

网络出版时间:2017-05-10 13:38

DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2017.06.023

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20170510.1338.046.html>

# ‘优一’杏花芽分化特性及其与休眠期内源激素含量变化的关系

宋 猜<sup>1</sup>, 尹明宇<sup>1</sup>, 姜仲茂<sup>1</sup>, 李 慧<sup>1</sup>, 乌云塔娜<sup>1</sup>, 宋继金<sup>2</sup>

(1 中国林业科学研究院 经济林研究开发中心, 河南 郑州 450003; 2 芷江侗族自治县农技推广中心粮油技术推广站, 湖南 芷江 419100)

**【摘要】**【目的】探索‘优一’杏花芽分化及内源激素含量的变化与花期的关系, 解决仁用杏休眠期短、花期早的问题。【方法】以抗寒、抗旱、丰产的仁用杏优良品种‘优一’为材料, 采用石蜡切片法对其花芽进行解剖观察, 用高效液相色谱法对休眠花芽、萌动花芽内源激素含量进行测定。【结果】‘优一’7月中旬进入花芽分化初期, 7月下旬至8月中旬达到分化高峰期, 9月初进入雌、雄蕊原基分化期, 之后花芽内花瓣、花萼等器官仍继续增长, 且雌、雄蕊原基进行进一步的组织分化。12月中下旬即进入休眠前, 已形成子房、花柱和柱头以及蝶形花药。次年1月底休眠结束后, 雌、雄配子体继续发育, 逐渐形成花粉粒和胚珠。‘优一’休眠花芽中的  $GA_3$  和 IAA 含量在自然休眠解除前后, 呈现“上升-下降-上升”的变化趋势, 而 ABA 则呈现先上升后下降的变化趋势。IAA 含量在花芽萌动前后基本不变, ABA 含量呈现先下降后上升的变化趋势。【结论】‘优一’花期早、性器官发育也早于其他果树。ABA 是‘优一’花芽休眠的促进物,  $GA_3$  则是花芽休眠解除的促进物, IAA 未直接对休眠的解除起作用。

**【关键词】** ‘优一’; 花芽分化; 内源激素; 休眠花芽; 萌动花芽

**【中图分类号】** S662.201

**【文献标志码】** A

**【文章编号】** 1671-9387(2017)06-0170-07

## Relationship between flower bud differentiation and change of endogenous hormone of ‘Youyi’ during dormancy period

SONG Cai<sup>1</sup>, YIN Mingyu<sup>1</sup>, JIANG Zhongmao<sup>1</sup>, LI Hui<sup>1</sup>, WUYUN Tana<sup>1</sup>, SONG Jijin<sup>2</sup>

(1 The Eucommia Engineering Research Center of State Forestry Administration, Zhengzhou, Henan 450003, China;

2 Grain and Oil Technology Extending State of Zhijiang Dong Autonomous County, Zhijiang, Hunan 419100, China)

**Abstract:** 【Objective】 This study investigated the correlation between flower bud differentiation and endogenous hormones change with flowering to solve the problem of short bud dormancy and early blossom of kernel-apricot. 【Method】 The paraffin cross section method and high performance liquid chromatography (HPLC) were used to observe the flower bud morphological differentiation and measure the endogenous hormone levels of dormant flower bud and stirring flower bud of ‘Youyi’. 【Result】 ‘Youyi’ entered the early differentiation stage in middle July and reached differentiation peak in late July to middle August. Stamen and pistil differentiation stage began in early September. Petals and calyx continued growing and stamen primordium and pistil primordium kept tissue differentiation. In middle to late December before dormancy, ovary, style, stigma, and butterfly anther formed already. After dormancy in the end of January of the following year, male and female gametophytes continued developing and formed pollen and ovule gradually. The contents of  $GA_3$  and IAA in dormant flower bud of ‘Youyi’ showed the variation trend of in-

**【收稿日期】** 2016-03-04

**【基金项目】** ‘十二五’国家科技支撑计划项目(2013BAD14B02)

**【作者简介】** 宋 猜(1991—), 女(侗族), 湖南怀化人, 硕士, 主要从事经济林栽培与育种研究。E-mail: songcai91@sina.com

**【通信作者】** 乌云塔娜(1975—), 女(蒙古族), 内蒙古通辽人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事经济林育种与栽培研究。

E-mail: tanatanan@163.com

crease-decrease-increase, while ABA content reduced after increasing. Before and after flower bud stirring, IAA content did not change while ABA content increased after reducing. 【Conclusion】 ‘Youyi’ is early blossom, and the development of sexual organ is also earlier than other fruit trees. ABA was the promoting material for dormancy of ‘Youyi’ flower bud,  $GA_3$  promoted dormancy breaking, and IAA had no effect on dormancy release directly.

**Key words:** ‘Youyi’; flower bud differentiation; endogenous hormone; dormancy flower bud; stirring flower bud

杏品种‘优一’由河北蔚县选育,其花期及果熟期比‘龙王帽’迟 2~3 d,是抗寒、抗旱、丰产的优良品系,花期内能抵御短时-6℃低温。王飞等<sup>[1]</sup>对包括‘优一’在内的 25 个杏品种的花器官耐寒性进行研究发现,各品种在盛花期可抗-3~-6℃低温,可见‘优一’抗寒性能极佳,且杏仁口感好、香甜、核薄<sup>[2-3]</sup>。

仁用杏(*Armeniaca vulgaris* Lam.)休眠期短,开花早,易遭受晚霜危害,其开花期一直是生产上尤为关注的问题<sup>[4]</sup>,且一般开花早的品种遭受寒害严重,而晚花品种则能躲过寒冷或仅有部分花在寒害来临时开放,因此受冻害程度较轻<sup>[5]</sup>。花芽分化和自然休眠是影响仁用杏开花期的 2 个主要因素,其中花芽分化是开花的先决条件,也是果实产量与品质的主要决定性因素<sup>[6]</sup>,且花芽形态分化起始时间的早晚决定了开花时间的早晚<sup>[7]</sup>;自然休眠是杏树的遗传特性,自然休眠时间长短也是调控花期的重要因子,休眠期短的花芽分化起始时间早,花期也早<sup>[8]</sup>,在此过程中内源激素对花芽休眠与萌发也发挥显著的调控作用。目前,对杏花芽分化的研究已经比较成熟,李 滢生等<sup>[9]</sup>早在 1986 年就开展了对‘兰州大接杏’的花芽分化研究工作;2000 年张国良等<sup>[10]</sup>对极早熟品种‘骆驼黄’进行了花芽分化研究;2001 年李利红和马锋旺<sup>[11]</sup>开展了对‘兰州大接杏’和‘龙王帽’的花芽分化进程研究;2007 年刘立强等<sup>[12]</sup>研究了几个新疆杏品种的花芽分化;2009 年刁永强等<sup>[13]</sup>开展了新疆野生杏花芽形态分化的研究。对比以上研究结果发现,花芽分化进程因品种和生态地理位置差异而不同。有关植物休眠芽激素的变化与休眠解除的研究也较多,如朱永亮等<sup>[14]</sup>在 1990 年研究了模式植物杨树,分析了其花芽在休眠及解除过程中内源激素的动态变化;2014 年袁燕波等<sup>[15]</sup>研究了芍药休眠芽发育进程中内源激素的变化;2015 年高庆玉等<sup>[16]</sup>对树莓果实与休眠芽生长过程中内源激素含量的变化进行了研究。综合这些研究结果可知,ABA 的积累可加速休眠; $GA_3$  能促进休

眠解除;但是 IAA 对休眠的作用因物种不同而有别,对杨树不直接参与休眠调控,对树莓具促进休眠解除作用,对芍药则可在休眠前提供能量,休眠结束后促进花芽生长。因此,本研究以‘优一’为试材,了解仁用杏花芽分化的进程、雌雄配子体的发育特性,探索内源激素与休眠花芽休眠解除及萌动的关系,旨在为调控仁用杏的花芽分化及休眠提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材 料

用于花芽分化特性研究的仁用杏‘优一’采自中国林业科学研究院经济林研究开发中心原阳试验基地,于 2014-05-11—07-04,每隔 5~7 d 取样 1 次,2014-07-04—09-10,每隔 3 d 密集取样,2014-09-10—2015-02-10,每隔 10~15 d 取样 1 次,2015-03-04(花芽露红期)取样 1 次。每次采集的花芽用 FAA 固定液保存。

用于内源激素提取与测定的花芽材料采自内蒙古赤峰市喀喇沁旗锦山镇,选取 2 株长势相似的‘优一’,于 2014-03-17(生态休眠期)、04-02(萌动期)、04-12(露红期)采取花芽,测 IAA 和 ABA 含量;于 2014-10-15—2015-01-15,每隔 1 个月采 1 次样,2015-01-15—03-27,每隔 10 d 采 1 次样,采样时从每株植株东、西、南、北 4 个部位,各选 2 根枝条取花芽并等量混合,测  $GA_3$ 、IAA 和 ABA 含量,分析其动态变化。

### 1.2 方 法

参照帅焕丽<sup>[17]</sup>的改良石蜡切片方法,用采集的花芽材料制片,切片厚度 8~12  $\mu\text{m}$ ,使用番红-固绿二重染色,加拿大中性树胶封片,镜检并拍照,分析花芽分化特性。

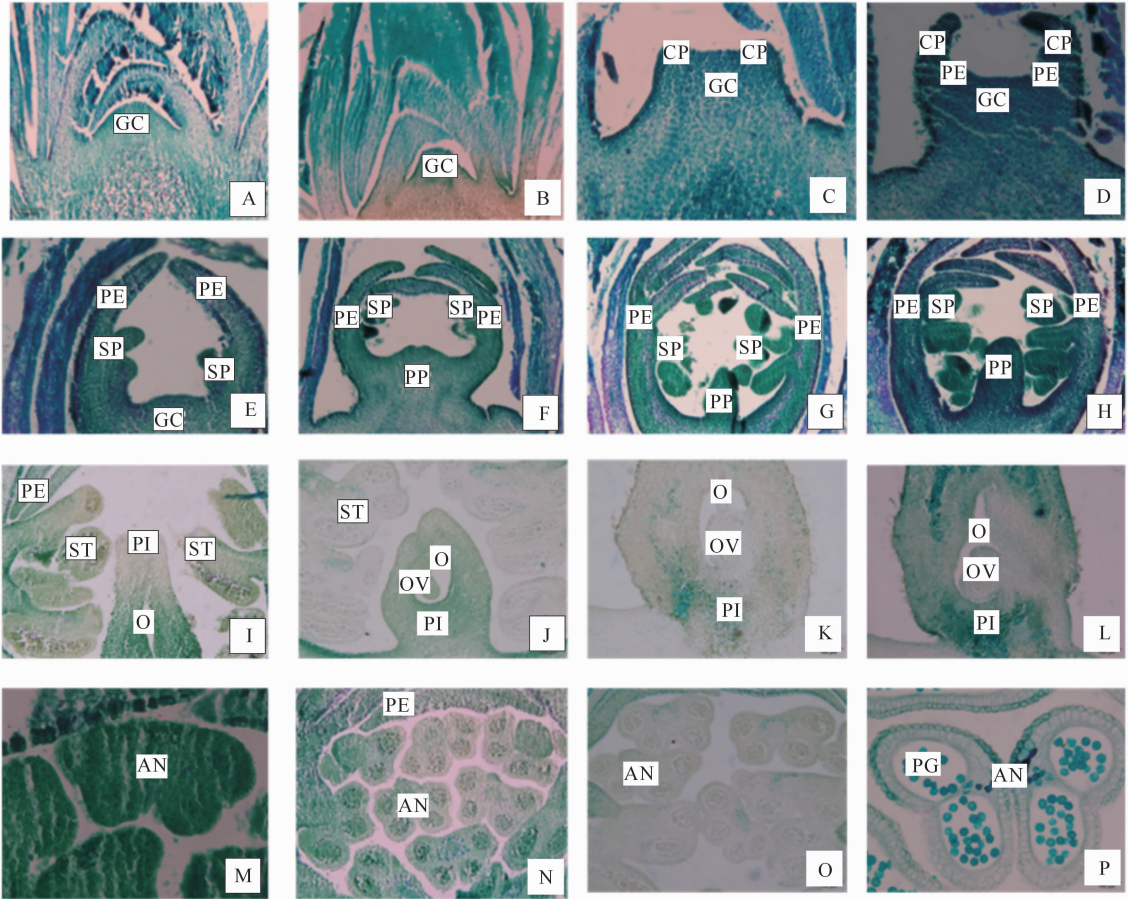
参照张立民<sup>[18]</sup>的方法,测定内源激素(IAA、 $GA_3$ 、ABA)含量,各时期采集的花芽样品设 2 个生物学重复,取平均值,分析内源激素变化规律。

2 结果与分析

2.1 ‘优一’花芽形态分化特征

2.1.1 未分化期 通过对仁用杏‘优一’不同时期的花芽制片镜检(图 1)发现,7 月上旬,花芽均未进入分化期,此时芽鳞片紧抱生长点,生长点尖且较狭

小,该时期终止时间为 8 月上旬(图 1-A)。2.1.2 分化初期 最早出现在 7 月中旬,7 月下旬达到高峰期,一直持续到 8 月中旬(图 1-B),紧抱生长点的芽鳞片有些许松动,芽内生长点变宽,向上隆起,顶端由椭圆变扁平。



A. 未分化期,纵切面,×10;B. 分化初期,纵切面,×10;C. 花萼分化期,纵切面,×20;D. 花瓣分化期,纵切面,×20;E. 雄蕊原基分化期,纵切面,×20;F. 雌蕊原基分化期,纵切面,×10;G—H. 雌蕊原基伸长,×10;I. 子房出现,柱头膨大,纵切面,×10;J—L. 胚珠出现,纵切面,×10;M—O. 花药的出现与发育,纵切面,×40(M),×10(N,O);P. 花粉的产生,纵切面,×10。  
GC. 生长锥;CP. 花萼原基;PE. 花瓣原基;SP. 雄蕊原基;PP. 雌蕊原基;ST. 雄蕊;PI. 雌蕊;O. 子房;OV. 胚珠;AN. 花药;PG. 花粉  
A. Vegetative stage,vertical section,×10;B. Initial differentiation stage,vertical section,×10;C. Sepal primordiar differentiation stage,vertical section,×20;D. Petal differentiation stage,vertical section,×20;E. CaipeI primordia differentiation stage,vertical section,×20;F. Pistil primordia differentiation stage,vertical section,×10;G—H. Cappel primordia elongate,vertical section,×10;I. Ovary appeared, stigma swell,vertical section,×10;J—L. Ovule appeared,vertical section,×10; M—O. Anther appeared and development,vertical section,×40(M),×10(N,O);P. Pollen grain appeared,vertical section,×10. GC. Growing tip;CP. Calyx primordium;PE. Petal primordium; SP. Stamen primordium;PP. Pistil primordium;ST. Stamen;PI. Pistil;O. Ovary;OV. Ovule;AN. Anther;PG. Pollen grain

图 1 仁用杏‘优一’花芽形态分化的解剖观察

Fig. 1 Anatomical observation of flower buds morphological differentiation of kernel-apricot ‘Youyi’

2.1.3 花萼分化期 花芽周围的芽鳞片松开生长点,此时生长点继续变宽、变大,顶端由扁平逐渐分化出两端突起,中心相对两端向内凹,两侧的突起即为花萼原基。该时期最早出现在 8 月上旬,一直持续到 9 月初(图 1-C)。

2.1.4 花瓣分化期 该时期从 8 月下旬开始,一直延续到 9 月中旬(图 1-D)。随着花萼原基的伸长,在其内侧相继产生新的突起,这些突起即为花瓣原基。从花瓣分化期过渡到雄蕊分化期,进程很快。2.1.5 雄蕊原基分化期 该时期最早出现在 9 月

初,可延续到 9 月下旬(图 1-E)。此时在花瓣原基的内侧逐渐产生多个新的突起,即为雄蕊原基。

2.1.6 雌蕊原基分化期 该时期发生时间与雄蕊分化期大体相同,最早发生在 9 月初,花芽生长点中心底部出现一个突起,向上生长,即为雌蕊原基。雌蕊原基逐渐伸长长大,长到一定长度就开始进入性器官分化(图 1-F-H)。

2.2 ‘优一’花芽性器官的分化特点

雄、雌蕊原基形成后,花芽内各器官继续膨大发育并进行进一步的组织发育。2014 年 10 月中旬,雌蕊原基基部开始形成子房且上部伸长形成花柱与柱头(图 1-I)。2014 年 10 月上旬至 12 月中下旬,雄蕊原基体积增大,花药原基发育形成蝶形四室或二室花药,且四室/二室的各角逐渐分化出孢原细胞及造孢组织出现分化,继续发育成花粉囊(图 1-M-N)。此后,花芽进入休眠期,直至 2015 年 1 月底,雄蕊开始继续发育,花粉囊中造孢细胞与药室内壁、绒毡层逐渐分离,进入花粉母细胞时期和二分体时期(图 1-O),花芽进入露红期时,花粉囊中已经含有很多成熟花粉(图 1-P)。1 月底,雌蕊子房内形成胚珠,继续分化形成内外珠被,花芽露红期大量内外珠被分化完毕,形成成熟胚珠(图 1-J-L)。

2.3 ‘优一’休眠芽中 3 种内源激素含量的动态变化

如图 2 所示,仁用杏品种‘优一’休眠芽中的 GA<sub>3</sub> 和 IAA 含量呈现“上升-下降-上升”的变化趋

势,而 ABA 含量则呈现先上升后下降的变化趋势。休眠芽于 2014-12-15 之前,即自然休眠之前,体积仍有所增大,GA<sub>3</sub>、IAA、ABA 含量均有所增加,其中 GA<sub>3</sub> 含量急剧增长,并于 12-15 达到最大值,为 6 517.78 ng/g;IAA 含量增长较缓慢;ABA 含量增幅最小。之后,休眠芽进入自然休眠,GA<sub>3</sub> 含量急剧下降,于 2015-02-05 降到最低值,为 2 881.27 ng/g,02-05 之后,GA<sub>3</sub> 含量明显增加,02-15 后又逐渐下降;进入自然休眠后,ABA 含量急剧增加,于 02-05 达最大值,为 744.5 ng/g,02-05 之后有所减少。在此期间,ABA 与 GA<sub>3</sub> 的变化趋势截然相反,即 02-05 之前,ABA 含量逐渐上升,GA<sub>3</sub> 含量逐渐下降;而 02-05 之后,ABA 含量逐渐下降,GA<sub>3</sub> 含量逐渐上升;因 ABA 抑制生长、促进休眠,而 GA<sub>3</sub> 则促进生长、抑制休眠,因此可推断 02-05 之后,花芽自然休眠开始解除。而 IAA 含量在 2014-12-15 之后仍在增加,且趋势明显,于 01-15 达最大值,为 3 415 ng/g,这可能是因为休眠芽为了安全越冬、抵御寒冷气候而积累营养物质和能量,01-15 之后,IAA 含量又急剧减少,02-15 后才有明显增长,增长时间晚于 GA<sub>3</sub>,这说明 IAA 可能没有直接对休眠解除起明显作用,而是作用于休眠解除之后;随着花芽自然休眠解除,GA<sub>3</sub>、IAA 含量都出现一小段时间增加,之后逐渐下降的现象,这可能是因为外界环境温度较低,使花芽进入了强迫休眠阶段。

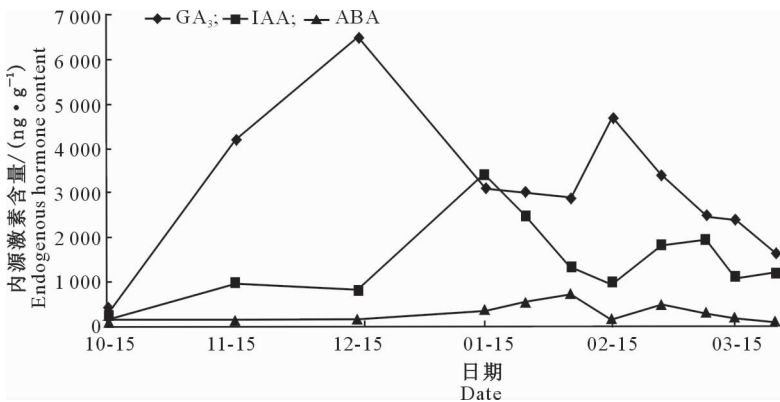


图 2 ‘优一’休眠芽中 3 种内源激素含量的动态变化

Fig. 2 Changes in contents of three endogenous hormone in dormant buds of ‘Youyi’

2.4 ‘优一’休眠芽中 3 种内源激素含量比值的变化

从图 3 可以看出,‘优一’休眠芽中 GA<sub>3</sub>/IAA 和 IAA/ABA 的值变化幅度不大,一直处于相对较平稳的状态,而 GA<sub>3</sub>/ABA 值在进入自然休眠至休眠解除期间,变化幅度特别大,呈现出先下降后上升

的趋势,即 2014-12-15 进入自然休眠后 GA<sub>3</sub>/ABA 值急剧下降,2015-02-05 自然休眠解除后又急剧上升。

2.5 ‘优一’花芽萌动前后 IAA、ABA 含量的动态变化

如表 1 所示,在仁用杏‘优一’花芽萌动前后

IAA 含量基本不变,说明在此期间其对花芽萌动没有发挥作用。ABA 含量呈现“V”字型的变化趋势,即先下降后上升,在临近花芽萌动期(04-02),ABA 含量急剧下降,达到最低值184.93 ng/g,说明 ABA 对花芽萌发的抑制作用显著减弱;花芽萌动后,

ABA 含量有缓慢上升趋势,其对花芽萌发的抑制作用较萌动期增强。因 IAA 是花芽萌发促进物,ABA 是花芽萌发抑制物,从两者比值的变化趋势可以看出,花芽萌动前 IAA 促进萌发的作用比花芽萌动后强。

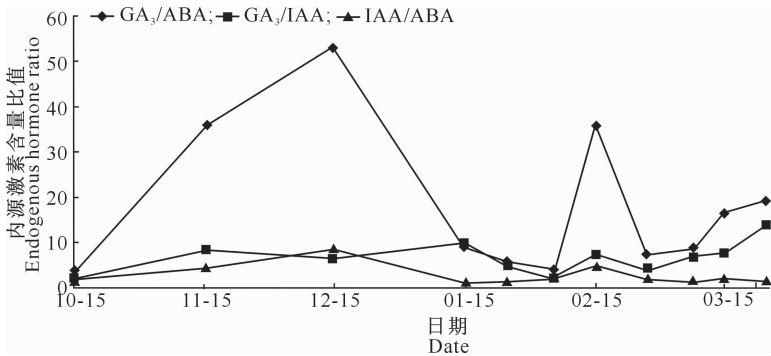


图 3 ‘优一’休眠芽中 3 种内源激素含量比值的变化

Fig. 3 Changes in ratios of three endogenous hormone of ‘Youyi’ dormant buds

表 1 ‘优一’花芽萌动前后 IAA、ABA 含量及比值的变化

Table 1 Changes of two endogenous hormone contents and ratios of buds before and after sprouting of ‘Youyi’

| 日期<br>Date | IAA 含量/(ng·g <sup>-1</sup> )<br>IAA content | ABA 含量/(ng·g <sup>-1</sup> )<br>ABA content | IAA/ABA<br>Ratio of IAA to ABA |
|------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------|
| 03-17      | 13.55                                       | 542.10                                      | 0.025                          |
| 04-02      | 13.04                                       | 184.93                                      | 0.071                          |
| 04-12      | 8.84                                        | 243.94                                      | 0.036                          |

3 讨 论

本研究通过对‘优一’花芽进行花芽分化特性研究发现,其分化进程可分为 6 个时期,分别为未分化期、分化初期、花萼分化期、花瓣分化期、雄蕊原基分化期和雌蕊原基分化期。花芽分化过程中会出现分化不同步的现象,即不同分化时期出现重叠,但会有分化高峰期。如‘优一’花芽的未分化时期一直延续到 8 月上旬,7 月中旬进入分化初期,7 月下旬至 8 月中旬达到分化高峰期,9 月初进入雌、雄蕊原基分化期,之后花芽内花瓣、花萼等器官仍继续增长,且雌、雄蕊原基进行进一步的组织分化;在 12 月中下旬进入自然休眠前,花芽心皮原基已分化形成子房,向上伸长生长形成花柱和柱头,雄蕊原基分化形成蝶形花药,且四室/二室的各角逐渐分化出孢原细胞,造孢组织开始分化而发育成花粉囊;次年 1 月底结束自然休眠后,雌雄配子体继续发育,逐渐形成花粉粒和胚珠。目前对杏雌雄配子体发育特点的研究不详细,李 滢生等<sup>[9]</sup>、李利红等<sup>[10]</sup>的研究发现,‘龙王帽’的胚珠于 10 月下旬即休眠期前形成,而‘优一’的胚珠于休眠期结束后形成,且‘优一’雄配子体的发育也晚于‘龙王帽’。‘优一’的雌、雄配子体发

育较其他品种晚,则在休眠前体内的营养物质消耗相对较少,因此体内可供休眠越冬的营养物质就较其他品种多,所以雌、雄配子体发育晚可能与‘优一’的抗寒特性有一定关系。

虽然大多数落叶果树的花芽分化多出现在前一年夏、秋季,入冬前完成形态分化,第二年休眠解除后进行性器官分化后开花结实<sup>[19]</sup>,但杏却是在休眠前进行性器官分化,休眠解除后继续完成性器官的分化,这可能是杏树花期早的主要原因。江雪飞<sup>[8]</sup>对河南漯河地区观赏桃花芽分化的观察结果显示,‘白山碧桃’是开花最早的品种,且其分化最早,雌、雄蕊的发育特别是雄配子体的发育远早于普通桃,这为其早花奠定了生物学基础。进一步将江雪飞<sup>[8]</sup>的研究与本研究比较可知,观赏桃与‘优一’形态分化起始时间有所差异而其他阶段大致相同,性器官分化时间差异很大,‘优一’明显早于观赏桃。其中观赏桃花分化初期开始于 7 月底,而‘优一’分化初期始于 7 月中旬;观赏桃花雄配子体形成期为 12 月上旬—3 月上旬,雌配子体形成期为 3 月上旬—1 月开,而‘优一’雄配子体形成期为 10 月上旬—1 月底,雌配子体形成期为 1 月底—1 月开,说明性器官发育早晚对花期早晚具有决定性的作用。

有研究表明,植物休眠的起始、终止及休眠各阶段的变化均由激素调控,且与多种激素平衡有关<sup>[20]</sup>,多种激素间的平衡关系变化比单一激素绝对水平对休眠解除的影响更显著<sup>[21]</sup>。GA<sub>3</sub>、ABA、IAA在休眠芽自然休眠、花芽萌动期间发挥着不同的作用,其中GA<sub>3</sub>和ABA对芽休眠解除与萌发具有重要作用<sup>[21-22]</sup>。ABA是休眠促进物,能调节自然休眠的启动<sup>[23-27]</sup>,对诱导和维持芽休眠有至关重要的作用<sup>[28-29]</sup>,随着冷温的逐渐积累,ABA的含量明显减少导致休眠解除<sup>[30]</sup>;同时ABA也是萌发抑制物,它的作用与激素平衡有很大关系。有研究发现,芽鳞片富含ABA,人为剥掉芽鳞片后ABA/GA<sub>3</sub>比值降低,从而促进芽萌发<sup>[31]</sup>。GA<sub>3</sub>是休眠抑制物,能抑制芽休眠,促进芽萌发,也能够代替低温促进内休眠解除<sup>[32]</sup>。IAA含量在休眠解除期间虽会增加,但并不直接调控休眠解除<sup>[33]</sup>。

本研究发现,在‘优一’休眠芽进入自然休眠前,花芽体积有所增大,GA<sub>3</sub>、ABA、IAA含量增加,但ABA含量增加不明显,IAA含量增长趋势缓慢,说明GA<sub>3</sub>对‘优一’休眠芽生长的促进作用最显著。随着休眠芽进入自然休眠,GA<sub>3</sub>含量下降趋势显著,而IAA含量显著上升、ABA含量大幅增加,分析认为IAA含量增加有助于休眠芽安全越冬,为抵御寒冷气候而积累营养物质和能量,ABA则可促进休眠芽进入自然休眠,从而提高休眠芽对寒冷环境的抵御能力。在休眠芽自然休眠解除期间,GA<sub>3</sub>含量急剧增加、ABA含量下降,说明GA<sub>3</sub>可促进自然休眠的解除,ABA则反之,而IAA含量的上升晚于GA<sub>3</sub>,证明GA<sub>3</sub>是休眠抑制物和芽萌发促进物,ABA是休眠促进物和芽萌发抑制物;IAA没有直接对休眠解除发挥作用,而是在休眠解除后发挥作用,这与Sauter等<sup>[33]</sup>、陈新露等<sup>[34]</sup>的研究结果一致。休眠解除期过后,ABA含量趋于平缓,但是GA<sub>3</sub>、IAA含量逐渐下降,这可能是因外界的低温环境,使花芽进入强迫休眠阶段。从强迫休眠期(也叫生态休眠)—花芽萌动期,期间IAA含量基本不变,说明其对花芽萌发的调控作用不明显;ABA含量在萌动前逐渐下降,萌动后缓慢上升,说明其对花芽萌发的抑制作用在萌动前比萌动后弱。

综上所述,杏花期早可能与性器官发育早于其他落叶果树而加速了开花进程有关,且性器官发育晚有益于花芽营养物的积累而利于越冬。所以若能在性器官发育前采取相应措施延迟其性器官发育,不仅可推迟花期,也可增加抗寒性,有利于越冬。对

休眠芽内源激素含量的研究发现,ABA是仁用杏‘优一’花芽休眠的促进物,GA<sub>3</sub>则是花芽休眠解除的促进物,而IAA未直接对休眠解除起作用。通过探索萌动芽内源激素含量及比值的变化发现,ABA在花芽萌动前后发挥重要作用,而IAA在此期间作用微弱。这一结论为通过施用外源激素来延长仁用杏花期提供了理论依据,比如在休眠解除前喷施外源ABA即可延长休眠,或者在花芽萌动前喷施ABA能抑制花芽萌发等。芽的休眠虽由内源激素调控,但通过改变外部环境因素也可间接调节内部激素的合成与运输,从而影响休眠<sup>[35]</sup>。但本试验只涉及内源激素,研究了其动态变化规律,分析了激素对花芽休眠的有关影响,至于外部环境对芽的休眠调控作用还有待进一步研究。

## [参考文献]

- [1] 王 飞,王 华,陈登文,等.杏品种花器官耐寒性研究[J].园艺学报,1999,26(6):356-359.  
Wang F, Wang H, Chen D W, et al. The research of flower organ cold tolerance about apricot varieties [J]. Acta Horticulturae Sinica, 1999, 26(6): 356-359.
- [2] 魏安智.仁用杏生殖器官发育过程中抗寒生理机理研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2006.  
Wei A Z. Cold resistance mechanism and anti-frost substances selection of *Prunus armeniaca* [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University, 2006.
- [3] 张加延,张 钊.中国果树志·杏卷[M].北京:中国林业出版社,2003:42-43.  
Zhang J Y, Zhang Z. Chinese fruit trees. Apricot volume [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2003: 42-43.
- [4] 郑 洲,陈学森,李玉晖.杏树营养与生殖生物学研究进展[J].西北农业学报,2003,12(1):84-89.  
Zheng Z, Chen X S, Li Y H. Recent advance in researches of the nutrition and reproductive biology of apricot [J]. Acta Agricultural Boreali-occidentalis Sinica, 2003, 12(1): 84-89.
- [5] 岳 丹.杏树花芽发育进程及内源激素变化与抗寒性关系的研究[D].兰州:甘肃农业大学,2008.  
Yue D. Study on the relationship between changes of endogenous hormone and cold-resistance of *Armeniaca vulgaris* in lower bud differentiation [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2008.
- [6] 何 见,蒋丽娟,李昌珠,等.光皮树花芽分化的形态和解剖特征观察[J].植物资源与环境学报,2009,18(2):57-61.  
He J, Jiang L J, Li C Z, et al. Observation of morphological and anatomical characteristics of *Swida wilsoniana* flower bud during differentiation process [J]. Journal of Plant Resources and Environment, 2009, 18(2): 57-61.
- [7] 帅焕丽.不同杏品种花芽分化特性及内源多胺的变化[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2011.

- Shuai H L. Study on the flower bud differentiation and the change of endogenous polyamines in different apricot varieties [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University, 2011.
- [8] 江雪飞. 观赏桃花设施栽培的花期调控及花芽分化特性的研究 [D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2003.
- Jiang X F. Study on blooming date regulation of ornamental peaches under protected culture and the characteristics of flower bud differentiation [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University, 2003.
- [9] 李滢生, 黄 郊, 霍天喜, 等. 杏花芽分化观察 [J]. 园艺学报, 1986, 13(1): 68-70.
- Li Y S, Huang J, Huo T X, et al. Observation of apricot blossom bud differentiation [J]. Acta Horticulturae Sinica, 1986, 13(1): 68-70.
- [10] 张国良, 张林平, 郭艳秋, 等. 极早熟品种骆驼黄杏花芽分化观察 [J]. 河北林业果树研究, 2000, 15(3): 249-252.
- Zhang G L, Zhang L P, Guo Y Q, et al. Observation on flower bud differentiation of aprecocious aporicot variety: Luotuo-huang [J]. Hebei Journal of Forestry and Orchard Research, 2000, 15(3): 249-252.
- [11] 李利红, 马锋旺. 杏不同品种花芽分化的解剖学观察 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2001, 29(2): 105-108.
- Li L H, Ma F W. The anatomic observation of flower bud differentiation on different varieties of apricot [J]. Journal of Northwest A&F University (Nat Sci Ed), 2001, 29(2): 105-108.
- [12] 刘立强, 秦 伟, 廖 康, 等. 若干新疆杏品种花芽形态分化研究 [J]. 新疆农业科学, 2007, 44(5): 557-560.
- Liu L Q, Qin W, Liao K, et al. Study on the floral morpho differentiation of some apricot cultivars in Xinjiang [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2007, 44(5): 557-560.
- [13] 刁永强, 廖 康, 许 正, 等. 新疆野生杏花芽形态分化初步研究 [J]. 新疆农业大学学报, 2009, 32(1): 43-46.
- Diao Y Q, Liao K, Xu Z, et al. Primary study on the flower bud morphological differentiation of wild apricot in Xinjiang [J]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2009, 32(1): 43-46.
- [14] 朱永亮, 吴贯明. 杨树芽休眠及其解除过程中内源激素的动态分析 [J]. 南京林业大学学报, 1990, 14(1): 7-15.
- Zhu Y L, Wu G M. The dynamic analysis about endogenous hormones in the process of *Poplar* bud dormancy and its release [J]. Journal of Nanjing Forestry University, 1990, 14(1): 7-15.
- [15] 袁燕波, 王历慧, 于晓南, 等. 芍药休眠芽发育进程内源激素变化研究 [J]. 浙江农业学报, 2014, 26(1): 54-60.
- Yuan Y B, Wang L H, Yu X N, et al. Comparative analysis of endogenous hormones during dormant bud development of Chinese herbaceous peony [J]. Acta Agricultural Zhejiangensis, 2014, 26(1): 54-60.
- [16] 高庆玉, 闫 超, 张丙秀, 等. 树莓果实与休眠芽生长过程中内源激素含量变化研究 [J]. 东北农业大学学报, 2015, 46(1): 19-25.
- Gao Q Y, Yan C, Zhang B X, et al. Study on the variation of endogenous hormone content during the growth of raspberry fruit and dormant bud [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2015, 46(1): 19-25.
- [17] 帅焕丽. 杏花芽石蜡切片方法的改良 [J]. 果树学报, 2011, 28(3): 536-539.
- Shuai H L. A modified technique of paraffin section for apricot flower buds [J]. Journal of Fruit Science, 2011, 28(3): 536-539.
- [18] 张立民. 板栗二次结实调控技术研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2007.
- Zhang L M. Study on the regulation technology of secondary bearing of *Castanea mollissima* Bl. [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2007.
- [19] 桂明珠, 王慧生, 谭 余, 等. 黑穗醋栗花芽分化的初步观察 [J]. 东北农学院学报, 1985(1): 41-48.
- Gui M Z, Wang H S, Tan Y, et al. Preliminary observation of black currant bud differentiation [J]. Journal of Northeast Agricultural College, 1985(1): 41-48.
- [20] Seeley S D, Damavandy H, Anderson J L. Autumn-applied growth regulators influence leaf retention, bud hardiness, bud and flower size, and endodormancy in peach and cherry [J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1992, 117(2): 203-208.
- [21] 高东升. 果树芽休眠 [M]//李天忠, 张志法. 现代果树生物学 北京: 科学出版社, 2008: 39-53.
- Gao D S. Dormancy of fruit trees [M]//Li T Z, Zhang Z F. Morden fruit biology. Beijing: Science Press, 2008: 39-53.
- [22] 王海波, 高东升, 王孝娣, 等. 赤霉素和脱落酸与桃芽自然休眠诱导 [J]. 果树学报, 2006, 23(4): 599-601.
- Wang H B, Gao D S, Wang X D, et al. Role of gibberellin and abscisic acid in peach bud endodormancy induction [J]. Journal of Fruit Science, 2006, 23(4): 599-601.
- [23] Corbineau F, Come D. Dormancy of cereal seeds as related to embryo sensitivity to ABA and water potential [M]//Viémont J D, Grabbe J. Dormancy in plants-from whole plant behavior to cellular control. Wallingford, UK: CABI Press, 2000: 183-191.
- [24] Gilmour S J, Thoma show M F. Cold acclimation and cold-regulated gene expression in ABA mutants of *Arabidopsis thaliana* [J]. Plant Molecular Biology, 1991, 17(6): 1233-1240.
- [25] 李晓东, 陆 岷, 于 燕. 休眠‘蔡家坡’蒜内源激素水平的变化规律 [J]. 园艺学报, 1996, 23(2): 150-154.
- Li X D, Lu G Y, Yu Y. Effect of endogenous houmones on the dormancy of garlic (*Allium sativum* L.) [J]. Acta Horticulturae Sinica, 1996, 23(2): 150-154.
- [26] 王 建, 王九龄, 魏 刚, 等. 银杏种子生长、脱落及其与激素含量变化的关系 [J]. 林业科学研究, 2001, 14(1): 106-109.
- Wang J, Wang J L, Wei G, et al. Ginkgo biloba's seeds grow, fall off and its relationship with the changes of endogenous hormone levels [J]. Forest Research, 2001, 14(1): 106-109.

Genetics,2003,107(5):864-874.

[18] Sun X W, Liu D Y, Zhang X F, et al. SLAF-seq: an efficient method of large-scale de novo SNP discovery and genotyping using high-throughput sequencing [J]. PLoS One, 2013, 8 (3):1-9.

[19] Jiao Y, Zhao H, Ren L, et al. Genome-wide genetic change during modern breeding of maize [J]. Nature Genetic, 2012, 44(7):812-815.

[20] Abe A, Kosugi S, Yoshida K, et al. Genome sequencing reveals agronomically important loci in rice using MutMap [J]. Nature Biotechnology, 2012, 30(2):174-178.

[21] Takagi H, Abe A, Yoshida K, et al. QTL-seq: rapid mapping of quantitative trait loci in rice by whole genome resequencing of DNA from two bulked population[J] Plant Journal, 2013, 74(1):174-183.

[22] 王柏柯, 杨生保, 余庆辉, 等. 加工番茄种质资源的 SSR 分析 [J]. 植物遗传资源学报, 2014, 15(1):196-200.

Wang B K, Yang S B, Yu Q H, et al. Genetic analysis of processing tomato germplasms by SSR markers [J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2014, 15(1):196-200.

[23] 郭艳萍, 张改生, 程海刚, 等. 小麦粘类 CMS 育性恢复基因 SSR 分子标记与定位 [J]. 核农学报, 2009, 23(5):729-736.

Guo Y P, Zhang G S, Cheng H G, et al. Mapping of fertility restoring gene for male sterility with *Ae. kotschy*, *Ae. Variabilis*, *Ae. ventricosa* cytoplasm by using SSR markers in wheat [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2009, 23 (5):729-736.

[24] Trick M, Adamski N M, Mugford S G, et al. Combining SNP discovery from next-generation sequencing data with bulked segregant analysis(BSA) to fine-map genes in polyploidy wheat [J]. BMC Plant Biology, 2012, 12:14.

[25] Zhu C S, Gore M, Edward S, et al. Status and prospects of association mapping in plants [J]. The Plant Genome, 2008, 1: 5-20.

[26] Rafalski A. Applications of single nucleotide polymorphisms in crop genetics [J]. Current Opinion in Plant Biology, 2002, 5 (2):94-100.

(上接第 176 页)

[27] 夏 宁. 桃设施栽培几个技术及其原理的研究 [D]. 山东泰安: 山东农业大学, 1997.

Xia N. Several technique and its principle of peach planting [D]. Tai'an, Shandong: Shandong Agricultural University, 1997.

[28] Horvath D P, Anderson J V, Chao W S, et al. Knowing when to grow: signals regulating bud dormancy [J]. Trends Plant Sci, 2003, 8:534-540.

[29] Finkelstein R, Reeves W, Ariizumi T, et al. Molecular aspects of seed dormancy [J]. Annu Rev Plant Biol, 2008, 59: 387-415.

[30] Luo X, Yi J, Zhong X H, et al. Cloning, characterization and expression analysis of key genes involved in ABA metabolism in *Gladiolus cornels* during storage [J]. Sci Hortic-Amsterdam, 2012, 143:115-121.

[31] Delrio L A, Sandalio L M, Altamare D A, et al. Mitochondria and peroxisomal manganese superoxide dismutase: differential expression during leaf senescence [J]. Journal of Experimental Botany, 2003, 54(384):923-933.

[32] 刘 波, 郑国生, 赵海军. 不同低温时数对花芽解除休眠的影响 [J]. 山东农业科学, 2004(2):41-42.

Liu B, Zheng G S, Zhao H J. The influence of peony flower bud dormant release with different hours' low temperature [J]. Shandong Agricultural Sciences, 2004(2):41-42.

[33] Sauter A, Abrams S R, Hartung W. Structural requirements of abscisic acid (ABA) and its impact on water flow during radial transport of ABA analogues through aaize roots [J]. Journal of Plant Growth Regulation, 2002, 21(1):50-59.

[34] 陈新露, 韩 劲, 王莲英, 等. 牡丹冬季室内催花过程中内源激素含量的变化 [J]. 植物资源与环境, 1999, 8(4):42-46.

Chen X L, Han J, Wang L Y, et al. Changes of endogenous phytohormones in the course of forcing peony in greenhouse [J]. Journal of Plant Resources and Environment, 1999, 8(4): 42-46.

[35] 段成国, 刘焕芳, 李宪利. 内源激素对落叶果树芽休眠的调控 [J]. 河北果树, 2005(2):1-2.

Duan C G, Liu H F, Li X L. The endogenous hormone regulation of bud dormancy about deciduous fruit trees [J]. Hebei Fruits, 2005(2):1-2.