

DOI:10.13275/j.cnki.lykxyj.2022.03.014

# 油茶成花启动与春梢生长的关系

郭红艳<sup>1,2</sup>, 谭新建<sup>1</sup>, 田 丰<sup>1</sup>, 钟秋平<sup>1\*</sup>

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业实验中心, 江西 分宜 336600; 2. 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091)

**摘要:** [目的] 明确油茶成花的部位、成花启动的时间, 探明油茶成花启动与春梢生长的关系, 为成年油茶年生长周期中成花启动机制研究提供形态学基础, 为同类型多年生木本植物成花启动研究提供参考。[方法] 以树龄 12 年生的长林 53 号油茶为试验材料, 应用植物解剖学、扫描电镜等试验方法对油茶成花启动、春梢生长过程中春梢和芽的形态学变化及相关关系进行研究。[结果] 油茶春梢的顶芽和腋芽均为混合芽, 花芽原基形成于春梢顶芽或腋芽的基部。在春梢生长与展叶的同时, 花芽原基在顶芽或腋芽中形成并进入萼片分化阶段, 萼片分化阶段的花芽原基形态上与叶芽原基没有明显的差异。春梢完成展叶进入平缓生长期时, 花芽分化进入花瓣分化阶段, 花瓣是花芽区别于叶芽的特异性器官, 花瓣出现的时间为形态学上油茶完成成花启动的时间。春梢基本停止增长和增粗时, 花芽完成花瓣分化, 进入雌雄蕊分化阶段。油茶春梢生长的快速生长阶段、平缓生长阶段、生长完成阶段分别与萼片分化期、花瓣分化期、雌雄蕊分化期依次对应。[结论] 成年油茶花芽原基形成于混合芽基部, 春梢萌动即成花启动, 春梢生长发育与花芽分化同时进行, 花瓣出现的时间为形态学上油茶完成成花启动的时间。

**关键词:** 油茶; 春梢; 成花启动; 花芽分化

**中图分类号:** S794.4

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1001-1498(2022)03-0123-08

开花是种子植物生殖生长的重要环节, 不仅与物种的繁衍紧密相关, 还影响到以果实为收获对象的经济作物的产量<sup>[1]</sup>。种子植物开花分为三个阶段: 成花启动、花器官发育、开花。成花启动是开花的第一步, 也是决定植物开花时间的关键阶段<sup>[2-3]</sup>。目前, 国内外对植物成花启动机制的研究主要集中在拟南芥 (*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.)、水稻 (*Oryza sativa* L.) 等 1 年生草本植物中, 对木本植物的研究较少<sup>[4]</sup>。1 年生草本植物的成花启动过程是营养生长向生殖生长的转变过程; 而在多年生木本植物中, 成花启动包括 2 部分, 第一部分是生命周期中营养生长向生殖生长的转变过程, 即生命周期中第 1 次成花, 幼年期向成熟期的转变; 第二部分是进入成熟期后, 年生长周

期中的成花启动。由此可见, 在木本植物和草本植物中, 成花启动机制存在差异, 但目前关于木本植物成花启动的研究较少。

油茶 (*Camellia oleifera* Abel.) 是我国重要的多年生木本油料树种, 主要分布在湖南、江西、广西等南方地区, 低产是限制油茶产业高质量发展的重要原因<sup>[5-6]</sup>。油茶 10—12 月开花, 花期多雨、霜冻、低温是导致油茶花多果少、产量低的原因之一。当年生春梢是油茶最主要的开花结果枝, 开花时间早的品种花芽分化早, 开花时间晚的品种花芽分化晚, 花芽分化开始的时间与开花时间密切相关; 而花芽开始分化标志着形态学上植物启动成花, 这表明油茶成花启动与开花时间密切相关<sup>[7]</sup>。油茶春梢基本完成生长后开始花芽分化, 花芽分化

收稿日期: 2021-05-20 修回日期: 2021-11-12

基金项目: 中国林业科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金: 油茶成花启动的生理特征和转录调控机制 (CAFYBB2019MA002)

作者简介: 郭红艳, 博士研究生, 工程师。主要研究方向: 经济林栽培与育种。电话: 15501130705。Email: 1126648454@qq.com

\* 通讯作者: 钟秋平, 博士, 教授级高级工程师。主要研究方向: 经济林栽培与育种。电话: 13755701183。Email: fyzqp92@163.com

分为前分化期、萼片形成期、花瓣形成期、雌雄蕊形成期、子房与花药形成期、雌雄蕊成熟期<sup>[8-9]</sup>。目前,对萼片形成之后的成花过程研究比较清楚,但在这之前的成花启动过程尚不清楚,仅将其统称为前分化期或生理分化期。那么,油茶什么时候启动成花,春梢的生长发育与成花启动有何关系是一个值得关注和探讨的问题。

鉴于此,本研究以树龄 12 年生的长林 53 号油茶 (*Camellia oleifera* 'changlin53') 为试验材料,对油茶春梢生长过程中芽的形态变化进行研究,以明确油茶成花的部位、成花启动的时间,探明油茶成花启动与春梢生长的关系,以期为成年油茶年生长周期中成花启动机制研究提供形态学基础,为同类型木本植物成花启动研究提供参考。

## 1 试验地概况

试验地位于江西省新余市分宜县中国林业科学研究院亚热带林业实验中心 (27°49'26" N, 114°39'46" E), 属亚热带季风性湿润气候, 低山丘陵地貌, 坡度 5°, 海拔 87.96~92.26 m, 土壤为酸性红壤, 属于我国油茶的主要产区。试验林为 2009 年采用 2 年生芽苗砧无性系嫁接苗造林的成林, 树龄 12 a, 株行距 4 m × 3 m。

## 2 研究方法

### 2.1 油茶叶芽萌动时间调查

在长林 53 号油茶试验品种内选取长势、冠幅一致的单株 9 株, 每 3 株作为 1 个生物学重复, 共计 3 个生物学重复。选取生长于枝条顶端往下的第 2 个叶片的叶芽进行标记, 每株标记 10 个芽。自 2019 年 2 月 12 日起, 每隔 7 d 拍照观察生长状态。

### 2.2 春梢生长变化规律

选取试验植株东南西北 4 个方向的中上部各 1 个枝条, 做好标记, 共选取 30 个枝条, 2019 年 4 月 2 日开始测量春梢的长度和粗度; 同时, 在每株东南西北 4 个方向的中上部各采集 2 根新梢, 分别收集新叶、新茎, 放于锡箔纸袋中, 置于液氮中速冻, 带回实验室后置于 -80 °C 超低温冰箱保存备用。每 7 d 进行 1 次测量、采样。

### 2.3 叶绿素含量测定

将采集的样品置于液氮中研磨至粉末状。称取 40 mg 研磨后的样品, 置于 15 mL 离心管中,

加入 250 μL 纯丙酮, 5 min 后加入 8 750 μL 80% 的丙酮溶液, 震荡摇匀, 于黑暗中静置 12 h, 待样品完全变白后, 再加入 1 mL 80% 的丙酮溶液, 震荡摇匀, 黑暗中静置 2 h, 离心 (5 000 g, 20 °C, 5 min), 吸取上清液。采用紫外分光光度计, 在 470、646、663 nm 处测量溶液吸光值。叶绿素含量计算公式如下:

叶绿素 A (Chla) 浓度 (mg·L<sup>-1</sup>) = A<sub>663</sub> × 12.21 - A<sub>646</sub> × 2.81;

叶绿素 B (Chlb) 浓度 (mg·L<sup>-1</sup>) = A<sub>646</sub> × 20.13 - A<sub>663</sub> × 5.03;

类胡萝卜素 (Car) 浓度 (mg·L<sup>-1</sup>) = (A<sub>470</sub> × 1 000 - Chla × 3.27 - Chlb × 104) / 229;

叶绿素含量 (mg·g<sup>-1</sup>) = 叶绿素浓度 × V/W。

式中: A<sub>663</sub> 表示 663 nm 处吸光值; A<sub>646</sub> 表示 646 nm 处吸光值; A<sub>470</sub> 表示 470 nm 处吸光值; V 表示样品体积 (L); W 表示样品质量 (g)。

### 2.4 花芽分化形态特征

与 2.2 节采样时间一致, 选取每株东南西北 4 个方向的中上部各 5 个枝条, 采集每根枝条的顶芽和前 2 个侧芽, 一部分置于 FAA 固定液中保存, 一部分置于 Motic SMZ-171 体视显微镜下解剖拍照后置于固定液中保存备用。将固定于 FAA 中的花芽取出, 用 PBS 缓冲液清洗 2 次, 经 70% (1 次)、85% (1 次)、95% (2 次)、100% (2 次) 的乙醇脱水, 采用 CO<sub>2</sub> 临界点干燥仪 (日立 HCP-2) 临界点干燥 6 h 后, 使用离子溅射镀膜仪 (日立 E1010) 喷金, 样品处理完后置于干燥箱中备用。采用 S-4800 超高分辨率扫描电子显微镜观察, 拍照。

### 2.5 数据统计与分析

采用 office 2019、Statgraphics、Photoshop 等软件进行数据分析和图片处理。

## 3 结果与分析

### 3.1 春梢萌动时间调查研究

油茶春梢由上一年形成的叶芽发育生长而成, 油茶花芽发生于当年生春梢的顶端和叶腋, 春梢的生长与花芽的分化、发育密切相关。本研究自 2019 年 2 月 12 日开始调查并拍照记录长林 53 号油茶叶芽生长状态, 图 1 表明: 2 月 12 日至 3 月 12 日, 叶芽呈休眠状态, 3 月 19 日叶芽开始明显的伸长, 苞片紧密包裹住叶芽顶端, 顶端呈锥形;

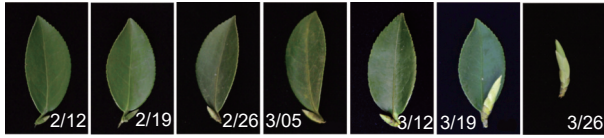


图1 油茶春梢萌动调查

Fig. 1 Investigation on new shoot growth of *Camellia oleifera*

3月26日, 叶芽分化出的第1片叶片呈卷曲状突破顶端的萼片, 自此叶芽分化成春梢, 进入春梢的生长阶段。

### 3.2 成花启动过程中春梢生长规律研究

长林53号油茶春梢生长过程中, 萼片在4月23日完全退化, 叶片数量在4月16日全部分化形成, 叶片颜色变化为黄绿色-绿色-墨绿色, 茎颜色变化为褐色-绿色-褐色。本研究自4月2日开始调查油茶春梢生长规律(图2)。4月2日, 春梢形成, 可见3片叶片, 仅1片叶片展开, 其它叶片成合抱状生长于枝条顶端, 叶片黄绿色, 4片白色的萼片生长于春梢中下部, 新茎呈深褐色, 密布白色的绒毛。4月9日, 春梢进一步增粗增长, 形成7片叶片, 叶片黄绿色, 萼片开始退化, 2片萼片生长于春梢下部, 新茎呈浅褐色, 密布白色的绒毛。4月16日, 春梢进一步增粗增长, 形成8片叶片, 下部叶片呈浅绿色, 上部叶片呈黄绿色, 萼片进一步退化, 1片萼片生长于春梢下部, 新茎呈绿色, 密布白色的绒毛。4月23日, 春梢进一步增粗增长, 叶片数量没有变化, 叶片颜色均为浅绿色, 萼片完全退化, 新茎呈绿色, 少量绒毛。4月30日春梢和新茎均呈绿色。5月7日至14日叶片呈深绿色, 新茎底部呈褐色。5月21日叶片颜色



注: a: 顶叶; a/b: 新叶; c: 新茎; d: 萼片; e: 新茎粗度测量位置; f: 顶芽; g: 新茎长度。

Notes: a: apical leaf, a/b new leaves, c: new shoot, d: sepal, e: position of new shoot thickness measurement, f: apical bud, g: length of new shoot.

图2 油茶春梢生长调查

Fig. 2 Investigation on new shoots growth of *Camellia oleifera*

进一步加深, 新茎全部呈褐色。5月28日叶片颜色进一步加深, 6月4日叶片呈墨绿色, 新茎颜色无明显变化。

长林53号油茶春梢生长分为三个阶段: 快速生长阶段(4月2日至16日)、平缓生长阶段(4月23日至5月21日)、生长完成(5月28日以后)。结合形态学特征(图2)和图3可

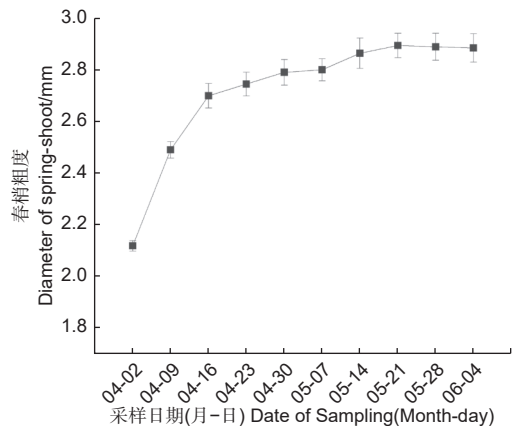
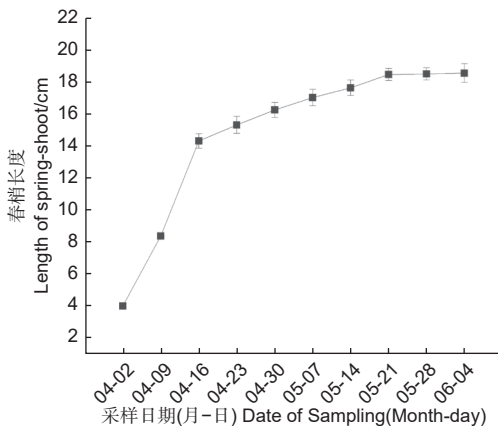


图3 春梢生长过程中的长度与粗度

Fig. 3 Length and diameter of new shoots during growth

以看出：4月2日至16日为春梢长度和粗度的快速生长阶段，该阶段萼片退化，完成叶片的分化，茎快速的伸长和增粗、颜色由褐色变为绿色；4月23日至5月21日为油茶春梢的平缓生长阶段，该阶段叶片数量不再产生变化，叶片颜色由黄绿色转变为绿色，茎由绿色变为褐色；5月21日以后春梢基本停止了伸长和增粗生长，但此后叶片颜色会进一步加深，在6月4日叶片颜色变成墨绿色。

油茶春梢生长过程中新叶和新茎的颜色是春梢生长发育的重要指标，从图4a看出：叶绿素A是新叶中主要的叶绿素成分，4月2日至9日是新叶中叶绿素A的快速生长期，4月16日至5月14日为稳定期，5月21日至6月4日叶绿素A开始了第2次增长，这与图2中叶片颜色变化的规律一致；叶绿素B的快速生长期在4月2日至

9日，4月16日至5月7日呈降低趋势，随后趋于平稳，5月28日后稍微增加；类胡萝卜素在4月2日至9日快速增长后趋于平稳，5月28日后稍微增加。由此可知，在春梢的生长发育过程中，叶片中叶绿素A呈快速增长-平稳-增长的变化模式，叶绿素B呈快速增长-降低-增长的模式，类胡萝卜素呈增长-平稳-增长的模式。从图4b看出：油茶春梢生长发育过程中，新茎中叶绿素A、类胡萝卜素在经过短暂的升高之后呈降低趋势；叶绿素B呈降低趋势，在5月21日之后，未检测到叶绿素B。由图2~4可以看出：油茶春梢生长过程中新叶、新茎中叶绿素A含量变化与春梢的生长变化表现出相似的规律，说明新叶、新茎中叶绿素A含量可以作为评价油茶春梢生长的一项指标。

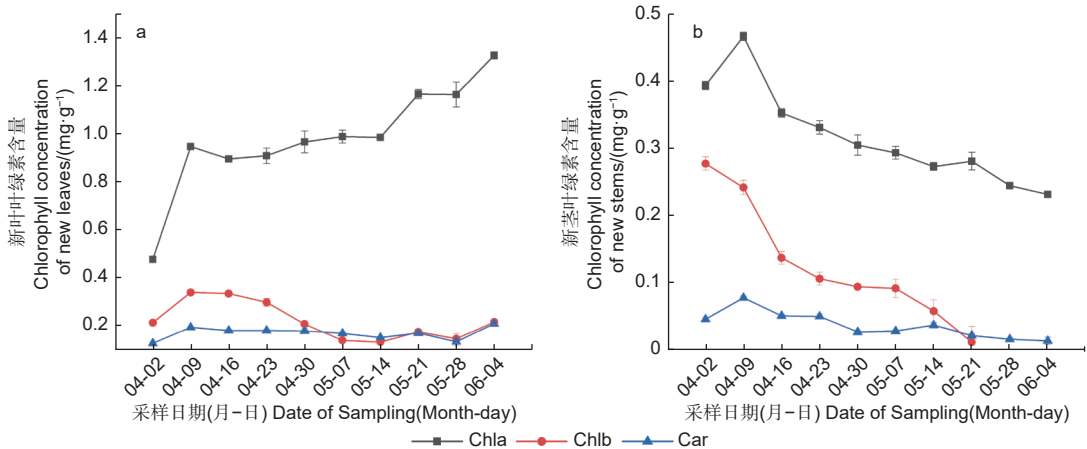


图 4 春梢生长过程中新叶 (a) 与新茎 (b) 叶绿素含量

Fig. 4 Chlorophyll concentration of new leaves (a) and stems (b) during the new shoots growth

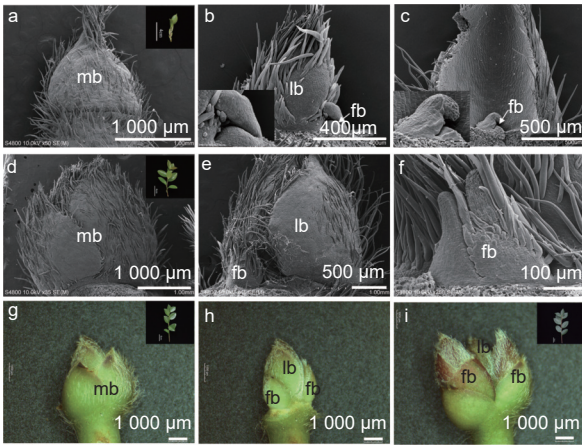
### 3.3 油茶成花启动部位及时间

油茶花发育与春梢的生长同时进行，花发生于混合芽的第一轮苞片内侧（图5）。对油茶春梢生长过程中的花芽进行解剖，在春梢刚刚形成时（4月2日），外侧无法看见花芽（图5a），剥去外侧第1片苞片，发现花芽原基已经形成，生长于剥开第一轮苞片的混合芽上（图5b）或者第一轮苞片内侧（图5c），第1片萼片已经开始分化。为进一步确认花芽的发生部位，4月16日后再次剥去混合芽（图5d）的外侧第1片萼片，可见已经完成形态分化的第1片萼片（图5e），去除花芽的萼片可以看到内侧花芽的萼片正在分化（图5f）。5月14日可见混合芽外侧第1片萼片明

显向外凸起（图5g），剥去第1片萼片后可见混合芽的两侧形成了2个花芽，中间为叶芽（图5h），花芽和叶芽萼片均为绿色。6月4日可见花芽突破混合芽外侧萼片生长出来（图5i），花芽萼片为红褐色，叶芽萼片为绿色。此外，可以看出混合芽分化的早期，叶芽的生长势优于花芽，但随着混合芽以及花芽的生长发育，花芽的生长势逐渐优于叶芽。

### 3.4 花芽分化形态特征

长林53号油茶花芽分化分为三个时期：萼片分化期、花瓣分化期、雌雄蕊分化期。在油茶花芽萼片分化期（图6a~c），首先芽原基形成并向上凸起（图6a），花芽原基的侧边形成萼片（图6b），在萼片分化的过程中萼片外侧开始出现绒毛（图6c），

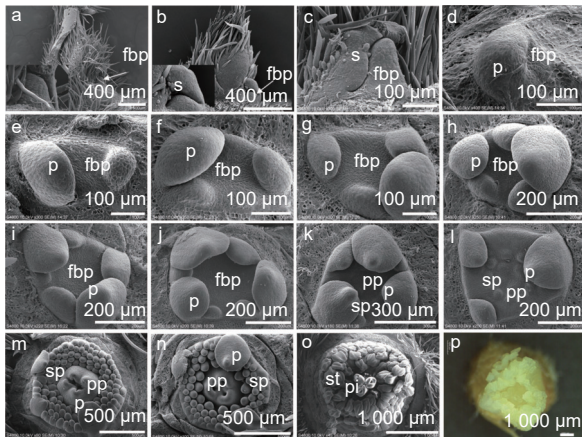


注: b、c 是 a 中的混合芽去除最外侧苞片; e 是 d 中的混合芽去除最外侧苞片, f 是 e 中的花芽去除一片萼片; h 是 g 中的混合芽去除最外侧苞片。a、d、g、i 中的插图是取样时枝条的图片。b、c 中的插图是白色箭头所指的部位的放大图。mb: 混合芽; lb: 叶芽; fb: 花芽。

Notes: The flower bud in b and c was the mix bud in a with the outermost bract removed. The mix bud in e was the mix bud in d with the outermost bract removed, and the flower bud in f was the flower bud in e with one sepal removed. The mix bud in h was the mix bud in g with the two outermost bract removed. Inserts in panels a, d, g and i are the pictures of the new shoots at sampling time. Inserts in panels b and c were enlargements of the areas indicated by the white arrows. mb: mix bud, lb: leaf bud, fb: flower bud.

图5 油茶花发生的部位

Fig. 5 The position of floral initiation



注: 萼片分化期 (a~c), 花瓣分化期 (d~j), 雌雄蕊分化期 (l~o), 形态分化基本完成 (p)。fbp: 花芽原基; s: 萼片; p: 花瓣; sp: 雄蕊原基; pp: 雌蕊原基; st: 雄蕊; pi: 雌蕊。下同。

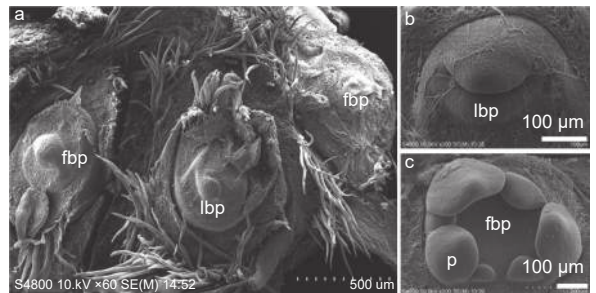
Notes: Sepal differentiation stage (a-c), petal differentiation stage (d-j), gynoecium and stamens differentiation stage (l-o), morphological differentiation was almost complete (p). fbp: flower bud primordium; s: sepal; p: petal; sp: stamen primordium; pp: pistil primordium; st: stamen; pi: pistil. The same below.

图6 油茶花芽分化及花器官发育

Fig. 6 Flower bud differentiation and floral organ development of *Camellia oleifera*

萼片分化完成后, 花芽原基顶部呈半球形 (图 6d), 花芽分化进入花瓣分化期 (图 6d~j), 花芽原基先分化出 1 片花瓣 (图 6d), 随后依次分化出第 2、3、4、5、6、7 片花瓣 (图 6e~j), 在花瓣分化的过程中, 花芽原基逐渐呈扁平状变大并向内凹陷。接着, 进入雌雄蕊分化期 (图 6k~o), 雄蕊原基早于雌蕊原基向外凸起形成 (图 6k), 在雄蕊原基分化出第 1 圈雄蕊的同时, 雌蕊开始形成 (图 6l), 然后雄蕊原基开始分化出第 2、3、4 圈雄蕊, 雌蕊进行形态的分化 (图 6m~n) 至形态分化完成 (图 6o~p)。

同时, 笔者还研究了花芽分化过程中叶芽与花芽的区别。结果发现, 花芽的萼片分化期也是叶芽的萼片分化期, 此时花芽原基和叶芽原基形态上没有明显的区别 (图 7a), 花芽分化进入花瓣分化期后, 叶芽逐渐停止分化并进入休眠阶段 (图 7b), 花芽原基继续分化出多个花瓣 (图 7c), 这表明花瓣是花芽区别于叶芽的特异性器官。



注: a 为萼片分化期, b、c 分别为花瓣分化完成时的叶芽和花芽; fbp: 花芽原基; lbp: 叶芽原基。

Notes: The flower bud primordium and leaf bud primordium in a were at the stage of sepal differentiation, The leaf bud primordium and flower bud primordium in b and c respectively were at the stage of petal differentiation. fbp: flower bud primordium; lbp: leaf bud primordium;

图7 油茶花芽原基与叶芽原基的形态

Fig. 7 Morphology of flower bud primordia and leaf bud primordia

## 4 讨论

开花是高等植物的生长发育事件, 不仅涉及到物种遗传信息的传递、种群的繁衍、种群数量的控制、物种的多样性, 还涉及到农艺作物的产量与经济效益<sup>[10-11]</sup>。植物开花由内部遗传因素和外部环境因素共同决定, 在感知外界环境信号改变的同时协调自身的发育状态, 选择最合适的时期开花, 最大程度地保证物种的延续<sup>[4]</sup>。对植物开花调控过程的

描述并没有明确的统一标准,周琴等<sup>[3]</sup>认为,高等植物的开花包括成花诱导、花发育和开花三个阶段;在《植物细胞分化与器官发生》中,作者认为植物开花的第一步是开花启动,开花启动包括成花诱导和成花信号转导,开花启动后进入花器官属性决定和发生阶段<sup>[12]</sup>。在拟南芥、水稻等 1 年生草本植物中,营养生长向生殖生长转变标志着成花的开始,因此,成花转变通常被用来表示成花的起始。在芒果 (*Mangifera indica* L.)、苹果 (*Malus domestica* Mill.)、甜樱桃 (*Rubus idaeus* (L.) Moench.)、麻风树 (*Jatropha curcas* L.) 等多年生木本植物中,成花的起始包括生命周期中的成花起始和年生长周期中的成花起始,通常用成花启动来表示年生长周期中成花的开始<sup>[13-15]</sup>。在茶树研究中,笔者认为开花分为成花诱导、成花转变、花器官分化,茶树的花芽分化分为初分化期、萼片形成期、花瓣形成期、雌蕊和雄蕊形成期<sup>[9]</sup>;在胡玉玲等<sup>[16-17]</sup>对油茶花发育的研究中认为,植物成花包括成花诱导、信号转导、花芽原基形成、花器官分化 5 个阶段,并将前 2 个阶段划分为生理分化期,认为在该阶段植物茎尖分生组织形态上没有明显的变化,但是内部的基因表达和生理指标却发生了显著的变化。由以上研究可知,既然成花诱导和成花信号转导阶段都没有明显的形态学变化,那么如何从形态学上确认这一事件已经发生?在本研究中,作者将成花诱导、成花信号转导阶段统称为成花启动阶段,花芽原基形成作为成花启动的形态学标志。

油茶属于多年生常绿树种,秋冬开花,当年生春梢为主要的结果枝<sup>[18-20]</sup>。春梢一般在 3 月下旬萌发,其生长受水肥条件、激素水平的影响,春梢的生长与花芽分化、果实产量高度相关<sup>[21-25]</sup>。在春梢生长展叶的同时,春梢的顶部和叶腋形成顶芽和腋芽,顶芽和腋芽在 4 月份春梢停止生长时也基本停止生长,花芽分化在春梢基本结束生长后开始<sup>[5]</sup>。油茶花芽分化通常分为前分化期、萼片形成期、花瓣形成期、雌雄蕊形成期、子房与花药形成期、雌雄蕊成熟期 6 个时期,因品种的差异油茶花芽分化开始的时间从 5 月上旬至 6 月初不等<sup>[6-7]</sup>,花芽分化时间也受水肥条件的影响<sup>[26]</sup>。本研究发现,油茶在春梢生长与展叶的同时,花芽原基在顶芽或腋芽中形成并进入萼片分化阶段,油茶的顶芽和叶芽均为混合芽,花芽原基形成于混合芽基部。因此,认

为在这一阶段之前油茶的成花诱导和信号转导就已经开始了,油茶花芽原基的形成与春梢的萌动同时发生。

本研究发现,油茶春梢生长的 3 个阶段(快速生长阶段、平缓生长阶段、生长完成)分别与萼片分化期、花瓣分化期、雌雄蕊分化期依次对应,而不是春梢生长基本完成后开始花芽分化。这与其它研究者关于花芽分化的研究结果不一致,但笔者发现春梢基本生长完成时,油茶进入花瓣分化初期,即花特异性器官出现。因此,本研究认为袁德义等<sup>[8]</sup>、王湘南等<sup>[9]</sup>研究中的前分化期、萼片形成期均为油茶的萼片形成期,且萼片形成期的起始时间还应向前推至春梢生长阶段。萼片分化阶段的花芽原基从形态上与叶芽原基没有明显的差异,花瓣的出现是油茶花芽分化中花芽区别于叶芽的特异性器官,本研究将其出现的时间确定为油茶完成成花启动的时间。既然在春梢生长的同时花芽原基形成,那么成花诱导和信号转导的时间必然早于这个时间,这也表明油茶的成花诱导和春梢萌动的诱导为同一诱导过程,同时也暗示着成年油茶春梢的萌动即启动成花。

## 5 结 论

成年油茶花芽原基形成于春梢顶芽或腋芽基部,春梢萌动即成花启动,春梢生长发育与花芽分化同时进行。花瓣是油茶花芽分化区别于叶芽分化的特异性器官,花瓣出现的时间为形态学上油茶完成成花启动的时间。油茶春梢生长的快速生长阶段、平缓生长阶段、生长完成阶段分别与萼片分化期、花瓣分化期、雌雄蕊分化期依次对应。

## 参 考 文 献:

- [1] Wilkie J D, Sedgley M, Olesen T. Regulation of floral initiation in horticultural trees[J]. *Journal of Experimental Botany*, 2008, 59(12): 3215-3228.
- [2] Ream T S, Woods D P, Schwartz C J, et al. Interaction of Photoperiod and Vernalization Determines Flowering Time of *Brachypodium distachyon*[J]. *Plant Physiology*, 2014, 164(2): 694-709.
- [3] 周 琴, 张思思, 包满珠, 等. 高等植物成花诱导的分子机理研究进展[J]. *分子植物育种*, 2018, 16(11): 3681-3692.
- [4] Cho L H, Yoon J, An G. The control of flowering time by environmental factors[J]. *The Plant Journal*, 2017, 90(4): 708-719.
- [5] 曾 进, 赵 兰, 刘 娟, 等. 油茶耐低磷指标鉴定及芽苗砧篩

- 选[J]. 林业科学研究, 2021, 34 (3): 166-173.
- [6] 葛晓宁, 钟秋平, 罗 帅, 等. 外源GA<sub>3</sub>对油茶花器官内源激素与坐果率的影响[J]. 林业科学研究, 2020, 33 (1): 162-170.
- [7] 国家林业局国有林场和林木种苗工作总站. 中国油茶品种志[M]. 北京: 中国林业出版社, 2016: 23-25.
- [8] 袁德义, 邹 锋, 谭晓风, 等. 油茶花芽分化及雌雄配子体发育的研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2011, 31 (3): 65-70.
- [9] 王湘南, 蒋丽娟, 陈永忠, 等. 油茶花芽分化的形态解剖学特征观测[J]. 中南林业科技大学学报, 2011, 31 (8): 22-27.
- [10] Colasanti J, Sundaresan V. Control of the Transition to Flowering[J]. Current Opinion in Biotechnology, 1996, 7(2): 145-149.
- [11] Liu Y, Hao X, Lu Q, *et al.* Genome-wide identification and expression analysis of flowering-related genes reveal putative floral induction and differentiation mechanisms in tea plant (*Camellia sinensis*)[J]. Genomics, 2020, 112(3): 2318-2326.
- [12] 许智宏, 种 康. 植物细胞分化与器官发生[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 217-270.
- [13] Conti L. Hormonal control of the floral transition: Can one catch them all?[J]. Developmental Biology, 2017, 430(2): 288-301.
- [14] Li Jialong, Pan Bang-Zhen, Niu Longjian *et al.* Gibberellin Inhibits Floral Initiation in the Perennial Woody Plant *Jatropha curcas*[J]. Journal of Plant Growth Regulation, 2018, 37(3): 999-1006.
- [15] Anita Sønstebya, Ola M. Heideb. Temperature effects on growth and floral initiation in sweet cherry (*Prunus avium* L.) [J]. Scientia Horticulturae, 2019, 257: 108762.
- [16] 胡玉玲, 姚小华, 任华东, 等. 油茶花发育转录组测序及相关基因表达分析[J]. 林业科学, 2014, 50 (9): 36-43.
- [17] 胡玉玲, 姚小华, 任华东, 等. 普通油茶花芽分化过程春梢生理生化变化[J]. 扬州大学学报:农业与生命科学版, 2016, 37 (2): 93-99.
- [18] 陈永忠, 彭邵锋, 王湘南, 等. 油茶幼林结实与果枝特性研究[J]. 湖南林业科技, 2006, 33 (6): 5-8.
- [19] 彭邵锋, 陈永忠, 马 力, 等. 油茶良种枝梢生长特性研究[J]. 林业工程学报, 2011, 25 (2): 24-27.
- [20] 曹永庆, 姚小华, 任华东, 等. '长林'系列油茶品种发枝特性分析[J]. 中国农学通报, 2021, 37 (1): 45-48.
- [21] 李 青, 胡冬南, 张 慧, 等. 不同类型肥料对油茶春梢生长和果形指数及果实产量的影响[J]. 经济林研究, 2012, 30 (4): 36-40.
- [22] 胡冬南, 涂淑萍, 刘亮英, 等. 氮、磷、钾和灌水量对油茶春梢生长的影响[J]. 林业科学, 2015, 51 (4): 148-155.
- [23] 朱丛飞, 罗汉东, 胡冬南, 等. 不同施肥模式对油茶春梢生长和叶片酶活性的影响研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2017, 37 (6): 39-44.
- [24] 蔡 娅, 王东雪, 陈仕昌, 等. 赤霉素对香花油茶花芽分化和春梢生长的影响[J]. 西南林业大学学报:自然科学, 2020, 40 (4): 180-184.
- [25] 陈隆升, 陈永忠, 许彦明, 等. 油茶花、果及春梢生长相关性研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2018, 38 (1): 1-5,54.
- [26] 罗 帅, 钟秋平, 葛晓宁, 等. 不同氮、磷、钾施肥配比对油茶花芽分化的影响[J]. 林业科学研究, 2019, 32 (2): 131-138.

# The Relationship between Floral Initiation and Spring-shoot Growth in *Camellia oleifera*

GUO Hong-yan<sup>1,2</sup>, TAN Xin-jian<sup>1</sup>, TIAN Feng<sup>1</sup>, ZHONG Qiu-ping<sup>1</sup>

(1. Experimental Center of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fenyi 336600, Jiangxi, China;

2. Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

**Abstract:** [Objective] To identify the position and time of floral initiation and find out the relationship between the floral initiation and the growth of new shoots in *Camellia Oleifera* for providing a morphological basis for the study of the floral initiation mechanisms in the annual growth cycle of adult *Camellia oleifera* and a reference for the study of floral initiation mechanisms in perennial woody trees. [Method] Based on the 12-year-old *Camellia oleifera* (cultivar 'changlin53'), plant anatomy and scanning electron microscopy were used to study the morphological changes of new shoots and floral buds in the process of shoot growth and floral initiation. [Result] Both the terminal and axillary buds of spring-shoots in *Camellia oleifera* were mixed buds, and the flower bud primordium located at the base of the mixed bud. The flower bud primordium formed at the terminal or axillary bud and reached the sepal differentiation stage when the spring shoots grew fast and beginning their leaves expansion. The flower bud primordium had no obvious difference from the leaf bud primordium in morphological at the sepal differentiation stage. When finishing the spring shoot leaves expansion and then arriving at the slow growth stage, the flower bud differentiation reached the petal differentiation stage. Petal was a specific organ that distinguished flower bud from leaf bud. The time of petal initiation was close to the time of finishing floral initiation in *Camellia oleifera* according to morphology. When spring shoots basically stopped growing and thickening, flower buds finished petal differentiation and arrived at the pistil and stamen differentiation stage. The fast growth stage, slow growth stage and finished growth stage of spring-shoots in *Camellia oleifera* corresponded to sepal differentiation stage, petal differentiation stage and pistil and stamen differentiation stage respectively. [Conclusion] The flower bud primordium of *Camellia oleifera* locates at the base of the mixed bud. In addition, the shoots initiation of adult *Camellia oleifera* are also the floral initiation in morphology.

**Keywords:** *Camellia oleifera*; spring-shoot; floral initiation; flower bud differentiation.

(责任编辑: 徐玉秀)