

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201310014

范茜茜,汪志辉,熊博,等. 几种调控措施对龙眼顶芽激素及成花坐果的影响[J]. 广西植物, 2015, 35(5):685—691

Fan QQ, Wang ZH, Xiong B, et al. Effects of several regulation measures on change of endogenous hormones in terminal bud at flowering stage and the flower-formation and fruit-setting of Longan[J]. *Guihaia*, 2015, 35(5):685—691

几种调控措施对龙眼顶芽激素及成花坐果的影响

范茜茜, 汪志辉*, 熊博, 廖凤玲, 高婧斐, 张婷婷

(四川农业大学 园艺学院, 四川 雅安 625014)

摘要: 以当地主栽龙眼品种‘泸丰一号’为材料,在龙眼花芽形态分化期开始前,采取树冠喷施不同比例的生理调节剂、骨干枝环割、断根等调控措施,定期测定花芽分化期顶芽内源激素,在花芽分化完成后统计成花坐果率,研究调控措施对龙眼顶芽激素含量动态变化和成花坐果率的影响。结果表明:几种措施处理都不同程度地提高了龙眼的成花坐果率,适当浓度(150 mg·L⁻¹及 100 mg·L⁻¹)乙烯调节剂组合调控措施可以显著提高树体的雌花数、雌花率及坐果率,其中雌花率分别比对照提高了 32.57%和 38.22%;各处理的冲梢率显著低于对照,其中处理 B(100 mg·L⁻¹乙烯利调节剂组合)的冲梢率(18.58%)最低,比对照低 34.18%,且芽轴增长率与冲梢率呈显著正相关,其中以 150.00 mg·L⁻¹多效唑+100.00 mg·L⁻¹乙烯利+1.0 mg·L⁻¹细胞分裂素配制好的药液均匀喷洒在树冠上的处理效果最优。几种措施对于龙眼顶芽中的激素及激素的平衡的影响表现为 GA₃ 含量和 ABA 含量在花序主轴分化期较高,在多级侧花序快速分化期则处于较低水平,整个形态分化期 ZT 始终保持较低水平,则利于防止龙眼成花逆转,从而促进龙眼花芽分化;IAA 含量受各处理影响变化较为复杂,并未呈现出较强的规律性;从激素比例方面看,龙眼顶芽在花序主轴分化前期 IAA/GA₃ 比值较低,末期 ZT/GA₃ 比值较高则有利于成花,在整个形态分化期 ZT/ABA 及 GA₃/ABA 都处在较低的水平,可有效抑制成花逆转。研究结果可为龙眼的成花机理以及四川泸州地区龙眼的优质丰产栽培提供理论依据。

关键词: 调控措施; 花期; 顶芽; 内源激素; 成花坐果

中图分类号: Q945.6, S667.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2015)05-0685-07

Effects of several regulation measures on change of endogenous hormones in terminal bud at flowering stage and the flower-formation and fruit-setting of Longan

FAN Qian-Qian, WANG Zhi-Hui*, XIONG Bo, LIAO Feng-Ling,
GAO Jin-Fei, ZHANG Ting-Ting

(College of Horticulture, Sichuan Agriculture University, Ya'an 625014, China)

Abstract: In this paper, ‘Lu Feng No.1’ which is mainly cultured longan varieties in Luzhou was chosen as the research object. And we chose some experimental measurements on the basis of the local methods to promote floral bud differentiation. Before flower bud morphological differentiation, taking several regulation measures of spraying growth regulator in different proportions, girdling the primary branches and root pruning with coating the earth, we regularly measured endogenous hormones in terminal bud at flower bud differentiation

收稿日期: 2014-07-20 修回日期: 2014-10-18

基金项目: 四川省科技支撑计划项目(2011NZ0034)

作者简介: 范茜茜(1988-),女,四川绵阳人,硕士研究生,主要从事果树栽培及生理研究,(E-mail)fqq.1988@qq.com。

*通讯作者: 汪志辉,博士,教授,博士生导师,从事果树栽培及生理研究,(E-mail)wangzhihui318@126.com。

period by every 15 d. When the differentiation finished, we calculated the rate of flower and fruit setting to discuss effects of regulation measures on change of endogenous hormones in terminal bud at flowering stage and flower formation and fruit setting. We analysed all experimental data for researching mechanism of flower formation. The result showed that all of these measures improved flower rate and fruit setting rate in different degrees remarkably. However, the control measures of ethylene regulator combination with appropriate concentrations ($150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ and $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) could improve the number of trees female flowers, female flowers rate and fruit-bearing rate of trees, among which the female flowers rate improved respectively by 32.57% and 38.22% than CK, the tip-blunting rate of each treatment was significantly lower than CK, and the tip-blunting rate (18.58%) of treatment B ($100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ethylene regulator combination) was the minimum, which was 34.18% lower than CK, and the growth rate of bud axis and tip-blunting rate have significant positive correlation. The different treatments improved the flowering and fruit-bearing status of longan body in different degrees, inhibited flowering reversion occurring effectively, and the effects of the treatment spraying mixed liquor consisted of $150.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ multi-effect triazole and $100.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ethephon and $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 6-benzylaminopurine evenly in the crown most excellent. For the hormones in terminal buds, these contents and hormone balance were changed by the different measures. The results were as follows: with higher GA_3 and ABA contents in the spindle differentiation stage, then GA_3 content and ABA content keeping at a low level in multi-level side inflorescence rapidly-differentiation stage, lower ZT level in the entire morphological differentiation, and that was good for preventing longan flower from reversing and promoting longan bud differentiating. The change of IAA content affection was relatively complex, and its regularity was not strong. Viewing the point of hormones content proportion, smaller ratio of IAA/ GA_3 in the spindle differentiation stage, the bigger ratio of ZT/ABA before purple inflorescence primordia appearing-period and the lower ratio of ZT/ABA and GA_3 /ABA in hole morphological differentiation, which were beneficial to longan flowering. The study would provide theoretical basis for Luzhou longan high quality and high yield cultivation.

Key words: regulation measures; flowering stage; terminal bud; endogenous hormones; flower-formation and fruit-setting

龙眼 (*Dimocarpus longan*) 属无患子科龙眼属植物, 经济价值高, 果实营养丰富且有抗癌功效, 可鲜食、加工和酿酒等(梁元冈, 1998)。龙眼主产于广西、福建以及台湾等地, 在云南、四川、重庆、贵州等地也有分布(张春叶等, 1999)。四川省龙眼主栽于泸州(泸县)等地, 为内陆龙眼的集中产区, 在宜宾江安和重庆涪陵、万州、江津等地也有一定规模的栽培(曾世才等, 2010)。

龙眼成花逆转是指龙眼在花芽分化过程中受到外界条件影响后转而长出枝叶, 也就是“冲梢”。龙眼“冲梢”现象在泸州几乎每年都有发生, 是导致龙眼大小年结果的主要原因。树体内部营养及激素平衡状况与龙眼冲梢发生有很大联系, 目前生产上主要通过抹芽修剪、环剥环割、断根、人工摘小叶及化学调控等措施, 来减少龙眼成花过程中的营养消耗及调节激素平衡, 从而减少异常天气对其带来的不良影响, 使其顺利地进行生殖生长。作为“第一信使”的激素, 先结合对应的激素受体, 进而转变为胞内信号(李先文, 2004), 以改变酶活性、酶与蛋白质

的合成及膜通透性, 进而促进龙眼花芽分化。但对龙眼成花过程中顶芽激素含量的动态变化情况, 以及在顶芽每个发育阶段中具体是哪种激素起主导作用的研究还鲜见报道。作者通过采取几种调控措施处理, 测定龙眼花芽分化期顶芽激素的动态变化, 探究调控措施对龙眼花期顶芽激素动态平衡以及对成花坐果的影响, 旨在为龙眼成花机理的研究以及龙眼优质丰产栽培提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

选用‘泸丰一号’, 7 年树龄, 树势中庸且长势基本一致的龙眼树为供试植株。

1.2 方 法

1.2.1 试验处理 用单因素随机区组设计, 单株小区, 3 次重复, 设 A(多效唑 $150.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ + 乙烯利 $150.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ + 细胞分裂素 $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)、B(多效唑 $150.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ + 乙烯利 $100.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)

+细胞分裂素 $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)、C(多效唑 $150.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ +乙烯利 $80.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ +细胞分裂素 $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)、D(断根铺膜, 树冠滴水线下周围挖环状沟, 宽约 50 cm , 深约 30 cm , 地面铺地膜)、E(在直径 $4\sim 10 \text{ cm}$ 骨干枝中下部闭口环割三圈, 深达木质部)、CK(无处理)6 个处理。处理 A、B、C 均将配好的药液均匀喷洒在树冠上, 喷至叶片滴水, 整个试验只喷洒 1 次。

1.2.2 样品采集 每隔 15 d 采集顶芽, 首次采样为处理后 3~5 h。样品均从树冠外围东、西、南、北、中五个方向, 每个方向选取健康无病、直径大于 0.6 cm 的 3 个枝梢挂牌, 用于观测成花状况; 每个方向选择除挂牌枝梢以外的 3 个成熟梢的顶芽, 装入冰壶带回实验室, 贮入 $-80 \text{ }^\circ\text{C}$ 冰箱中备用。

1.2.3 观测方法 因龙眼花芽的形态分化期的划分并非绝对, 各时期既相互重叠, 又连续演变, 参考王长春等(1992)对龙眼整个花芽形态分化过程的划分依据(表 1)及花期的划分标准(始花期为 10% 开放时间, 盛花期为 75% 以上开花时间、末花期为 75% 以上谢花时间), 通过显微镜贴片观察法、放大镜观测法对观测花序的状态(参考表 1 的判定界限, 以观测花序总数中起始状态出现 25% 的时间为起始时间, 以终止状态出现 75% 的时间为终止时间)及数量进行调查记录, 以得出其物候期结果。于盛花期调查挂牌枝条花穗的最大直径、最大长度, 穗轴基部粗度、总花数、雌花数等。统计整株总花穗数(Z)、冲梢穗数(C)。坐果数冲梢穗率($\%$) = $(C/Z) \times 100$; 坐果率($\%$) = $(\text{坐果数}/\text{雌花数}) \times 100$ 。

1.2.4 内源激素测定 高效液相色谱仪为美国 Agilent 公司产品, 型号为 1100series; RE-52 型旋转蒸发仪(上海亚荣); 冷冻离心机、振荡仪; $0.45 \mu\text{m}$ 的微孔滤膜(上海新亚净化器件厂)。PVPP、植物内源激素标准品 GA_3 、ZR、IAA、ABA 为 Sigma 公司产品, 甲醇和乙腈为色谱纯, 冰乙酸为分析纯, 试验用水为 Milli-Q 超纯水。

色谱柱: 思谱公司 Tigerkin C18 柱($150 \text{ mm} \times 4.6 \text{ mm}, 5 \mu\text{m}$); 流动相为甲醇: 0.6% 乙酸(50:50), 柱温为 $35 \text{ }^\circ\text{C}$; 进样量为 $10 \mu\text{L}$; 流速为 $1 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$; 紫外检测波长为 254 nm ; 采用峰面积外标法(ESTD)定量测定。称取 GA_3 、ZT、IAA、ABA 标准品各 10 mg , 分别用甲醇溶解, 定容至 10 mL , 摇匀, 配成 $1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的储备液, 置于 $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ 冰箱中避光保存。用流动相稀释后制得标准溶液。

称取材料 2 g 于预冷的研钵中, 加入 $4 \text{ }^\circ\text{C}$ 预冷的 80% 甲醇 15 mL , 添加 PVPP ($0.2 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$), 冰浴研磨, $4 \text{ }^\circ\text{C}$ 下浸提 12 h 后, 于 $4 \text{ }^\circ\text{C}$ $10\,000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 离心 15 min , 取上清液保存于 $4 \text{ }^\circ\text{C}$ 冰箱中, 残渣分 3 次, 间隔 12 h, 每次加入 80% 甲醇 10 mL 左右浸提后离心, 将全部提取液倒入 10 cm 培养皿中, 置于 $4 \text{ }^\circ\text{C}$ 培养箱自然吹干。过 C18 小柱, 甲醇定容至 10 mL , 制得供试液。全部过程都在弱光下完成。

2 结果与分析

2.1 不同调控措施对龙眼成花坐果率的影响

表 2 显示, 处理 A($150.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 乙烯利调节剂组合)和处理 B($100.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 乙烯利调节剂组合)的雌花数、雌花率及坐果率较高, 都显著高于其他处理, 其中雌花率分别比对照提高了 32.49% 和 38.05% , 处理 C、D、E 次之; 除处理 D 的坐果率显著大于 C、E 外, 其他差异不显著, 但比对照高。这表明适当高浓度($100\sim 150.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)的乙烯利调节剂组合及断根覆膜处理(处理 D)能提高龙眼树体的成花坐果状况。

2.2 不同调控措施对顶芽激素含量变化的影响

2.2.1 赤霉素 由图 1 可知, 龙眼在整个花芽形态分化期, 顶芽的 GA_3 含量表现为“降—升—降”。除对处理 B 外与对照表现类似外, 其他处理都表现为先升后降; 在多级侧花序快速分化期有一波峰出现, 但各处理含量整体上低于对照。这说明顶芽中 GA_3 含量在主轴分化期较高, 而在多级侧序快速分化期较低有利于防止龙眼成花逆转。

2.2.2 玉米素 图 2 显示, 各处理顶芽 ZT 含量的变化情况与对照相似, 均表现为在整个形态分化前期和后期含量较稳定, 且处于较低水平。中期出现明显波动, 并在 3 月 19 日多级侧花序快速分化初期达最高, 表现为处理 $\text{D} > \text{E} > \text{CK} > \text{C} > \text{A} > \text{B}$ 。19 日后整体呈下降趋势, 4 月 3 日后趋于稳定。这表明多级侧花序快速分化期可能就是 ZT 作用的关键时期, 各处理对 ZT 含量的影响决定了花芽分化情况。

2.2.3 生长素 由图 3 可知, 在整个分化时期, 龙眼顶芽 IAA 的含量表现为“降—升—降”, 多级侧花序分化期开始出现峰值。各处理虽然对顶芽 IAA 有不同程度的影响, 但规律性不强。除处理 A 和处理 B 外, 其余均呈现主轴分化期缓慢下降, 多级侧花序分化期逐渐升高至最高, 随着花器官分化的进行,

表 1 芽形态分化过程的划分依据

Table 1 Division basis of flower bud morphological differentiation process

分化时期 Differentiation period	划分依据 Division basis	判断界限 Boundaries of judgment
花序主轴分化期 Differentiation period of main inflorescence	1月中下旬原基分化(花序原基短而略宽,呈圆锥状,与叶原基差异不大)到2月下旬苞片原基发育成饰变叶性器官的叶腋间出现紫红色的侧花序原基。 The primordium differentiation starts from late January. Inflorescence primordium and leaf primordium have little difference. In late February, purple red lateral inflorescence primordium appeared at modification leaf axil which developed from bract primordium.	起始:花序原基短而略宽,呈圆锥状; 终止:叶腋间出现紫红色的侧花序原基。 Start: inflorescence primordium like conic is short and wide; End: purple-red lateral inflorescence primordium appeared at leaf axil
多级侧花序快速分化期 Differentiation period of lateral inflorescence	3月上旬花序主轴约12 cm,到4月初整个花序基本形成,此时期主要是各级侧花序的充分发育。 From early March to the beginning of April, main inflorescence has formed. It's the time for lateral inflorescence growth.	起始:花序主轴约12 cm; 终止:整个花序基本形成。 Start: The length main inflorescence is about 12cm End: main inflorescence has formed.
花器官分化期 Differentiation period of flower organs	从3月中旬到5月初,其中花萼分化期为3月中旬至4月下旬;花瓣分化期为3月下旬至4月下旬,雄蕊分化期为4月上旬至4月下旬;雌蕊分化期为4月上旬至5月初。此时大多花芽分化已完成。 Differentiation period of flower organs is from mid March to the beginning of May. Differentiation period of calyx differentiation is from mid March to late April. Differentiation period of petal differentiation is late March to late April. Differentiation period of stamen differentiation early April to beginning of May. Differentiation period of pistil differentiation is from early April to early May. At this time, most longan flower buds have completed differentiation.	起始:出现花萼; 终止:始花期开始。 Start: calyx appeared; End: initial time of flowering start.

表 2 不同处理对龙眼树体成花坐果状况的影响

Table 2 Effects of different treatments on the flower and fruit set conditions in longan tree

处理 Treatment	雌花数 Female flower number (朵)	雌花率 Female flower rate (%)	总花数 Total number of flower (朵)	花穗最大长度 The largest length of spike (cm)	花穗最大宽度 The largest width of spike (cm)	主轴粗度 Spindle roughness (cm)	坐果数 Setting number of fruit (个)	坐果率 Setting rate of fruit (%)
A	472.42a	9.86a	4792.21b	28.13a	20.94	0.69	36.35a	7.63a
B	556.06a	10.27a	5413.64a	27.86a	18.94	0.58	43.63a	7.73a
C	383.27b	8.36b	4581.86b	24.30ab	18.33	0.64	24.14b	6.27b
D	367.34b	7.62bc	4823.13ab	26.23ab	19.02	0.60	29.03ab	7.90a
E	405.01b	8.26b	4904.02ab	25.62ab	18.45	0.57	27.34b	6.67b
CK	289.45c	7.44c	3890.16c	22.97b	21.30	0.57	18.31c	6.23b

注: 同列不同大小写字母分别表示差异显著或极显著($P < 0.01$, $P < 0.05$)。

Note: Different small or capital letters in the same column indicate significant differences at $P < 0.05$ or $P < 0.01$.

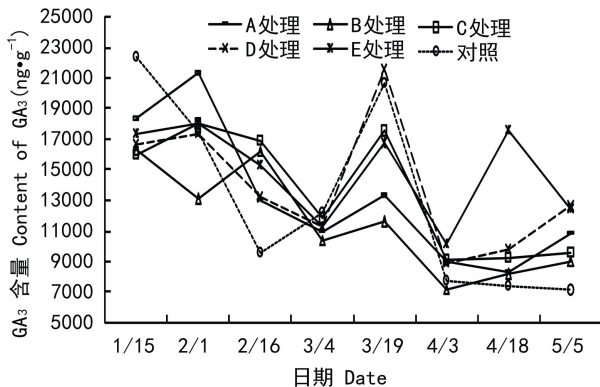
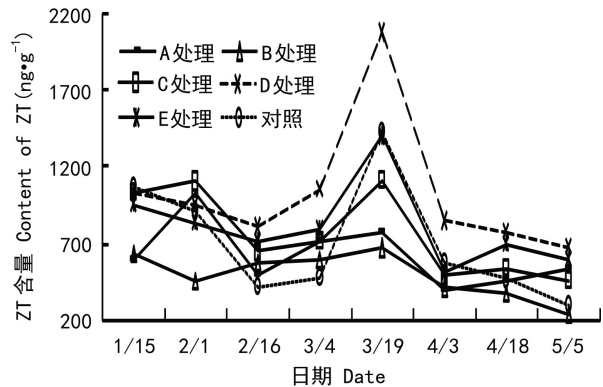
图 1 不同处理对龙眼顶芽 GA₃ 含量的影响Fig. 1 Effects of different treatments on the content of GA₃ in terminal bud of longan

图 2 不同处理对龙眼顶芽 ZT 含量的影响

Fig. 2 Effects of different treatments on the content of ZT in terminal bud of longan

在后期又逐渐下降至一定水平的趋势,但峰顶到达时间有差异。处理 A 呈“M”型的变化趋势,处理 B 的 IAA 含量在 3 月 19 日前基本趋于稳定,较对照显著低 $517.10 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$,之后急剧上升,4 月 3 日达最高。

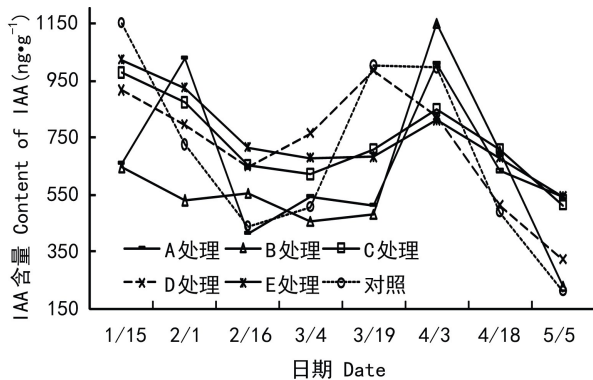


图 3 不同处理对龙眼顶芽 IAA 含量的影响

Fig. 3 Effects of different treatments on the content of IAA in terminal bud of longan

2.2.4 脱落酸 在形态分化初期(图 4),顶芽 ABA 含量整体上呈逐渐下降的趋势,中期略有波动,保持相对稳定的低水平,后期除处理 B 和 CK 有所下降外,其他处理的 ABA 含量有轻微上升。在 2 月 16 日,各处理的 ABA 含量均显著高于对照,说明整体上各处理有提高顶芽 ABA 含量的趋势,特别是在 2 月 16 日即花序主轴分化中期。这表明相对较高含量的 ABA 可促进龙眼叶芽向花芽转化。

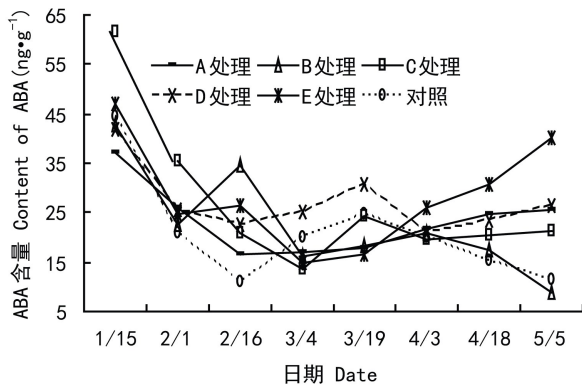


图 4 不同处理对龙眼顶芽 ABA 含量的影响

Fig. 4 Effects of different treatments on the content of ABA in terminal bud of longan

2.2.5 ZT/GA₃ 值 图 5 显示,顶芽中 ZT/GA₃ 值在整个形态分化期总体趋于缓慢上升至稳定的状态。与 CK 相比,处理 D 的 ZT/GA₃ 值基本处于较高水

平;在 3 月 4 日,各处理的 ZT/GA₃ 值均显著高于对照;在 4 月 3—18 日,处理 A、B、C 的 ZT/GA₃ 值均低于对照,至 5 月 5 日,比值虽下降但高于对照。这表明 ZT/GA₃ 值影响成花逆转的关键时期是花序主轴分化末期(3 月 4 日),此时期较高顶芽的 ZT/GA₃ 值有利于龙眼成花。

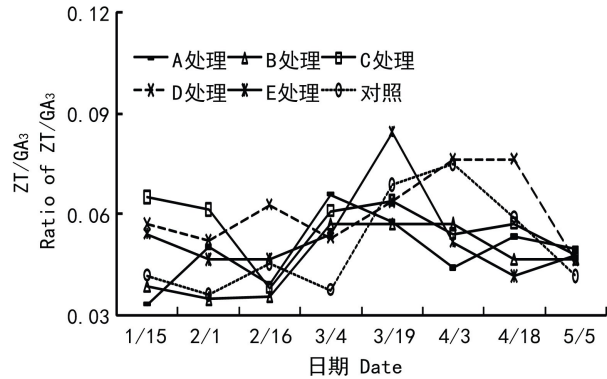


图 5 不同处理对龙眼顶芽 ZT/GA₃ 的影响

Fig. 5 Effects of different treatments on the ratio of ZT/GA₃ in terminal bud of longan

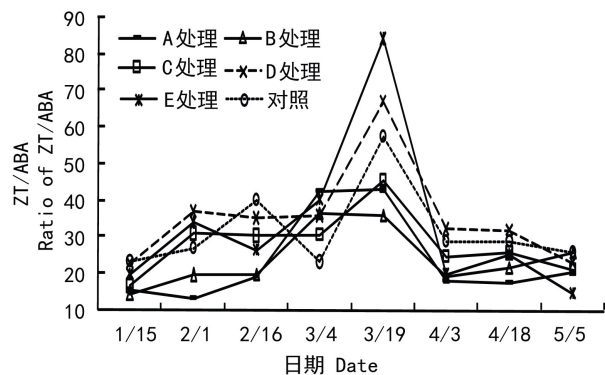


图 6 不同处理对龙眼顶芽 ZT/ABA 的影响

Fig. 6 Effects of different treatments on the ratio of ZT/ABA in terminal bud of longan

2.2.6 ZT/ABA 值 图 6 显示,顶芽中 ZT/ABA 值除处理 D(断根覆膜)、E(环割)在 3 月 4 日至 4 月 3 日明显高于对照,且出现峰值。处理 A、B 和 C 在整个分化过程中,ZT/ABA 值都较稳定地保持较低水平。这说明顶芽 ZT/ABA 值在形态分化期较低水平更利于龙眼成花。

2.2.7 IAA/GA₃ 值 整体上看,各处理顶芽 IAA/GA₃ 值在 1 月 15 日到 2 月 16 日(花序主轴分化中前期)期间呈剧烈上升趋势,后趋于平稳,无明显波动;在 2 月 16 日,除处理 C 高于对照外,其他处理均

降低了主轴分化期 IAA/GA₃ 值;而 3 月 19 日到 4 月 18 日,各处理的 IAA/GA₃ 值都高于对照(图 7)。这说明顶芽 IAA/GA₃ 值在花序主轴分化期较低,而在多级侧花序快速分化期较高,利于花芽分化。

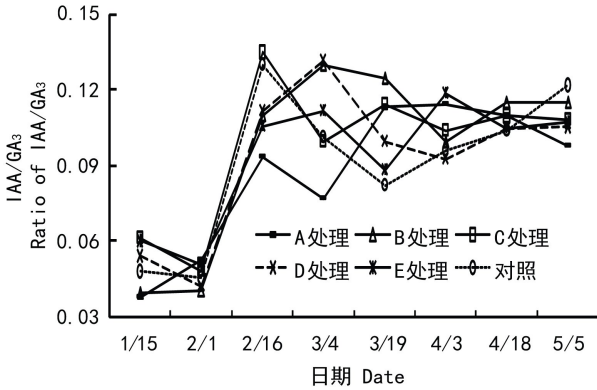


图 7 不同处理对龙眼顶芽 IAA/GA₃ 的影响

Fig. 7 Effects of different treatments on the ratio of IAA/GA₃ in terminal bud of longan

2.2.8 GA₃/ABA 值 由图 8 可知,顶芽 GA₃/ABA 值在花芽形态分化期呈现先逐渐上升,后逐渐下降至一定水平的总体趋势,与对照相比,各处理整体上都降低了 GA₃/ABA 值。在 3 月 4 日,处理 C 的 GA₃/ABA 值低于对照,其他处理则稍高于对照,但不明显;而在 3 月 4 日后各处理则表现不一,处理 E 在 3 月 4 日到 4 月 18 日期间出现了 GA₃/ABA 值显著高于对照的情况,而其他处理基本都低于对照。除处理 E 外,各处理不同程度的降低了顶芽在形态分化期的 GA₃/ABA 值,说明顶芽中 GA₃/ABA 值较低利于花芽分化。

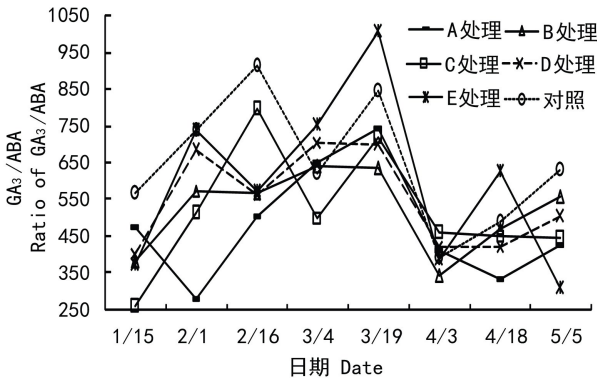


图 8 不同处理对龙眼顶芽 GA₃/ABA 的影响

Fig. 8 Effects of different treatments on the ratio of GA₃/ABA in terminal bud of longan

3 讨论与结论

由于龙眼侧花序的原基分化和花分化是由基部向上同时进行的,所以花序在未发育完成就进入始花期,直到主轴、侧序顶端生长点变褐,整个花序才停止发育(王长春等,1988)。形态分化时期在年际间变化受冬季气温的影响而使各个阶段有不同程度的推迟或提前,导致花器官分化相应有所变化(王长春等,1992)。花序发育过程中如果遇到不良条件的影响时会发生成花逆转,即出现“叶包花”或“花包叶”的现象(柯冠武等,1988)。本研究中不同处理的树体各个形态分化期与对照相比,都有不同程度的推迟,但差异不显著。表明通过调控措施可以调节龙眼的物候期,从而避免龙眼生产上常因气候原因所造成的减产。

乙烯利和多效唑一起喷施龙眼树体,可显著提高雌花率,明显增强控梢和促花效应(于萍等,2008)。环剥可通过提高龙眼叶片总糖、淀粉和 ABA 含量促进成花(吴定尧等,2000)。断根和环剥能明显促进龙眼花芽形成,通过促使枝梢停止生长和加快枝梢成熟而实现促进龙眼成花,主要是量上的一种影响(陈清西,2006)。本研究结果表明,适当浓度(150 mg · L⁻¹ 及 100 mg · L⁻¹)的乙烯利调节剂组合、断根覆膜及环割处理能够提高龙眼树体的成花坐果率,其中以处理 B(乙烯利 100.00 mg · L⁻¹ + 多效唑 150.00 mg · L⁻¹ + 细胞分裂素 1.0 mg · L⁻¹) 效果最优,断根覆膜次之。这与陈香玲(2005)的研究结果基本一致。

梁武元等(1987)认为一定范围内较低的 IAA 含量有利于荔枝花芽分化。苏明华等(1990)的研究发现,龙眼花芽生理分化期需要相对高的 GA₃ 水平,形态分化期后 GA₃ 含量则大幅度下降,GA₃ 影响龙眼花芽分化的重要时期是临近花序主轴分化期。Okuda *et al.*(1995)认为 ABA 和 GA₃ 的拮抗作用促进温州蜜柑花芽分化。曹尚银等(2000)认为提高 ZT/IAA、ZT/GAs、ABA/IAA 和 ABA/GAs 比值,有利于苹果花芽分化。本研究表明,顶芽中 GA₃ 含量在主轴分化期较高,ABA 含量在花序主轴分化中期较高,在多级侧花序快速分化期较低,整个形态分化期 ZT 水平较低,可能利于龙眼成花。顶芽的 ZT/GA₃ 在花序主轴分化末期(4 月 3 日)较高,而 ZT/ABA 及 GA₃/ABA 在形态分化期较低有

利于龙眼成花。综上, 顶芽在花序主轴分化前期 IAA/GA₃ 值较低, 末期 ZT/GA₃ 值较高, 有利于成花, 整个形态分化期顶芽中较低的 ZT/ABA 及 GA₃/ABA 可抑制成花逆转, 这与王伟(2010)和刘宗莉等(2007)的研究结果基本一致。

龙眼花芽形态分化期激素及激素平衡之间存在着极其密切且复杂的关系, 本研究仅从测定激素动态变化方面来阐述了成花机理以及调控措施对其成花的影响, 关于成花期间龙眼碳氮营养代谢及其与激素的互作, 关键酶活性, 以及它们在时间顺序上的调控关系, 有待进一步的深入研究。

参考文献:

- Cao SY(曹尚银), Zhang JC(张俊昌), Wei LH(魏立华). 2000. Studies on the changes of endogenous hormones in the differentiation period of flower bud in apple trees(苹果花芽孕育过程中内源激素的变化)[J]. *J Fruit Sci*(果树科学), **17**(4): 244—248
- Chen XL(陈香玲). 2005. Study on the physiological and biochemical functions of ethephon on longan tree(乙烯利对龙眼成花的生理生化作用研究)[D]. Nanning(南宁): Guangxi University(广西大学)
- Chen QX(陈清西). 2006. Studies on mechanism of physiological and biochemistry for the formation of floral bud by temperature and root pruning in longan(温度和断根等处理影响龙眼成花的生理生化机制研究)[D]. Fuzhou(福州): Fujian Agriculture and Forestry University(福建农林大学)
- Ke GW(柯冠武), Huang JH(黄进华), Wang CC(王长春). 1988. Anatomy observation of abnormal-early flowering branches of longan(龙眼花穗“冲梢”形态解剖学的观察)[J]. *Chin Fruit*(中国果树), (1): 22—24
- Liang YG(梁元冈). 1998. Tropical and South Subtropical Fruit of China(中国热带南亚热带果树)[M]. Beijing(北京): China Agriculture Press(中国农业出版社): 91—107
- Liang YW(梁武元), Liang LF(梁立峰), Ji ZL(季作梁). 1987. Flower bud differentiation of endogenous gibberellins and indole acetic acid content dynamically in lychee(荔枝花芽分化过程中内源赤霉素和吲哚乙酸的含量动态)[J]. *Acta Horti Sin*(园艺学报), **14**(3): 145—152
- Liu ZL(刘宗莉), Lin SQ(林顺权), Chen HB(陈厚彬). 2007. Time course changes of endogenous hormone levels during the floral and vegetative buds formation in loquat(*Eriobotrya japonica* Lindl.)(枇杷花芽和营养芽形成过程中内源激素的变化)[J]. *Acta Horti Sin*(园艺学报), **34**(2): 339—344
- Li XW(李先文). 2004. Guide to Learning Cell Biology(细胞生物学导学)[M]. Beijing(北京): Science Press(科学出版社): 28—29
- Lü LX(吕柳新), Lin SQ(林顺权). 1995. Introduction of Fruit Genesiology(果树生殖学导论)[M]. Beijing(北京): China Agriculture Publishing house(中国农业出版社): 168—170
- Okuda H(奥田仁志), Kihara T(木原武), Isao I. 1995. Effects of cropping on photosynthesis, dark respiration, leaf ABA concentration and inflorescence induction in *Satsuma mandarin*(对光合, 暗呼吸 ABA 浓度, 叶和花序诱导温州蜜柑种植的影响)[J]. *Jpn Soc Horti Sci*(日本园艺学会杂志), **64**: 9—16
- Su MH(苏明华), Liu ZC(刘志成), Zhuang YM(庄伊美), et al. 1992. Effects of 6-Benzylaminopurine on the flower-bud differentiation of “Shuizhang” longan(6-苄氨基嘌呤对水涨龙眼花芽分化的效应)[J]. *Fujian J Agric Sci*(福建省农科院学报), **7**(1): 27—31
- Wang CC(王长春), Ke GW(柯冠武). 1988. An observation on the inflorescence development and the sequence of flower differentiation of Longan(东璧龙眼花序发育和花朵分化次序的观察)[J]. *Fujian J Agric Sci*(福建省农科院学报), **3**(2): 68—71
- Wang CC(王长春), Ke GW(柯冠武). 1992. Studies on morphologic differentiation of flower buds in longan(龙眼花芽形态分化的研究)[J]. *Fujian J Agric Sci*(福建省农科院学报), **7**(1): 55—58
- Wang W(王伟). 2010. Studies on the relationship of potassium chlorate (KClO₃) on off-season flower-bud formation of Longan and endogenous hormones and other growth substances(龙眼反季节成花诱导与内源激素及其他生长物质关系的研究)[D]. Fuzhou(福州): Fujian Agriculture and Forestry University(福建农林大学)
- Wu DY(吴定尧), Qiu JD(邱金淡). 2000. A study on flowering promotion by ringing in longan (*Dimocarpus longana* Lour.)(环割促进龙眼成花的研究)[J]. *Sci Agric Sin*(中国农业科学), **33**(6): 40—43
- Yu P(于萍), Lu MY(卢美英), Ye KY(叶开玉), et al. 2008. Effects of different measures for preventing abnormal-early flowering branches on the content of endogenous hormones in leaves and flower-formation of Guixiang longan(不同防冲梢措施对桂香龙眼叶片内源激素含量及成花的影响)[J]. *Guangxi Agric Sci*(广西农业科学), **39**(2): 215—218
- Zhang CY(张春叶), Zhu FL(朱凤林), Qiu YH(邱煜辉). 1999. Advances in variety resources, cultivation techniques and physiology of longan in China(我国龙眼品种资源、栽培技术及生理研究的进展)[J]. *J Fujian Agric Univ*(福建农业大学学报), **28**(2): 157—162
- Zhang NY(张乃燕), Zhao HO(赵海鹤). 2001. Effects of different longan fruiting canes on flower formation(龙眼不同结果母枝类型对成花的影响)[J]. *Guangxi For Sci*(广西林业学报), **30**(4): 189—194
- Zeng SC(曾世才), Wang ZH(汪志辉), Xu DQ(徐旦秋), et al. 2010. Technology of High Quality, Early Bearing and High Yielding Cultivation and Antifreezing of Logan in Luzhou(泸州龙眼优质早结丰产栽培与防冻技术)[M]. Chengdu(成都): Sichuan Science and Technology Publishing House(四川科技出版社): 1—3