

# 内源 ABA 和 GA<sub>3</sub> 对欧洲甜樱桃花芽自然休眠的调控

段成国 李宪利\* 高东升\* 刘焕芳 李 萌

(山东农业大学园艺学院, 泰安 271018)

**摘 要:** 以 8 年生欧洲甜樱桃为试材, 采用液相色谱法分析了自然休眠期间花芽内源 GA<sub>3</sub> 和 ABA 含量变化及相关环境因子的影响。结果表明, 休眠期间, 花芽 ABA 含量呈先升后降的趋势, 11 月上旬达顶峰。GA<sub>3</sub> 含量变化与其相反, 休眠初期急剧下降, 11 月下旬达最低谷, 休眠解除期间含量不断上升。ABA/GA<sub>3</sub> 随休眠加深而升高, 随休眠解除而不断降低。低温 (5℃) 显著增加了 GA<sub>3</sub> 含量, 降低了 ABA 含量, 使 ABA 降低和 GA<sub>3</sub> 升高的时间提前, 较对照提早解除休眠。高温 (20℃) 则具有相反的作用, 变温 (5/20℃) 处理对休眠解除有一定作用, 但由于高温 (20℃) 对休眠解除的抵消作用, 其破眠效果不如持续低温 (5℃) 处理明显。落叶前遮荫处理使 GA<sub>3</sub> 含量稍有降低, 但对 ABA 影响不大。长光周期处理促进了 GA<sub>3</sub> 的合成, 抑制了 ABA 的生成, 从而抑制了休眠, 而短光周期处理显著提高了 ABA 的含量, 降低了 GA<sub>3</sub> 的含量。

**关键词:** 樱桃; 欧洲甜樱桃; 花芽; 休眠; ABA; GA<sub>3</sub>; HPLC

**中图分类号:** S 662.5    **文献标识码:** A    **文章编号:** 0513-353X (2004) 02-0149-06

## Studies on Regulations of Endogenous ABA and GA<sub>3</sub> in Sweet Cherry Flower Buds on Dormancy

Duan Chengguo, Li Xianli\*, Gao Dongsheng\*, Liu Huanfang, and Li Meng  
(Institute of Horticulture, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

**Abstract:** Changes of endogenous ABA, GA<sub>3</sub> content, ABA/GA<sub>3</sub> value in sweet cherry flower buds and effects of correlative environmental factors were investigated during dormancy on 8-year-old 'Jueze' (Лилемма) and 'Zao Hongbaoshi' (Рубиновая) sweet cherry trees with HPLC (High Performance Liquid Chromatography). It was found that ABA content rose steadily in primary stage and dropped in later stage during dormancy, and its maximum appeared at the begin of November. Contrary to ABA, GA<sub>3</sub> content dropped sharply in primary stage of dormancy and rose steadily during release of dormancy, its minimum appeared at the end of November. Moreover, ABA/GA<sub>3</sub> value rose with the deepening of dormancy and dropped with the release of dormancy. Temperature affected ABA and GA<sub>3</sub> content in dormant flower buds: low temperature (5℃) raised GA<sub>3</sub> content and reduced ABA content obviously, moreover, the time when ABA began to fall and GA<sub>3</sub> content began to rise advanced after low temperature treatment, which made flower buds release dormancy earlier than control. The effect of high temperature (20℃) was contrary to that of low temperature (5℃). Variable temperature (5/20℃) affected dormancy release slightly, but its effect was less remarkable than 5℃ treatment because of the counteract of 20℃. Overshadow treatment before defoliation could reduce GA<sub>3</sub> content slightly, but its effect on ABA content was little. The synthesis of GA<sub>3</sub> was promoted and synthesis of ABA was inhibited after long photoperiod treatment, contrary to that, short photoperiod treatment raised ABA content and reduced GA<sub>3</sub> content sharply.

**Key words:** Cherry; Flower buds; Dormancy; ABA; GA<sub>3</sub>; HPLC

近年来, 随着果树设施栽培的兴起, 早熟欧洲甜樱桃 (*Prunus avium* L.) 的较高经济效益使人们

收稿日期: 2003-09-02; 修回日期: 2003-11-03

基金项目: 国家 863 计划项目 (2001AA247041)

\* 通讯作者 Author for correspondence    E-mail: xlli@sdau.edu.cn

对提早成熟的期望越来越高。但自然休眠限制了欧洲甜樱桃促成栽培。对自然休眠进程进行有效的调控是目前果树设施栽培中亟待解决的问题。内源激素在落叶果树的自然休眠中起重要的调控作用, 涉及芽休眠的有 ABA、GA、IAA 和 CTK。对于植物激素与木本植物芽休眠的关系, 前人曾经以白蜡树、假挪威槭、桦木、美洲榆、糖槭、毛白杨、希蒙得木和榛等为材料进行过研究<sup>[1]</sup>, 但结果并不完全一致, 内源激素在芽休眠中的作用尚未完全阐明<sup>[2,3]</sup>。本试验通过分析欧洲甜樱桃休眠期间花芽中内源 ABA 和 GA<sub>3</sub> 含量及平衡变化, 以及环境因子如温度、光照等对内源 ABA 和 GA<sub>3</sub> 的影响, 探讨内源激素调控花芽自然休眠的机理, 为生产上人工打破自然休眠, 实现超早促成栽培提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验于 2002 年 9 月至 2003 年 4 月在山东农业大学教学基地果树示范园进行。材料为山东农业大学园艺学院 1995 年从乌克兰灌溉园艺所引进的欧洲甜樱桃品种‘抉择’(Jueze, Лилемма)和‘早红宝石’(Zao Hongbaoshi, Рубиновая), 以莱阳矮樱桃(*P. pseudocerasus* L.) 作砧木, 8 年生, 常规管理。

### 1.2 ABA 和 GA<sub>3</sub> 变化动态测定

2002 年 9 月 21 日至 2003 年 4 月 7 日, 每隔一定时间从生长势较为一致的树体中部花束状果枝上采集花芽, 每次采集 80 个, 迅速用冰瓶带回, 洗净擦干后放入液氮中冷冻 20 min, 然后置冰柜中( $\leq -20^{\circ}\text{C}$ )保存, 用于测定 ABA 和 GA<sub>3</sub>。

### 1.3 温度处理

于 11 月 9 日采集‘抉择’树体中部长势均一的 1 年生带花芽短枝, 每处理采 80 个枝条, 带回实验室放入含清水的塑料小桶中, 置于光照培养箱中培养, 温度设置  $5^{\circ}\text{C}$ 、 $20^{\circ}\text{C}$  和  $5/20^{\circ}\text{C}$  变温 3 个处理, 变温处理以 3 d 为 1 个周期, 以露地花芽为对照, 培养条件为光 10 ~ 12 h/暗 12 ~ 14 h (根据自然光照变化进行调整), 光照强度为  $1200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 每隔 1 d 换 1 次水。11 月 10 日至 12 月 7 日每隔 7 d 采集 1 次花芽, 共 5 次, 每处理每次 80 个花芽, 采集的花芽经液氮冷冻后, 放入冰柜中保存, 用于激素测定。剩余枝条用于萌芽率测定。

### 1.4 光照处理

光照处理分为光强和光周期两部分。光强处理采用遮荫法, 于‘抉择’树体上方架设遮阳网, 设 1 层遮阳网 (43.4% 自然光照)、2 层遮阳网 (21.3% 自然光照) 和对照 (100% 自然光照) 3 个处理, 每个处理 3 棵树。从 10 月 7 日开始, 每隔 7 d 从树体中部花束状短枝上采集花芽, 每次采 80 个花芽, 共采 5 次, 用冰瓶带回, 经液氮冷冻后, 放入低温冰箱保存待用。光周期处理在光照培养箱中进行, 于 10 月 6 日采集 1 年生带花芽短枝, 每个处理采 60 个枝条, 带回后置于含清水的塑料小桶中, 放入光照培养箱光照培养 (不限温), 设长光周期 (光 15 h/9 h 暗) 和短光周期 (光 9 h/暗 15 h) 两个处理, 光强  $1200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 以露地花芽为对照。从 10 月 7 日至 11 月 4 日按上述方法采集花芽, 经液氮冷冻后放入冰柜中保存, 用于激素测定。剩余枝条用作萌芽率测定。

### 1.5 自然休眠进程界定 (萌芽率) 试验

从 10 月 10 日开始, 每隔一定时间从‘抉择’和‘早红宝石’树体上采集生长势均一的带花芽枝条, 放入塑料小桶中进行清水培养, 每次取 30 ~ 40 个枝条, 每隔 2 d 换 1 次水, 将小桶置于水暖玻璃温室中 ( $12 \sim 25^{\circ}\text{C}$ ) 催芽, 定期观察萌芽状况, 当萌芽率超过 50% 时, 确定为已通过自然休眠。于 11 月 7 日从‘抉择’树体上采集经温度和光照处理的枝条按上述方法进行温室培养, 于 2 月 10 日统计各处理最终萌芽率。每处理取芽量 1000 ~ 1500 个。

### 1.6 激素提取及检测条件

测定激素时, 每个样品 3 次重复, 每个重复准确称取 2.0 g (15 ~ 20 个花芽), 用冷乙腈提取液 (含  $30 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  的抗氧化剂 - 二乙基二硫代氨基甲酸钠) 研磨至匀浆, 初步浸提, 置于  $4^{\circ}\text{C}$  冰箱过

夜。抽滤后, 提取液在 37~40℃ 下减压蒸干, 用 pH 8.0 的磷酸缓冲液和三氯甲烷洗涤溶解, 经 3 次分液除去色素, 弃掉氯仿相, 调 pH 8, 用聚乙烯吡咯烷酮 (PVPP) 去除酚类物质。再调 pH 2.5, 用三氯甲烷萃取 3 次。水相再用乙酸乙酯萃取, 合并乙酸乙酯相与氯仿相, 减压蒸干后用 pH 3 的甲酸水溶液溶解, 经 C<sub>18</sub> 小柱去杂后, 洗脱液在 40~45℃ 下减压蒸干, 最后用 1 mL 流动相溶解, 溶解液经过直径 4 μm 的滤膜后存于离心管中放入 4℃ 冰箱保存待测。

对获得的待测液用高效液相色谱仪在紫外光 252 nm 和 264 nm 波长下进行测定。流动相是色谱甲醇: 重蒸水 = 45: 55 (水为含 0.075% 冰乙酸的酸水), 流速为 8 mL · min<sup>-1</sup>。激素含量采用外标峰面积比较法计算。在用本方法测得已知含量的样品中, 加入一定量的激素标样, 按上述条件进行色谱分析, 进行回收率的测定。本试验测得的 ABA 和 GA<sub>3</sub> 的回收率分别为 86.4%、83.7%。

所用高效液相色谱仪为美国产 Spectra-Physics 型, 带有四元高压混合泵、毛细管脱气机、Focus 型紫外检测器和 E386 型微处理器, ABA 和 GA<sub>3</sub> 含量采用紫外检测器检测。色谱柱为 220 mm × 4.6 mm, 5 μ RP-18SPHERI-5 型 C<sub>18</sub> 柱。C<sub>18</sub> 小柱为河北津杨滤材厂产品。减压蒸馏装置为日本产 Yamato 型减压旋转蒸发器, 振荡器为上海振华仪器厂生产的 ZD8801 型多功能振荡器。光照培养箱为上海跃进医疗器械厂生产的 SPX-250-G 型光照培养箱, 带有宁波机电工业研究设计院研制的 JS-PC 型智能时间程控仪。ABA 标样为 SIGMA 公司产品, GA<sub>3</sub> 标样为上海伯奥生物技术公司产品。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对欧洲甜樱桃花芽休眠解除的影响

由图 1 可知, 从 10 月份开始花芽就已经进入休眠, 11 月下旬前, 萌芽率不断下降, ‘早红宝石’ 和 ‘抉择’ 分别在 11 月 20 日和 30 日降至最低点, 只有 7.75% 和 6.40%, 之后缓慢回升, 12 月下旬开始急剧上升, ‘早红宝石’ 和 ‘抉择’ 分别在 12 月 20 日和 30 日萌芽率超过 50%, 各为 65.85% 和 61.85%, 说明此时花芽已通过自然休眠。

温度、遮荫和日照长度对 ‘抉择’ 萌芽率的影响见表 1: 不同温度处理间萌芽率存在显著差异, 温度处理花芽萌芽率由高至低顺序为 5℃ >

对照 (露地) > 5/20℃ > 20℃, 5℃ 处理显著促进花芽萌发, 20℃ 则抑制休眠的解除, 5/20℃ 变温对萌芽率影响不大。遮荫处理对萌芽率影响不大, 各处理花芽萌芽率均未能达到 50%。光周期处理中, 长光周期处理的萌芽率远高于自然光照和短光周期处理, 高达 85.56%, 几乎全部开放, 是对照的 4.87 倍, 而短光周期处理的花芽萌芽率只有对照 (17.58%) 的 49.15%。

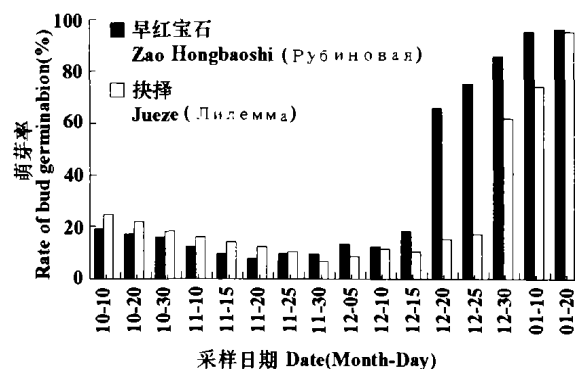


图 1 ‘抉择’ 和 ‘早红宝石’ 樱桃不同时期切枝花芽萌芽率  
Fig. 1 Rate of flower buds germination of ‘Jueze’ and ‘Zao Hongbaoshi’ sweet cherry during different stages of dormancy

表 1 不同处理对 ‘抉择’ 甜樱桃休眠花芽萌芽率的影响

Table 1 Effects of different treatments on germination rate of ‘Jueze’ sweet cherry flower buds during dormancy (2003-02-10) (%)

温度处理 Temperature treatments	萌芽率 Germination rate	遮荫处理 Adumbral treatments	萌芽率 Germination rate	光周期处理 Photoperiod treatments	萌芽率 Germination rate
对照 Control	36.27 b	对照 Control	15.33 a	对照 Control	17.58 b
5℃	88.65 a	1 层遮阳网 One layer overshade	12.50 b	长光周期 Long photoperiod	85.56 a
20℃	24.67 c	2 层遮阳网 Two layers overshade	11.84 b	短光周期 Short photoperiod	8.64 c
5/20℃	32.50 b				

注: 不同的英文字母表示处理间存在  $P < 0.05$  显著性差异。

Note: The different small letter indicates significance at  $P < 0.05$  level.

## 2.2 欧洲甜樱桃自然休眠前后内源 ABA 和 GA<sub>3</sub> 含量变化

头年秋季至第二年春天, ‘早红宝石’ 和 ‘抉择’ 花芽中 ABA 含量变化规律相似, 呈倒 “U” 字形变化 (图 2)。进入秋季后, ABA 开始大量在花芽中积累, 花芽中的 ABA 含量, 分别于 10 月 28 日和 11 月 7 日达顶峰, 为  $1650 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$  和  $2400 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ , 之后缓慢下降, 但仍维持较高水平, 12 月中下旬大幅度降低, 1 月下旬降至最低水平。从 2 月至萌芽前 (4 月) ABA 含量有所波动, 但整体处于较低水平。不同品种之间, 较早成熟的 ‘早红宝石’ 花芽 ABA 含量低于较晚成熟的 ‘抉择’。

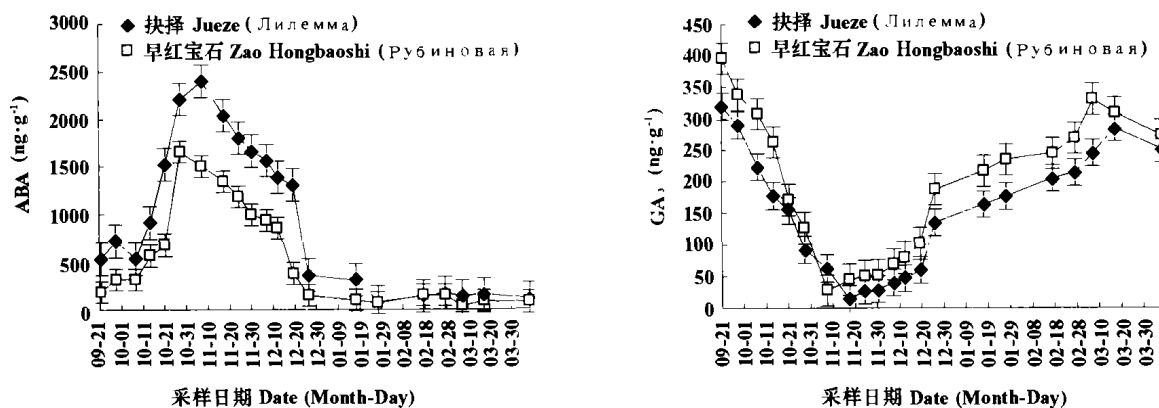


图 2 欧洲甜樱桃花芽休眠期间内源 ABA 和 GA<sub>3</sub> 含量变化动态

Fig. 2 Changes of endogenous ABA and GA<sub>3</sub> content of sweet cherry flower buds during dormancy

与 ABA 相反, 花芽中的 GA<sub>3</sub> 含量呈不规则的 “V” 字形变化 (图 2)。从 9 月下旬 ~ 11 月上旬, GA<sub>3</sub> 含量锐减, ‘早红宝石’ 和 ‘抉择’ 分别于 11 月 7 日和 14 日降至低谷, 只有  $28 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$  和  $14 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ , 之后缓慢上升, 至 12 月中下旬开始急剧上升, 3 月下旬达上升以来的最高点, 萌芽前 GA<sub>3</sub> 含量又稍有下降。‘早红宝石’ 较 ‘抉择’ GA<sub>3</sub> 含量稍高, 开始回升的时间也较早。

## 2.3 温度对欧洲甜樱桃休眠花芽内源 ABA 和 GA<sub>3</sub> 含量的影响

对照花芽中 ABA 含量呈先升后降趋势 (图 3), 11 月 24 日达顶峰。5℃ 处理表现出相似趋势, 但较对照明显降低, 且到达高峰的时间较早 (11 月 17 日), 降幅较对照更大, 至 12 月 7 日, ABA 含量只有  $720 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$  较对照花芽 ( $1400 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ ) 降低了 48.57%。经 20℃ 处理的花芽 ABA 含量略有上升。5/20℃ 处理 ABA 变化与对照相似, 但较对照高, 11 月 7 日达  $1857 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ , 较对照 ( $1420 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ ) 增加了 30.77%。

对照花芽中 GA<sub>3</sub> 含量在 11 月 24 日到达低谷, 之后缓慢上升, 这与图 2 的结果一致。5℃ 处理的花芽 GA<sub>3</sub> 含量在采样初期急剧下降, 降幅远大于对照, 到达低谷的时间也较露地花芽早 (11 月 17 日), 之后迅速上升, 12 月 7 日 GA<sub>3</sub> 含量达  $456 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ , 较对照 ( $261 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ ) 增加 74.71%; 20℃ 处理花芽 GA<sub>3</sub> 含量无明显上升, 变化较平缓; 由于低温的作用, 5/20℃ 处理的花芽 GA<sub>3</sub> 在采样初期也呈先升后降的趋势, 但中间有波动, 说明 20℃ 高温有可能抵消了 5℃ 低温的作用。

## 2.4 光照条件对欧洲甜樱桃休眠花芽内源 ABA 和 GA<sub>3</sub> 含量影响

2.4.1 光照强度 遮荫对花芽内源 ABA 含量的影响不大 (图 4), 3 种处理花芽 ABA 含量均呈上升

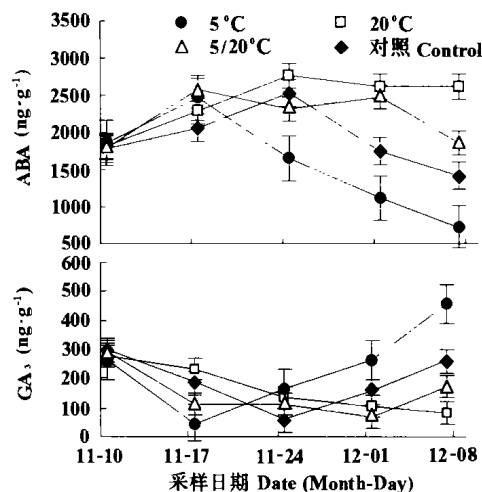


图 3 不同温度处理对 ‘抉择’ 甜樱桃休眠花芽内源 ABA 和 GA<sub>3</sub> 含量的影响

Fig. 3 Effects of different temperature treatments on endogenous ABA and GA<sub>3</sub> content of ‘Jueze’ sweet cherry trees flower buds during dormancy

趋势, 差异不大。与 ABA 相反, 对照花芽 GA<sub>3</sub> 含量采样期间呈下降趋势, 遮荫处理的花芽其 GA<sub>3</sub> 含量变化与对照相似, 但降幅较大, GA<sub>3</sub> 含量也较对照花芽有所降低, 尤其是 2 层遮荫处理, 11 月 7 日的花芽 GA<sub>3</sub> 含量只有 113 ng · g<sup>-1</sup>, 较对照 (154 ng · g<sup>-1</sup>) 降低 26.62%。

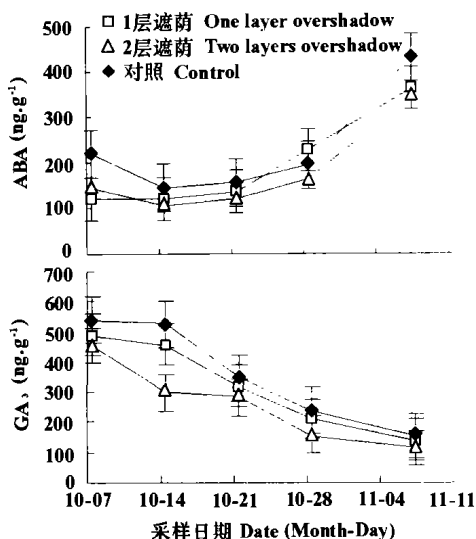


图4 遮荫处理对‘扶择’甜樱桃花芽内源 ABA 和 GA<sub>3</sub> 含量的影响

Fig. 4 Effects of overshadow treatments on endogenous ABA and GA<sub>3</sub> contents of sweet cherry trees flower buds

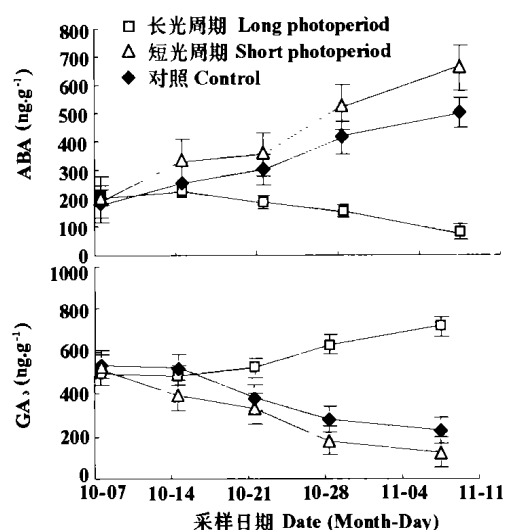


图5 不同光周期处理对‘扶择’甜樱桃花芽内源 ABA 和 GA<sub>3</sub> 含量的影响

Fig. 5 Effects of photoperiod treatments on endogenous ABA and GA<sub>3</sub> contents of sweet cherry trees flower buds

2.4.2 光周期 不同光周期处理对 ABA 和 GA<sub>3</sub> 的影响迥异 (图 5)。长光周期处理的花芽 ABA 含量较对照显著下降, 而短光周期处理则能明显促进 ABA 的增加, 至 11 月 7 日, 长光周期、短光周期和对照 3 种处理花芽的 ABA 含量分别为 82、660 和 498 ng · g<sup>-1</sup>, 短光周期处理是对照的 1.33 倍, 而长光周期处理则较对照降低 83.53%。

与 ABA 的变化相反, 长光周期明显促进了 GA<sub>3</sub> 含量的增加, 短光周期处理的花芽 GA<sub>3</sub> 含量较对照显著下降, 至 11 月 7 日, 长光周期处理的花芽 GA<sub>3</sub> 含量达 720 ng · g<sup>-1</sup>, 较 10 月 7 日 (492 ng · g<sup>-1</sup>) 增加 46.34%, 是同期对照 (120 ng · g<sup>-1</sup>) 的 6 倍, 而短光周期处理的花芽只有 88 ng · g<sup>-1</sup>, 较 10 月 7 日降低 76.56%, 较同期对照花芽降低 46.90%。

### 3 讨论

#### 3.1 休眠期间欧洲甜樱桃花芽内源 ABA 和 GA<sub>3</sub> 变化动态

试验表明, ‘扶择’和‘早红宝石’甜樱桃在 11 月中下旬达休眠最深层次, 12 月底完全解除休眠。头年秋天至次年春, 前期花芽中 ABA 含量急剧增加, 说明花芽进入休眠有赖于 ABA 的积累。11 月中下旬达高峰后逐渐下降, 12 月底休眠完全解除时 ABA 急剧下降, 说明花芽的休眠与 ABA 含量关系明显, 休眠的解除可能取决于入冬后花芽中 ABA 含量的降低。休眠完全解除后一直到萌芽前, ABA 一直维持很低水平。

早在 1964 年, Eagles 和 Wareing 就在研究假挪威槭休眠的报告中指出, 处于休眠状态的芽能够萌发是因为 GA 等生长促进物质克服了生长抑制物质的抑制作用, 从而导致了休眠的解除<sup>[4]</sup>。以后的很多试验也证实了休眠解除与 GA 类物质的积累总是相伴发生的<sup>[5~7]</sup>。本试验发现, 休眠前期花芽中 GA<sub>3</sub> 含量锐减, 休眠程度最深时, GA<sub>3</sub> 几乎检测不到。休眠解除过程中 GA<sub>3</sub> 含量的增加极为明显, 休眠完全解除前急剧升高。此后缓慢增加, 直到花芽快开放时又有所降低。

花芽休眠过程中 ABA/GA<sub>3</sub> 比值也呈规律变化 (图 6), 随休眠加深而不断升高, 11 月中下旬到达顶峰, 随休眠解除而不断下降, 12 月底 1 月初达低谷, 至萌芽前一直维持在很低水平。推测

这中间可能存在一个阈值,升高到一定程度,便诱发休眠,而降低到一定范围,则休眠解除。

### 3.2 温度与光照等环境因子对欧洲甜樱桃花芽 ABA 和 GA<sub>3</sub> 及休眠的调控

休眠的解除需要低温的积累,5℃低温由于加速了 ABA 的降低和 GA<sub>3</sub> 的增加,较快地满足了花芽对低温的需求,从而加速了休眠的解除。佐夕木惠美在研究‘佐藤锦’樱桃休眠时发现,40~45℃高温热激也具有破眠作用<sup>[8]</sup>,本试验发现,20℃对休眠解除没有贡献,这说明不同的高温范围对休眠解除的贡献是不同的。5/20℃处理中 5℃对休眠解除的贡献可为 20℃所抵消,因此对休眠解除作用不大。

试验还发现,光照强度对落叶前花芽中的 ABA 影响不大,遮荫能部分降低 GA<sub>3</sub> 含量,但经遮荫处理的花芽萌芽率仍然很低,说明遮荫不能改变花芽的休眠进程。长光周期能明显促进 GA<sub>3</sub> 的合成,抑制 ABA 的增加,经长光周期处理的花芽萌芽率超过了 50%,说明休眠前的最初阶段在整个休眠进程中是可以逆转的。短光周期处理则严重抑制了 GA<sub>3</sub> 的增加,促进了 ABA 的合成,这是由于 ABA 和 GA<sub>3</sub> 都是由相同的前体物质—甲瓦龙酸合成的,这一过程受日照长度的调控,长日照诱导 GA<sub>3</sub> 合成,短日照则诱导 ABA 合成,这也说明秋季日照时间的缩短是欧洲甜樱桃花芽休眠的诱发因素。

综上所述,温带落叶果树的休眠是为了度过冬季不适宜的环境条件而经历的一个发育过程,包含了贮藏物质的动员、花器官的进一步分化等。休眠是一个受各种内外因素影响的过程,这些因素的相互作用决定了休眠解除的时间<sup>[9]</sup>。短日照通过诱导 ABA 的合成,抑制 GA<sub>3</sub> 的合成,从而诱发休眠,而休眠的解除有赖于低温的积累,以完成其低温需求。休眠解除是一个渐进的过程,ABA 的下降和 GA<sub>3</sub> 的升高只有达到一定程度才能完全解除休眠,而不是发生在 ABA 开始下降和 GA<sub>3</sub> 开始升高的时候,这可能与花芽需冷量的满足有关。Faust 等人认为,有 4 种生理因素会对休眠的程度产生影响:(1)芽或树体的激素平衡;(2)芽中的水分状态;(3)影响低温抗性 & 生长启动的膜的结构;(4)芽的同化潜能<sup>[10]</sup>。由此可见,内源激素只是其中比较重要的一个方面,如果不考虑上述因素的相互作用,就很难理解休眠及其休眠解除机理方面的研究。因此,从更深的层次上综合考虑这些因素相互作用的行为方式及其机理将是休眠理论研究的一个重要方向。

### 参考文献:

- 1 朱永亮,吴贵明. 杨树芽休眠及其解除过程中内源激素的动态分析. 南京林业大学学报, 1990, 14 (1): 7~15
- 2 Baldwin B D, Bandara M S, Tanino K K, et al. Role of bud scales and phytohormones in the maintenance and release of endo-dormancy in field-grown Saskatoon berry floral buds. Acta Horticulturae, 2000, 520: 209~218
- 3 Piola F, Label P, Vergne P, et al. Effects of endogenous ABA levels and temperature on cedar (*Cedrus libani* Loudon) bud dormancy in vitro. Plant Cell Reports, 1998, 18: 279~283
- 4 Eagles C F, Wareing P F. The role of growth substances in the regulation of bud dormancy. Physiology Plant, 1964, 17: 697~709
- 5 Baz A L O. Some physiological studies on dormancy in MitChamr peach cultivar 2. Determination of some endogenous growth substances in relation to bud dormancy and burst. Ann. Agric. Sci., 1984, 22 (1): 297~306
- 6 Felker F C, Robustaille H A. Chilling accumulation and rest of sour cherry flower buds. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 1985, 110: 227~232
- 7 涂丙坤, 丁小飞. 化学药剂对香椿休眠解除的影响及其机理. 园艺学报, 2003, 30 (5): 606~608
- 8 佐夕木惠美. 果樹の休眠打破技術について. 農及園, 1997, 72 (1): 36~42
- 9 高东升. 设施果树自然休眠生物学研究: [博士论文]. 泰安: 山东农业大学, 2001. 12~14
- 10 Faust M, Erez A, Rowland L J, et al. Bud dormancy in perennial fruit trees: physiological basis for dormancy induction, maintenance, and release. The American Society for Horticultural Science, 1997, 32 (4): 623~629

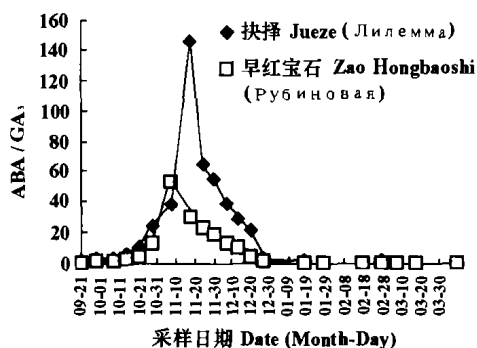


图 6 欧洲甜樱桃休眠期间花芽 ABA/GA<sub>3</sub> 变化

Fig. 6 Change of ABA/GA<sub>3</sub> value in sweet cherry flower buds during dormancy