

东兴金花茶花果期内源激素动态变化*

Dynamic Changes of Endogenous Hormones in Blossom and Fruit Period of *Camellia tunghinensis* Chang

郭辰¹, 杨雪², 杨光泉¹, 吴儒华¹, 潘子平¹, 韦霄^{2**}

GUO Chen¹, YANG Xue², YANG Guangquan¹, WU Ruhua¹, PAN Ziping¹, WEI Xiao²

(1. 广西防城金花茶国家级自然保护区管理处, 广西防城港 538021; 2. 广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所, 广西桂林 541006)

(1. Golden Camellia National Nature Reserve Management Office, Fangchenggang, Guangxi, 538021, China; 2. Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuangzu Autonomous Region and the Chinese Academy of Sciences, Guilin, Guangxi, 541006, China)

摘要:【目的】摸清濒危植物东兴金花茶(*Camellia tunghinensis* Chang)开花少、结实率低的生理问题,为其物种保护、恢复提供理论依据。【方法】选用东兴金花茶为材料,借助酶联免疫吸附法(ELISA)测定植株花果期枝、叶、蕾、花、果中内源吲哚乙酸(IAA)、赤霉素(GA₃)、细胞分裂素(ZR)、脱落酸(ABA)的含量,并分析这4种内源激素含量及比值的变化规律。【结果】花果期,东兴金花茶植株 IAA、ZR、ABA 平均含量高低排序:枝>叶,GA₃含量为叶>枝;IAA 平均含量:果>花>蕾;ZR 平均含量:蕾>花>果;GA₃ 平均含量:果>蕾>花;ABA 平均含量:花>蕾>果。果枝叶 IAA 含量先低后高,ZR 含量呈“M”字形变化,GA₃ 含量先高后低,ABA 含量变化为“低-高-低-高”;IAA/ABA、(IAA+GA₃)/ZR 变化为先低后高,ZR/ABA 变化为“高-低-高-低”,GA₃/ABA 变化为先高后低。果枝 IAA、ABA 含量变化为“低-高-低-高”,ZR 含量先高后低,GA₃ 含量先低后高;IAA/ABA 呈“W”字形变化、GA₃/ABA、ZR/ABA 变化为“高-低-高-低”,(IAA+GA₃)/ZR 变化为“低-高-低-高”。蕾、花、果中,IAA、GA₃ 含量整体上升,ZR 含量整体下降,ABA 含量则为“上升-下降”;IAA/ABA、(IAA+GA₃)/ZR 比值呈“W”字形波动上升,ZR/ABA 则呈“W”字形波动下降,GA₃/ABA “低-高-低-高”。【结论】在生产中,提高 ZR、ABA 含量而降低 IAA、GA₃ 含量利于东兴金花茶的花芽分化。在结实期,高 IAA、GA₃ 浓度和低 ABA 浓度利于提高坐果率,减少落花落果,促进高产稳产。

关键词: 东兴金花茶 花果期 内源激素

中图分类号: Q946.885 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9164(2016)03-0278-08

Abstract:【Objective】The effects of endogenous hormones on *Camellia tunghinensis* Chang flowering and fructification were studied by the dynamic changes of endogenous hormones contents in blossoming and fruit period, in order to provide the theory basis for finding out the physical problem of less flowering and low fructification rate of endangered plant, and protecting and recovering the species.【Methods】The contents of indole-3-acetic acid(IAA), gibberellin A₃(GA₃), trans-zeatin-riboside(ZR) and abscisic acid(ABA) in branches, leaves, buds, flowers and fruits were measured by ELISA method, and the changes of their contents and ratios were analyzed.【Results】In the flowering period, the average content of IAA, ZR and ABA was higher in branch than in leaf, whereas that of GA₃ was less in branch. The sequence of average content was: fruit > flower > buds for IAA, bud > flower >

收稿日期:2016-04-21

作者简介:郭辰(1981-),男,硕士,工程师,主要从事保护区植物研究和管理工作。

* 国家自然科学基金项目(31160137),桂科转让防城港科技攻关项目(20140115-1)和桂林市科技成果转化与推广项目(防科攻15004005)资助。

** 通讯作者:韦霄(1967-),男,博士,研究员,主要从事经济植物的引种驯化和濒危植物的保护生物学研究, E-mail: Weixiao@gxib.cn.

fruit for ZR, fruit>bud>flower for GA_3 , and flower>bud>fruit for ABA. The trend of fruit branch leaf was falling then rising for IAA, changing in M-shaped pattern for ZR, rising first then falling for GA_3 , and repeating twice from low to high for ABA. The ratios of IAA/ABA and $(IAA+GA_3)/ZR$ were first falling then rising, ZR/ABA was falling to rising then falling to rising again, and GA_3/ABA was rising first then falling. In fruit branch, IAA and ABA variation revealed the trend from low to high, then from low to high again, ZR rising first then falling, GA_3 falling then rising. IAA/ABA changed in W-shaped pattern, GA_3/ABA , ZR/ABA revealed falling to rising then falling to rising again, and $(IAA+GA_3)/ZR$ repeated from low to high twice. IAA and GA_3 content rose, while ZR declined in the bud, flower and fruit periods, and the trend of ABA content changed from rising to falling. The ratio of IAA/ABA and $(IAA+GA_3)/ZR$ increased in W-shaped pattern, ZR/ABA decreased in W-shaped pattern, GA_3/ABA repeated twice from low to high. **【Conclusion】** Increasing the content of ZR and ABA, and decreasing the contents of IAA and GA_3 will be beneficial for flower bud differentiation of *Camellia tunghinensis* in production. High content of IAA and GA_3 with low content of ABA will improve fruit-bearing rate in the fructification phase, which can reduce the situation of the fallen petal and fruit abscission, and promote stable high yield.

Key words: *Camellia tunghinensis* Chang, blossom and fruit period, endogenous hormones

0 引言

【研究意义】金花茶组(Theaceae, *Camellia*, Sect. *Chrysantha* Chang)植物是世界珍稀的观赏植物和种质资源,具有极高的观赏价值、科研价值和药用价值^[1-2],东兴金花茶(*Camellia tunghinensis* Chang)属山茶科(Theaceae)山茶属(*Camellia*)金花茶组植物^[3],因其叶较小,薄革质,故又称小叶金花茶;常绿灌木,高约2 m,花瓣8~9片,极薄,淡黄色,为世界稀有的珍贵观赏花木,仅分布于我国广西防城金花茶国家级自然保护区内的绿阔叶林中,被列为我国二级国家保护植物^[4]。本种不但自然居群数量少,生境狭窄,人工栽培也较少,野生资源又因其具有重要的观赏价值和一定的药用价值被开垦、滥挖滥采等破坏严重,故造成稀缺的现状。此外,东兴金花茶自身存在结实率低或不结果、种子产量少等问题,这限制了其种群的扩大,也是其濒危的一个主要原因。**【前人研究进展】**目前关于内源激素与植物开花、结实的作用研究结果尚不一致。郑元^[5]研究发现,内源吲哚乙酸(IAA)在仁用杏花芽分化前期有个累积过程,此时IAA含量上升是花芽膨大、开花的诱导信号和启动因子,但更多在果树学的研究发现,低浓度IAA是花、果发生所必需的,而高浓度IAA会抑制生长。大部分学者认为细胞分裂素(ZR)是植株成花所必需的,岳川等^[6]认为ZR调控茶树花芽分化及生殖器官的发育,对茶树成花具有显著的促进作用。Hoad等^[7]研究表明,赤霉素(GA_3)抑制多种植株的花芽分化和形态建成,并且 GA_3 在抑制果树成花研究中得到了较多证实,归因于高 GA_3 促进 α -淀粉酶形成,加速淀粉的水解,从而抑制果树成花。然而陈俊愉等^[8]

对园林花卉植物,如山茶、牡丹、栀子花等花芽形成后喷施 GA_3 ,能提前其开花时间。Rakngna等^[9]认为,植株营养生长的停止或暂时停顿,是其花芽分化的基本条件,而脱落酸(ABA)上升可停止植株营养生长,间接影响花芽孕育和增加养分积累^[10]。**【本研究切入点】**了解和掌握东兴金花茶花果期间内源激素变化规律,为进一步探讨人工引种栽培中,东兴金花茶开花少、结实率低的生理原因提供理论依据。**【拟解决的关键问题】**以东兴金花茶为材料,借助酶联免疫吸附法(ELISA)测定植株花果期不同组织中IAA、 GA_3 、ZR、ABA的含量,并分析这4种内源激素含量及比值的规律。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料东兴金花茶引种植于广西桂林市广西植物研究所金花茶园。该种植园位于广西东北部,东经110°12',北纬25°11',海拔170 m,属中亚热带季风气候。全境气候温和,年平均气温为19.3℃,年平均降雨量1949.5 mm,年平均无霜期309 d,年平均日照时数为1670 h,属红壤土带,以红壤为主,管理水平中等。成龄金花茶成功引种后,其物候期较原产地推迟40 d左右^[11-12]。

1.2 方法

1.2.1 样品的处理

引种条件下,选取园内种植年限一致、成龄无病害的3株东兴金花茶植株,每株选20个蕾。于2015年1月至5月对东兴金花茶花期、果期物候观测记录,各个物候期标准见表1,2。根据各个物候期时间,按不同方位、层次分别采集枝、叶、蕾、花样品,立

表 1 金花茶物候观测指标

Table 1 Phenological observation index of *Camellia tunghinensis* Chang

日期 Day	时期 Period	标准 Standard
2015-01-14	蕾期 Bud stage	花芽膨大之前的休眠期 Time of dormancy before flower bud differentiation
2015-03-22	始花期 Early-bloom stage	树上超过总成花量 25% 的花朵完全开放 More than 25% of total flower numbers were blooming on the tree
2015-03-26	盛花期 Full-bloom stage	树上超过总成花量 50% 的花朵完全开放 More than 50% of total flower numbers were blooming on the tree
2015-04-06	末花期 Post-bloom stage	树上超过总成花量 75% 的花朵完全开放 More than 75% of total flower numbers were blooming on the tree
2015-05-29	结实期 Seed stage	标记花朵花瓣、雄蕊完全掉落后,子房膨大后约 50 d Ovary swelling about 50 d after marked petals and stamens completely fall

表 2 单花物候观测指标

Table 2 Phenological observation index of the single flower

日期 Day	时期 Period	标准 Standard
2015-01-14	蕾期 Bud stage	休眠期 Time of dormancy
2015-03-23	始花期 Early-bloom stage	刚绽放 1~2 d,未完全开放花朵 Just one or two days and not completely open flowers
2015-03-25	盛花期 Full-bloom stage	绽放至 3~4 d,完全开放花朵 Bloom to three or four days and completely open flowers
2015-03-27	落花期 Out of phase	完全开放后凋谢的花朵 Wither flowers
2015-05-17	幼果期 Young fruit period	自标记花朵花瓣、雄蕊完全脱落后,子房膨大约 50 d 的幼果 The seed of ovary swelling about 50 d after marked petals and stamens completely fall

即放入液氮罐速冻 2~3 min,带回实验室放入 -20℃ 低温冰箱保存备用。

1.2.2 内源激素含量测定

采用酶联免疫吸附法(ELISA)测定东兴金花茶内源激素含量,试剂盒购于北京北农为天生物技术有限公司。称取 1.0 g 材料加入 2 mL 80% (V/V) 甲醇溶液,在冰浴下研磨成匀浆,转入 10 mL 试管,再用 2 mL 提取液分次将研钵冲洗干净,一并转入试管中摇匀,放置在 4℃ 冰箱中提取 4 h,3 500 r/min 离心 8 min,取上清液。沉淀中加 1 mL 提取液,搅匀,置 4℃ 下提取 1 h,3 500 r/min 离心 8 min 离心,合并两次离心所得上清液并记录体积。上清液过 C-18 固相萃取柱,将过柱后的样品转入 5 mL 塑料离心管中,用氮气吹干,后用样品稀释液稀释定容至 2 mL。样品测定步骤参照试剂盒说明书进行,最后在 BioTek ELX 808 酶联免疫分光光度计依次测定标准物及各样品于 490 nm 波长处的 OD 值。

1.2.3 数据统计方法

采用 EXCEL 2007 进行数据统计及制图、表;内源激素标准曲线用 Curve Expert 1.4 软件进行拟合;用 SPSS 19.0 软件分别对同一时期不同组织、不同时

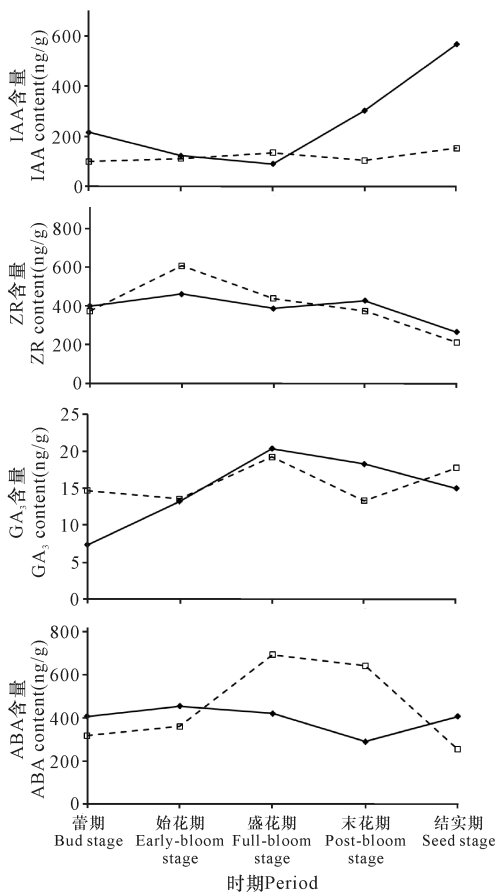
期同一组织的东兴金花茶 4 种内源激素含量、比值进行双因素随机区组试验方差分析,观察控制不同变量,东兴金花茶不同组织内源激素含量之间是否存在显著差异。

2 结果与分析

2.1 不同组织内源激素含量变化

2.1.1 果枝叶与营养枝叶

东兴金花茶营养枝叶 IAA 含量在花果期变化平稳,整体上升,而果枝叶 IAA 含量则从蕾期下降至盛花期后大幅度上升至结实期;营养枝叶和果枝叶花果期内 ZR 含量整体下降,开花前营养枝叶 ZR 含量上升明显,而果枝叶则有先降后升再降的起伏;果枝叶 GA₃ 含量从蕾期上升至盛花期,末花期和结实期 GA₃ 含量下降,而营养枝叶 GA₃ 含量则呈“W”字形变化,开花期变化平稳,开花过程中先升后降,结实期又回升;营养枝叶和果枝叶 ABA 含量在花果期变化差异较大,营养枝叶 ABA 含量从蕾期上升至盛花期,末花期和结实期下降,而果枝叶 ABA 含量则在开花前微上升,开花后持续下降至末花期,结实期 ABA 含量回升(图 1)。



◆: 果枝叶 Fruit branch leaf; □: 营养枝叶 Nutrient branch leaf

图1 东兴金花茶叶内源激素含量变化

Fig. 1 Changes of hormone contents in leaves of *Camellia tunghinensis* Chang

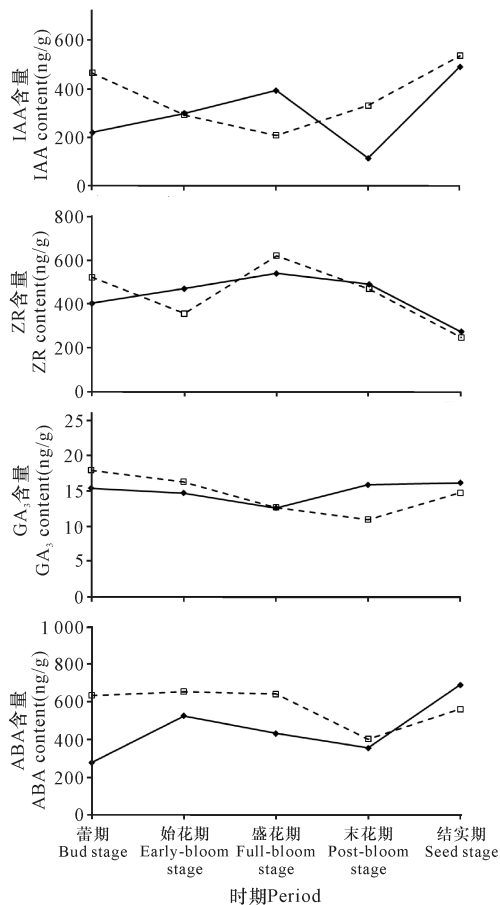
2.1.2 果枝与营养枝

东兴金花茶营养枝和果枝 IAA 含量变化差异显著,蕾期至盛花期,果枝 IAA 含量上升而营养枝下降,末花期果枝 IAA 含量下降至最低,结实期果枝和营养枝 IAA 含量均大幅度上升;果枝 ZR 含量在花果期整体呈“上升-下降”的趋势变化,蕾期至盛花期上升,后持续下降至结实期,而营养枝在开花前 ZR 含量下降,开花后先升后降,结实期 ZR 含量最低;营养枝和果枝 GA₃ 含量变化平稳,整体呈“下降-上升”变化,GA₃ 含量从蕾期至盛花期均下降,果枝在盛花期后开始回升,而营养枝则在末花期回升;营养枝 ABA 含量在蕾期和盛花期前变化平稳,盛花期后含量急剧下降,结实期回升,而果枝 ABA 含量在开花前大幅度上升,后随花朵开放进程缓慢下降,结实期回升(图 2)。

2.1.3 蕾、花、果

花芽分化期,蕾 GA₃、ABA 含量上升而 IAA、ZR 含量下降;花形态分化期,花 IAA、ZR 含量上升而

GA₃、ABA 含量下降;落花期,落花中 ABA 含量大幅度上升而 IAA、GA₃、ZR 均下降;幼果形成期,IAA、GA₃ 含量上升而 ZR、ABA 含量下降;东兴金花茶蕾、花、果 IAA、GA₃ 含量整体上升,ZR 含量整体下降,ABA 呈“上升-下降”趋势变化;ZR 含量在蕾期最高,在始花期最低;IAA 含量在幼果期最高,在始花期最低;ABA 含量在落花期最高;GA₃ 含量在幼果期最高(图 3)。



◆: 果枝 Fruit branch; □: 营养枝 Nutrient branch

图2 东兴金花茶枝内源激素含量变化

Fig. 2 Changes of hormone contents in branches of *Camellia tunghinensis* Chang

2.2 不同组织内源激素比值变化

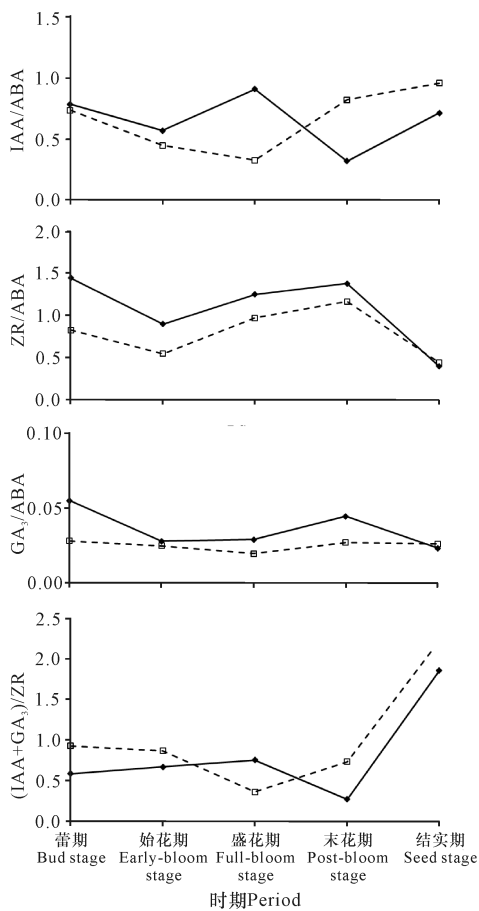
2.2.1 果枝叶和营养枝叶

由图 4 可知,东兴金花茶营养枝叶 IAA/ABA 比值在花期变化平稳,结实期比值上升至最高,果枝叶 IAA/ABA 比值在盛花期前比值下降,盛花期后大幅度上升至结实期达到最高;果枝叶 ZR/ABA 比值整体呈“上升-下降”趋势变化,蕾期至盛花期 ZR/ABA 比值变化平稳,末花期比值大幅度上升,后随幼果的形成下降,而营养枝叶 ZR/ABA 比值则在开花前上升,后持续下降至开花末期,结实期回升;营养枝叶和

枝叶。

2.2.2 果枝和营养枝

东兴金花茶营养枝 IAA/ABA 比值呈“下降-上升”趋势变化,蕾期至盛花期下降,末花期和结实期上升,而果枝 IAA/ABA 比值变化频繁,整体呈“W”字形变化,开花前比值下降,开花期间先升后降,幼果形成后比值回升;果枝 ZR/ABA 比值在花果期大于营养枝,两者变化趋势一致,在开花前均下降,开花后上升,结实期大幅度下降至最低;花果期内,营养枝 GA_3 /ABA 比值变化平稳,果枝比值整体下降,开花前大幅度下降,后随着花朵开放的进程缓慢上升,结实期大幅度下降;果枝 (IAA+ GA_3)/ZR 比值在蕾期至盛花期比值上升,开花末期比值下降后结实期大幅度回升,而营养枝则从蕾期缓慢下降至盛花期,后持续上升至结实期(图 5)。



◆:果枝 Fruit branch; □:营养枝叶 Vegetative branch

图 5 东兴金花茶枝内源激素比值变化

Fig. 5 Changes of hormones ratio in branches of *Camellia tunghinensis* Chang

2.2.3 蕾、花、果

花芽分化期,东兴金花茶蕾 IAA/ABA、ZR/ABA 比值下降而 (IAA+ GA_3)/ZR 比值上升,随着花形态分化的进程,3 个比值均上升,幼果期内源激

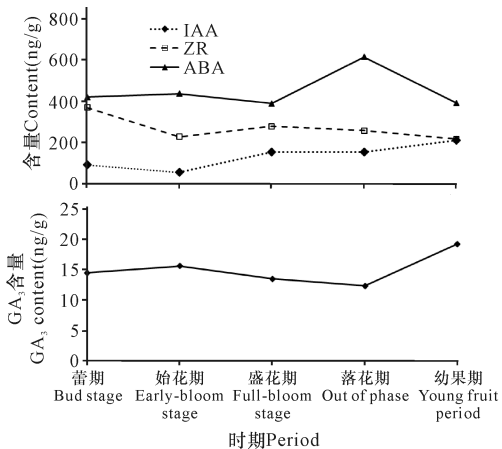
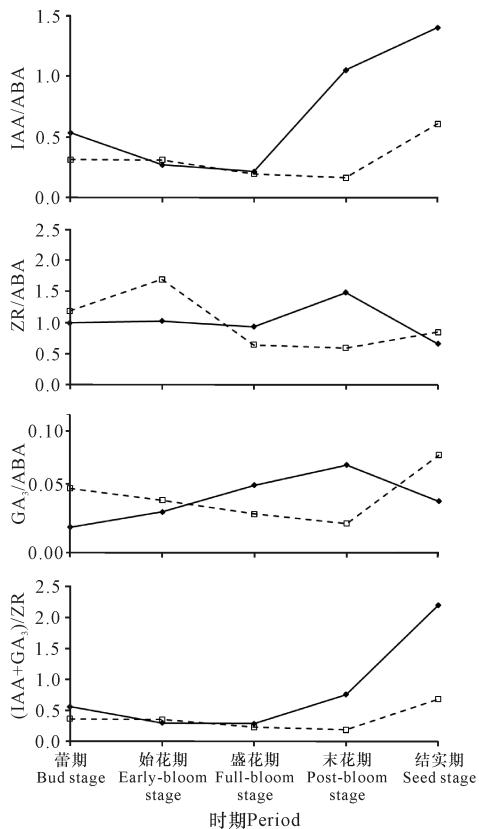


图 3 东兴金花茶蕾、花、果内源激素含量变化

Fig. 3 Changes of hormones contents in bud, flower,

fruit of *Camellia tunghinensis* Chang



◆:果枝叶 Fruit branch leaf; □:营养枝叶 Vegetative branch

leaf

图 4 东兴金花茶叶内源激素比值变化

Fig. 4 Changes of hormones ratio in leaves of *Camellia tunghinensis* Chang

果枝叶 GA_3 /ABA 比值变化差异显著,营养枝叶 GA_3 /ABA 比值从蕾期开始缓慢下降至开末花期,结实期上升,而果枝叶则从蕾期开始上升至末花期,结实期下降;营养枝叶和果枝叶 (IAA+ GA_3)/ZR 比值在花果期整体上升,开花期间变化较平稳,幼果形成后比值大幅度上升,且果枝叶比值上升幅度大于营养

素比值均上升; 蕾、花、果 IAA/ABA、GA₃/ABA、(IAA+GA₃)/ZR 比值整体上升, IAA/ABA、GA₃/ABA、(IAA+GA₃)/ZR 比值在幼果中最大, 而 ZR/ABA 比值整体呈“W”字形变化, 该比值在蕾中最大

表 3 东兴金花茶内源激素含量及比值间双因素随机区组试验方差分析

Table 3 Two-factor randomized block test analysis of variance on hormone content and ratio of *Camellia tunghinensis* Chang

项目 Item	IAA	ZR	GA ₃	ABA	IAA/ABA	ZR/ABA	GA ₃ /ABA	(IAA+GA ₃)/ZR
同一组织不同时期 The same plant tissue and different periods	3.207	5.972 **	0.324	0.563	2.212	1.693	0.291	12.031 **
同一时期不同组织 The same periods and different plant tissue	2.510	2.478	0.234	0.829	1.323	0.973	0.536	2.093

注: * * 在 0.01 水平(双侧)上显著相关

Note: * * at the 0.01 level (double side) significantly correlated

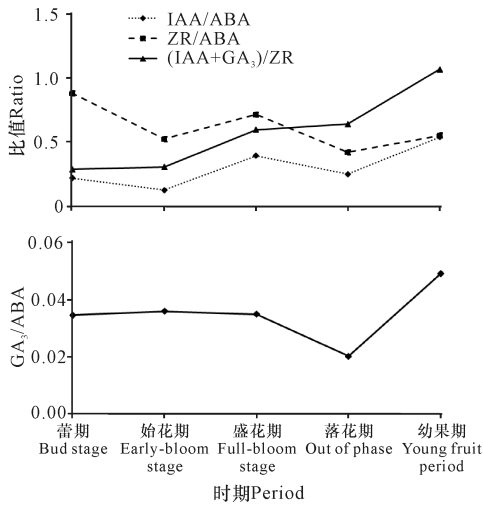


图 6 东兴金花茶蕾、花、果内源激素比值变化

Fig. 6 Changes of hormone ratio in bud, flower, fruit of *Camellia tunghinensis* Chang

3 讨论

本研究对比东兴金花茶植株花期内营养枝、叶平稳或下降的变化趋势, 开花前果枝叶、蕾 IAA 含量下降有助于花芽孕育, 开花期间 IAA 含量上升则有利于花的发育; 在花后的果实生长期, 东兴金花茶植株枝、叶、幼果 IAA 含量均大幅度上升, 表明高浓度 IAA 促进果实生长作用显著。开花、结实过程中 IAA 含量变化与枣^[13]、苹果^[14]、甜樱桃^[15] 等果树研究结果一致。刺激性激素 ZR 是细胞分裂素类的一种, 产生于根部并借助叶蒸腾作用经木质部转运至花芽。东兴金花茶在开花前的花芽分化过程中, 叶、果枝叶 ZR 含量上升, 蕾下降; 而在开花期间, 枝和花的 ZR 含量先高后低而叶 ZR 含量整体下降; 在果实形成过程中, 东兴金花茶枝、叶、幼果 ZR 含量均下降; 随机方差分析结果显示, 东兴金花茶同一组织在不同时期 ZR 含量差异极显著 ($P = 0.001 < 0.01$, 表 3),

(图 6)。由表 3 可知, 东兴金花茶同一组织在不同时期的内源 ZR 含量和 (IAA+GA₃)/ZR 比值差异极显著 ($P < 0.01$)。

可见, ZR 参与和调控东兴金花茶开花、结实各个时期, 高浓度 ZR 有利于东兴金花茶花芽膨大和蕾生长, 低浓度有利于开花和幼果生长。此结果与仁用杏^[5]、黄瓜^[16]、杏树^[17] 等研究结果一致。

东兴金花茶植株 GA₃ 含量远低于其它 3 种激素, 利于植株内环境的平衡和稳定, 但 GA₃ 在开花诱导方面, 因物种不同而作用效果不一。本研究中, 植株果枝叶、蕾 GA₃ 含量在开花前低于开花期或结实期, 但在此期间含量均呈上升趋势变化; 开花后叶先升后降, 营养枝和单花持续下降, 果枝叶先降后升; 果实生长期间, 营养枝、营养枝叶、幼果 GA₃ 含量大幅度上升而果枝下降。由此可知, 相对低的 GA₃ 水平有助于花芽分化, 而在开花前和开花期间 GA₃ 上升能加速成花的转变, 末花期后高水平 GA₃ 能促进东兴金花茶坐果和果实生长, 对果实细胞膨大具有重要作用。此研究结果与冯慧等^[18]、王忠^[19]、曾骥^[20] 的研究发现一致。开花前, 东兴金花茶植株叶、营养枝、蕾 ABA 含量均小幅度上升, 果枝叶上升幅度较大; 开花期间, 营养枝和果枝、果枝叶整体呈下降变化而单花先降后升, 落花中 ABA 含量最高; 幼果形成期, 营养枝与果枝、果枝叶含量上升而营养枝叶、幼果下降, 表明开花前一定含量的 ABA 有助于东兴金花茶芽由营养生长向生殖生长转变, 末花期 ABA 含量大幅度增加则可促进花朵脱落, 子房膨大幼果形成时, ABA 处于较低的水平, 这与漆小雪等^[21]、李娅莉^[22] 的研究结果相似。

激素在发挥其生理作用时并不是孤立的, 而是相互影响、相互制约的。开花前, 东兴金花茶植株各组织 IAA/ABA 比值均下降, 果枝、蕾 ZR/ABA 比值下降、(IAA+GA₃)/ZR 比值平稳上升, 果枝叶与之相反; 开花过程中, 果枝、花 IAA/ABA 比值先升后降, 果枝、果枝叶 GA₃/ABA 比值持续上升而花持续下

降, $(IAA+GA_3)/ZR$ 比值在果枝叶、花中整体上升。从蕾期至盛花期, 蕾、花 GA_3/ABA 比值和果枝 $(IAA+GA_3)/ZR$ 比值, 以及果枝叶 IAA/ABA 、 ZR/ABA 、 $(IAA+GA_3)/ZR$ 比值的变幅较小, 相对小于该比值在盛花期至结实期变化。随机双因素方差分析结果显示, 东兴金花茶同一组织在不同时期 $(IAA+GA_3)/ZR$ 比值差异显著 ($P < 0.01$), 结果基本符合 Luckwill^[23] 提出的“ ZR/GA_3 比值平衡假说”, 在花芽分化期和开花期, $(IAA+GA_3)/ZR$ 比值平稳上升而 GA_3/ABA 比值持续下降, 能促进东兴金花茶成花。果实生长发育进程中, 内源激素起着重要的生理协调作用。本研究中, 幼果内源激素比值均在果实形成期间上升, 果枝叶、果枝 ZR/ABA 、 GA_3/ABA 比值下降而 IAA/ABA 、 $(IAA+GA_3)/ZR$ 比值上升, 表明果实发育期间 ABA 和 IAA 间有拮抗作用, ZR 、 GA_3 与 IAA 互相促进, 凡是能提高植株体细胞 IAA 含量或降低 ABA 含量的方法, 应能促进果实发育, 反之, 则抑制生长。

4 结论

花果期内, 东兴金花茶植株内源激素 IAA、ZR、ABA 平均含量高低排序: 枝 > 叶, GA_3 含量为叶 > 枝; 而在蕾、花、果中, IAA 平均含量: 果 > 花 > 蕾, ZR 平均含量: 蕾 > 花 > 果, GA_3 平均含量: 果 > 蕾 > 花, ABA 平均含量: 花 > 蕾 > 果。

东兴金花茶不同组织内源激素含量变化趋势: 果枝叶 IAA 含量先低后高, ZR 含量呈“M”字形变化, GA_3 含量先高后低, ABA 含量变化为“低-高-低-高”; IAA/ABA 、 $(IAA+GA_3)/ZR$ 变化为先低后高, ZR/ABA 变化为“高-低-高-低”, GA_3/ABA 变化为先高后低。果枝 IAA、ABA 含量变化为“低-高-低-高”, ZR 含量先高后低, GA_3 含量先低后高; IAA/ABA 呈“W”字形变化, GA_3/ABA 、 ZR/ABA 变化为“高-低-高-低”, $(IAA+GA_3)/ZR$ 变化为“低-高-低-高”。蕾、花、果中, IAA、 GA_3 含量整体上升, ZR 含量整体下降, ABA 含量则为“上升-下降”; IAA/ABA 、 $(IAA+GA_3)/ZR$ 比值呈“W”字形波动上升, ZR/ABA 则呈“W”字形波动下降, GA_3/ABA 变化为“低-高-低-高”。

植物内源激素变化与开花、结实的关系错综复杂, 不仅与内源激素的含量变化有关, 还与内源激素之间相互促进、相互抑制有关, 并受到许多环境因素的影响。根据本研究试验结果, 生产实践中可在东兴金花茶营养生长向生殖生长的转变过程中, 调控植株内源激素的含量和比例, 提高 ZR、ABA 含量而降低

IAA、 GA_3 含量利于花芽分化; 在结实期, 高 IAA、 GA_3 浓度而低 ABA 浓度有利于提高坐果率, 减少落花落果, 促进高产稳产。

参考文献:

- [1] 柴胜丰, 邓耘, 吴儒华, 等. 濒危植物显脉金花茶的扦插繁殖试验[J]. 广西科学院学报, 2016, 32(1): 15-20.
CHAI S F, DENG Y, WU R H, et al. Experiment of cutting propagation in the endangered plant *Camellia euphlebica* [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2016, 32(1): 15-20.
- [2] 韦霄, 郭辰, 李吉涛, 等. 金花茶的濒危机制及保育对策[J]. 广西科学院学报, 2016, 32(1): 1-5.
WEI X, GUO C, LI J T, et al. Endangering mechanism and conservative strategies of *Camellia nitidissima* Chi [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2016, 32(1): 1-5.
- [3] 张宏达. 华夏植物区系的金花茶组[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 1979, 3: 69-74.
ZHANG H D. *Chrysanth*, a section of *Camellia* from Cathaysian flora [J]. Journal of Sun Yatsen University: Natural Science Edition, 1979, 3: 69-74.
- [4] 傅立国. 中国植物红皮书-稀有濒危植物(第1册)[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
FU L G. China Plant Red Data Book-Rare and Endangered Species (First Volume) [M]. Beijing: Science Press, 1992.
- [5] 郑元. 仁用杏开花坐果期激素变化与抗寒性研究[D]. 西安: 西北农林科技大学, 2007.
ZHENG Y. Study on the Relationship Between Endogenous Hormone and It's Cold Resistance of Kernel Apricot in Blossom and Fruit Period [D]. Xi'an: North West Agriculture and Forestry University, 2007.
- [6] 岳川, 曾建明, 章志芳, 等. 茶树中植物激素研究进展[J]. 茶叶科学, 2012, 32(5): 382-392.
YUE C, ZENG J M, ZHANG Z F, et al. Research progress in the phytohormone of tea plant (*Camellia sinensis*) [J]. Journal of Tea Science, 2012, 32(5): 382-392.
- [7] HOAD G V. Hormonal regulation of fruit-bud formation in fruit tree [J]. Acta Horticult Turea, 1984, 149: 13-23.
- [8] 陈俊愉. 植物激素在花卉中的应用[J]. 中国园林, 1985(2): 36-38.
CHEN J Y. Plant hormones in the application of the flowers [J]. Chinese Garden, 1985(2): 36-38.
- [9] RAKNGNA J, GEMMA H, JWAHORI S. Flower bud formation in Japanese pear trees under adverse conditions and effects of some growth regulators [J]. Trop. Guangxi Sciences, Vol. 23 No. 3, June 2016

- 1995,39:1-6.
- [10] 贾慧君,郑槐明.盆栽紫薇花芽分化中内源激素的变化[J].植物生理学通讯,1993,29(1):39-41.
JIA H J, ZHEN H M. Changes of endogenous hormones in shoot terminal of pot-planted crapemyrtle during bud differentiation[J]. Plant Physiology Communications,1993,29(1):39-41.
- [11] 穆瑞禄.金花茶的生物学特性以及快速繁育技术[J].广东茶业,2012,5:27-29.
MU R L. The biological characteristics and fast breeding technology of *Camellia nitidissima* Chi[J]. Guangdong Tea,2012,5:27-29.
- [12] 韦美玲,赵瑞峰,黄启斌,等.六种金花茶生物学特性的观察[J].广西植物,1994,14(2):157-159.
WEI M L, ZHAO R F, HUANG Q B, et al. Observation on biological characteristics of six species of golden *Camellias* [J]. Guihaia,1994,14(2):157-159.
- [13] 牛辉陵,张洪武,边媛,等.枣花分化发育过程及其内源激素动态研究[J].园艺学报,2015,42(4):655-664.
NIU H L, ZHANG H W, BIAN Y, et al. Flower formation and endogenous hormones dynamic in Chinese Jujube[J]. Acta Horticulturae Sinica,2015,42(4):655-664.
- [14] 曹尚银.苹果花芽发育过程及其内源激素变化规律的研究[D].南京:南京农业大学,2000.
CAO S Y. Studies on the Differentiation Course and the Fluctuations of Endogenous Phytohormones of Flower Buds in Apple[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University,2000.
- [15] 段成国.甜樱桃花芽自然休眠期内源激素发生及调控研究[D].泰安:山东农业大学,2004.
DUAN C G. Study on Generation of Endogenous Hormone and Its Regulations in Sweet Cherry Flower Buds During Endodormancy[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University,2004.
- [16] 陈小鹏.黄瓜果实发育与内源激素含量关系的研究[D].泰安:山东农业大学,2005.
CHEN X P. Study on Relations Between Immature Cucum
- ber Fruit Development and Quantities of Endogenous Hormones[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University,2005.
- [17] 郝云.杏树花果期内源激素与生长发育动态的研究[D].西安:西北农林科技大学,2009.
HAO Y. The Study on the Endogenesis Hormone and Dynamic Growth of Apricot Varieties During Florescence and Fruit Period[D]. Xi'an: North West Agriculture and Forestry University,2009.
- [18] 冯慧,王建红,王茂良.激素在植物开花结果中的作用[J].北京园林,2006,22(3):28-30.
FENG H, WANG J H, WANG M L. The role of hormones in plants blossom and fruit[J]. Beijing Garden, 2006,22(3):28-30.
- [19] 王忠.植物生理学[M].北京:中国农业出版社,2000:283.
WANG Z. Plant Physiology[M]. Beijing: China Agriculture Press (in Chinese),2000:283.
- [20] 曾骧.果树生理学[M].北京:北京农业大学出版社,1992:225-227.
ZENG X. Fruit Tree Physiology[M]. Beijing: Beijing Agriculture University Press,1992:225-227.
- [21] 漆小雪,韦霄,王熊军,等.金花茶花期内源激素含量的变化[J].江苏农业科学,2013,41(3):141-144.
QI X X, WEI X, WANG X J, et al. Endogenous hormones changes of *Camellia nitidissima* Chi in flowering period[J]. Jiangsu Agricultural Sciences,2013,41(3):141-144.
- [22] 李娅莉.不同光周期对山茶花成花影响的研究[D].成都:四川农业大学,2005.
LI Y L. Study on the Effects of Photoperiod on the Inflorescence of *Camellia japonica* [D]. Chengdu: Sichuan Agricultural University,2005.
- [23] LUCKWILL L C. Hormoner and productivity of fruit tree[J]. Scientific Horticulture,1980,31:60-68.

(责任编辑:陆雁)