

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201701009

引文格式: 孙红梅, 廖浩斌, 刘盼盼, 等. 不同成花量金花茶花果期果枝叶内源激素的变化 [J]. 广西植物, 2017, 37(12):1537-1544  
SUN HM, LIAO HB, LIU PP, et al. Dynamic changes of endogenous hormones in fruit branch leaves of *Camellia nitidissima* with different flower numbers during blossom and fruit periods [J]. *Guihaia*, 2017, 37(12):1537-1544

## 不同成花量金花茶花果期果枝叶内源激素的变化

孙红梅<sup>1</sup>, 廖浩斌<sup>1</sup>, 刘盼盼<sup>1</sup>, 杨雪<sup>2</sup>, 李吉涛<sup>2\*</sup>, 漆小雪<sup>2</sup>

(1. 中山市国有森林资源保护中心, 广东 中山 528400; 2. 广西植物功能物质研究与利用重点实验室,

广西壮族自治区 广西植物研究所, 广西 桂林 541006)  
中国科学院

**摘要:** 该研究运用酶联免疫法 (ELISA) 对不同成花量 (花多、花少、无花) 金花茶花果期果枝叶内源激素吲哚乙酸 (IAA)、赤霉素 ( $GA_3$ )、玉米素核苷 (ZR)、脱落酸 (ABA) 含量进行了测定。结果表明: 始花期金花茶果枝叶内源 IAA 先升高后降低, 花多株含量低于花少株; 有花株 ZR 含量高于无花株;  $GA_3$  含量呈现整体上升趋势, 有花株高于无花株; ABA 含量先降低后升高, 无花株高于花多株。盛花期 IAA、 $GA_3$ 、ABA 含量整体下降, ZR 含量先降低后升高, 花多株叶内源 IAA、ZR、 $GA_3$  含量高于花少株或无花株, ABA 含量低于花少株或无花株。花期内, 有花株果枝叶 IAA/ZR、IAA/ABA、ZR/ABA、 $GA_3$ /ABA 比值均高于无花株, 而 (IAA+ $GA_3$ )/ZR 比值低于无花株, 说明金花茶花果的发育不仅和单个激素的含量有关, 还和激素平衡有关。秋梢期营养生长旺盛时无花株 IAA/ZR 比值较大, 花果期生殖生长强烈时比值较小, (IAA+ $GA_3$ )/ZR 与之相反。这说明花蕾期高水平的内源 IAA、ZR 和 ABA 及低水平的内源  $GA_3$  有利于金花茶开花; 末花期高含量的 IAA、ZR 和低含量的  $GA_3$ 、ABA 可减少落花落果, 提高坐果率, 有利于果实快速生长; 果实生长后期高含量的 ABA 有利于果实成熟。该研究结果为生产上应用生长调节剂调控金花茶成花、坐果提供了理论依据。

**关键词:** 金花茶, 果枝叶, 成花量, 花果期, 吲哚乙酸, 赤霉素, 玉米素核苷, 脱落酸

中图分类号: Q945 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2017)12-1537-08

## Dynamic changes of endogenous hormones in fruit branch leaves of *Camellia nitidissima* with different flower numbers during blossom and fruit periods

收稿日期: 2017-05-11 修回日期: 2017-06-08

**基金项目:** 国家自然科学基金 (31660092); 广西自然科学基金 (2015GXNSFBA139051, 2016GXNSFAA380122); 广西植物研究所基本业务费项目 (桂植业 14004, 17006); 桂林市科技攻关项目 (20140115-1); 柳州市科技攻关项目 (2016B050202); 广西植物功能物质研究与利用重点实验室主任项目 (ZRJJ2016-21) [Supported by the National Natural Science Foundation of China (31660092); the Natural Science Foundation of Guangxi (2015GXNSFBA139051, 2016GXNSFAA380122); Fundamental Research Foundation of Guangxi Institute of Botany (14004, 17006); the Key Scientific and Technological Program of Guilin (20140115-1); the Key Scientific and Technological Program of Liuzhou (2016B050202); the Fund of Guangxi Key Laboratory of Functional Phytochemicals Research and Utilization (ZRJJ2016-21)].

**作者简介:** 孙红梅 (1979-), 女, 内蒙古赤峰人, 工程师, 主要从事森林生态、野生动植物保护等工作, (E-mail) 84390443@qq.com。

\* **通信作者:** 李吉涛, 博士, 助理研究员, 主要从事植物生物学研究, (E-mail) ljyouth@163.com。

SUN Hong-Mei<sup>1</sup>, LIAO Hao-Bin<sup>1</sup>, LIU Pan-Pan<sup>1</sup>, YANG Xue<sup>2</sup>, LI Ji-Tao<sup>2\*</sup>, QI Xiao-Xue<sup>2</sup>

( 1. Zhongshan State-Owned Forest Resources Protection Center, Zhongshan 528400, Guangdong, China; 2. Guangxi Key Laboratory of Functional Phytochemicals Research and Utilization, Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, Guangxi, China )

**Abstract:** In order to investigate the physical problem of flowering and fructification rate of endangered plant *Camellia nitidissima*, and provide the theory basis for species conservation, the contents and ratio of GA<sub>3</sub>, IAA, ZR and ABA in fruit branch leaves of *C. nitidissima* of more-flower, less-flower and non-flower were measured by ELISA (Enzyme-linked immunosorbent assay) method during blossom and fruit periods. In early-bloom stage, the content of IAA in leaves rised firstly and then fell, and its content of more-flower-plant was lower than that of less-flower-plant leaves; the content of ZR in flower-plant was higher than that of non-flower-plant; the content of GA<sub>3</sub> appeared an upward trend, and its content of flower-plant was higher than non-flower-plant; the contents of ABA decreased firstly and then increased, and its content of more-flower-plant was lower than non-flower-plant. In full-bloom stage, the contents of IAA, GA<sub>3</sub> and ABA declined overall; the content of ZR rised firstly and then fell; the contents of IAA, ZR, GA<sub>3</sub> in more-flower plant were higher than those in less-flower-plant or non-flower-plant, while the content of ABA was less than that of other plants. During the bloom period, the ratio of IAA/ZR, IAA/ABA, ZR/ABA and GA<sub>3</sub>/ABA of flower-plant were higher than that of non-flower-plant, but the ratio of (IAA+GA<sub>3</sub>)/ZR was just in contrast, which also indicate the development of flower and fruit was related to not only single plant hormone but also the balance of plant hormones. During autumn shoot period with active vegetative growth, the ratio of IAA/ZR of non-flower-plant was larger than that of flower-plant, while the ratio of IAA/ZR of non-flower-plant was smaller in blossom and fruit period with vigorous reproductive growth, but the ratio of (IAA+GA<sub>3</sub>)/ZR was just in contrast. The results showed that high level of IAA, ABA, ZR and low level of GA<sub>3</sub> in bud stage was beneficial for blossom, high content of IAA, ZR and low content of GA<sub>3</sub>, ABA in post-bloom stage was conducive to reducing blossom and fruit dropping, increased fruit-bearing rate and promoting fruit rapid growth, high ABA content before harvesting was favorable toward fruit ripening. Therefore, it can provide theoretical reference for using plant growth regulator to reduce the fallen petal and fruit abscission in production of *C. nitidissima*.

**Key words:** *Camellia nitidissima*, fruit branch leaves, flower number, blossom and fruit periods, IAA, GA<sub>3</sub>, ZR, ABA

金花茶 (*Camellia nitidissima*) 是山茶科 (Theaceae) 山茶属 (*Camellia*) 金花茶组 (sect. *Chrysantha* Chang) 植物 (张宏达, 1979)。其特有的黄色填补了茶花色系中的空白, 具有极高的观赏价值, 是重要的野生种质资源和珍贵的育种材料, 也是广西极具开发前景的特色资源植物, 在物种起源、生殖生态、系统进化等方面具有很高的研究价值。很长一段时期内, 除自然生境破坏、滥挖滥采等原因外, 金花茶结实率低或不结果、结果少, 也是限制其自然居群扩大、导致其濒危的一个主要原因。植物内源激素是影响植物花芽分化、形态建成的重要因子 (潘瑞炽, 2004), 对植物生长发育具有重要作用, 在植物器官的发育和脱离过程中也发挥了重要作用 (于婷等, 2016)。杨玉

红和陈银霞 (2016) 研究发现四倍体刺槐胚珠败育可能与胚珠内源激素异常有关。李运婷等 (2016) 在钝叶桉、曹永庆等 (2015) 在油茶、张建铭等 (1999) 在大花栀子的研究中均发现, 植物的成花过程不只受到单一激素含量变化的调控, 而是几种激素以一定比例在不同组织、不同生育时期共同作用, 且在成花的不同阶段, 分别由不同的激素起主导作用。陈庭巧等 (2016)、刘胜辉等 (2010) 研究发现, 外施植物激素或者植物生长调节剂可引起植株原有内源激素相对比例的改变, 从而起到调节成花的作用。漆小雪等 (2013) 测定了金花茶盛花期的叶、枝、花的 IAA、ZR、ABA 和 GA<sub>3</sub> 的含量, 但针对金花茶整个花果期果枝叶内源激素在花果不同发育时期含量的变化规律却未见

报道。因此,准确测定金花茶花果期果枝叶内源激素含量,了解和掌握金花茶花果期内源激素变化规律,明确内源激素的含量变化对金花茶成花量的影响,将有助于深刻认识并弄清金花茶结实率低的生理原因,为物种保育、种群恢复和人工调节成花、坐果提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

金花茶种植于广西植物研究所金花茶种质园内,其物候期较原产地推迟 40 d 左右(柴胜丰等, 2009)。金花茶花蕾期较长,一般于 6 月下旬出现花蕾,花蕾前期发育缓慢,经过 5 个月的孕蕾期, 12 月进入蕾松期,花蕾开始膨大,其中 9—11 月是秋梢期,植株生长旺盛;12 月底进入花期,花期较长,历经始花(第一朵花到开花数达 5%的时期,1 月)、盛花(开花数为 50%~90%的时期,2—3 月)、末花(95%开花结束后,4 月上旬)3 个时期,从 1 月初一直持续到 4 月上旬;4 月中旬进入果期,11 月底果实成熟,其中果蕾交错期 5 个月。

选取种质园内树龄相当、生长状况相似、现蕾多(总蕾量大于 200 个)、少(总蕾量少于 50 个)金花茶健康植株各 5 株,无蕾株作为对照,于 2010 年 9 月至 2011 年 9 月间隔 30 d 取样,按不同方位、层次分别对金花茶果枝成熟叶片混合采样,液氮速冻 2~3 min 后置于 -80 ℃ 冰箱中保存待测。

### 1.2 激素的提取与测定

参考郭辰等(2016)、漆小雪等(2013)的方法,采用酶联免疫吸附法测定金花茶内源激素含量。称取 1 g 果枝叶加入 2 mL 80% 甲醇溶液,先在冰浴条件下研磨成匀浆,转入 10 mL 离心管,再用 2 mL 提取液分次将研钵冲洗干净,一并转入离心管中摇匀,4 ℃ 静置提取 4 h,3 500 r·min<sup>-1</sup> 离心 8 min,取上清。沉淀中加 1 mL 提取液,摇匀,4 ℃ 静置提取 1 h,3 500 r·min<sup>-1</sup> 离心 8 min,合并两次离心所得上清并记录体积。上清过 C-18 固相萃取柱,将过柱后的样品转入 5 mL 离心管,氮气吹干后,用样品稀释液定容至 2 mL。样品测定步骤按照 ELISA 试剂盒说明书进行:先按照竞争→洗板

→加二抗→洗板→加底物显色→终止进行,最后用 BioTek ELX 808 酶联免疫分光光度计依次测定标准物及各样品 490 nm 波长的 OD 值。ELISA 试剂盒购于北京北农为天生物技术有限公司。

### 1.3 数据分析统计方法

采用 EXCEL 2007 进行数据统计、绘制图表;内源激素标准曲线用 Curve Expert 1.4 软件进行拟合;用 SPSS19.0 软件分别对金花茶果枝叶 4 种内源激素含量、比值进行双因素随机区组试验方差分析,观察控制不同变量、不同开花量金花茶植株果枝叶内源激素含量之间是否存在显著性差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同成花量金花茶花果期果枝叶内源激素含量的变化

2.1.1 IAA 如图 1 所示,整个花果期,三种不同成花量金花茶果枝叶 IAA 含量的动态变化趋势基本一致,呈“两高两低”趋势,分别于 10 月中旬秋梢期和 1 月中旬始花期达到峰值。伴随花形态分化的进行,IAA 含量逐渐下降,不同成花量金花茶果枝叶 IAA 含量高低为花少株>无花株>花多株;盛花期(2—3 月)有花株 IAA 含量高于无花株;4 月花期结束进入果期后,三种植株果枝叶 IAA 均缓慢降低到较低水平(7 月),之后逐渐升高,10 月秋梢期达到一个小高峰。

2.1.2 ZR 图 2 显示,整个花果期,花多株、无花株、花少株果枝叶 ZR 含量变化不同。无花株、花少株叶片 ZR 含量从 9 月中旬下降至 10 月末,后缓慢上升至 1 月末,而花多株 ZR 含量在此期间虽呈现大幅度“W 形”波动,但整体呈上升趋势;伴随开花进程,三种金花茶果枝叶盛花期(2—3 月)ZR 含量呈“下降—上升”的变化趋势,有花株含量高于无花株;果期三种不同成花量金花茶果枝叶 ZR 含量均缓慢下降后逐渐升高,秋梢期(9 月)达到峰值。

2.1.3 ABA 从整体来看,三种不同成花量金花茶果枝叶 ABA 含量呈“上升—下降”变化趋势,2 月初盛花期达到顶峰,但无花株、花多株的变化幅度较大。蕾松期(12 月)无花株、花多株果枝叶 ABA

含量高于其它时期,仅低于含量最高的盛花期,ABA 含量高低排序为无花株>花多株>花少株,且花少株含量远低于无花株、花多株。

已知 ABA 为生长抑制型激素,图 3 显示,4 月中旬进入果期后,直至秋梢期(9—11 月),三种不同成花量金花茶果枝叶内源 ABA 含量相对较低;11—12 月金花茶果实转向成熟的过程中,花多株、花少株果枝叶 ABA 含量急剧增加,表明 ABA 可能是金花茶果实成熟期起主要作用的激素,能够参与调控与果实成熟相关的生理生化过程,这与大多数其它植物中的研究结果相符(Hao et al, 2014)。

**2.1.4 GA<sub>3</sub>** 由图 4 可以看出,三种金花茶果枝叶 GA<sub>3</sub> 含量数值小于 IAA、ZR、ABA,且整个花果期波动频繁。从蕾松期(12 月)到始花期(1 月),GA<sub>3</sub> 含量呈“下降—上升”趋势,高低排序为花少株>花多株>无花株;盛花期(2—3 月)果枝叶 GA<sub>3</sub> 含量整体下降,花多株含量高于花少株、无花株;进入果期(4 月中旬)后,花多株含量呈上升趋势,至秋梢期末(10 月中旬)达到峰值,而花少株、无花株含量则缓慢下降到较低水平(7 月中旬)后缓慢上升,秋梢期达到峰值,花少株的峰值(9 月中旬)早于无花株、花多株,且数值较大。

## 2.2 三种不同成花量金花茶花果期果枝叶内源激素含量比值变化

秋梢期(9—11 月)三种不同成花量金花茶果枝叶 IAA/ZR 比值均下降,无花株的下降幅度较大;果实成熟后期(11 月)IAA/ZR 比值逐渐上升,且比值大小排序:花少株>无花株>花多株;整个花期(1—4 月初)三种不同成花量金花茶果枝叶 IAA/ZR 比值先下降后升高;进入果期后,花少株 IAA/ZR 比值持续下降,而花多、无花株 IAA/ZR 比值先缓慢升高后下降,至秋梢期末达到较小值(图 5:A)。

盛花期(2—3 月)花多株 IAA/ABA 比值先升后降,无花株比值变化较为平稳,其它时期花多株、无花株比值变化趋势相似;而花少株 IAA/ABA 比值在整个花果期则呈现“W 形”变化(图 5:B)。

整个花期(1—4 月初)花少株、无花株 ZR/ABA 比值变化较为平缓,均小于 0.5,而花多株

ZR/ABA 比值呈“M 形”变化;在期和果蕾交错期(4—11 月)花多株、无花株 ZR/ABA 比值变化幅度较小,而花少株 ZR/ABA 比值则是急剧升高后再降低;蕾松期(12 月)花多株、无花株 ZR/ABA 比值缓慢降低,而花少株 ZR/ABA 比值变化趋势则先升高再降低(图 5:C)。

整个花果期无花株 GA<sub>3</sub>/ABA 比值变化较小;花多株在秋梢期和蕾松期(9—12 月)、始花期和盛花期(1—3 月)两个阶段,GA<sub>3</sub>/ABA 比值均呈“M 形”波动,其它时期变化平缓;整个花果期花少株 GA<sub>3</sub>/ABA 比值呈“W 形”变化,两个峰值分别出现在秋梢期(9 月)和蕾松期(12 月),而花期和果蕾交错期(1—7 月)变化则较小(图 5:D)。

在秋梢期、蕾松期(9—12 月)和始花期、盛花期(1—3 月)这两个阶段,无花株、花少株(IAA+GA<sub>3</sub>)/ZR 比值均呈“升高—降低”波动变化,并出现峰值;而花多株(IAA+GA<sub>3</sub>)/ZR 比值仅在蕾松期(12 月)出现明显的峰值,花期(1—4 月初)则呈现不太明显的“M 形”波动;进入果期后,三种不同成花量金花茶果枝叶(IAA+GA<sub>3</sub>)/ZR 比值变化均比较平缓(图 5:E)。

双因素随机区组试验方差分析结果(表 1)表明,同一成花量金花茶在不同时期果枝叶内源 IAA、ZR、ABA 含量和 IAA/ZR、(IAA+GA<sub>3</sub>)/ZR 比值差异极显著( $P<0.01$ ),而同一时期不同成花量金花茶果枝叶内源 ZR、ABA 含量和 ZR/ABA 比值差异极显著( $P<0.01$ )。

## 3 讨论与结论

激素是影响花芽分化、花形态建成和果实发育的重要因子。外施激素不仅调节植株体内营养物质的合成与分配(Thomas, 1995; 陈庭巧等, 2016);还是人工干预成花、坐果的重要手段(曾辉等, 2008)。

IAA 含量变化与花形态建成有密切关系,可能是作为一种开花信号或者促进激素调节花形态分化。Kinet(1993)认为,低浓度 IAA 促进花芽孕育,而高浓度 IAA 则起到抑制作用。本研究中,在花蕾发育前期,三种不同成花量的金花茶果枝叶

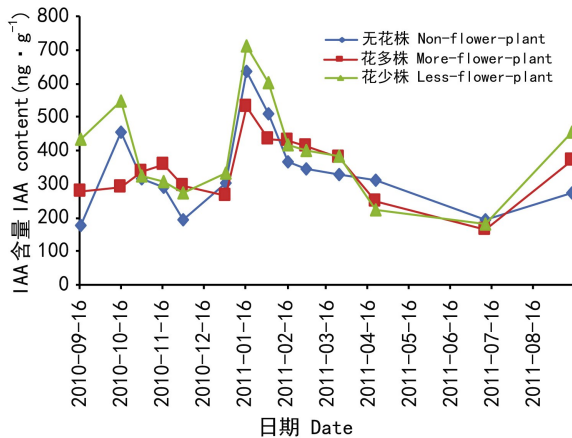


图 1 不同成花量金花茶花果期果枝叶 IAA 含量变化  
Fig. 1 Change of IAA contents in fruit branch leaves of *Camellia nitidissima* with different flower numbers during blossom and fruit periods

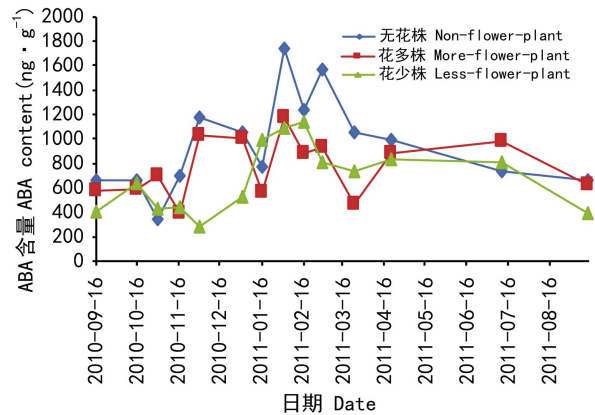


图 3 不同成花量金花茶花果期果枝叶 ABA 激素含量变化

Fig. 3 Change of ABA contents in fruit branch leaves of *Camellia nitidissima* with different flower numbers during blossom and fruit periods

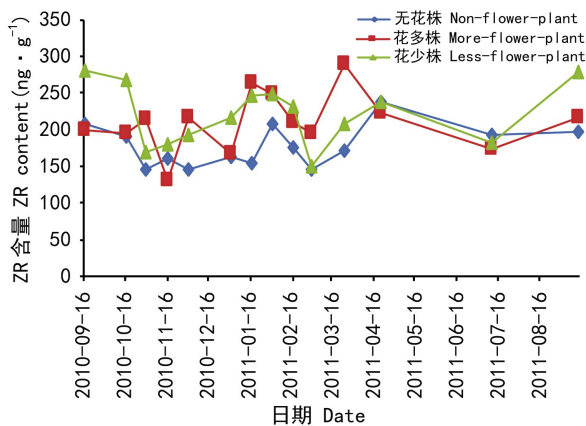


图 2 不同成花量金花茶花果期果枝叶 ZR 含量变化  
Fig. 2 Change of ZR contents in fruit branch leaves of *Camellia nitidissima* with different flower numbers during blossom and fruit periods

先升后降的变化趋势不一致。

ZR 可促进细胞分裂,调控花形态建成中的物质和能量,并有助于花形态的分化。整个花期内,花少株、无花株叶片 ZR 含量变化趋势相似,且花少株高于无花株;花多株叶片 ZR 含量波动幅度大且高于无花株。结果表明,ZR 是调节金花茶花形态分化、促进成花的重要激素,与郭文丹等(2009)在油桐花芽分化期的测定结果类似。

ABA 对植物成花的作用历来争论较多。黄美维(1996)认为高含量 ABA 抑制花芽分化和花形态建成,齐飞艳等(2013)研究发现成花期较高浓度 ABA 可促进毛竹的花发育。本研究在整个花期中无花株、花多株 ABA 含量的变化趋势类似,但无花株叶片 ABA 含量要高于花多株。结果表明,低水平的 ABA 浓度对金花茶成花有促进作用,反之,则可能抑制成花,这与郭辰等(2016)的研究结果相似。

$GA_3$ 抑制植物花形态建成,高浓度的  $GA_3$ 促进  $\alpha$ -淀粉酶形成并加速淀粉水解,从而抑制果树成花(Hoad, 1984)。本研究中,三种不同成花量的金花茶果枝叶  $GA_3$  含量数值远低于其它三种激素,波动频繁但变化幅度不大,可能有利于植株内源激素环境的平衡和稳定。本研究结果表明,低

中低浓度 IAA 有助于幼蕾孕育;伴随着秋梢期营养生长,果枝叶 IAA 含量增加,则有利于花的发育;蕾松期(12月)果枝叶 IAA 含量较低;始花期(1月)先升后降,且花多株低于花少株,表明低浓度 IAA 有利于成花,这与空气凤梨中的研究结果基本一致(郑凯和丁久玲, 2016);盛花期(2—3月)不同成花量的果枝叶 IAA 含量均持续下降,与漆小雪等(2013)认为金花茶盛花期叶片 IAA 含量

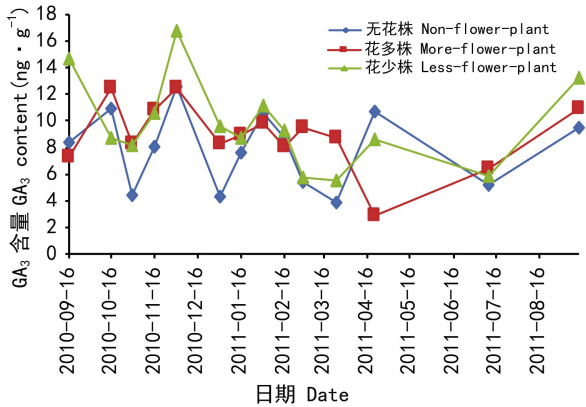


图4 不同成花量金花茶花果期果枝叶  
GA<sub>3</sub>激素含量变化

Fig. 4 Change of GA<sub>3</sub> contents in fruit branch leaves of *Camellia nitidissima* with different flower numbers during blossom and fruit periods

浓度的 GA<sub>3</sub> 含量可促进花形态建成,这与牛辉陵等(2015)的研究结果一致。

几种主要植物内源激素 (IAA、ZR、ABA、GA<sub>3</sub>) 共同调控果实生长发育以及品质。果实发育初期高浓度的 IAA 和 GA<sub>3</sub> 有利于幼果坐果和促进果实细胞分裂(阮晓等, 2000); 砀山酥梨果实发育期高含量的 ZR 对果实细胞膨大起重要作用(刘小阳等, 2006); 在葡萄(Sun et al, 2010)、甜樱桃(刘丙花等, 2008; Hao et al, 2014) 等果实发育初期其 ABA 含量较高,可能与落花落果(刘丙花等, 2008)及果实发育初期的快速生长(Hao et al, 2014)有关,而采收前高含量的 ABA 有利于果实成熟(Hao et al, 2014)。金花茶生殖周期中,蕾期、花期、果期、秋梢期交错叠加,叠加期内果枝叶内源激素对花果发育的影响,还有待进一步深入研究。

内源激素平衡对金花茶开花、坐果有着重要的调控作用(刘丙花等, 2008; Su et al, 2011; 牛辉陵等, 2015)。花期(1—3月)内,三种不同成花量的金花茶果枝叶 IAA/ZR 比值相对较小,而3—7月(幼果、幼蕾期),IAA/ZR 比值相对较大,而 (IAA+GA<sub>3</sub>)/ZR 比值与之相反,表明高 IAA/ZR 或低 (IAA+GA<sub>3</sub>)/ZR 比值有利于果、蕾生长,而低

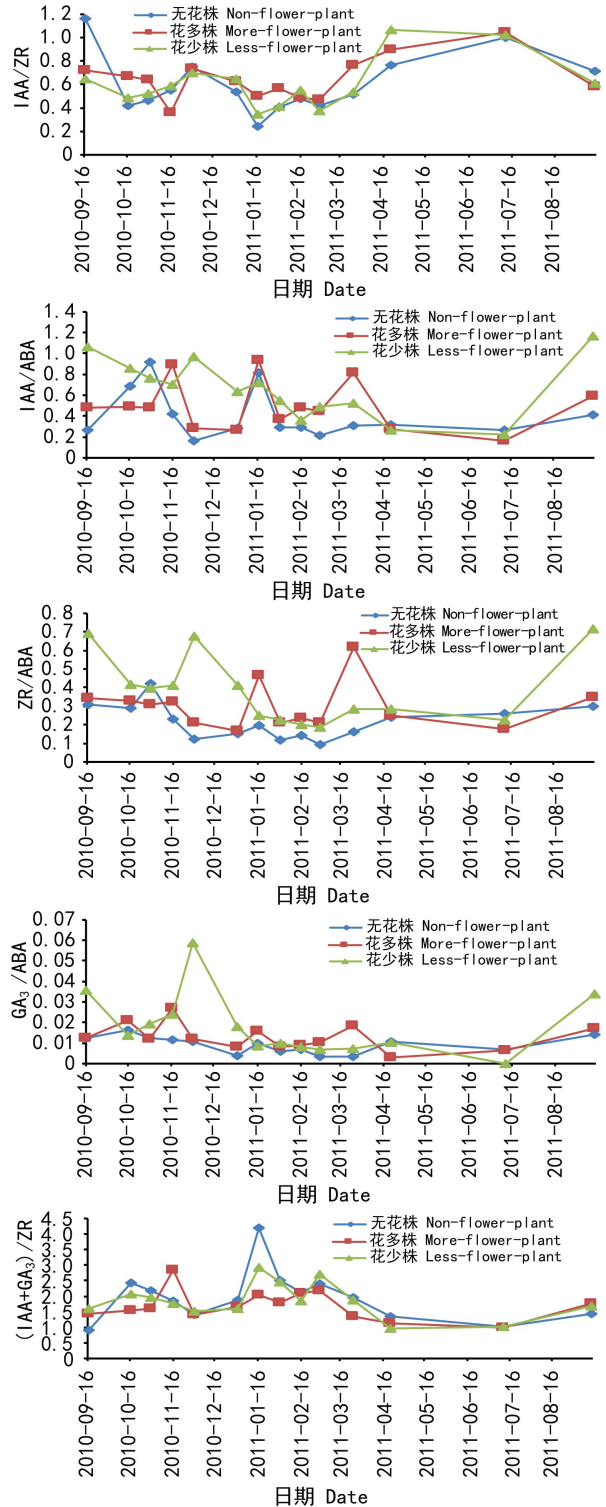


图5 不同成花量金花茶花果期果枝叶内  
源激素比值变化

Fig. 5 Changes of hormone ratios in fruit branch leaves of *Camellia nitidissima* with different flower numbers during blossom and fruit periods

IAA/ZR 或高 (IAA+GA<sub>3</sub>)/ZR 比值则有利于成花; 在蕾、果、秋梢叠加期(7—11 月), IAA/ZR 比值逐渐降低, 而 IAA/ABA、ZR/ABA、GA<sub>3</sub>/ABA、(IAA+GA<sub>3</sub>)/ZR 比值均升高, 有利于果实成熟。本研究结果表明内源激素是在特定时期调控金花茶营养生长与生殖生长, 各激素间相互促进、制约, 进一步证实各激素间存在平衡关系。

金花茶花期、果期败育率分别是 63.05%、44.09%, 致使其最终结实率仅 15% (柴胜丰等, 2009)。研究发现, 合理喷施植物生长调节剂可以诱导植物花芽分化, 提高成花量和坐果率 (陈俊愉, 1985; 陈庭巧等, 2016)。根据本研究结果, 花蕾期提高 IAA、ZR 和 ABA 含量及降低 GA<sub>3</sub> 可促进金花茶开花; 末花期提高 IAA、ZR 及降低 GA<sub>3</sub>、ABA 可减少落花落果, 提高坐果率, 且有利于果实快速生长; 果实生长后期提高 ABA 有利于果实成熟, 可作为生产上应用生长调节剂调控金花茶成花坐果、增产的理论依据。

## 参考文献:

- CAO YQ, YAO XH, REN HD, et al, 2015. Changes in contents of endogenous hormones and main mineral elements in oil-tea camellia fruit during maturation [J]. J Beijing For Univ, 37(11): 76–81. [曹永庆, 姚小华, 任华东, 等, 2015. 油茶果实成熟过程中内源激素和矿质元素含量的变化特征 [J]. 北京林业大学学报, 37(11): 76–81.]
- CHAI SF, WEI X, JIANG YS, et al, 2009. The flowering phenology and characteristics of reproductive modules of endangered plant *Camellia nitidissima* [J]. J Trop Subtrop Bot, 17(1): 5–11. [柴胜丰, 韦霄, 蒋运生, 等, 2009. 濒危植物金花茶开花物候和生殖构件特征 [J]. 热带亚热带植物学报, 17(1): 5–11.]
- CHANG HT, 1979. Crysanta, a section of golden camellias from cathaysian flora [J]. Acta Sci Nat Univ Sunyatseni, 3: 69–74. [张宏达, 1979. 华夏植物区系的金花茶组 [J]. 中山大学学报, 3: 69–74.]
- CHEN JY, 1985. Plant hormones in the application of the flowers [J]. Chin Garden, 2: 36–38. [陈俊愉, 1985. 植物激素在花卉中的应用 [J]. 中国园林, 2: 36–38.]
- CHEN TQ, ZHAO Y, QIN X, et al, 2016. Effect of exogenous hormones on flower bud differentiation and endogenous substances of *Pinus massoniana* [J]. Guihaia, 36(11): 1295–1302. [陈庭巧, 赵杨, 秦雪, 等, 2016. 外源激素对马尾松花芽分化及内源物质的影响 [J]. 广西植物, 36(11): 1295–1302.]
- GUO C, YANG X, YANG GQ, et al, 2016. Dynamic changes of endogenous hormones in blossom and fruit period of *Camellia tunghinensis* Chang [J]. Guangxi Sci, 23(3): 278–285. [郭辰, 杨雪, 杨光泉, 等, 2016. 东兴金花茶花果期内源激素动态变化 [J]. 广西科学, 23(3): 278–285.]
- GUO WD, LI JA, LIU LN, et al, 2009. Content changes of endogenous hormones during flower bud differentiation stage of *Vernicia fordii* (Hemsl.) [J]. Nonw For Res, 27(2): 31–34. [郭文丹, 李建安, 刘丽娜, 等, 2009. 油桐花芽分化期内源激素含量的变化 [J]. 经济林研究, 27(2): 31–34.]
- HOAD GV, 1984. Hormonal regulation of fruit-bud formation in fruit tree [J]. Acta Hort, 149: 13–23.
- HAO L, DAI SJ, REN J, et al, 2014. The role of ABA in the maturation and postharvest life of a nonclimacteric sweet cherry fruit [J]. J Plant Growth Regul, 33: 373–383.
- HUANG QW, 1996. Changes in endogenous hormone contents in relation to flower bud differentiation and on-year or off-year fruiting of longan [J]. J Trop Subtrop Bot, 4(2): 58–62. [黄羌维, 1996. 龙眼内源激素变化和花芽分化及大小年结果的关系 [J]. 热带亚热带植物学报, 4(2): 58–62.]
- KINET JM. 1993. Environmental, chemical and genetic control of flowering [J]. Hortic Rev, 15: 279–334.
- LI YT, ZONG XH, ZHANG HY, et al, 2016. Variation of endogenous hormones in the leaves of male, female and hermaphrodite plants of *Eurya obtusifolia* during flowering stages [J]. Acta Hort Sin, 43(7): 1411–1418. [李运婷, 宗秀虹, 张华雨, 等, 2016. 钝叶柃不同性别植株花期叶片内源激素含量的变化 [J]. 园艺学报, 43(7): 1411–1418.]
- LIU BH, JIANG YM, PENG FT, et al, 2008. Dynamic changes of endogenous hormone contents in the pulp and seeds of sweet cherry fruit during growth and development [J]. J Fruit Sci, 25(4): 593–596. [刘丙花, 姜远茂, 彭福田, 等, 2008. 甜樱桃红灯果实发育过程中果肉及种子内源激素含量变化动态 [J]. 果树学报, 25(4): 593–596.]
- LIU SH, ZANG XP, ZHANG XM, et al, 2010. Changes of endogenous hormone levels during the inflorescence differentiation in pineapple (*Smooth Cayenne*. cv) [J]. J Trop Crops, 31(9): 1487–1492. [刘胜辉, 臧小平, 张秀梅, 等, 2010. 乙烯利诱导菠萝 [*Ananas comosus* (L.) Merrill] 花芽分化过程与内源激素的关系 [J]. 热带作物学报, 31(9): 1487–1492.]
- LIU XY, LI L, CAI YP, 2006. Effect of light intensity for formation of stone cell and correlation between activity of endogenous IAA, ZR and ABA and formation of stone cell in *Pyrus* spp. [J]. Acta Las Biol Sin, 15(2): 161–166. [刘小阳, 李玲, 蔡永萍, 2006. 光强对砧山酥梨石细胞形成的影响及其与内源 IAA、ZR 和 ABA 含量的关系 [J]. 激光生物学报, 15(2): 161–166.]
- NIU HL, ZHANG HW, BIAN Y, et al, 2015. Flower formation and endogenous hormones dynamic in Chinese jujube [J]. Acta Hort Sin, 42(4): 655–664. [牛辉陵, 张洪武, 边媛, 等, 2015. 枣花分化发育过程及其内源激素动态研

- 究 [J]. 园艺学报, 42(4): 655-664.]
- PAN RZ, 2004. Plant physiology [M]. Beijing: Higher Education Press. [潘瑞炽, 2004. 植物生理学 [M]. 北京: 高等教育出版社.]
- QI FY, PENG ZH, HU T, et al, 2013. Changes of endogenous hormones in different organs during the flowering phase of Mosobamboo [J]. For Res, 26(3): 332-336. [齐飞艳, 彭镇华, 胡陶, 等, 2013. 毛竹花期不同器官内源激素含量的变化 [J]. 林业科学研究, 26(3): 332-336.]
- QI XX, WEI X, WANG XJ, et al, 2013. Changes of endogenous hormones in *Camellia nitidissima* during blossom period [J]. J Jiangsu Agric Sci, 41(3): 141-144. [漆小雪, 韦霄, 王熊军, 等, 2013. 金花茶花期内源激素含量的变化 [J]. 江苏农业科学, 41(3): 141-144.]
- RUAN X, WANG Q, ZHOU JM, et al, 2000. Changes in content or release rate of 4 kinds of plant hormones in relation to the development, ripening and senescence of fragrant pear fruit [J]. Acta Phytophysiol Sin, 26(5): 402-406. [阮晓, 王强, 周疆明, 等, 2000. 香梨果实成熟衰老过程中 4 种内源激素的变化 [J]. 植物生理学报, 26(5): 402-406.]
- SU H, LIU B, ZHANG XS, 2011. Auxin-cytokinin interaction regulates meristem development [J]. Mol Plant, 4(4): 616-625.
- SUN L, ZHANG M, REN J, et al, 2010. Reciprocity between abscisic acid and ethylene at the onset of berry ripening and after harvest [J]. BMC Plant Biol, 10: 257.
- THOMAS HB, 1995. BA influences flowering and dry matter partitioning in shoots of 'Crimson giant' Easter cactus [J]. Hort Sci, 30(2): 289-291.
- YANG YH, CHEN YX, 2016. Study on relation between endogenous phytohormones and ovule abortion in tetraploid *Robinia Pseudoacacia* [J]. Agric Sci Technol, 17(8): 1773-1776. [杨玉红, 陈银霞, 2016. 同源四倍体刺槐内源激素与胚珠败育的关系研究 [J]. 农业科学与技术, 17(8): 1773-1776.]
- YU T, LI JG, SHI R, et al, 2016. Relationship between endogenous hormone content in Jun jujube and physiological fruit drop [J]. Nonw For Res, 34(2): 45-49. [于婷, 李建贵, 侍瑞, 等, 2016. 骏枣果实中的内源激素含量与其生理落果的关系 [J]. 经济林研究, 34(2): 45-49.]
- ZENG H, CHEN HB, DU LQ, et al, 2008. Effect of spraying gibberellin on the flower bud formation of Macadamia (*Macadamia integrifolia*) [J]. J Fruit Sci, 25(2): 203-208. [曾辉, 陈厚彬, 杜丽清, 等, 2008. 喷施赤霉素推迟和减少澳洲坚果成花的效应 [J]. 果树学报, 25(2): 203-208.]
- ZHANG JM, TAN F, CHEN J, 1999. The change of endogenous hormones and carbohydrate and nitrogen contents during flower bud differentiation in *Gardenia jasminoides* var. *grandiflora* [J]. J SW China Normal Univ, 24(2): 219-224. [张建铭, 谈锋, 陈京, 1999. 大花栀子花芽生理分化期内源激素和碳氮比的动态变化 [J]. 西南师范大学学报, 24(2): 219-224.]
- ZHENG K, DING JL, 2016. Changes of endogenous hormone content in leaves of *Tillandsia velutina* during the flower bud differentiation period [J]. J Zhejiang Agric Sci, 57(11): 1869-1871, 1875. [郑凯, 丁久玲, 2016. 空气凤梨 (*Tillandsia velutina*) 分蘖芽发育过程中内源激素含量变化分析 [J]. 浙江农业科学, 57(11): 1869-1871, 1875.]