

# 梨花粉、花柱与子房中激素和矿质元素含量的比较

贾 兵<sup>1,2</sup>, 张绍铃<sup>1,\*</sup>

(<sup>1</sup>南京农业大学园艺学院, 南京 210095; <sup>2</sup>安徽农业大学园艺学院, 合肥 230036)

**摘 要:** 以‘砀山酥梨’与‘丰水’梨为研究对象, 测定了花粉、花柱、子房中内源激素与矿质元素的含量, 探讨了花柱中内源激素及矿质元素的水平与花粉原位萌发的关系。结果表明, 花柱中激素与矿质元素含量从形态学上端到下端呈梯度分布, 其中内源激素 ABA、IAA、ZR 呈逐渐升高的趋势, 而 GA<sub>3</sub> 呈逐渐下降的趋势, 矿质元素 K、Ca、Fe、Zn、B 均呈逐渐下降的趋势。用 2.5 mg · L<sup>-1</sup> IAA 和 5 mg · L<sup>-1</sup> 6-BA 处理花柱对花粉管伸长有显著促进作用。进一步分析发现, 梨花柱中 ABA、IAA 含量高于花粉。说明花粉萌发过程中所需的主要激素可能源自花柱, 当花柱中激素含量增加时, 可促进花粉管的伸长。花粉中矿质元素 K、Ca、Fe、Zn、B 高于花柱与子房, 说明花粉萌发过程中所需的矿质元素可能来自花粉自身, 当花柱中矿质元素含量增加时, 对花粉管的伸长并无明显的促进作用。

**关键词:** 梨; 花柱; 内源激素; 矿质元素; 原位萌发

**中图分类号:** S 661.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0513-353X (2012) 02-0225-09

## The Comparison of the Hormones and Mineral Elements Contents Among Pollen, Style and Ovary in Pear

JIA Bing<sup>1,2</sup> and ZHANG Shao-ling<sup>1,\*</sup>

(<sup>1</sup>College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; <sup>2</sup>College of Horticulture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

**Abstract:** ‘Dangshan Suli’ and ‘Housi’ pear were as experiment materials in this study, the hormones and mineral elements content in pollen, style and ovary were respectively measured by method of ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) and ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry), the effects of the hormone and mineral elements levels in style on pollen germination were discussed. The results showed that hormone levels in style exhibit gradient distribution, from the top to the bottom in style morphology, the endogenous hormones ABA, IAA, ZR contents were gradually increased, while GA<sub>3</sub> was gradually decreased; The mineral elements K, Ca, Fe, Zn, B showed a gradually decreased. The elongation of pollen tube could be promoted treated with 2.5 mg · L<sup>-1</sup> IAA and 5 mg · L<sup>-1</sup> 6-BA; Further analysis showed that the ABA, IAA contents in style is higher than that in pollen, so the major hormones for pollen germination requirement probably come from style, because the elongation of pollen

收稿日期: 2011 - 10 - 22; 修回日期: 2012 - 01 - 03

基金项目: 国家现代农业(梨)产业技术体系建设资金项目(CARS-29)

\* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: nnzsl@sina.com.cn)

tubes could be promoted by increased hormone levels in style. The mineral elements K, Ca, Fe, Zn and B in pollen higher than the style and ovary, therefore, the required mineral elements in the process of pollen germination may come from the pollen itself, because the elongation of pollen tubes could not be significantly promoted by increased mineral levels in style.

**Key words:** pear; style; endogenous hormone; mineral element; *in situ* germination

梨为配子体型自交不结实性果树,生产上必须合理配置授粉品种,才能获得较好的产量和品质。然而,花期低温、阴雨、树体营养不良等都会影响梨树的正常授粉受精。因此,在实际生产中,为提高梨坐果率通常采用人工授粉,花期喷硼及生长调节物质等来促进花粉萌发及花粉管伸长。张绍铃等(2003, 2005)研究认为,低浓度的  $GA_3$ 、IAA 及 2,4-D 能促进‘丰水’梨花粉萌发和花粉管生长,0.01%  $H_3BO_4$ 、0.03%  $CaCl_2 \cdot 2H_2O$  对‘金二十世纪’梨花粉萌发与花粉管伸长有明显的促进作用。李六林等(2006)以雄性不育的‘新高’梨和可育的‘丰水’梨为试材,研究花粉发育过程中内源激素和微量元素的变化,认为‘丰水’梨花粉中 IAA、ABA 含量高于‘新高’梨;K、Ca、Mg、Fe、Cu 和 Zn 含量也高于‘新高’梨(李六林和张绍铃,2006)。齐国辉等(2007)研究认为,花柱中高水平的 IAA、 $GA_3$ 、ZR 有利于授粉受精正常进行,并可能是‘金坠’梨自花结实的原因;花柱中低水平的生长促进物质 IAA、 $GA_3$ 、ZR,不利于自身花粉萌发和花粉管生长,可能是‘鸭梨’自花不结实的原因。刘剑锋等(2004)研究认为,‘黄花’梨受精前后 Ca、IAA 和  $GA_3$  均明显增加,IAA 和  $GA_3$  可能同时参与受精前后树体中的 Ca 向幼果(子房)的运输过程。沙梨品种授粉后,花柱中腐胺含量逐渐升高(Franco-Mora et al., 2009)。1-MCP (1-methylcyclopropene) 处理‘丰水’梨花朵,能延缓花柱的衰老,增加花柱的数量,提高坐果率,同时降低了花柱乙烯的释放(Franco-Mora et al., 2005)。叶面喷适宜浓度的 B 和 Ca 能增加下年‘丰水’梨花芽中 B 和 Ca 的含量, B 处理还增加了花粉的质量;同时,离体培养条件下适宜浓度的 B 和 Ca 提高了花粉萌发率和花粉管长度,高浓度均有一定的抑制作用(Lee et al., 2009)。因此,已有研究表明内源激素与矿质元素在梨花粉萌发、花粉管伸长及授粉受精过程中起着重要的作用。

本试验中以中国主栽白梨品种‘砀山酥梨’与砂梨品种‘丰水’梨为研究对象,将花柱从形态学上端到下端分成上、中、下 3 个不同部分,通过测定花粉、花柱、花柱不同部位及子房中内源激素与矿质元素的含量,阐明激素与矿质元素在花柱中及不同花器官中的空间分布规律,并通过花粉离体萌发与原位萌发试验,研究外源 IAA、6-BA、Ca、B 对梨花粉萌发与花粉管伸长的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

‘丰水’和‘砀山酥梨’花蕾分别采集于安徽省农业科学院园艺研究所果园与安徽农业大学产业园。‘鸭梨’花粉为安徽农业大学果树学重点实验室贮藏花粉。

### 1.2 花粉、花柱与子房中激素与矿质元素含量的测定

于 2010 年 4 月 5 日、7 日,分别采集‘砀山酥梨’与‘丰水’梨大蕾期花朵,用镊子剥去萼片和花瓣,取花药、花柱与子房。将花药放在硫酸纸上,开药后,收集花粉。试验设 3 次重复。内源激素 IAA、ZR、ABA 和  $GA_3$  采用酶联免疫吸附法(ELISA)测定(何钟佩,1993);矿质元素 Ca、K、B、Fe 和 Zn 采用电感耦合等离子体原子发射光谱法测定(张莉等,2009)。

1.3 花粉萌发试验

‘鸭梨’花粉离体培养参照张绍铃等（2005）的方法，即采用 MES 液体培养基，25 ℃避光条件下培养 6 h，在显微镜下观察、拍照，每处理统计 10 个视野，并设 5 次重复。原位萌发试验于‘砀山酥梨’与‘丰水’梨大蕾期，用‘鸭梨’花粉分别对其授粉，每处理分别授两个花序，每花序留两朵边花，授粉后立即套袋，于 72、96 h 后分别从花柱基部切取花柱，用 FAA 固定，2 mol · L<sup>-1</sup> NaOH 溶液软化和 0.1% 的苯胺蓝进行染色（Hiratsuka et al., 2000），在 OLYMPUS BX-51 荧光显微镜下观察、测定 10 个花柱，取其平均值作为花粉的原位萌发长度。

1.4 花柱不同部位激素与矿质元素含量的测定

分别采集‘砀山酥梨’与‘丰水’梨大蕾期花朵，取花药、花柱与子房，其中，花柱从柱头向下切成 3 段，即花柱上 1/3、中 1/3、下 1/3。内源激素与矿质元素测定同 1.2。

1.5 IAA、6-BA 和矿质元素处理对鸭梨花粉原位萌发的影响试验

于‘砀山酥梨’大蕾期，用镊子剥开萼片和花瓣，分别用棉球棒蘸取 2.5 mg · L<sup>-1</sup> IAA、5 mg · L<sup>-1</sup> 6-BA、100 mg · L<sup>-1</sup> H<sub>3</sub>BO<sub>4</sub>、300 mg · L<sup>-1</sup> Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 涂抹花柱，各处理选择两个花序，每花序留两朵边花，用鸭梨花粉进行人工授粉，套袋。分别于授粉后 72 和 96 h 从花柱基部切取花柱，经固定、软化、染色、压片后进行进行荧光观察，每处理测定 10 根花柱，取其平均值作为 72 和 96 h 花粉管萌发长度。

2 结果与分析

2.1 ‘砀山酥梨’、‘丰水’梨花柱中激素与矿质元素含量

对‘砀山酥梨’与‘丰水’梨花柱中内源激素 ABA、IAA、ZR、GA<sub>3</sub> 和矿质元素 K、Ca、Fe、Zn、B 的含量用邓肯氏新复极差法进行了方差分析，结果表明，‘丰水’梨花柱中内源激素除 GA<sub>3</sub> 外，均显著高于‘砀山酥梨’；5 种矿质元素含量均显著高于‘砀山酥梨’（表 1）。

表 1 ‘砀山酥梨’和‘丰水’梨花柱中激素与矿质元素含量  
Table 1 The hormones and nutrient contents in style of ‘Hosui’ and ‘Dangshan Suli’ pear

品种 Cultivar	内源激素 / (ng · g <sup>-1</sup> ) Endogenous hormones				矿质元素 / (mg · kg <sup>-1</sup> ) Mineral element				
	ABA	IAA	ZR	GA <sub>3</sub>	K	Ca	Fe	Zn	B
砀山酥梨 Dangshan Suli	85.6 b	64.1 b	25.2 b	19.7 a	8 110 b	677 b	52.1 b	25.2 b	17.9 b
丰水梨 Hosui	121.0 a	77.4 a	44.2 a	19.4 a	16 960 a	1 954 a	127.3 a	84.4 a	41.3 a

2.2 花粉原位萌发比较

鸭梨花粉授粉于‘砀山酥梨’、‘丰水’梨花柱 72 h 后，花粉管平均长度分别为 8 020.58 和 7 967.56 μm，授粉于‘砀山酥梨’其花粉管长度略大于‘丰水’梨，但差异不显著（图 1，A，B）；授粉后 96 h，花粉管平均长度分别为 9 968.0 和 10 024.1 μm（图 1，C，D），授粉于‘砀山酥梨’的花粉管长度又略小于‘丰水’梨，两品种间无显著差异。

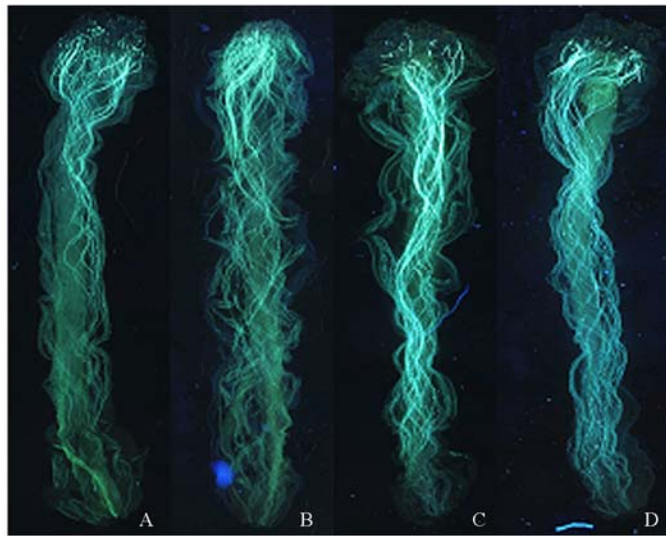


图 1 鸭梨花粉授粉于砀山酥梨 (A, C)、丰水梨 (B, D) 后花粉管原位萌发比较

Fig. 1 The pollen in situ germination comparison in 'Dangshan Suli' and 'Hosui' pear style pollinated by 'Yali'

A, B: 72 h; C, D: 96 h.

### 2.3 花柱不同部位内源激素含量的比较

由图 2、图 3 可知, '砀山酥梨'、'丰水' 梨花柱中 ABA、IAA 和 ZR 含量从花柱形态学上端到下部有升高的趋势, 而  $GA_3$  含量呈逐渐下降的趋势。'砀山酥梨' 花柱上部 ABA、IAA 和 ZR 含量显著低于花柱中部和下部, '丰水梨' 花柱上部 ABA 和 ZR 含量显著低于花柱中部与下部, 而花柱上、中、下部之间 IAA 含量均无显著差异。

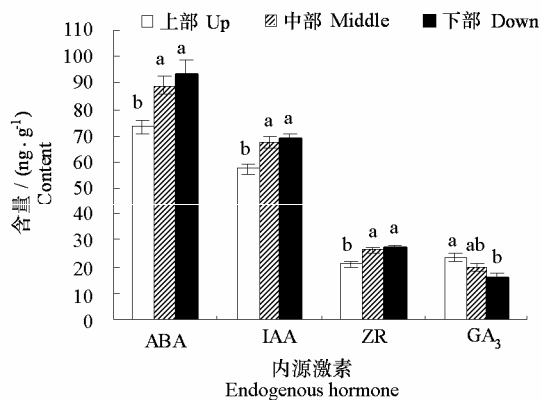


图 2 '砀山酥梨' 花柱不同部位激素含量的比较

Fig. 2 The hormone contents comparison of different style parts in 'Dangshan Suli' pear

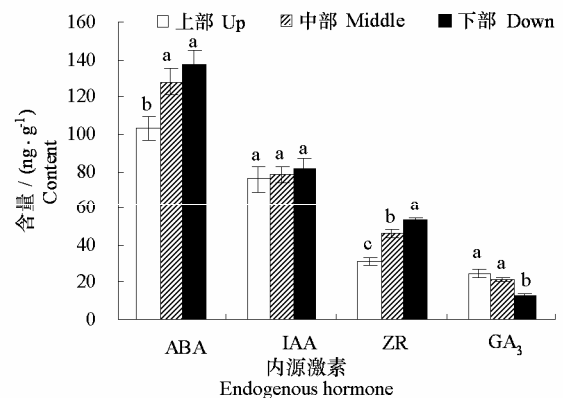


图 3 '丰水' 梨花柱不同部位激素含量的比较

Fig. 3 The hormone contents comparison of different style parts in 'Hosui' pear

### 2.4 花柱不同部位矿质元素含量的比较

由图 4、图 5 可知, '砀山酥梨' 花柱中 K、Ca、Fe、B 含量从花柱形态学上端到下部呈逐渐下降的趋势, Zn 含量无显著差异; '丰水' 梨花柱中 K、Ca、Fe、Zn 含量从花柱形态学上端到下部呈逐渐下降的趋势, B 含量无显著差异。

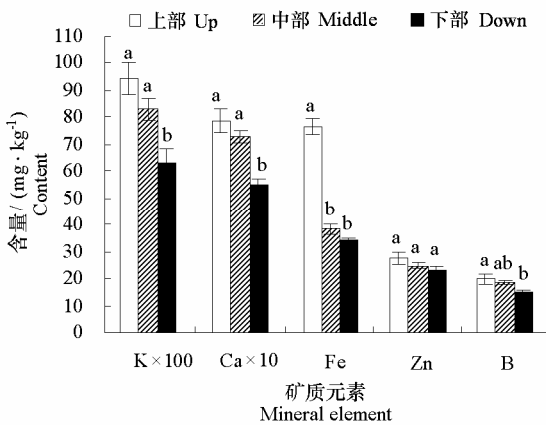


图 4 ‘砀山酥梨’花柱不同部位矿质元素含量的比较  
Fig. 4 The mineral elements contents comparison of different style parts in ‘Dangshan Suli’ pear

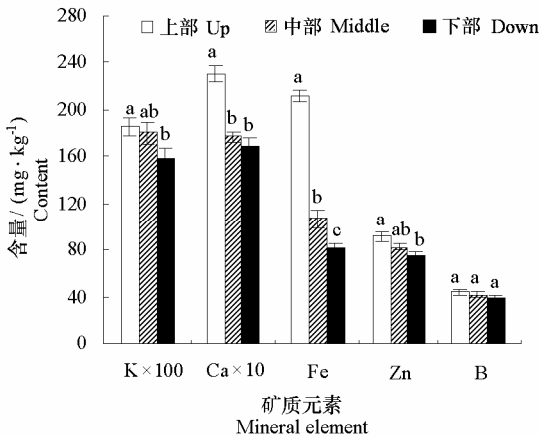


图 5 ‘丰水’梨花柱不同部位矿质元素含量的比较  
Fig. 5 The mineral elements contents comparison of different style parts in ‘Hosui’ pear

2.5 外源生长调节剂与矿质元素对‘鸭梨’花粉萌发的影响

由图 6 可知，在鸭梨花粉离体萌发试验中，对照花粉萌发率为 22.61%，花粉管长度为 267.5  $\mu\text{m}$ ；5  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  IAA 处理的花粉萌发率最高，为 29.30%，2.5  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  IAA 处理的花粉管最长，为 316.78  $\mu\text{m}$ ；2.5  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  6-BA 处理的花粉萌发率最高，为 27.24%，5  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  6-BA 处理的花粉管最长，为 299.42  $\mu\text{m}$ 。

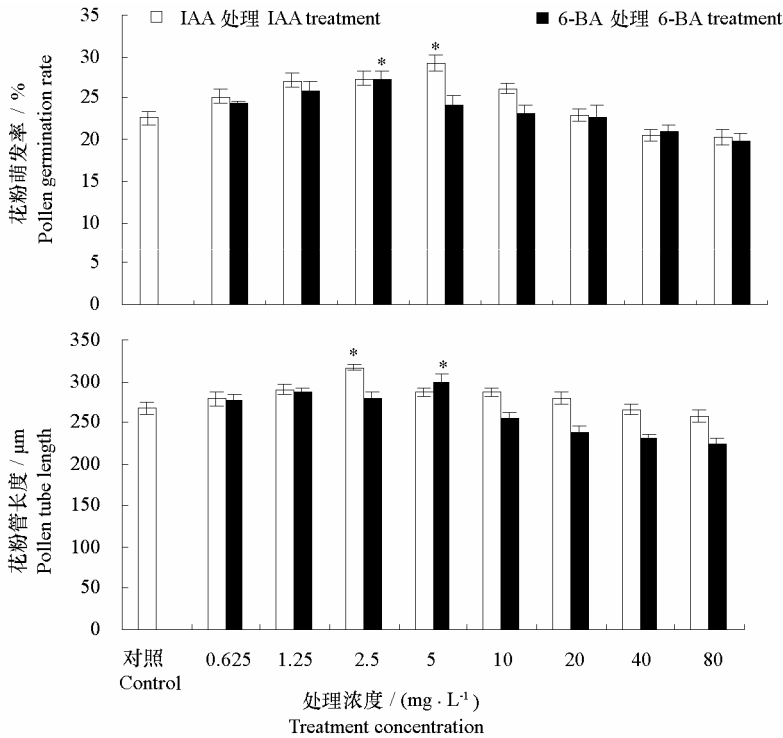


图 6 IAA 和 6-BA 处理对‘鸭梨’花粉离体萌发的影响  
Fig. 6 Effects of the IAA and 6-BA on pollen *in vitro* germination of ‘Yali’ pear  
 $P < 0.05$ .

由图 7 可知, 300 mg · L<sup>-1</sup> Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 处理的花粉萌发率最高, 为 27.44%, 花粉管也最长, 为 299.55 μm; 50 mg · L<sup>-1</sup> H<sub>3</sub>BO<sub>4</sub> 处理的花粉萌发率最高为 26.71%, 100 mg · L<sup>-1</sup> H<sub>3</sub>BO<sub>4</sub> 处理的花粉管长度最长为 295.50 μm。

因此, 2.5 mg · L<sup>-1</sup> IAA、5 mg · L<sup>-1</sup> 6-BA、300 mg · L<sup>-1</sup> Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 和 100 mg · L<sup>-1</sup> H<sub>3</sub>BO<sub>4</sub> 对离体花粉管的伸长有促进作用。

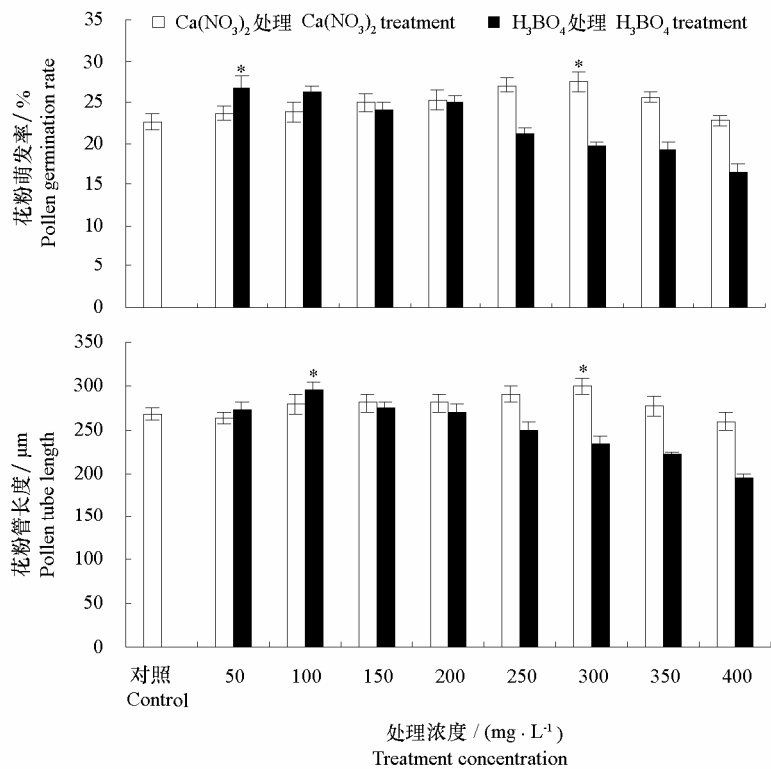


图 7 Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 和 H<sub>3</sub>BO<sub>4</sub> 处理对 ‘鸭梨’ 花粉离体萌发的影响

Fig. 7 Effects of the Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> and H<sub>3</sub>BO<sub>4</sub> on pollen *in vitro* germination of ‘Yali’ pear  
*P* < 0.05.

由表 2 可知, 鸭梨花粉原位萌发试验中, 5 mg · L<sup>-1</sup> 6-BA 处理, 72 h、96 h 观察, 其花粉管长度分别比对照提高了 12.85%、13.40%, 差异达到了显著性水平。

因此, 外源 6-BA 对鸭梨花粉原位萌发有一定的促进作用, 与 B、Ca 处理相比, 其对花粉管生长的促进作用更明显。

表 2 外源激素与矿质元素对原位萌发芽粉管长度的影响

Table 2 Effects of the exogenous hormones and mineral elements on pollen tube length *in situ*

处理 Treatmemt	花粉管长度/μm Pollen tube length	
	72 h	96 h
水 Water (对照 Control)	7951.51 b	10185.68 b
2.5 mg · L <sup>-1</sup> IAA	8601.57 ab	10741.15 ab
5 mg · L <sup>-1</sup> 6-BA	8973.05 a	11550.86 a
100 mg · L <sup>-1</sup> H <sub>3</sub> BO <sub>4</sub>	8071.42 ab	10200.35 b
300 mg · L <sup>-1</sup> Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	7969.68 b	10228.71 b

## 2.6 花粉、花柱和子房中内源激素含量比较

由图 8 可看出, ‘砀山酥梨’花柱中 ABA、IAA 含量显著高于花粉。

由图 9 可看出, ‘丰水’梨花柱中 ABA、IAA 和 ZR 含量显著高于子房与花粉, 而  $GA_3$  含量又低于花粉。

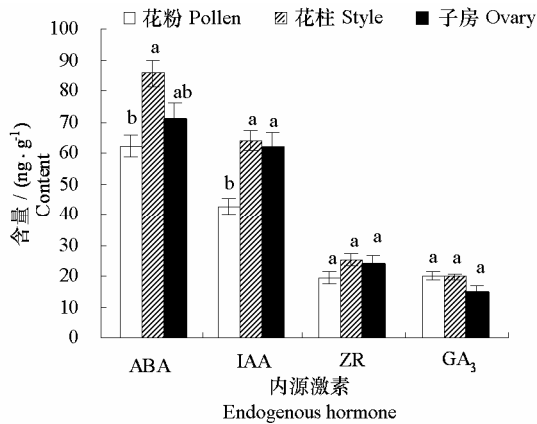


图 8 砀山酥梨花粉、花柱和子房中内源激素含量的比较

Fig. 8 The hormone contents comparison of pollen, style and ovary in 'Dangshan Suli' pear

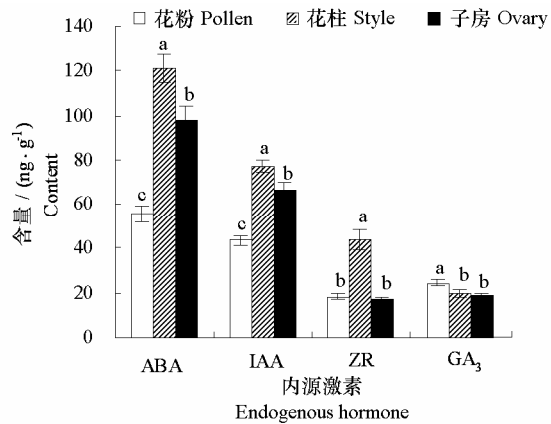


图 9 丰水梨花粉、花柱和子房中内源激素含量的比较

Fig. 9 The hormone contents comparison of pollen, style and ovary in 'Hosui' pear

## 2.7 花粉、花柱和子房中矿质元素含量比较

从图 10、图 11 可看出, ‘砀山酥梨’ K、Ca、Fe、Zn、B 含量在花粉中最高、花柱次之、子房最低; 丰水梨花粉中 K、Ca、Fe、Zn、B 含量也为最高、花柱次之、子房最低。

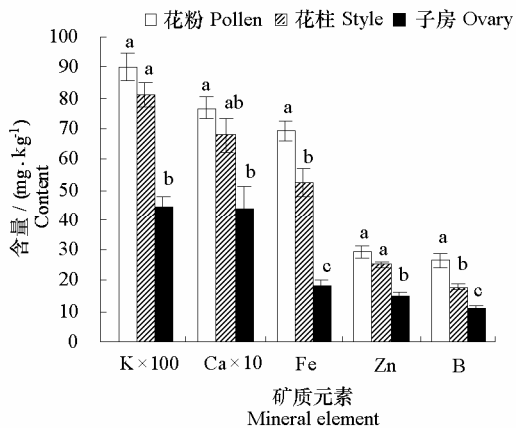


图 10 砀山酥梨花粉、花柱和子房中矿质元素含量的比较

Fig. 10 The mineral element contents comparison of pollen, style and ovary in 'Dangshan Suli' pear

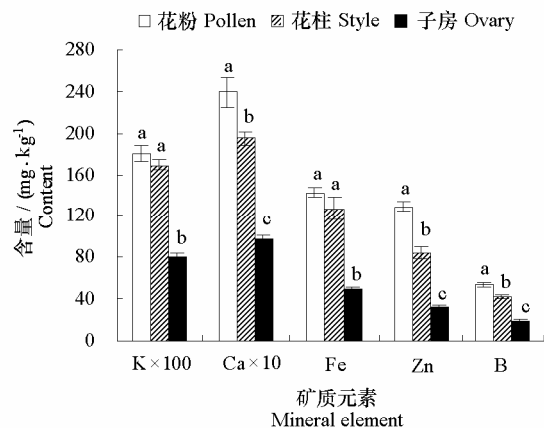


图 11 丰水梨花粉、花柱和子房中矿质元素含量的比较

Fig. 11 The mineral element contents comparison of pollen, style and ovary in 'Hosui' pear

## 3 讨论

本研究结果说明, 梨花柱接受花粉的能力可能不仅仅取决于花柱内源激素、矿质元素的绝对含量, 更可能与自身花柱中的激素、矿质元素梯度有关。砀山酥梨、丰水梨花柱中内源 ABA、IAA、ZR、 $GA_3$  均呈梯度分布, 其中, ABA、IAA、ZR 从花柱形态学上端至下端呈逐渐升高的趋势, 而

GA<sub>3</sub> 呈逐渐下降的趋势; 花粉囊绒毡层细胞中游离态 IAA 大量积累, 促进了花粉管向胚珠中生长, 柱头中大量的游离态 IAA 能诱导柱头下形成扇形木质部, 在受精后, 发育的胚和种子中有高浓度的 IAA, 从而形成了轴极性 (Roni et al., 2006)。矿质元素 K、Ca、Fe、Zn、B 含量从花柱形态学上端至下端均呈逐渐下降的趋势。砀山酥梨和丰水梨分属白梨和砂梨的代表品种之一, 因此, 这种内源激素与矿质元素的梯度分布可能在梨属植物中普遍存在, 在花粉萌发、花粉管伸长及完成受精的过程中, 有其独特的生物学作用。

孟祥红等 (2002) 研究表明, 花药可育其花粉母细胞、单核花粉和二核花粉内 GA<sub>1+4</sub> 的分布数量逐渐增多, 以细胞核最为明显; 花药不育, 花粉母细胞和败育的花粉内有 GA<sub>1+4</sub> 的分布, 但其分布数量比同时期可育花粉内少。认为 GA<sub>1+4</sub> 在花药内的分布和数量变化可能与花药的育性相关。赵珺等 (2009) 研究表明, IAA 在整个花药中均有分布, 并且在小孢子母细胞发育晚期, IAA 信号集中在小孢子母细胞的细胞核中; 随着小孢子母细胞减数分裂后形成四分体, IAA 信号逐渐减弱, 四分体中几乎没有信号。

砀山酥梨、丰水梨的不同花器官中, 激素与矿质元素的含量也存在着一定的规律分布, 花柱中 ABA、IAA、ZR 含量最高, 子房中 ABA、IAA 次之, 花粉中 ABA、IAA 含量最低, 而花粉中 GA<sub>3</sub> 含量最高, 花柱次之, 子房最低。花粉中 K、Ca、Fe、Zn、B 含量最高、花柱次之、子房最低。这种有规律的空间分布对于梨授粉受精有着怎样的作用, 还有待于进一步研究、探讨。

进一步分析发现, 砀山酥梨、丰水梨花柱中内源激素 ABA、IAA 含量均显著高于花粉, 砀山酥梨、丰水梨花粉中 K、Ca、Fe、Zn、B 含量分别又比花柱高。因此, 推测花粉萌发过程中, 所需的激素可能由花柱所提供, 所需的矿质元素主要来自花粉自身。

## References

- Franco-Mora O, Tanabe K, Tamura F. 2009. Putrescine content of Japanese pear (*Pyrus pyrifolia*) styles increases in response to pollination. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 37 (3): 281 - 287.
- Franco-Mora O, Itai A, Tanabe K. 2005. Effects of pre-pollination application of 1-methylcyclopropene on fruit set and stigma receptivity in 'Housui' Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai). *Environment Control in Biology*, 43 (1): 61 - 65.
- He Zhong-pei. 1993. Experimental guidance of chemical control for crops. Beijing: Beijing Agricultural University Press: 60 - 68. (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: 60 - 68.
- Hiratsuka S, Zhang S L, Nakagawa E, Kawai Y. 2000. Selective inhibition of the growth or incompatible pollen tubes by S-protein in the Japanese pear. *Sex Plant Reprod*, 13: 209 - 215.
- Lee Sang-hyun, Kim Wol-soo, Han Tae-ho. 2009. Effects of post-harvest foliar boron and calcium applications on subsequent season's pollen germination and pollen tube growth of pear (*Pyrus pyrifolia*). *Scientia Horticulturae*, 122 (1): 77 - 82.
- Liu Jian-feng, Zhang Hong-yan, Peng Shu-ang. 2004. Relationship between calcium and endogenous hormones in ovary (fruitlet) of pear during pre- and post-fertilization stage. *Plant Physiology Communications*, 40 (3): 297 - 299. (in Chinese)
- 刘剑锋, 张红艳, 彭抒昂. 2004. 受精前后梨子房 (幼果) 中钙与内源激素含量的关系. *植物生理学通讯*, 40 (3): 297 - 299.
- Li Liu-lin, Wu Ju-you, Zhang Shao-ling. 2006. Relationship between male sterility and change of IAA and ABA contents in 'Niitaka' pear. *Acta Horticulturae Sinica*, 33 (6): 1291 - 1294. (in Chinese)
- 李六林, 吴巨友, 张绍铃. 2006. '新高' 梨雄性不育与 IAA 和 ABA 含量变化的关系. *园艺学报*, 33 (6): 1291 - 1294.
- Li Liu-lin, Zhang Shao-ling. 2006. Analysis of growth regulative substances and mineral nutrients in mature anther of pears. *Journal of Fruit Science*, 23 (2): 173 - 177. (in Chinese)
- 李六林, 张绍铃. 2006. 梨成熟花药中生长调节物质及矿质元素含量的分析. *果树学报*, 23 (2): 173 - 177.
- Meng Xiang-hong, Wang Jian-bo, Li Rong-qian. 2002. Immuno-electron microscope studies on the distribution of GA<sub>1+4</sub> during anther development



- in photoperiod-sensitive cytoplasmic male sterile wheat. *Scientia Agricultura Sinica*, 35 (6): 596 – 599. (in Chinese)
- 孟祥红, 王建波, 利容千. 2002. 光敏胞质不育小麦花药发育过程中  $GA_{1+4}$  分布的免疫电镜研究. *中国农业科学*, 35 (6): 596 – 599.
- Qi Guo-hui, Xu Ji-zhong, Zhang Yu-xing. 2007. Relationship between endogenous hormones in style and self-incompatibility of Yali pear (*Pyrus bretschneideri*). *Journal of Agricultural University of Hebei*, 30 (1): 31 – 34. (in Chinese)
- 齐国辉, 徐继忠, 张玉星. 2007. 鸭梨自交不亲和性与花柱内源激素关系的研究. *河北农业大学学报*, 30 (1): 31 – 34.
- Roni Aloni, Erez Aloni, Markus Langhans, Cornelia I Ullrich. 2006. Role of auxin in regulating *Arabidopsis* flower development. *Planta*, 223: 315 – 328.
- Zhang Li, Chen Jun, Jin Rui-jun. 2009. Determination of 12 elements in lotus seed core by ICP-AES. *Chinese Journal of Spectroscopy Laboratory*, 26 (2): 316 – 319. (in Chinese)
- 张 莉, 陈 军, 荆瑞俊. 2009. 电感耦合等离子体—原子发射光谱法测定莲子芯中的 12 种元素含量. *光谱实验室*, 26 (2): 316 – 319.
- Zhang Shao-ling, Gao Fu-yong, Chen Di-xin, Gu Zhi-xin. 2003. The effects of plant growth regulating substances on pollen germination and tube growth in Fengshui pear (*Pyrus serotina*). *Acta Bot Boreal-Occident Sin*, 23 (4): 586 – 591. (in Chinese)
- 张绍铃, 高付永, 陈迪新, 顾志新. 2003. 植物生长调节物质对丰水梨花粉萌发和花粉管生长的影响. *西北植物学报*, 23 (4): 586 – 591.
- Zhang Shao-ling, Chen Di-xin, Kang Lang, Wang Ling. 2005. Effects of medium components and tube growth in pear pH on pollen germination and (*Pyrus pyrifolia*). *Acta Bot Boreal-Occident Sin*, 25 (2): 225 – 230. (in Chinese)
- 张绍铃, 陈迪新, 康 琅, 汪 玲. 2005. 培养基组分及 pH 值对梨花粉萌发和花粉管生长的影响. *西北植物学报*, 25 (2): 225 – 230.
- Zhao Jun, Chen Dan, An Peng, Zhao Jie. 2009. IAA distribution of anther and pollen during flower development of *Nicotiana tabacum* L. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 27 (5): 541 – 547. (in Chinese)
- 赵 珺, 陈 丹, 安 鹏, 赵 洁. 2009. 烟草花发育过程中花药和花粉 IAA 分布规律的研究. *武汉植物学研究*, 27 (5): 541 – 547.

## 征 订

## 欢迎订阅《园艺学报》

《园艺学报》是中国园艺学会和中国农业科学院蔬菜花卉研究所主办的学术期刊, 创刊于 1962 年, 刊载有关果树、蔬菜、观赏植物、茶及药用植物等方面的学术论文、研究报告、专题文献综述、问题与讨论、新技术新品种以及园艺研究动态与信息, 适合园艺科研人员、大专院校师生及农业技术推广部门专业技术人员阅读参考。

《园艺学报》是中文核心期刊, 被英国《CAB 文摘数据库》、美国 CA 化学文摘、日本 CBST 科学技术文献速报、俄罗斯 AJ 文摘杂志、CSCD 中国科学引文数据库等多家重要数据库收录。《园艺学报》荣获第三届国家期刊奖及中国科技信息所“中国精品科技期刊”、武汉大学中国科学评价研究中心“中国权威学术期刊”、中国期刊协会和中国出版科学研究所“新中国 60 年有影响力的期刊”等称号。

根据“中国学术期刊影响因子年报(2011 版)”, 《园艺学报》复合总被引频次为 11 630, 期刊综合总被引频次 5 317, 复合影响因子 1.780, 期刊综合影响因子 1.124。

《园艺学报》为月刊, 每月 25 日出版。每期定价 40.00 元, 全年 480.00 元。国内外公开发行, 全国各地邮局办理订阅, 国内邮发代号 82 – 471, 国外发行由中国国际图书贸易总公司承办, 代号 M448。漏订者可直接寄款至本编辑部订购。

编辑部地址: 北京市海淀区中关村南大街 12 号 中国农业科学院蔬菜花卉研究所《园艺学报》编辑部;

邮政编码: 100081; 电话: (010) 82109523. E-mail: [yuanyixuebao@126.com](mailto:yuanyixuebao@126.com). 网址: <http://www.ahs.ac.cn>.