对芒果膜透性的影响

经 38 ℃热空气处理的芒果在冷藏期间膜透性变化不大,而对照果实随冷藏时间延长膜透性升高(图 2)。在冷藏 12d 时,CK 和 HAT 相对电导率分别为 42.88 %和 20.80 %,差异显著($P = 0.05$)。

2.3 38 ℃热空气处理对芒果冷藏期间 ABA 含量的影响

从图 3 可以看出,芒果置于 2 ℃冷藏前和冷藏的第 3 天,对照内源 ABA 含量高于热处理,而随着冷藏时间的延长,芒果果皮 ABA 含量则热处理高于对照,特别是冷藏的第 12 天,热处理和对照的 ABA 含量差异极为显著($P = 0.01$)。

3 讨论

McCollum 等^[12]对‘Keitt’芒果用 38 ℃热空气

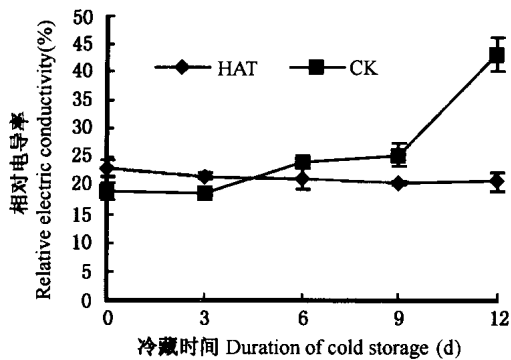


图2 热空气处理对芒果冷藏期间膜透性的影响

Fig.2 The effects of hot-air treatment on membrane leakage of mango fruits during cold storage

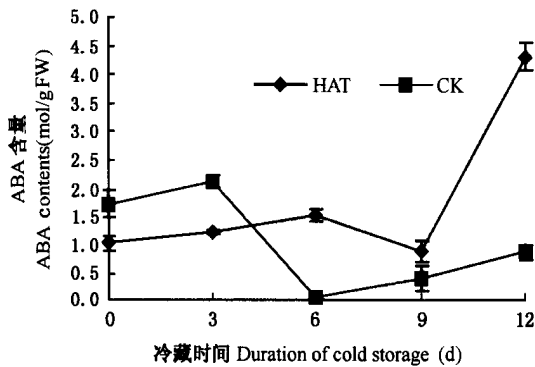


图3 热空气处理对芒果冷藏期间内源 ABA 含量的影响

Fig.3 The effects of hot-air treatment on contents of endogenous ABA in mango fruits during cold storage

处理 24h 和 48h 后贮藏于 5℃11d,发现处理时间较长的芒果其冷害较轻。Pesis 等^[13]对‘Tommy Atkins’和‘Keitt’芒果进行 48h 的 38℃热空气处理也减轻了冷害症状。有没有一个诱导最强抗冷性的最短热处理时间?本研究对此进行了探讨。在本试验条件下,芒果接受 12h 的 38℃热空气处理就获得了最强的抗冷性,在 2℃下贮藏 12d 后冷害指数最低。而且,延长热处理时间至 72h,抗冷性与热处理 12h 的差异不大。也就是说,获得最佳抗冷性的热处理时间,可以是一个跨度较大的区间。热处理诱导植物抗冷性的这种现象,目前尚未见报道。笔者还观察了 38℃热空气处理 5d 和 7d 的情况,虽然热处理能诱导植物产生抗冷性,但热处理的持续时间不宜过长,否则,细胞和组织将受到另一种伤害,即热害,从而影响其对低温的抗性^[14]。

在本试验中,38℃热空气处理使冷藏 12d 的芒果果皮的膜透性显著低于对照,这与热处理保持细胞内膜系统完整,而对照使内膜系统遭受破坏有关。本研究结果与黄瓜子叶^[8]、绿豆下胚轴^[15]的结果一

致。进一步证实膜透性可以作为衡量冷害的间接指标的观点^[4,5]。

用外源 ABA 处理黄瓜幼苗可以提高其抗低温伤害的能力^[16]。抑制内源乙烯的合成使玉米幼苗不能通过冷驯化获得抗冷性,而施加外源 ABA 可恢复其抗冷性^[17]。在本研究条件下,经热处理的芒果果皮在冷藏期间 6~12d 的 ABA 含量均高于对照。这表明,在冷藏期间,芒果组织的 ABA 含量与抗冷性有关,含量高则抗冷性强。这与冷驯化后贮藏于 2.5℃的南瓜结果一致,在冷藏期间,经冷驯化的南瓜 ABA 含量高于对照^[6]。同时还表明,热处理可以诱导芒果在低温下合成 ABA,而未经热处理的芒果则不能在低温下合成 ABA。而热处理促进植物组织在低温下合成 ABA 的机理,以及低温下植物组织合成 ABA 的能力是否与抗冷性有关,尚需进一步研究。

References

- [1] Lurie S, Klein J D. Acquisition of low-temperature tolerance in tomatoes by exposure to high-temperature stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 1991, 116(6): 1007 - 1012.
- [2] Salveit M E. Prior temperature exposure affects subsequent chilling sensitivity. *Physiol. Plant*, 1991, 82:529 - 536.
- [3] McDonald R E, McCollum T G, Baldwin E A. Temperature of water heat treatments influences tomato fruit quality following low-temperature storage. *Postharvest Biology and Technology*, 1999, 16:147 - 155.
- [4] Cheng T S, Shewfelt R L. Effect of chilling exposure of tomatoes during subsequent riping. *J. Food Sci.* 1998, 53:1160 - 1162.
- [5] Bergevin M, L'Heureux, G P, Thompson J E, Willemot C. Effect of chilling and subsequent storage at 20℃ on electrolyte leakage and phospholipid fatty acid composition of tomato pericarp. *Physiol. Plant*, 1993, 87:522 - 527.
- [6] Wang C Y. Effect of abscisic acid on chilling injury of zucchini squash. *J. Plant Growth Regul.* 1991, 10:101 - 105.
- [7] Loik M E, Nobel P S. Exogenous abscisic acid mimics cold acclimation for cacti differing in freezing tolerance. *Plant Physiol.* 1993, 103:871 - 876.
- [8] Lafuente M T, Belver A, Guye M G, Saltveit M E. Effect of temperature conditioning on chilling injury of cucumber cotyledons. *Plant Physiol.* 1991, 95: 443 - 449.
- [9] Zhu G L, Zhong H W, Zhang A Q. *Experiments of Plant Physiology*. Beijing: Beijing University Publishing House, 1990: 252 - 254. (in Chinese)
朱广廉, 钟海文, 张爱琴. 植物生理学实验. 北京: 北京大学出版社, 1990: 252 - 254.
- [10] Wu S R, Chen W F, Zhou X. Enzyme-linked immunosorbent assay for endogenous plant hormones. *Communications of Plant*

- Physiology*, 1988, (5): 53 - 57. (in Chinese)
吴松如,陈婉芬,周 燮. 酶联免疫测定植物内源激素. 植物生理学通讯, 1988, (5): 53 - 57.
- [11] Li Z G. Immunoquantitative assay of plant hormones. Shanghai Institute of Plant Physiology of Chinese Academy of Sciences, Shanghai Society of Plant Physiology (eds). *A guide to Experiments of Modern Physiology*. Beijing: Science Press, 1999: 283 - 284. (in Chinese)
李振国. 植物激素的免疫定量分析. 中国科学院上海植物生理研究所, 上海市植物生理学会编. 现代植物生理学实验指南. 北京: 科学出版社, 1999: 283 - 284.
- [12] McCollum T G, D' Aquino S, McDonald R E. Heat treatment inhibits mango chilling injury. *Hort. Sci.* 1993, 28: 197 - 198.
- [13] Pesis E, Faure M, Arie R M. Induction of chilling tolerance in mango by temperature conditioning, heat, low O₂ and ethanol vapours. *Acta Horticulturae*, 1997, 455(2): 629 - 634.
- [14] Zhu S J. Studies of physiological and biochemical mechanism of chilling tolerance induction of mango by postharvest heat treatment (Ph D Dissertation). Guangzhou: South China Agricultural University, 2001. (in Chinese)
朱世江. 芒果采后热处理诱导抗冷性的生理生化机理研究(博士学位论文). 广州: 华南农业大学, 2001.
- [15] Collins G G, Nie X, Saltveit M E. Heat shock protein and chilling sensitivity of mung bean hypocotyls. *J. Exp. Bot.* 1995, 46(288): 795 - 802.
- [16] Li P, Wang Y R, Zhen L P, Liu H X. The effect of exogenous ABA on the resistance to chilling stress in cucumber seedlings. *Acta Botanica Sinica*, 1989, 31 (11): 867 - 873. (in Chinese)
李 平, 王以柔, 甄立平, 刘鸿先. 外源 ABA 对黄瓜幼苗抗低温胁迫的作用. 植物学报, 1989, 31(11): 867 - 873.
- [17] Anderson M D, Prasad T K, Martin B A, Stewart C R. Differential gene expression in chilling-acclimated maize seedlings and evidence for the involvement of abscisic acid in chilling tolerance. *Plant Physiol.* 1994, 105: 331 - 339.