

## 不同品种授粉对砀山酥梨果实发育及内源激素的影响

潘海发, 张 昂, 高正辉, 张金云, 伊兴凯, 徐义流\*

(安徽省农业科学院园艺研究所, 合肥 230031)

**摘 要:** 以圆黄、鸭梨、七月酥花粉授粉, 研究砀山酥梨果实发育进程及单果质量变化与果肉、种子内源激素含量的关系。结果表明, 不同品种授粉的砀山酥梨单果质量大小顺序为圆黄处理、七月酥处理和鸭梨处理; 不同品种授粉砀山酥梨果肉、种子的内源激素含量有明显差异, 在果实、种子发育的各个不同时期, 内源 IAA、GA<sub>3</sub>、ZR 含量从高到低的顺序均为圆黄处理、七月酥处理和鸭梨处理, 而各个处理的内源 ABA 含量则相反。相关分析表明, 不同品种授粉砀山酥梨单果质量与授粉品种的单果质量具有显著正相关, 不同品种授粉的砀山酥梨种子数、单粒重与授粉品种单果质量也呈极显著正相关。

**关键词:** 砀山酥梨; 内源激素; 花粉直感

中图分类号: S661.2

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2012)02-0211-05

## Effect of pollinizers on fruit growth and endogenous hormones contents of Dangshansu pear

PAN Hai-fa, ZHANG Ang, GAO Zheng-hui, ZHANG Jin-yun, YI Xing-kai, XU Yi-liu

(Institute of Horticulture, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031)

**Abstract:** Pollinated Dangshansu pear with Yuanhuang, yali, Matihuang's pollen to research the hormonal relationship of fruit development and changes of fruit mass. The results showed that the treatments' sequence of Dangshansu pear fruit mass pollinated by different pollen was Yuanhuang, Qiyuesu and Yali; there were obvious differences of endogenous hormones contents in fruits and seeds of different treatments, in every different growth period of fruits and seeds, the treatments' sequence of endogenous IAA, GA<sub>3</sub>, ZR contents was Yuanhuang, Qiyuesu and Yali, while the ABA's was opposite. The analysis showed that the fruit mass of different treatments had a significant positive correlation with the pollination varieties mass. The seeds numbers and single grain mass were the same.

**Key words:** Dangshansu pear; Metaxenia; endogenous hormones

花粉直感是父本花粉对种子和果实的直感效应<sup>[1]</sup>, 表现为影响当年的种子或果实的大小、色泽、风味、内含物以及成熟期等。花粉直感现象的研究对果树生产有着重要的现实意义, 可为生产上授粉树品种的配置、提高果实质量和经济效益提供理论依据<sup>[2]</sup>。

砀山酥梨(*Pyrus bretshneider Rehd*)原产安徽省砀山, 栽培历史悠久, 目前仍是全国栽培面积最大的梨品种。关于砀山酥梨的花粉直感现象前人做了一些研究<sup>[3-5]</sup>, 但未涉及花粉直感产生的原因, 研究重点均在授粉品种对果实品质性状的影响方面。因此, 笔者以砀山酥梨为母本, 以与砀山酥梨有明显

性状差异的 3 个品种为父本进行授粉, 研究砀山酥梨单果质量与种子等内源激素含量的相关性, 探讨梨花粉直感现象的内在原因和普遍性。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料

试验在安徽省砀山县园艺场砀山酥梨试验园进行, 试材为 50 年生砀山酥梨植株, 树形为自然开心形, 有 5~6 个主枝, 树势中等, 栽植株行距为 4 m × 8 m。园内种植三叶草, 管理水平上等。试验园土壤为黄泛冲积形成的沙土。供试授粉树为圆黄、七月酥、鸭梨。

收稿日期: 2012-02-17

基金项目: 安徽省自然科学基金(090411008)资助。

作者简介: 潘海发, 男, 博士研究生, 助理研究员。E-mail: panhaifa@163.com

\* 通讯作者: 徐义流, 男, 研究员。E-mail: yiliuxu@163.com

## 1.2 试验设计与分析方法

**1.2.1 试验设计** 试验设3个授粉处理。母本为砀山酥梨，父本分别为圆黄(T1)、鸭梨(T2)、七月酥(T3)。单株小区，随机排列，3次重复。

**1.2.2 花粉的制备** 采集各品种即将开放的花蕾，剥去花瓣，取下花药，放在用硫酸纸做的纸盒中，在20~25℃培养箱中使花粉散出，筛去花药和花丝，将花粉放在干燥洁净的青霉素小瓶中备用。

**1.2.3 授粉** 在大蕾花期，对处理树整株花序去雄、人工授粉、套袋。

**1.2.4 样品的采集** 果实的采集，从授粉后1 d(2009年4月5日)开始取样，一直到果实成熟。每次于每株处理树树冠的东、西、南、北方向，以及内膛和顶部位置随机各采摘第2、3序位的果实4个，共24个果实。共计取样7次，分别是授粉后15 d、30 d、45 d、60 d、90 d、120 d和160 d，(4月20日、5月5日、5月20日、6月15日、7月15日、8月15日和9月15日)。果实采集后，带回实验室，测定果实的单果质量、纵横径后，用刀片将果实小心切开，取出种子，测定种子单粒重和种子数量后，将种子和果肉分别立即用液氮速冻、置于一20℃冰箱内贮存，用于内源激素含量的测定。

**1.2.5 测定方法** 每次采果后，用游标卡尺测量果实纵径和横径，用电子分析天平测定单果和种子质量。

内源 IAA、ABA、GA<sub>3</sub> 和 ZR 的测定按照何钟

佩<sup>[6]</sup>的酶联免疫吸附分析法(ELISA)。ELISA试剂盒由中国农业大学提供。

**1.2.6 统计方法** 用 Office Excel 和 SPSS 软件对实验数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同品种授粉对砀山酥梨果实发育的影响

不同品种授粉砀山酥梨果实的纵、横径和单果质量之间出现差异。不同授粉处理的砀山酥梨果实发育进程基本一致，从授粉到成熟约160 d左右，可近似的划分为三个阶段，第一个阶段是授粉后45 d内，纵、横径增长较快，且纵径增长速度大于横径增长速度，单果质量增加较快；授粉后45~60 d果实纵、横径增长相对较慢；授粉60 d后，生长加快，果实纵、横径增长迅速，单果质量也迅速增加，到授粉后160 d果实停止增大、增重(图1)。

不同品种授粉对砀山酥梨单果重产生显著影响，其中以圆黄(T1)、七月酥(T3)授粉的砀山酥梨单果质量较大，以鸭梨(T2)授粉的砀山酥梨单果质量最小(表1)。

不同品种授粉对砀山酥梨成熟种子数产生了影响(表1)，不同品种授粉后砀山酥梨果实种子数不等，种子单粒重也有显著差异。以圆黄(T1)授粉的种子数较多、单粒重较高，以鸭梨(T2)授粉的种子数最少、单粒重最低。

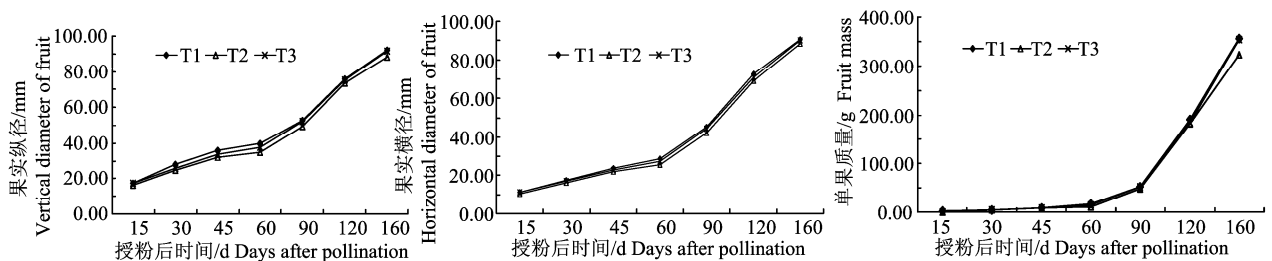


图1 不同品种授粉砀山酥梨果实纵横径和单果质量的变化

Figure 1 Effects of pollinated varieties on vertical and horizontal diameters of fruit mass of Dangshansu pears

表1 不同授粉品种对砀山酥梨单果质量和种子影响

Table 1 Effects of pollinated varieties on fruit external quality and fruit seeds in Dangshansu pears

| 处理<br>Treatment | 纵径/mm<br>Vertical diameter | 横径/mm<br>Horizontal diameter | 单果质量/g<br>Fruit mass | 种子 Seed              |  | 授粉品种单果质量/g<br>Pollination varieties mass |
|-----------------|----------------------------|------------------------------|----------------------|----------------------|--|--|
|                 |                            |                              |                      | 种子数/粒<br>Seed number | 单粒质量/mg·粒 <sup>-1</sup><br>Single grain mass |  |
| T1              | 93.89 a                    | 90.65 a                      | 356.13 a             | 9.8 a                | 101.67a                                      | 250                                      |
| T2              | 88.38 b                    | 88.40 b                      | 322.60 b             | 8.8 b                | 70.49 b                                      | 175                                      |
| T3              | 92.01 a                    | 90.28 a                      | 354.40 a             | 9.5 ab               | 99.88a                                       | 220                                      |

注：表中不同字母表示经 F 检验有显著差异 ( $P < 0.05$ )。下同。

Note: The different letters behind the number indicate significant different by F test ( $P < 0.05$ ). The same below.

以上结果表明，不同品种授粉对砀山酥梨单果质量和种子产生一定影响，砀山酥梨果实在单果质

量、种子数量、种子单粒重等性状上表现出花粉直感现象。

对砀山酥梨果实与种子的部分品质指标进行相关性分析, 结果表明, 砀山酥梨单果质量与种子质量、授粉品种单果质量呈显著正相关,  $r$ (单果质量, 单粒质量) $=0.678$ ,  $r$ (单果质量, 授粉品种单果质量) $=0.694$ ; 种子数与种子质量呈显著正相关、与授粉品种单果质量呈极显著正相关,  $r$ (种子数, 单粒质量) $=0.659$ ,  $r$ (种子数, 授粉品种单果质量) $=0.759$ ; 种子质量与授粉品种单果质量呈极显著正相关,  $r$ (单粒质量, 授粉品种单果质量) $=0.766$ 。

## 2.2 砀山酥梨果实发育过程中果肉、种子内源激素含量的变化

### 2.2.1 IAA 含量变化

不同品种授粉砀山酥梨果肉 IAA 含量有明显差异, 在果实发育各个不同时期, 果肉 IAA 含量高低顺序为: T1>T3>T2, 但果肉 IAA 含量变化的趋势基本一致。在果实发育过程中, 果肉 IAA 含量呈现两个高峰, 第一个高峰期在授粉后 15 d, 之后开始下降, 授粉后 60 d 又开始上升, 到

授粉后 90 d 出现第二个高峰, 并且达到最大值, 随后果肉 IAA 含量开始下降, 直到成熟。在果肉 IAA 含量高峰, 授粉后 15 d, 处理 T1、T2、T3 的 IAA 含量(鲜重)为 81.41、63.44、73.58  $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ , 授粉后 90 d, 处理 T1、T2、T3 的 IAA 含量(鲜重)分别为 126.61、74.46、115.84  $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ , 各处理间含量差异达显著水平 ( $P<0.05$ ) (图 2)。

不同品种授粉砀山酥梨果实种子 IAA 含量随种子发育表现出相似的变化规律, 在种子的快速生长期(授粉后 15~45 d), IAA 含量一直上升, 在授粉后 45 d 达到最高峰, 之后逐步下降, 直到种子成熟。各个不同处理之间的种子 IAA 含量也表现出明显的差异, 在种子发育的不同时期 IAA 含量高低顺序为: T1>T3>T2; 在种子 IAA 含量最高峰, 授粉后 45 d, 处理 T1、T2、T3 的种子 IAA 含量(鲜重)分别为 110.46、95.51、102.33  $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ , 各处理间含量差异达显著水平 ( $P<0.05$ ) (图 2)。

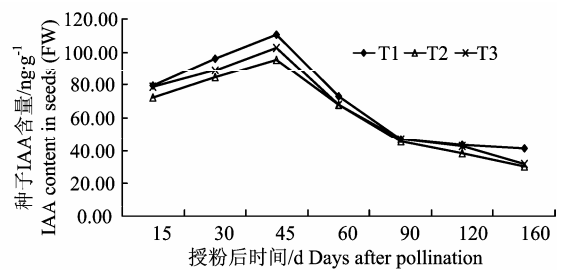
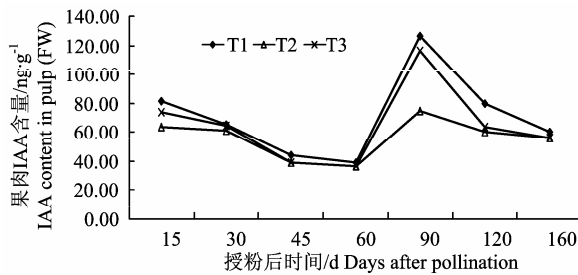


图 2 不同授粉处理砀山酥梨果肉与种子内源 IAA 含量变化

Figure 2 Effects of pollinated varieties on endogenous IAA contents in pulp and seeds of Dangshansu pears

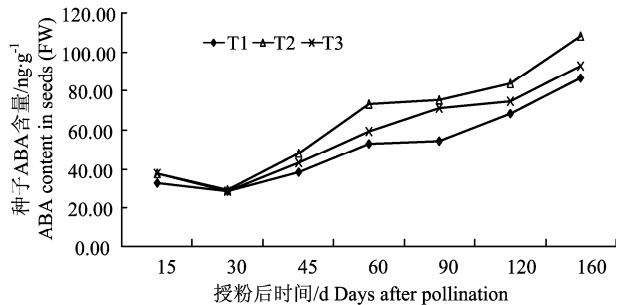
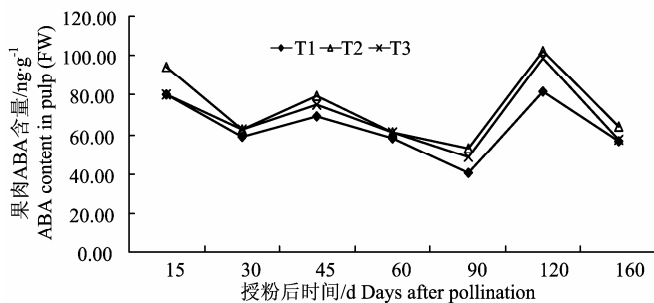


图 3 不同授粉处理砀山酥梨果肉与种子内源 ABA 含量变化

Figure 3 Effects of pollinated varieties on endogenous ABA contents in pulp and seeds of Dangshansu pears

### 2.2.2 ABA 含量变化

不同品种授粉砀山酥梨果肉 ABA 含量有明显差异, 在果实发育各个不同时期果肉 ABA 含量高低顺序为: T2>T3>T1; 三个不同授粉处理砀山酥梨果肉内源 ABA 含量变化趋势相似。在果实发育初期较高, 授粉后 15 d 为第 1 次含量高峰, 之后开始下降, 授粉后 30 d 又开始上升, 并出现两个高峰, 分别是授粉后 45 d 和 120 d, 授粉后 120 d, 果肉 ABA 含量(鲜重)开始下降, 直到成

熟。在授粉后 15 d, 处理 T1、T2、T3 的 ABA 含量为 79.97、94.49、79.97  $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ , T1 与 T3 处理间含量差异不显著, T2 与 T1、T2 与 T3 处理间差异达显著水平 ( $P<0.05$ )。授粉后 45 d, 处理 T1、T2、T3 的 ABA 含量(鲜重)分别为 69.44、79.16、74.99  $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ , 各处理间差异达显著水平 ( $P<0.05$ )。授粉后 120 d, 处理 T1、T2、T3 的 ABA 含量(鲜重)分别为 81.53、102.20、98.46  $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ , 各处理间含量

差异达显著水平 ( $P<0.05$ ) (图3)。

不同品种授粉砀山酥梨种子 ABA 含量在授粉后 15 d 出现一个高峰, 然后回落, 之后随着种子的发育, ABA 含量一直上升, 在种子成熟达到最高峰。各个不同处理在种子发育的不同时期, 种子 ABA 含量高低顺序为: T2>T3>T1。在授粉后 160 d, 种子 ABA 含量最高峰时, 处理 T1、T2、T3 的种子 ABA 含量(鲜重)分别为 86.58、107.84、92.80  $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ , 各处理间含量差异达显著水平 ( $P<0.05$ ) (图3)。

**2.2.3 GA<sub>3</sub> 含量变化** 不同品种授粉砀山酥梨果肉 GA<sub>3</sub> 含量变化规律基本一致。在授粉后 15 d, 果肉 GA<sub>3</sub> 含量达到了一个高峰。之后开始下降, 在授粉后 30 后又开始回升, 在授粉后 60 d 和 120 d 出现两个含量高峰, 并在授粉后 120 d 达到最大值。之后果实 GA<sub>3</sub> 含量开始下降, 直到成熟。授粉后 15 d, 处理 T1、T2、T3 的 GA<sub>3</sub> 含量(鲜重)分别为 21.52、18.84、20.75  $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ , 各处理间含量差异达显著水平 ( $P<0.05$ ); 授粉后 60 d, 处理 T1、T2、T3 的 GA<sub>3</sub>

含量分别为 21.18、15.64、18.62  $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$  FW, 各处理间含量差异达显著水平 ( $P<0.05$ ); 授粉后 120 d, 处理 T1、T2、T3 的 GA<sub>3</sub> 含量(鲜重)分别为 25.75、21.69、21.29  $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ , T2、T3 处理间含量差异不显著, T1 和 T2、T1 和 T3 处理间含量差异达显著水平 ( $P<0.05$ ) (图4)。

不同品种授粉砀山酥梨种子 GA<sub>3</sub> 含量变化规律与种子 IAA 含量的变化规律类似, 在种子进入快速生长期(授粉后 15~45 d), GA<sub>3</sub> 含量一直上升, 在授粉后 45 d 达到最高峰, 在胚发育进入后期(授粉后 60 d), GA 含量开始下降, 直到种子成熟。各个不同处理之间的种子 GA<sub>3</sub> 含量在种子发育的不同时期高低顺序为: T1>T3>T2; 在种子 GA<sub>3</sub> 含量最高峰, 授粉后 45 d, 处理 T1、T2、T3 的种子 GA 含量(鲜重)分别为 36.28、33.65、33.67  $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ , T2、T3 处理间差异不显著, T1 与 T2、T1 与 T3 间含量差异达显著水平 ( $P<0.05$ ) (图4)。

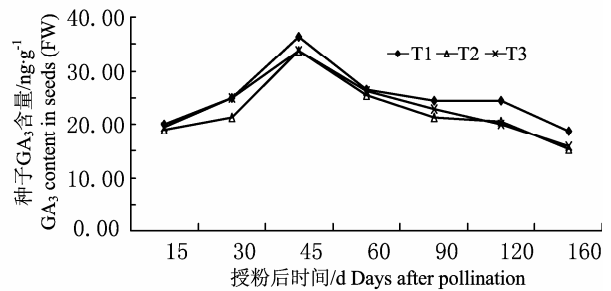
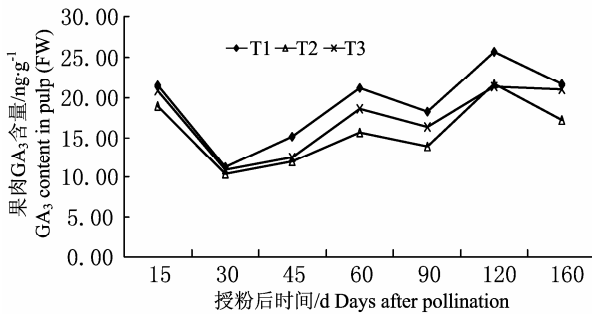


图4 不同授粉处理砀山酥梨果肉与种子内源 GA<sub>3</sub> 含量变化

Figure 4 Effects of pollinated varieties on endogenous GA<sub>3</sub> contents in pulp and seeds of Dangshansu pears

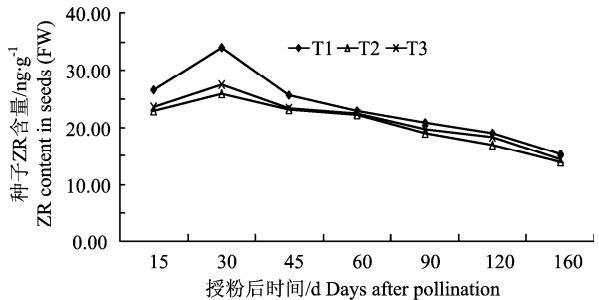
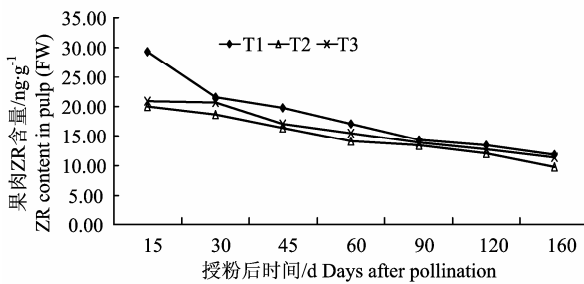


图5 不同授粉处理砀山酥梨果肉与种子内源 ZR 含量变化

Figure 5 Effects of pollinated varieties on endogenous ZR contents in pulp and seeds of Dangshansu pears

**2.2.4 ZR 含量变化** 不同品种授粉砀山酥梨果肉 ZR 含量有明显差异, 在果实发育各个不同时期, 果肉 ZR 含量高低顺序为: T1>T3>T2; 各个授粉处理砀山酥梨果肉内源 ZR 含量变化趋势均相似, 在授粉后 15 d 达到最大值, 之后开始下降, 一直维持较低水平, 直到果实成熟。在果肉 ZR 含量最高峰,

不同处理的果肉 ZR 含量有差异, 处理 T1、T2、T3 的 ZR 含量(鲜重)为 29.27、20.04、20.86  $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ , T2 与 T3 处理间差异不显著, T1 与 T2、T1 与 T3 间含量差异达显著水平 ( $P<0.05$ ) (图5)。

不同品种授粉砀山酥梨种子 ZR 含量变化规律类似, 在胚发育早期达最高峰(授粉后 30 d), 之后

随着种子的生长, ZR 含量一直下降, 直到成熟。各处理种子 ZR 含量在种子发育的不同时期高低顺序为: T1>T3>T2。在种子 ZR 含量最高峰, 即授粉后 45 d, 处理 T1、T2、T3 的种子 ZR 含量(鲜重)分别为 34.02、25.94、27.61 ng·g<sup>-1</sup>, 各处理间差异达显著水平 ( $P<0.05$ ) (图 5)。

### 3 讨论

果树父本花粉能直接影响当年内母本果实的形状、大小、单果重、成熟期、内部化学组分含量, 表现为花粉的果实直感。在香梨<sup>[7]</sup>、黄花梨<sup>[8]</sup>、苹果<sup>[9]</sup>、桂味荔枝<sup>[10]</sup>花粉直感研究中, 选用大果型品种进行授粉能显著提高单果质量。已有的研究表明: 果实发育前期细胞分裂活动旺盛, 果实内的生长促进型激素(如 IAA、GA<sub>3</sub>、ZT)多有利果实前期生长, 而 IAA 和 ZT 分别促进细胞核和细胞质的分裂, GA<sub>3</sub> 对于果实细胞膨大具有重要作用<sup>[11-12]</sup>。Denney<sup>[13]</sup>研究发现直感效应是由于生长素、细胞分裂素、GA<sub>3</sub> 浓度的不同而造成。Cowan 等<sup>[14]</sup>认为油梨小果形成的原因主要是其细胞分裂受到限制, 而且细胞数量的减少与果实中 ABA 含量上升密切相关; 后来进一步证实油梨果实中 ABA 含量与果实大小呈负相关关系<sup>[15]</sup>。李建国等研究认为<sup>[16]</sup>果皮中具有高的 ZRs 含量和 ZRs/ABA 比值与早花‘妃子笑’荔枝大果形成有关。吴少华等<sup>[8]</sup>研究表明, 不同品种授粉的果实激素的差异是由种子质量的不同所造成。

本试验结果表明, 不同品种授粉砀山酥梨单果质量差异显著, 与授粉品种的单果质量具有显著正相关, 表现出明显的花粉直感现象; 而与这一现象直接相关的是种子和果肉中有关激素的含量。不同品种授粉砀山酥梨果肉内源激素含量产生了明显差异, 果实细胞分裂旺盛时期(授粉后 15 d), 由单果较大的圆黄品种授粉, 砀山酥梨果肉 IAA、ZR 含量高于由单果较小的鸭梨授粉的砀山酥梨果肉 IAA、ZR 含量, 果实细胞生长、分裂加剧, 细胞基数增大, 为果实增大打下了基础。在砀山酥梨果实快速膨大期间(授粉后 120 d), 由圆黄授粉的果肉 GA<sub>3</sub> 含量显著高于鸭梨授粉的果肉 GA<sub>3</sub> 含量, 果实细胞膨大加剧, 最终实现了单果质量的增大。

本研究结果还表明, 不同品种授粉的砀山酥梨种子数目、单粒重发生了明显差异, 与授粉品种单果重呈极显著正相关, 且不同品种授粉后砀山酥梨种子激素含量也发生了变化, 种子数多、种子质量大的授粉处理, 种子内源 IAA、GA、ZR 含量均高

于种子数少、种子质量小的授粉处理; 相关分析还表明, 授粉处理后砀山酥梨单果质量与种子质量呈显著正相关。在植物果实中, 种子是激素合成的主要部位, 从而对果实生长发育发挥调节作用<sup>[17]</sup>。然而, 父本花粉是如何影响种子相关激素含量的变化, 果树花粉直感现象还有哪些内在调节因子等, 还需要进一步探究。

由此可知, 砀山酥梨的花粉直感现象与果肉、种子含有的激素水平有关, 不同品种花粉授粉能对不同时期果实、种子激素含量产生影响, 最终使果实性状产生差异。

### 参考文献:

- [1] Denny J O. Xenia includes metaxenia[J]. Hortscience, 1992, 27(7): 722-728.
- [2] 李学强, 李作轩, 吕德国, 等. 授粉品种对南果梨果实外观品质的影响[J]. 中国果树, 2003(2): 16-19.
- [3] 徐义流, 高正辉, 张金云, 等. 不同授粉品种花粉和授粉量授粉对砀山酥梨果实萼片的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2009, 36(1): 1-6.
- [4] 李兵伟, 朱立武, 叶振凤. 授粉品种对砀山酥梨坐果及果实萼片宿存的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(2): 164-167.
- [5] 赵昶灵, 武绍波, 李文祥, 等. 不同品种作授粉树对砀山酥梨果实品质的影响研究[J]. 落叶果树, 1999(4): 14-15.
- [6] 何钟佩. 农作物化学控制实验指导[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1993: 60-68.
- [7] 周其石. 花粉直感作用对香梨果实主要性状的影响[J]. 果树科学, 1988(4): 176-180.
- [8] 吴少华, 沈德绪, 林伯年, 等. 梨果实发育和直感同内源激素的关系[J]. 浙江农业大学学报, 1986, 12(1): 57-61.
- [9] 李保国, 顾玉红, 郭素平, 等. 2001 苹果果实若干性状的花粉直感规律研究[J]. 河北农业大学学报, 2004, 27(6): 34-37.
- [10] 邱燕萍, 戴宏芬, 李志强, 等. 不同品种授粉对桂味荔枝果实品质的影响[J]. 果树学报, 2006, 23(5): 703-706.
- [11] 王忠主. 植物生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 283.
- [12] 曾骧. 果树生理学[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1992: 225-227.
- [13] Denny J O. Xenia includes metaxenia[J]. Hortscience, 1992, 27(7): 722-728.
- [14] Cowan A K, Moore-Gordon C S, Bertling I, et al. Metabolic control of avocado fruit growth: Isoprenoid growth regulators and the reaction catalyzed by 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase[J]. Plant Physiol., 1997, 114: 511-518.
- [15] Moore-Gordon C S, Cowan AK, Bertling I, et al. Symplastic solute transport and avocado fruit development: A decline in cytokinin/ABA ratio is related to appearance of the Hass small fruit variety[J]. Plant Cell Physiol, 1998, 39(10): 1027-1038.
- [16] 李建国, 周碧燕, 黄旭明, 等. ‘妃子笑’荔枝不同花期果实大小与激素含量的关系[J]. 园艺学报, 2004, 31(1): 73-75.
- [17] 沙海峰, 朱元娣, 高琪洁, 等. 花粉直感对京白梨品质的影响[J]. 果树学报, 2006, 23(2): 287-289.