

## 低温解除后辣椒叶片中内源激素的动态变化研究

任旭琴

(淮阴工学院园艺系, 淮安 223003)

**摘要:** 在对苏椒 5 号和苏长红进行低温处理的基础上, 研究了低温解除后辣椒叶片中内源激素的动态变化。结果表明, 低温促进了辣椒叶片中 ABA 的合成, 且苏椒 5 号大于苏长红, 低温解除 5 d 后, ABA 含量恢复至对照水平, 这可能是植株自身对低温的一种应激反应, 低温解除, ABA 代谢恢复; 低温抑制了 GA<sub>3</sub> 和 IAA 的合成, 其中, 苏长红受抑制程度较苏椒 5 号明显, 随着低温条件的解除, IAA 含量在 25 d 后逐渐恢复到对照水平, 苏椒 5 号的 GA<sub>3</sub> 含量于 25 d 恢复正常, 而苏长红的 GA<sub>3</sub> 含量因低温伤害始终低于对照; 苏椒 5 号的 ABA / GA<sub>3</sub> 在低温解除 25 d 后恢复至对照水平, 苏长红无法恢复; 低温解除后 25 d, 2 个辣椒品种的 ABA / IAA 达到对照水平, 之后, 苏椒 5 号的 ABA/IAA 低于对照, 而苏长红则高于对照, 可见 2 个辣椒品种有不同的低温适应能力。

**关键词:** 辣椒; 低温; 内源激素

中图分类号: S641.3

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2013)05-0867-04

### Dynamic change of endogenesis hormone in leaves of pepper after chilling stress

REN Xu-qin

(Department of Horticulture, Huaiyin Institute of Technology, Huaian 223003)

**Abstract:** The dynamic change of endogenesis hormone in leaves after chilling stress was analyzed with two pepper varieties (SJ-5 and SCH). The results showed that chilling stress promoted the production of ABA in SJ-5 more than in SCH. After five days under control temperature, the content of ABA recovered to the control level, which indicated that the change of ABA content was an emergency response to chilling stress, that is, the ABA metabolism would come back once the chilling stress stopped. Chilling stress reduced the anabolism of GA<sub>3</sub> and IAA in leaves of peppers, and it was more obviously for SCH than SJ-5. The content of IAA would reach to the control after the stress was relieved for 25 days, and so was for GA<sub>3</sub> in SJ-5. However, comparison with control, the content of GA<sub>3</sub> in SCH was keeping a low-level because of the stress injury. ABA/ GA<sub>3</sub> would resume after the stress was stopped for 25 days for SJ-5, but would not for SCH. For 25 days under normal temperature, ABA/ IAA could reach the control level for the two varieties, after then, it was lower for SJ-5 and higher for SCH than control, which indicated that the two varieties have a different chilling-adaptability.

**Key words:** *Capsicum annum* L.; chilling stress; endogenesis hormone

辣椒(*Capsicum annum* L.)属喜温蔬菜, 早春和晚秋的低温往往严重限制辣椒生产, 轻则造成植株冷害, 抵抗力下降, 病害蔓延, 重则减产减收直至无收, 尤其是近年来气候异常, 低温期拉长和冷热气候交叉现象严重, 对辣椒生产造成了重大影响。吲哚乙酸(IAA)、赤霉素(GA<sub>3</sub>)、脱落酸(ABA)是植物内源激素的重要类型, 它们对植物的生长发育和信号转导都有重要作用。当植物受到逆境胁迫时,

植物体内的激素会发生变化, 从而产生一系列的理化变化来适应外界环境。ABA 是逆境中的正信号, 逆境可促进 ABA 的重新合成或对原 ABA 的再分配, 提高 ABA 的局部浓度来提高作物的抗逆性<sup>[1]</sup>。欧阳琳等认为, 植物在低温条件下, 细胞中的 ABA 会迅速积累, 并通过 ABA 的信号转导对环境胁迫做出积极、主动的适应性反应, 同时, 生长素和赤霉素含量的增加也有利于使植物在逆境下生存下

收稿日期: 2012-05-14

基金项目: 淮安市农业科技支撑计划项目 (SN1033) 资助。

作者简介: 任旭琴, 女, 博士, 副教授。E-mail: jsrxq@hyit.edu.cn

来<sup>[2]</sup>。以往的研究多是探讨低温胁迫下内源激素的变化，有关低温解除后正常温度下植物内源激素的动态变化则鲜见报道。本研究以耐低温性不同的辣椒基因型为试材，研究了低温解除后辣椒叶片中内源激素的动态变化，以期为探讨辣椒的低温适应性代谢机制及耐低温栽培技术提供理论依据。

### 1 材料与方 法

#### 1.1 材 料

供试辣椒品种为苏椒 5 号和苏长红，其中苏椒 5 号耐低温性较强，苏长红耐低温性较弱<sup>[3]</sup>。

#### 1.2 试 验 处 理

将种子播于 50 孔穴盘中进行基质育苗，待苗长至约 6~7 片真叶时移至人工气候箱（光强约为 50  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，光周期 12 h，湿度 60 %）进行为期 10 d 的低温处理，处理温度为 15℃/8℃，以 28℃/20℃为常温对照。处理结束后，放在 28℃/20℃条件下生长。

处理结束当天作为 0 d 进行取样，此后每 5 d 对生长点下的 2 片展开叶取样，液氮速冻后置于-80℃的超低温冰箱保存待测。

#### 1.3 内源激素的测定

内源激素的提取参照陈远平等<sup>[4]</sup>的方法进行。

仪器与试剂：Waters 515 系列，2487 双波长紫外/可见检测器，HS 色谱工作软件(杭州英谱公司)。ABA、IAA、GA<sub>3</sub> 标样为 Sigma 产品，甲醇为色谱

纯，水为超纯水，其他试剂为国产分析纯。

表 1 梯度洗脱程序

Table 1 Program of gradient elution in HPLC		
时间/min Time	甲醇/% Methanol	0.6%冰乙酸/% 0.6% Glacial acetic acid
0	80	20
10	80	20
11	60	40
15	60	40
16	50	50
28	50	50
30	80	20

HPLC 色谱条件：色谱柱为 Lichrospher C<sub>18</sub> 柱（250 mm × 4.6 mm，5  $\mu\text{m}$ ），流动相为甲醇-0.6 % 乙酸，检测波长为 254 nm，流速 1 mL·min<sup>-1</sup>，柱温为 35℃，进样量 10  $\mu\text{L}$ ，梯度洗脱程序见表 1。

### 2 结果与分析

#### 2.1 低温解除后辣椒叶片内源激素的变化

由图 1 可知，对照植株中的 ABA 含量呈逐渐增加趋势；低温处理明显促进了辣椒叶片中 ABA 的合成，使得苏长红和苏椒 5 号的 ABA 含量分别为对照的 1.74 倍和 2.57 倍，随着低温条件的解除，植株中 ABA 合成迅速下降，在 5 d 时 ABA 含量基本恢复到对照水平。

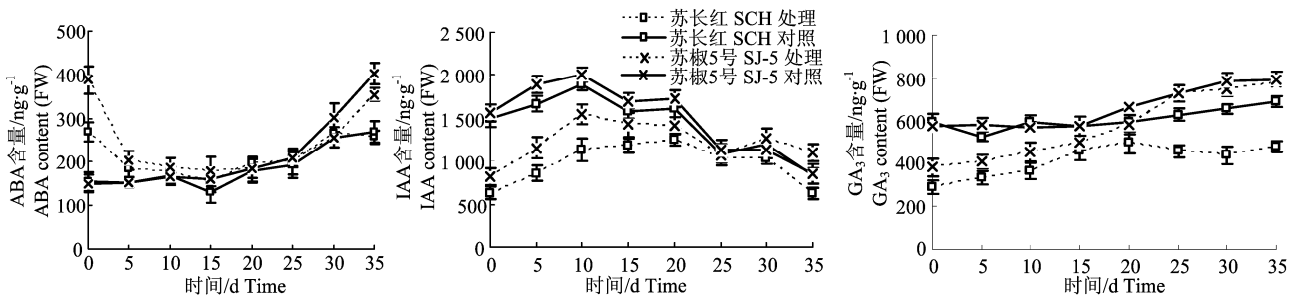


图 1 低温对辣椒叶片内源激素的影响

Figure 1 Effects of chilling stress on the contents of GA<sub>3</sub>, IAA and ABA in pepper leaves

对照条件下，IAA 含量先增加后减少；低温显著降低了苏长红和苏椒 5 号叶片中的 IAA 含量，导致两处理植株中的 IAA 含量仅为对照的 42% 和 53%，与对照相比，低温解除后处理叶片中的 IAA 含量显著增加，在 25 d 后 IAA 含量逐渐恢复至对照水平（图 1）。

对照条件下，2 个辣椒叶片中的 GA<sub>3</sub> 含量逐渐

增加；低温抑制了辣椒叶片中 GA<sub>3</sub> 的合成，导致 2 品种的 GA<sub>3</sub> 含量显著降低，其中苏长红下降幅度较大，为对照的 50% 左右，随着低温解除时间的延长，苏长红的 GA<sub>3</sub> 含量缓慢增加，至 25 d 后基本稳定，但其含量始终显著低于对照，苏椒 5 号的 GA<sub>3</sub> 含量在低温解除后逐渐增加，至 25 d 时基本达到对照水平（图 1）。

## 2.2 低温解除后 ABA/GA<sub>3</sub>、ABA/IAA 的变化规律

由于植株是一个复杂的生物系统, 低温对任何一种激素的影响不可能是孤立的, 激素之间存在着一定的相互作用。

由图 2 可以看出, 2 个对照植株的 ABA/GA<sub>3</sub> 在 25 d 后才有缓慢升高的趋势, 而 2 个品种的低温处理植株则呈现出明显的先降后升趋势, 虽然二者有着相似的变化趋势, 但不同基因型之间仍然存在差异, 与对照相比, 苏椒 5 号处理植株的 ABA/GA<sub>3</sub> 水平在 25 d 后基本达到对照水平, 而苏长红却始终

高于对照。

对照条件下, 苏椒 5 号和苏长红的 ABA/ IAA 呈逐渐增加趋势, 低温下则呈先降后升趋势, 低温解除 25 d 时, 2 个品种的 ABA/ IAA 基本与对照持平, 之后, 苏椒 5 号上升趋势减缓, ABA/ IAA 小于对照, 而苏长红则相反, 处理显著大于对照, 可见, 不同基因型对低温适应性不同, 苏椒 5 号受低温锻炼具有了更好的低温适应性, 而苏长红却表现出明显的不适应性。

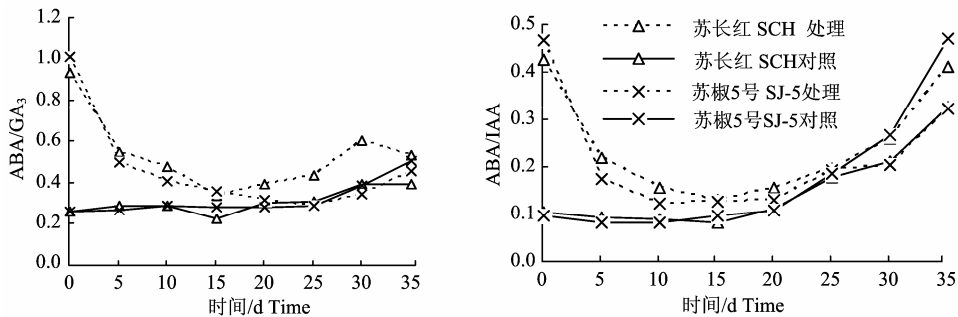


图 2 低温对辣椒叶片 ABA/GA<sub>3</sub> 和 ABA/IAA 的影响  
Figure 2 Effects of chilling stress on ABA/GA<sub>3</sub> and ABA/IAA

## 3 讨论

植物内源激素对植物抗低温力的提高有一定的调节作用。在环境温度逐渐降低中生长的小麦叶片和分蘖节组织、玉米、水稻幼苗叶片中的游离 ABA 含量增加<sup>[1]</sup>, 低温也会使黄瓜<sup>[5-7]</sup>、番茄<sup>[5]</sup> 和辣椒<sup>[8]</sup> 叶片中的 ABA 含量增加。同时, 对黄瓜<sup>[6]</sup>、辣椒<sup>[8]</sup>、小麦<sup>[9]</sup>等研究显示, 低温处理后内源 ABA 含量的增加与品种耐低温性有关, 耐低温性强的品种 ABA 含量高于耐低温性弱的品种, 这与本研究结果一致。本研究中, 低温使辣椒叶片中的 ABA 含量显著升高, 且耐低温性强的苏椒 5 号叶片中的 ABA 升高明显高于耐低温性弱的苏长红。研究显示, 生长在较低根温下的番茄<sup>[10]</sup>和芝麻<sup>[11]</sup>的木质部汁液中 GA<sub>3</sub> 的含量降低, 生长在较低根温下的玉米根部 GA<sub>3</sub> 的输出量降低<sup>[12]</sup>, 王丽萍研究表明, 低温弱光处理后辣椒叶片内 IAA 和 GA<sub>3</sub> 的含量下降<sup>[8]</sup>, 这与本研究结果相符。本研究表明, 不同基因型辣椒对低温的适应程度不同, 苏椒 5 号适应性好于苏长红, 低温下苏椒 5 号叶片中的 GA<sub>3</sub> 和 IAA 的下降幅度小于苏长红。与上述结论不同, 杨佳明等认为, 低温使黄瓜叶片中的 GA<sub>3</sub> 含量增加, 且品种耐低温性越强, 增加幅度越大, 而 IAA 因品种耐低温性差异有

不同表现, 耐低温强的品种 IAA 的增加幅度较大, 耐低温弱的品种有所降低<sup>[6]</sup>。王丽丽等发现, 低地温促进了黄瓜叶片内 GA<sub>3</sub> 和 IAA 的合成<sup>[13]</sup>。

目前, 对低温解除后正常温度下植物内源激素的动态变化还未见报道。本研究中, 低温解除后不同激素都表现出相似的生理恢复机制, 但品种和激素间又有所差异, ABA 含量在 5 d 左右迅速恢复至对照水平, IAA 含量在 25 d 后恢复, 而 GA<sub>3</sub> 因品种不同表现不同, 苏长红的 GA<sub>3</sub> 含量始终低于对照, 苏椒 5 号至 25 d 时恢复至对照水平。

不同内源激素之间存在一定的相互作用, 逆境条件会改变植物体内的激素含量和激素间的平衡<sup>[14]</sup>。柑橘在低温锻炼中 ABA/ GAs 在第 7 天呈剧增趋势<sup>[1]</sup>。于贤昌等<sup>[7]</sup>认为, 较高的 ABA 水平与较低的 GA 水平及较高的 ABA/ GA 比值是黄瓜嫁接苗抗冷的内在原因。本研究中, 低温不仅促进了抑制类激素 ABA 的合成, 又抑制了促进类激素 GA<sub>3</sub> 和 IAA 的合成, 低温解除后苏椒 5 号和苏长红的 ABA/ GA<sub>3</sub> 和 ABA/ IAA 的变化趋势存在差异, 这也是 2 个辣椒品种有不同低温适应性的内在原因。

## 参考文献:

- [1] 唐海明, 徐一兰, 陈金湘, 等. 植物脱落酸、多胺和乙烯与逆境的关系[J]. 作物研究, 2007, 21(5): 501-505.
- [2] 欧阳琳, 洪亚辉, 黄丽华, 等. 不同逆境胁迫信号对超级稻幼苗生理生化影响及植物激素变化的初步研究[J]. 农业现代化研究, 2007, 28(1): 104-106.
- [3] 任旭琴, 曹碚生, 缪旻珉, 等. 辣椒不同生育期耐低温性鉴定及相关分析[J]. 安徽农业大学学报, 2010, 37(1): 141-144.
- [4] 陈远平, 杨文钰. 卵叶韭休眠芽中 GA3, IAA, ABA 和 ZT 的高效液相色谱法测定[J]. 四川农业大学学报, 2005, 23 (4): 498-500.
- [5] 任志雨, 卢兴霞, 李静, 等. 根区温度对开花坐果期黄瓜和番茄内源激素含量的影响[J]. 华北农学报, 2007, 22(2): 64-66.
- [6] 杨佳明, 司龙亭, 闫世江, 等. 黄瓜叶片内源激素含量与耐低温性的关系研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(11): 4940-4941, 4953.
- [7] 于贤昌, 邢禹贤, 马红, 等. 低温胁迫下黄瓜嫁接苗和自根苗内源激素的变化[J]. 园艺学报, 1999, 26 (6): 406-407.
- [8] 王丽萍, 王鑫, 邹春蕾. 低温弱光胁迫下辣椒内源激素含量的变化[J]. 辽宁农业科学, 2008(2): 24-26.
- [9] 王兴, 于晶, 杨阳, 等. 低温条件下不同抗寒性冬小麦内源激素的变化[J]. 麦类作物学报, 2009, 29(5): 827-831.
- [10] Ali I A, Kafkafi U, Yamaguchi I, et al. Effects of low temperature on sap flow rate, soluble carbohydrates, nitrate contents and on cytokinin and gibberellin levels in root xylem exudates of sand grown tomato[J]. Journal of Plant Nutrition, 1996, 19(3-4): 619-634.
- [11] Ali I A, Kafkafi U, Yamaguchi I, et al. Growth, transpiration, root born cytokinins and gibberellins, and nutrient compositional changes in sesame exposed to low root zone temperature under different ratios of nitrate: ammonium supply[J]. Journal of Plant Nutrition, 2000, 23(1): 123-140.
- [12] Atkin R K. Effect of root growing temperature on growth substances in xylem exudation of *Zea mays*[J]. Journal of Experimental Botany, 1973, 24: 475-487.
- [13] 王丽丽, 于锡宏. 低地温对黄瓜幼苗内源 GA 和 IAA 含量的影响[J]. 北方园艺, 2004(3): 44-45.
- [14] Wang S Y, Van T T. Abscisic acid induced anaerobic tolerance in corn[J]. Plant Physiology, 1991, 97: 593-597.