

## 扁桃幼果发育过程中的内源激素含量变化

罗淑萍<sup>1</sup>, 高启明<sup>2</sup>, 李疆<sup>2,\*</sup>

新疆农业大学<sup>1</sup>生命科学系,<sup>2</sup>园艺学院, 乌鲁木齐830052

## Changes in Endogenous Hormones during Young Fruit Development of Almond (*Amygdalus communis* L.)

LUO Shu-Ping<sup>1</sup>, GAO Qi-Ming<sup>2</sup>, LI Jiang<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Life Science, <sup>2</sup>Horticulture College, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China

摘要: 用高效液相色谱测定扁桃幼果发育过程中脱落与否的果实中内源生长素(IAA)、赤霉素(GA<sub>3</sub>)和脱落酸(ABA)含量变化的结果表明, 幼果发育初期, 脱落幼果中 IAA 和 GA<sub>3</sub> 含量均明显低于未脱落的, 而 ABA 含量则明显高于未脱落的果实。

关键词: 扁桃; 幼果发育; 内源激素; 高效液相色谱

内源激素在果实生长发育中的含量变化已有所报道(Francisca 等 1990), 果实的脱落与内源激素水平及其变化的关系也有不少研究(Garcia-Papi 和 Garcia-Martinez 1984)。一般认为, 生长素和赤霉素是抑制离层水解酶(如多聚半乳糖醛酸酶、纤维素酶)的活性(丁长奎和章恢志 1988), 而得以防止幼果脱落。果树的花受精和坐果后形成的种胚有合成激素的能力, 因而幼果也就成为代谢活动中心(de Brujin 和 Vreugdenhil 1992), 其它部位的营养物质和同化物运向幼果, 从而可改善幼果的营养代谢, 促进幼果生长发育(蔡可和张映璜 1979; 彭良志和胥洱 1990)。但扁桃幼果发育过程中的内源激素含量变化尚未见报道, 本文检测了扁桃幼果发育过程中内源吲哚乙酸(indole-3-acetic acid, IAA)、赤霉素(gibberellin, GA<sub>3</sub>)和脱落酸(abscisic acid, ABA)的含量变化。

### 材料与amp;方法

试验于 2005 年 3~7 月在新疆英吉沙县林业局扁桃种质资源圃进行。扁桃品种‘纸皮’(*Amygdalus communis* L. cv. Zhipi)的树龄十年, 中等树势, 常规管理。开花前选定 10 株生长一致的小型结果枝组 30 个挂牌标记。在扁桃盛花中期(3 月 31 日)疏去早花、晚花、病虫花、畸形花以及过密花。从盛花后 20 d (4 月 20 日)到 81 d (6 月 21 日)期间, 每隔 7~10 d 取样 1 次, 于上午 11 时从植株上选取 30 个发育正常、大小一致

的未脱落幼果(带果柄)。自 4 月 20 日幼果脱落开始至 5 月 23 日坐果稳定结束, 每隔 7~10 d 采摘即将脱落的幼果。样品置于冰壶中立即带回实验室。

样品均用去离子水清洗干净后, 纵切取出种子, 种子和果柄分别用液氮速冻后置于小于 -20 的低温冰箱中保存, 供测定内源激素用, 每个样品重复 3 次。

仪器有日本岛津 LC-6A HPLC 系统, 包括 LC-6A 高压溶剂输送泵、SPD-6AV 紫外可见检测器、SCL-6A 系统控制器、C-R3A 色谱处理器和 CTO-6A 柱温箱。MTN-2800DW 氮吹浓缩装置购自天津奥特赛恩斯仪器有限公司。聚偏氟乙烯微孔滤膜(0.45 μm, F 型)由上海兴亚净化材料厂生产。激素标准品有 GA<sub>3</sub>、IAA 和 ABA, 均系美国生产, 厦门星隆达化学试剂有限公司分装。乙腈和甲醇为 TEDIA 公司产品。石油醚(沸程 30~60 )为优级纯, 其它试剂均为分析纯。实验用水均为超纯水。

色谱条件为固定相: μBondapak C<sub>18</sub> 10 μm, 4 mm×250 mm 色谱柱; 柱温: 31 ; 流动相: 乙腈-水-三氟乙酸(体积比为 40:59.9:0.1); 流速: 1.0 mL·min<sup>-1</sup> 恒流洗脱; 检测波长: 254 nm; 进

收稿 2006-10-11 修定 2007-01-11

资助 国家自然科学基金(30460115)。

\* 通讯作者(E-mail: lijiaangxj@163.com; Tel: 0991-8762363)。

样量: 10  $\mu\text{L}$ 。

提取和测定植物激素时, 于弱光下冰浴研磨冰冻的鲜样品成匀浆, 于离心管中称取 1 g 左右 (精确到 0.0001 g), 加入 5 mL 80% 冷甲醇, 充分混匀后于 4  $^{\circ}\text{C}$  冰箱中浸提过夜(12 h, 注意避光)。以  $600\times g$  离心 30 min, 残渣中再加入 2 mL 80% 冷甲醇, 以  $600\times g$  离心 15 min, 重复 2 次。合并上清液, 于 40  $^{\circ}\text{C}$  下氮气吹干浓缩至 1/3 体积。

在前人研究的基础上(陈雪梅和王沙生 1992), 选择石油醚—氯仿—乙酸乙酯分配体系进行脱色、提纯, 回收率检测证明此法用于测定扁桃果实中的内源激素含量可行可靠。具体操作步骤是将上述浓缩液用等体积石油醚萃取脱色 3 次, 40  $^{\circ}\text{C}$  下吹氮气浓缩至干, 然后加入 3 mL 20  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  磷酸缓冲液(pH 8.0)溶解残质, 用等体积氯仿萃取脱色 3 次, 加入 3 滴甲酸调节 pH 值至 3.0, 再用等体积乙酸乙酯萃取 3 次, 合并酯相, 40  $^{\circ}\text{C}$  下吹氮浓缩至干, 最后加入 1.4 mL 流动相溶解残质, 用 0.45  $\mu\text{m}$  微孔滤膜过滤, 离心后进

行高效液相色谱分析测定。

## 结果与讨论

### 1 扁桃幼果发育过程中的内源 IAA 含量变化

图 1 显示, 幼果发育过程中未脱落果实的种仁中 IAA 含量以盛花后 20 d 为最高, 此期间的扁桃正处于第一落果高峰前夕。随着落果数的增加, 种仁中 IAA 含量下降, 盛花后 27 d 达  $83.02 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$  (FW), 之后开始升高, 盛花后 34 d 达到  $125.92 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$  (FW), 此后随着第 2 次生理落果期的到来逐渐下降。脱落的幼果种仁中 IAA 含量在大量落果阶段一直处于较低水平, 直至第 2 次落果高峰以后才开始迅速增加。未脱落果实的果柄中 IAA 含量也是以盛花后第 20 天为最高, 而脱落幼果中的则呈先下降后上升趋势。从主要生理落果期来看, 脱落幼果的果柄和种仁中 IAA 含量均明显低于未脱落果实的。可见, 扁桃幼果脱落与果柄和种仁中的 IAA 含量偏低有关。

### 2 扁桃幼果发育过程中的内源 $\text{GA}_3$ 含量变化

从图 2 可见, 盛花后 20 d, 未脱落幼果种仁

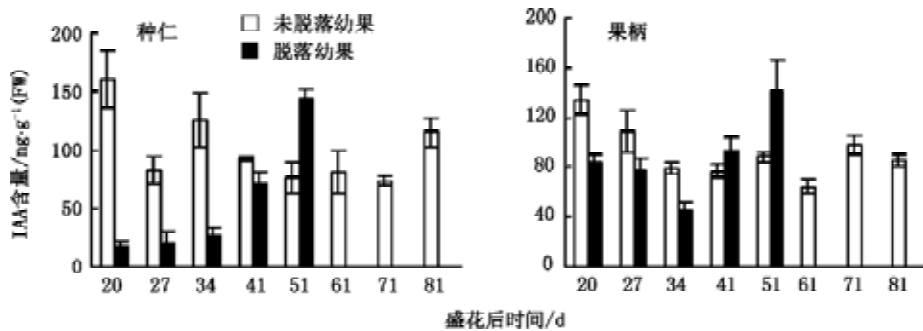


图 1 扁桃幼果发育过程中种仁和果柄的内源 IAA 含量变化

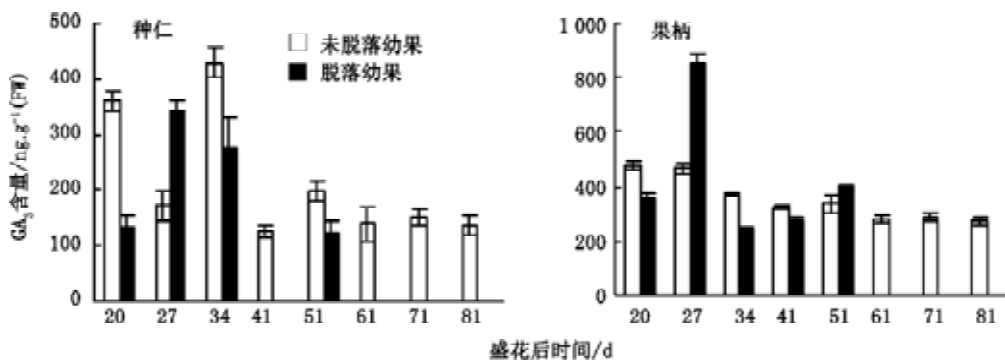


图 2 扁桃幼果发育过程中种仁和果柄的内源  $\text{GA}_3$  含量变化

中  $GA_3$  含量处于较高水平[359.43  $ng \cdot g^{-1}$  (FW)], 此后随着落果增加而逐渐下降, 至第2次生理落果高峰到来之前又迅速上升, 盛花后34 d达到最高[429.77  $ng \cdot g^{-1}$  (FW)]。此后  $GA_3$  含量又开始下降, 至生理落果期结束时(41 d)降至最低[125.17  $ng \cdot g^{-1}$  (FW)]。脱落幼果的种仁中  $GA_3$  含量有不同的变化趋势, 第1次落果高峰时的种仁中  $GA_3$  含量较低, 第1和第2次落果高峰之间的含量迅速增加, 但平均含量明显低于未脱落果实的。未脱落果实的果柄中  $GA_3$  含量随着果实的发育逐渐下降, 但变化不大。脱落幼果的果柄中  $GA_3$  含量变化趋势和种仁中基本相似。可见, 扁桃幼果的脱落与果柄和种仁中  $GA_3$  含量低有密切关系。

### 3 扁桃幼果发育过程中的内源 ABA 含量变化

从图3可见, 脱落幼果的种仁中 ABA 含量在大量落果阶段明显高于未脱落幼果的。果柄中 ABA 含量也一直处于较高水平, 平均含量是未脱落幼果的 5.63 倍。未脱落幼果的果柄和种仁中

ABA 含量则一直处于较低水平, 且变化幅度不大。可见, 扁桃幼果中尤其是离层的高 ABA 含量会导致幼果脱落。

### 4 扁桃幼果发育过程中内源 ABA/IAA+GA<sub>3</sub> 值的变化

ABA/IAA+GA<sub>3</sub> 值的变化可反映2类激素, 即抑制生长的激素和促进生长的激素之间的相对平衡状态。从图4可知, 在整个幼果发育期, 特别是生理落果阶段, 未脱落幼果的果柄和种仁中 ABA/IAA+GA<sub>3</sub> 值始终保持相对平稳状态, 在生理落果期结束后才有所上升或下降。脱落幼果中 ABA/IAA+GA<sub>3</sub> 值则随着落果数的减少而下降, 随着落果数的增加而升高。由此可见, 扁桃幼果中抑制生长和促进生长两类激素的比值, 对扁桃生理落果有调控作用。

关于果实发育、生理落果与内源激素的关系, 较为一致的观点是: 生长促进物质 IAA 和 GA 增多以及生长抑制物质 ABA 减少, 有利于果实的

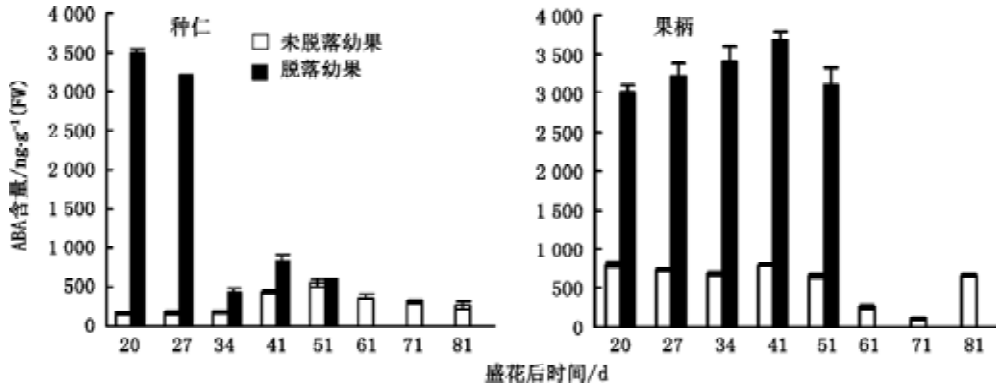


图3 扁桃幼果发育过程中种仁和果柄的内源 ABA 含量变化

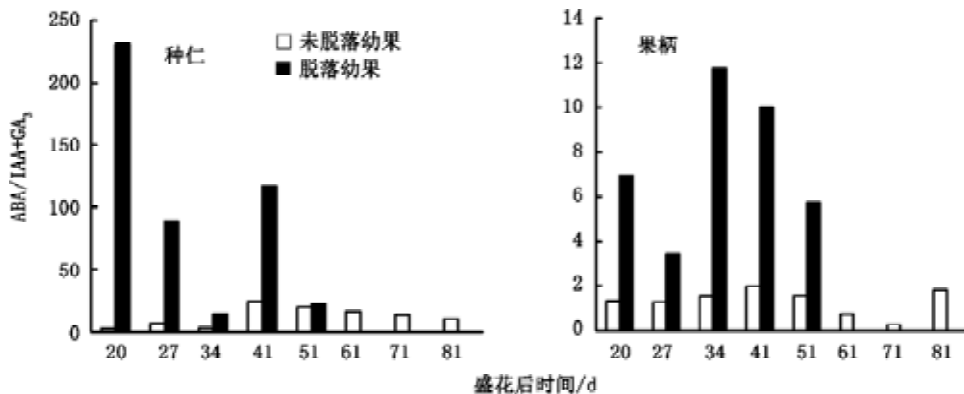


图4 扁桃幼果发育过程中种仁和果柄的 ABA/IAA+GA<sub>3</sub> 值的变化

正常发育和坐果;反之, IAA 和 GA 含量下降以及 ABA 含量升高, 则容易导致果实脱落(曾骧 1992; 李三玉和季作樑 2002)。本文结果表明, 扁桃生理落果期间, 脱落幼果的果柄及种仁内 IAA 和 GA<sub>3</sub> 含量均明显低于正常发育幼果的, 而其 ABA 含量则明显高于正常发育幼果的, 这说明扁桃幼果中低含量的 IAA、GA<sub>3</sub> 和高含量的 ABA 可能是导致扁桃生理落果的原因之一。

此外, 生理落果还决定于各种内源激素之间, 特别是生长促进物质和生长抑制物质之间的平衡(曾骧 1992)。本文结果表明, 在扁桃幼果发育期间, 特别是生理落果阶段, 正常发育果的果柄和种仁中 ABA/IAA+GA<sub>3</sub> 值均始终保持相对平稳状态, 在生理落果期结束后才有所上升或下降。脱落幼果中 ABA/IAA+GA<sub>3</sub> 值随着落果数的增减而上下波动。由此可见, 扁桃幼果中生长抑制与生长促进两类激素的比值, 对扁桃生理落果有调控作用。因此, 在生产实践中, 扁桃坐果初期应用外源植物激素, 调控扁桃幼果中生长抑制和生长促进两类激素的比值, 则可能减少生理落果,

提高坐果率, 从而达到提高扁桃产量的目的。

#### 参考文献

- 蔡可, 张映璜(1979). 植物生长调节物质与 C<sup>14</sup>- 光同化产物调配的研究. 植物生理学报, 5 (4): 327~332
- 陈雪梅, 王沙生(1992). HPLC 法定量分析植物组织中 ABA, IAA 和 NAA. 植物生理学通讯, 28 (5): 368~371
- 丁长奎, 章恢志(1988). 植物激素对枇杷果实生长发育的影响. 园艺学报, 15 (3): 148~154
- 李三玉, 季作樑主编(2002). 植物生长调节剂在果树上的应用. 北京: 化学工业出版社, 64~85
- 彭良志, 胥洱(1990). BA 和 GA<sub>3</sub> 对华盛顿脐橙幼果 <sup>14</sup>C- 光合产物调配的影响. 园艺学报, 17 (2): 111~116
- 曾骧主编(1992). 果树生理学. 北京: 北京农业大学出版社, 186~214
- de Brujin SM, Vreugdenhil D (1992). Abscisic acid and assimilate partitioning to developing seeds. I. Does abscisic acid influence the growth rate of pea seeds? J Plant Physiol, 140: 201~206
- Francisca M, Hernandez M, Primo-Mill M (1990). Studies on endogenous cytokinins in *Citrus*. J Hort Sci, 65 (5): 595~601
- Garcia-Papi MA, Garcia-Martinez JL (1984). Endogenous plant growth substances content in young fruit of seeded and seedless clementine mandarin as related to fruit set and development. Sci Hortic, 22: 265~274