

# ‘金煌’ 杧果胚正常与胚败育果实内源激素的变化

贺军虎<sup>1,2</sup>, 马锋旺<sup>1</sup>, 束怀瑞<sup>1,3,\*</sup>, 陈业渊<sup>2</sup>, 赵小青<sup>2</sup>, 魏军亚<sup>2</sup>, 陈华蕊<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>西北农林科技大学园艺学院, 陕西杨凌 712100; <sup>2</sup>中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所, 海南儋州 571737; <sup>3</sup>山东农业大学园艺科学与工程学院, 山东泰安 271018)

**摘要:** 研究了‘金煌’杧果果实发育前期内源激素变化与胚胎败育的关系。结果表明: 胚胎败育在坐果后 30 d 完成, 20 ~ 30 d 为胚发育的关键时期, 胚败育果实与胚正常果实大小差异主要缘于果肉的差异。在果实发育初期, 败育胚的 IAA、ABA 含量高于正常胚, GA<sub>3</sub> 和 ZT 含量低于正常胚。胚败育果实的果肉中 GA<sub>3</sub> 含量低, 而 ZT 含量高于胚正常果实果肉, IAA 和 ABA 的含量在后期也高。胚中高含量的 GA<sub>3</sub>、ZT 和低含量的 ABA 有利于胚正常发育。胚中 ZT 的下降和 ABA 的持续增加以及 (GA<sub>3</sub> + IAA + ZT) / ABA 的比值小于其果肉中的比值, 是导致胚胎败育的重要因素; 在果实发育中, 胚胎的败育和胚胎与果肉中 (GA<sub>3</sub> + IAA + ZT) / ABA 均低是导致胚败育果实小的重要原因。

**关键词:** 杧果; 胚胎败育; 内源激素

**中图分类号:** S 667.7

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0513-353X (2012) 06-1167-08

## The Change of Endogenous Hormones in ‘Jinhuang’ Mango Fruit with Normal and Aborted Embryo

HE Jun-hu<sup>1,2</sup>, MA Feng-wang<sup>1</sup>, SHU Huai-rui<sup>1,3,\*</sup>, CHEN Ye-yuan<sup>2</sup>, ZHAO Xiao-qing<sup>2</sup>, WEI Jun-ya<sup>2</sup>, and CHEN Hua-rui<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; <sup>2</sup>Tropic Crops Genetic Resources Institute, Chinese Academy of Tropic Agricultural Sciences, Danzhou, Hainan 571737, China; <sup>3</sup>College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China)

**Abstract:** The relationship between the endogenous hormones and embryo abortion ‘Jinhuang’ mango fruit at early development stage was investigated. The results showed that the fruit embryo abortion was finished within 30 d, indicating 20 - 30 d could be critical period for embryo development. The difference in size between embryo normal and abortion fruit mainly depended on the fruit flesh; The IAA, ABA contents in embryo aborted were higher than those in the seed at the initial stage, but the lower contents of GA<sub>3</sub> and ZT were observed, compared to those in the normal embryo. In contrast to seed fruit, the lower GA<sub>3</sub> contents while higher ZT, IAA and ABA levels were existed in embryo abortion fruit pulp. Moreover, the higher contents of GA<sub>3</sub> and ZT and lower ABA level were favorable to normal embryo

收稿日期: 2012 - 02 - 09; 修回日期: 2012 - 04 - 28

基金项目: 农业部公益性行业科技项目 (201203092)

\* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: hrshu@sdau.edu.cn)

development. The decreased ZT, enhanced ABA contents as well as lower  $(GA_3 + IAA + ZT) / ABA$  ratio in embryo comparing with those in pulp were important factors leading to embryo abortion. During fruit development, with the embryo aborted, the lower ratio of  $(GA_3 + IAA + ZT) / ABA$  in embryo and pulp were the important reasons resulting in small size in seedless fruit.

**Key words:** mango; embryo abortion; endogenous hormone

正常情况下, 包括‘金煌’在内的杧果 (*Mangifera indica* L.) 栽培品种果实胚胎发育正常, 只有在花期气候不适宜的条件下会产生少量的胚胎败育果实, 即无籽果实 (Sukhvibul et al., 2000, 2005; Shaban & Ibrahim, 2009)。近年来, 海南运用多效唑控梢、硝酸钾或乙烯利催花的反季节生产技术, 使杧果产期提前了 2~3 个月 (庞世卿, 2003), 取得了比较高的经济效益。但是, 随着该项技术的多年应用, 出现了高比例的胚胎败育果实, 表现为同一果穗中存在胚正常和胚败育果实, 胚败育果实数量占总数的 60%~90%。胚败育果实质量明显小于胚正常果实, 造成商品率下降。这与前人的研究 (董军等, 1997; Sukhvibul et al., 2000, 2005; Shaban & Ibrahim, 2009) 有所不同, 即使在花期气温适宜的条件下, 也有高比例胚败育果实的产生。这些果实的形成有待深入研究。

内源激素与胚胎败育的关系密切。目前主要的研究报道集中在荔枝 (陈伟等, 2000; 张以顺等, 2003; 李建国和周碧燕, 2005; 李伟才等, 2011)、枣 (祁业凤和刘孟军, 2004; 王玖瑞等, 2008) 等果树, 并主要采用不同品种胚胎正常型与败育型或者轻度败育型和高度败育型果实进行研究。陈伟等 (2000) 在大核的乌叶和焦核的绿荷包荔枝品种上研究认为, 大核和焦核中的  $GA_3$  (赤霉素)、IAA (生长素)、CTK (细胞分裂素)、ABA (脱落酸) 激素差异均显著, 并认为生长抑制类和生长类激素的比值与胚胎发育相关。陈伟和吕柳新 (2000) 通过研究胚部分败育荔枝品种‘兰竹’中正常胚珠和败育胚珠中内源激素的变化认为, 激素平衡超过某一个阈值后可能导致胚胎败育; 李建国和周碧燕 (2005) 利用同一品种同一株树上大核和焦核荔枝果皮发育期间内源激素含量比较进行了研究, 认为果皮中内源激素及其平衡可能与胚的败育有关, 为进一步深入研究胚胎发育与果实生长及激素变化三者的关系鉴定了基础。

杧果不同品种果实大小差异很大, 采用不同品种的胚胎正常果实和败育果实中的激素含量难以进行科学比较 (Shaban & Ibrahim, 2009)。

本试验中以海南主栽的大果型的杧果品种‘金煌’为试验材料, 从研究果实前期的发育及内源激素变化规律入手, 初步探索杧果胚败育机理。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

试验品种为 8 年生的大果型杧果‘金煌’, 采样地点为海南省陵水黎族自治县福田公司生产基地。选择长势基本一致的 30 株树, 于盛花期在每个植株的外围中上部选择花期一致的 10 枝花序挂牌标记。

坐果后每 10 d 左右采集 1 次幼果, 连续采集 6 次, 采集时间为 2010 年 11 月下旬至 2011 年 1 月下旬。前 3 次每次采集果实 200~300 个, 后 3 次每次采集各类果实 20~30 个。将幼果分成两组, 一组采用液氮立即进行处理, 用锡纸包裹冷藏带回实验室, 转存于在超低温冰箱中 ( $-86\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), 分别测定激素含量; 另外一组冷藏带回实验室, 测量果实质量的体积。

成熟期果实的采集采用随机取样的方法, 在坐果后 120 d 进行, 分别测量胚正常和胚败育果实不少于 10 个。

## 1.2 果实发育规律与激素含量的观测

采用电子天平称量果实质量, 体积用排水法测量。剥开胚, 观察判断胚胎是否败育, 然后统计数据, 每个时期的正常和败育果实至少各测量 10 个。

判断胚胎是否败育的方法为: 剖开果实观察, 胚珠苍白瘦小, 胚体占据子房空间小, 部分组织褐变的为胚胎败育果实, 反之则为胚胎正常果实。

称取果肉 5.0 g、胚 1.0 g (败育的胚胎测量至 30 d) 进行激素含量的测定。每个时期重复 3 次。果实内源激素含量用间接酶联免疫吸附检测 (ELISA) 法 (何钟佩, 1993), 测试在中国农业大学作物化控研究室进行。

各项指标均重复 3 次以上, 取平均值。试验数据采用 Excel 2003 和 SAS 软件中的 Duncan's 多重比较法 ( $P < 0.05$ ) 进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 果实及胚胎发育

‘金煌’ 杧果坐果后 10~60 d, 果实体积逐渐增大。坐果后 10~30 d, 胚正常与胚败育的果实大小无明显差异; 30 d 后大小差异显著, 胚正常的果实 (有籽果实) 体积明显大于同期的胚败育果实 (图 1)。

在坐果后 10 d, 正常果实的果皮多为浅绿色, 而胚胎败育果实为绿色, 并在 10 d 后有果窝出现。解剖发现, 坐果后 10~20 d 已可以区分胚胎发育状况, 正常胚体形状饱满而大, 占据的空间大; 而败育的胚胎瘦小而苍白, 占据的子房空间小, 在坐果后 20~30 d, 胚胎完全败育, 胚体变黑并且失去活性 (图 2)。上述结果表明, 杧果胚胎败育在坐果后 30 d 内完成, 坐果后 20~30 d 为其胚胎发育的关键时期。

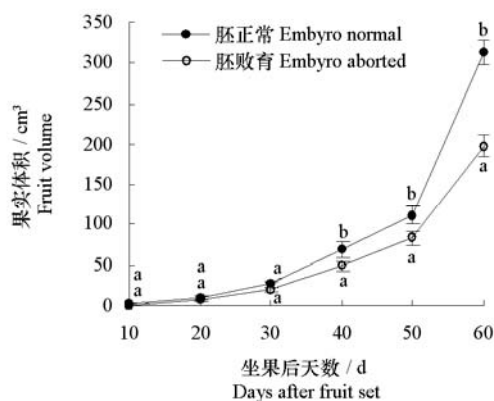


图 1 ‘金煌’ 杧果胚败育与正常果实的发育

Fig. 1 Embryo aborted and normal fruit development of ‘Jinhuang’ mango

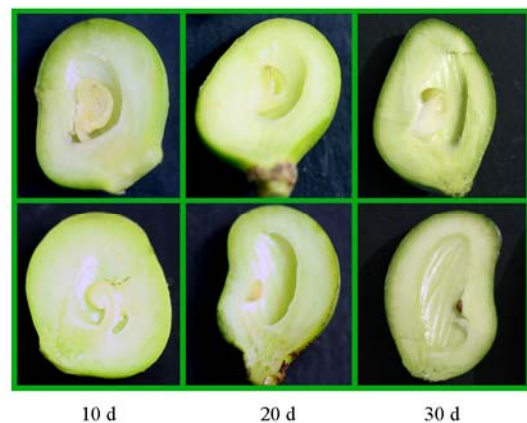


图 2 ‘金煌’ 杧果胚胎发育情况

上: 胚胎正常的果实; 下: 胚胎败育的果实。

Fig. 2 Embryo development of ‘Jinhuang’ mango

Up: Embryo normal fruit; Down: Embryo aborted fruit.

## 2.2 胚胎正常与败育的果实性状比较

坐果后 60 d 和 120 d 调查, 胚胎正常与败育的果实在质量、体积, 果肉、种仁的质量均有明显的差异 (表 1), 果实体积和质量的差别主要是由于其果肉引起的, 在成熟期, 胚发育正常的果实果肉体积和质量均为败育的 4 倍以上。

表 1 ‘金煌’ 杧果胚正常与胚败育果实的差异  
Table 1 The difference comparison between the ‘Jinhuang’ fruit of seed and seedless

坐果后天数/d Days after fruit set	果实类型 Fruit type	果实质量/g Fruit weight	果实体积/cm <sup>3</sup> Fruit volume	种仁质量/g Seed Fruit weigh	果肉质量/g Flesh Fruit weight	果核质量/g Stone fruit weight	果核体积/cm <sup>3</sup> Stone volume
60	正常果实 Seed fruit	310.0 ± 15.6 a	313.3 ± 18.1 a	4.5 ± 0.3 a	268.0 ± 5.6 a		
	胚败育果实 Seedless fruit	125.0 ± 13.4 b	198.3 ± 9.7 b	0.5 ± 0.2 b	107.0 ± 6.5 b		
120	正常果实 Seed fruit	1 143.3 ± 33.7 a	1 100.0 ± 50.5 a		1 046.0 ± 21.6 a	65.3 ± 4.6 a	65.0 ± 7.3 a
	胚败育果实 Seedless fruit	250.3 ± 15.9 b	240.0 ± 15.3 b		237.1 ± 12.6 b	9.6 ± 2.1 b	26.0 ± 4.3 b

注: 同列中同时期不同字母表示在 5% 水平的差异显著。

Note: Values in each column with different letters mean significant difference at  $P < 0.05$  level.

## 2.3 果实激素含量的变化

### 2.3.1 GA<sub>3</sub> 含量的变化

胚中 GA<sub>3</sub> 的含量明显高于果肉。正常胚中 GA<sub>3</sub> 含量大于败育胚。坐果后 20 d, 正常胚胎中 GA<sub>3</sub> 含量升高达到最大, 此后下降; 而败育胚胎中 GA<sub>3</sub> 的含量第一次测量时 (坐果 10 d) 就已经是最大值, 此后下降, 20 ~ 30 d 下降迅速 (图 3)。

在果肉中, 胚胎正常果实的 GA<sub>3</sub> 含量高于胚胎败育的, 且二者变化规律基本相似。第一次测量时 (坐果后 10 d), 果肉中的 GA<sub>3</sub> 含量均为最大; 在 20 ~ 30 d, 胚胎败育的果肉中 GA<sub>3</sub> 含量下降, 而胚胎正常的变化不大 (图 3)。

### 2.3.2 IAA 含量的变化

在胚胎中, 坐果后 10 d 时败育的胚胎中 IAA 含量最高, 之后迅速下降。而正常胚胎的 IAA 含量坐果后 10 d 低, 10 ~ 20 d 上升, 而 20 ~ 30 d 下降, 30 d 后又上升, 呈现锯齿形变化 (图 3)。

在果肉中, 胚胎败育的果肉中 IAA 含量坐果后 10 ~ 30 d 下降, 败育完成后其 IAA 含量上升并超过胚胎正常的, 而胚胎正常的果肉中 IAA 含量 10 d 及其以后的几天内小于胚胎败育的, 此后上升, 30 d 有明显峰值, 然后下降, 40 d 后低于胚胎败育的 (图 3)。

研究发现, 胚胎败育的果实中胚胎和果肉中的 IAA 含量在 10 d 时均高于胚胎正常的 (图 3)。

### 2.3.3 ZT (玉米素) 含量的变化

在胚胎中, 正常胚胎中的 ZT 含量大于败育胚胎的, 坐果后 10 ~ 60 d 持续上升, 也大于其果肉中 ZT 的含量。而败育胚胎中的 ZT 含量经过从 10 ~ 20 d 上升后迅速下降至小于其果肉的水平 (图 3)。

在果肉中, 10 d 以后, 胚胎败育的果肉中 ZT 的含量高于胚胎正常的, 且变化规律基本一致 (图 3)。

### 2.3.4 ABA 含量的变化

在胚胎中, 败育的胚胎中 ABA 的含量高于正常的, 坐果后 10 ~ 30 d, 败育的胚胎中 ABA 的含

量上升, 而正常胚胎的含量下降, 30 d 后又上升, 在 50 d 出现一个小峰值, 之后又下降 (图 3)。

在胚正常和胚败育的果实果肉中 ABA 含量坐果后 10 d 时均为最大, 此后下降。20 ~ 30 d, 胚胎败育的果肉中 ABA 含量小于胚胎正常的, 并在 30 d 后升高, 超过胚胎正常的 (图 3)。这可能对果实的迅速膨大有一定抑制作用。

坐果后 10 ~ 30 d, 胚胎正常的果肉中 ABA 含量高于其胚胎, 而胚胎败育的果肉中 ABA 含量小于其胚胎的并迅速下降 (图 3)。胚胎与其果肉中 ABA 含量的差异可能影响到了果实内部营养物质的分配, 与胚胎败育有一定的关系。

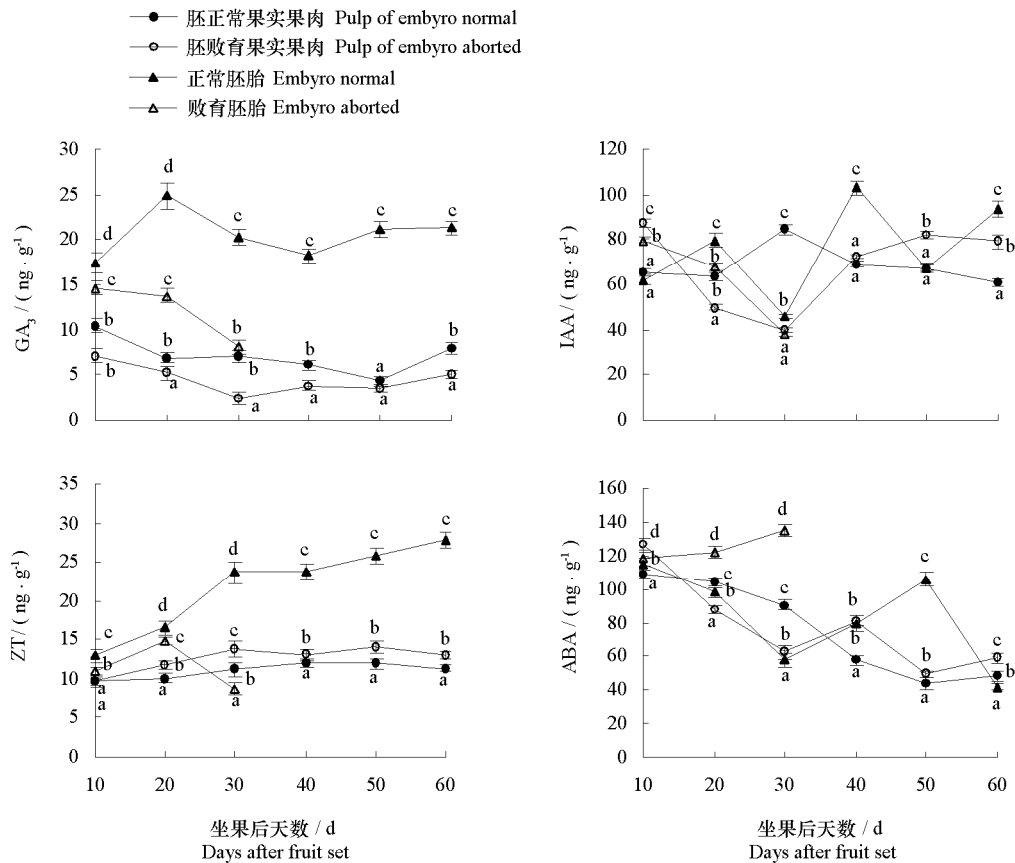


图 3 ‘金煌’ 杧果果实中 GA<sub>3</sub>、IAA、ZT 以及 ABA 含量的变化

Fig. 3 Changes of GA<sub>3</sub>, IAA, ZT and ABA contents in ‘Jinhuang’ mango fruit

## 2.4 内源激素平衡关系对果实发育的影响

在胚胎中, 坐果后 10 ~ 30 d, 正常的胚胎中 (GA<sub>3</sub> + IAA + ZT) / ABA 比值逐渐上升, 而败育胚胎的迅速下降, 两者差异显著 (图 4)。

在果肉中, 坐果后 10 ~ 20 d, 胚胎正常与败育的果实中 (GA<sub>3</sub> + IAA + ZT) / ABA 的比值相差不大 (图 4), 而此时, 胚胎正常与败育的果实体积差异也不大 (图 1)。此后, 果肉中生长类的激素含量超过抑制类的激素并迅速上升, 果实生长加快。其中, 胚败育果实的果肉中 (GA<sub>3</sub> + IAA + ZT) / ABA 的比值小于胚正常果实的, 相对应的, 胚败育果实的体积增长也小于胚正常果实。

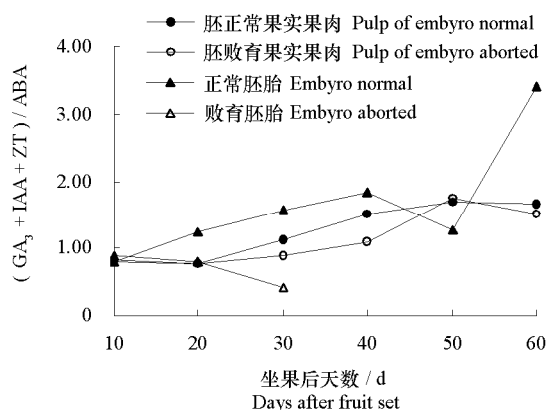


图 4 ‘金煌’ 杧果果实中激素的平衡关系

Fig. 4 The balance of endogenous hormones in ‘Jinhuang’

### 3 讨论

在果实坐果和发育过程中，内源激素起着连续的协调作用，胚胎败育与其内源激素含量及其平衡有着联系 (Ram, 1992; Kojima et al., 1996; Wadii et al., 1997; 陈杰忠 等, 2000)。高水平的 ZT 和 IAA 有利于胚胎的正常发育 (祁业凤和刘孟军, 2004; 王玖瑞 等, 2008)，发育正常的胚胎中 IAA、GA<sub>3</sub>、CTK 的含量高而 ABA 的含量低，胚中 ABA 含量的急剧上升改变了 (GA<sub>3</sub> + IAA + ZT) / ABA 的正常配比，是导致胚胎败育的一个重要因素 (邱燕平等, 1998; 陈伟 等, 2000)。

从‘金煌’杧果胚胎发育和果实体积变化可以得出，坐果后 20 ~ 30 d 是胚胎败育发生的关键时期，胚败育坐果在 30 d 以内完成。在此期间，‘金煌’杧果胚胎中高含量的 ZT 和低含量的 ABA，有利于胚的发育，ZT 含量的降低和 ABA 含量的升高与胚胎败育关系密切。‘金煌’杧果正常胚中 (GA<sub>3</sub> + IAA + ZT) / ABA 比值增大，并且高于其果肉的，而败育的胚胎中 ABA 的含量在 10 d 后远高于其果肉的，且其 (GA<sub>3</sub> + IAA + ZT) / ABA 比值下降，并小于其果肉的，表明生长类激素含量相对于抑制类激素的比例下降，破坏了激素平衡，不利于胚胎的养分竞争，可能造成胚胎发育的养分亏缺，从而导致败育。因此，杧果胚胎中 (GA<sub>3</sub> + IAA + ZT) / ABA 比值降低与胚胎败育也密切相关。

坐果后 20 ~ 30 d 是杧果的生理落果期，大量的落果主要是由于 CTK 的下降和 ABA 的高水平引起的，而此时 IAA 和 GA 并不缺乏 (Chen, 1981; Ram, 1983)。本研究发现，大量的胚胎败育果实并未脱落，而是持续生长到果实成熟，可能与其果肉中 ZT 含量和 (GA<sub>3</sub> + IAA + ZT) / ABA 比值并没有下降而是升高有关。

杧果果实体积和质量的大小与其胚胎发育正常与否有着明显的相关性，胚正常果实的大小显著大于胚败育的 (表 1)。种子是杧果赤霉素和细胞分裂素存在的主要场所，并与杧果果实的生长密切相关 (Chen, 1983; Krisanapook et al., 2000)。Shaban 和 Ibrahim (2009) 研究认为，胚胎正常的杧果中高含量的 ZT 和 GA，低含量的 IAA 和 ABA 是细核果 (胚胎败育的果实) 发育缓慢的主要原因，并导致最终大部分胚败育果实的脱落。与其相对比，本研究认为，果实中的激素含量水平是变化的，在胚胎败育完成前，胚胎败育的果实果肉中 ABA 和 IAA 的含量小于胚胎正常的，而在败育完成后 ABA 和 IAA 的含量升高并超过胚胎正常的。而且，胚败育果实果肉中的 ZT 含量高于胚正常的，这虽然与 Shaban 和 Ibrahim (2009) 研究的结果不一致，但这种现象在李建国和周碧燕 (2005)、祁业凤和刘孟军 (2004)、王玖瑞等 (2008) 的研究中也有发现。因此，从单一激素含量对果实发育的影响难以解释清楚胚败育果实小的原因。本研究认为，胚正常果实胚胎中的 (GA<sub>3</sub> + IAA +

ZT) /ABA 的比值大于胚败育的, 其果肉中 (GA<sub>3</sub> + IAA + ZT) /ABA 在果实快速发育期间 (20 ~ 50 d) 也大于胚败育的, 提高了其吸收养分的能力; 胚败育果实果肉和胚胎中的 (GA<sub>3</sub> + IAA + ZT) /ABA 均低于胚正常的, 在果实发育中养分竞争力低, 加之在 30 d 后, 败育的胚胎已经失去了作为内源激素中心的功能, 导致其果实体积和质量小。

## References

- Chen Jie-zhong, Zhao Hong-ye, Ye Zi-xing. 2000. Effect of soil water stress on floral initiation and changes of endogenous hormones in mango (*Mangifera indica* L.). Chinese Journal of Tropical Crops, 21 (2): 74 - 79. (in Chinese)
- 陈杰忠, 赵红业, 叶自行. 2000. 水分胁迫对芒果成花效应及内源激素变化的影响. 热带作物学报, 21 (2): 74 - 79.
- Chen Wei, Lü Liu-xin. 2000. Relationship between embryonic development and changes of endogenous hormones in litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) ovules. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 6 (5): 419 - 422. (in Chinese)
- 陈伟, 吕柳新. 2000. 兰竹荔枝胚珠内源激素含量变化与胚胎发育的关系. 应用与环境生物学报, 6 (5): 419 - 422.
- Chen Wei, Lü Liu-xin, Ye Chen-liang, Ye Ming-zhi. 2000. Relationship between embryo abortion and endogenous hormones in litchi ovules. Chinese Journal of Tropical Crops, 21(3): 34 - 38. (in Chinese)
- 陈伟, 吕柳新, 叶陈亮, 叶明志. 2000. 荔枝胚胎败育与胚珠内源激素关系的研究. 热带作物学报, 21(3): 34 - 38.
- Chen W S. 1981. Physiological studies of fruiting in mango trees. II. Effect of endogenous growth substances on fruiting. Proceedings National Science Council Part B, Life Sciences, Taipei, Republic of China.
- Chen W S. 1983. Cytokinins of the developing mango fruit: Isolation, identification, and changes in levels during maturation. Plant Physiology, 71 (2): 356 - 361.
- Dong Jun, Chen Da-cheng, Hu Gui-bing, Zhou Bei-pei, Lin Sen-xin. 1997. Study on the mechanism of seedlessness in mango. Journal of South China Agricultural University, 18 (4): 42 - 46. (in Chinese)
- 董军, 陈大成, 胡桂兵, 周北沛, 林森馨. 1997. 芒果无仁和小仁果实产生机理研究. 华南农业大学学报, 18 (4): 42 - 46.
- He Zhong-pei. 1993. Experiment direction of crop chemical control technology. Beijing: Beijing Agricultural University Press: 21 - 26. (in Chinese)
- 何钟佩. 1993. 农作物化学控制实验指导. 北京: 北京农业大学出版社: 21 - 26.
- Kojima Kiyohide, Yamamoto Masashi Yamamoto, Goto Akihiko Goto, Matsumoto Ryouji Matsumoto. 1996. Changes in ABA, IAA and GAs contents in reproductive organs of satsuma mandarin (*Citrus reticulata*). Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 65 (2): 237 - 243.
- Krisanapook K, Phavaphutanon L, Kaewladdakorn V, Jutamanee K, Pichakum A. 2000. Studies on fruit growth, levels of GA-like substances and CK-like substances in fruits of mango cv. Khiew sawoey. Acta Horticulturae (ISHS), 509: 697 - 704.
- Li Jian-guo, Zhou Bi-yan. 2005. Comparison on fruit development and changes in endogenous hormone contents in pericarp between large- and aborted-seeded litchi (*Litchi chinensis* Sonn. cv. Guiwei). Plant Physiology Communications, 41 (5): 587 - 590. (in Chinese)
- 李建国, 周碧燕. 2005. 大核和焦核“桂味”荔枝果实发育及其发育期间果皮中内源激素含量的变化比较. 植物生理学通讯, 41 (5): 587 - 590.
- Li Wei-cai, Wei Yong-zan, Hu Hui-gang, Shi Sheng-you, Wang Yi-cheng, Xie Jiang-hui. 2011. Dynamic changes of endogenous hormone contents in the pericarp of seedless litchi during fruit growth and development. Chinese Journal of Tropical Crops, 32 (6): 1042 - 1045. (in Chinese)
- 李伟才, 魏永赞, 胡会刚, 石胜友, 王一承, 谢江辉. 2011. 3 种无核荔枝果实发育过程中内源激素含量变化动态. 热带作物学报, 32 (6): 1042 - 1045.
- Pang Shi-qing. 2003. Counter-season production technology of mango and existent problems and countermeasures in Hainan. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 23 (5): 30 - 34. (in Chinese)
- 庞世卿. 2003. 海南芒果反季节生产技术和存在问题及对策. 热带农业科学, 23 (5): 30 - 34.
- Qi Ye-feng, Liu Meng-jun. 2004. Change of endogenous hormone in cultivars of chinese jujube with different type of embryo abortion. Acta

- Horticulturae Sinica, 31 (6): 800 - 802. (in Chinese)
- 祁业凤, 刘孟军. 2004. 两个胚败育率不同的枣品种果实生育期内源激素的变化. 园艺学报, 31 (6): 800 - 802.
- Qiu Yan-ping, Xiang Xu, Wang Bi-qing, Zhang Zhan-wei, Yuan Pei-yuan. 1998. Endogenous hormone balance in three types of litchi fruit and their fruit set mechanism. Journal of Fruit Science, 15 (1): 39 - 43. (in Chinese)
- 邱燕平, 向 旭, 王碧青, 张展薇, 袁沛元. 1998. 荔枝三种结实类型内源激素的平衡与坐果机理. 果树科学, 15 (1): 39 - 43.
- Ram S. 1983. Hormonal control of fruit growth and fruit drop in mango cv Dashehari. Acta Horticulturae, 134: 169 - 178.
- Ram S. 1992. Naturally occurring hormones of mango and their role in growth and drop of the fruit. Acta Horticulturae, 321: 400 - 411.
- Shaban A E A, Ibrahim A S A. 2009. Comparative study on normal and nubbin fruits of some mango cultivars. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3 (3): 2166 - 2175.
- Sukhvibul N, Whaley A W, Smith M K. 2005. Effect of temperature on seed and fruit development in three mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. Sci Hort, 105 (4): 467 - 474.
- Sukhvibul N, Whaley A W, Smith M K, Doogan V J, Hetherington S E. 2000. Effect of temperature on pollen germination and pollen tube growth of four cultivars of mango (*Mangifera indica* L.). Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 75 (2): 214 - 222.
- Wadii Ben-Cheikh, Joan Perez-Botella, Francisco R Tadeo, Manuel Talon, Eduardo Primo-Millo. 1997. Pollination increases gibberellin levels in developing ovaries of seeded varieties of citrus. Plant Physiology, 114 (2): 557 - 564.
- Wang Jiu-rui, Liang Hai-yong, Liu Meng-jun. 2008. The relationship between endogenous hormone changes and embryo abortion during fruit development of Chinese jujube male sterile germplasm. Journal of Plant Genetic Resources, 9 (3): 367 - 371. (in Chinese)
- 王玖瑞, 梁海永, 刘孟军. 2008. 枣雄性不育种质胚败育与内源激素变化的关系. 植物遗传资源学报, 9 (3): 367 - 371.
- Zhang Yi-Shun, Xiang Xu, Huang Shang-zhi, Fu Jia-rui. 2003. Changes in endogenous hormone and protein content during embryo abortion in litchi. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology, 29 (3): 233 - 238. (in Chinese)
- 张以顺, 向 旭, 黄上志, 傅家瑞. 2003. 荔枝胚败育过程中内源激素与蛋白质含量的变化. 植物生理与分子生物学学报, 29 (3): 233 - 238.

征 订

## 《中国蔬菜品种志》

本书由中国农业科学院蔬菜花卉研究所主编, 已于 2002 年 9 月出版发行。全书分上、下卷, 1 ~ 6 章为上卷, 包括根菜类、白菜类、芥菜类、甘蓝类、绿叶菜类及葱蒜类, 计 2 263 个品种, 1 347 页; 7 ~ 12 章为下卷, 包括瓜类、茄果类、豆类、薯芋类、水生蔬菜类和多年生蔬菜类, 计 2 550 个品种, 1 177 页。入志的品种中, 地方品种占 90% 以上, 少量在全国栽培时间较长、种植面积较大的一代杂种也选入其中。本书较全面系统而又有重点地反映了中国丰富的蔬菜品种资源概貌、研究成果及育种水平, 可供蔬菜科研、教学、生产及种子企业、农业行政单位的人员参考。本书出版后受到读者普遍好评, 现尚有少量存书, 特以优惠价格 490 元 (上、下卷) 提供给读者 (原价 980 元)。

购书者请通过邮局汇款至北京中关村南大街 12 号中国农科院蔬菜花卉所《园艺学报》编辑部, 邮编 100081。