

## 赤霉素处理对油茶花芽形成和果实品质的影响

温 玥<sup>1</sup>, 苏淑钗<sup>1</sup>, 马履一<sup>1</sup>, 王湘南<sup>2</sup>, 杨少燕<sup>1</sup>

(1. 北京林业大学 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 湖南省林业科学院, 湖南长沙 410004)

**摘要:** 为探索赤霉素对油茶 *Camellia oleifera* 花芽形成和果实品质的影响, 以湘林系列高产油茶良种为试验材料, 在油茶花芽生理分化前期, 用不同质量浓度赤霉素对油茶进行叶面喷施。结果表明: 不同质量浓度赤霉素对油茶新梢数量均有显著的抑制作用, 其中以 100 mg·L<sup>-1</sup> 赤霉素对油茶新梢数量的抑制作用最大, 春梢数量比对照减少 38.6%; 200 mg·L<sup>-1</sup> 赤霉素处理下, 油茶新梢节间距显著增加, 比对照增加 8.4%; 300 mg·L<sup>-1</sup> 赤霉素处理油茶, 对油茶花芽形成和当年果实品质的影响最大: 新梢长度和新梢长枝的比例比对照分别增加 9.4% 和 49.2%; 花芽体积和质量比对照分别增加 23.1% 和 5.3%; 油茶花芽分化率和果实品质也有了显著的提高, 单株花芽分化率、果实质量、种子质量、单果果仁质量、出仁率分别达到 0.38, 20.06 g, 10.20 g, 9.10 g, 45.36%, 比对照分别增加 29.2%, 60.5%, 62.9%, 70.7% 和 6.4%。图 2 表 5 参 26

**关键词:** 经济林学; 油茶; 赤霉素; 花芽形成; 果实品质

中图分类号: S794.4 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2015)06-0861-07

## Effects of gibberellins on flower bud formation and fruit quality in *Camellia oleifera*

WEN Yue<sup>1</sup>, SU Shuchai<sup>1</sup>, MA Lüyi<sup>1</sup>, WANG Xiangnan<sup>2</sup>, YANG Shaoyan<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Silviculture and Conversation, Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Hunan Academy of Forestry, Changsha 410004, Hunan, China)

**Abstract:** To explore the effects of different concentrations of gibberellins (GAs) on flower bud formation and fruit quality in *Camellia oleifera*, foliage spray experiments were conducted using GA solutions at different concentrations before the physiological differentiation period of *Camellia oleifera* flower buds. The test material was the high yield Xiang-Lin series. Results indicated that different concentrations of GA decreased the number of new shoots, with the 100 mg·L<sup>-1</sup> treatment being highest at 38.6%; The 200 mg·L<sup>-1</sup> treatment had the best effect on the distance between nodes which increased by 8.5%; The 300 mg·L<sup>-1</sup> treatment had the best effects on flower bud formation and fruit quality; with an improved new shoot length of 9.4%, an increase in the composition of long shoots of 49.2%, and increases in flower bud size (23.1%) and weight (5.3%). The 300 mg·L<sup>-1</sup> treatment also improved flower bud differentiation and fruit quality with a flower bud differentiation of 0.38, fruit weight of 20.06 g, seed weight of 10.20 g, kernel weight of 9.10 g and kernel rate of 45.4%. With 29.2%, 60.5%, 62.9%, 70.7% and 6.4% more than that of the control. [Ch, 2 fig. 5 tab. 26 ref.]

**Key words:** cash forestry; *Camellia oleifera*; gibberellins; flower bud formation; fruit quality

油茶 *Camellia oleifera* 是在中国分布较广、栽培面积较大的南方木本油料树种, 也是良好的生物能

收稿日期: 2015-01-24; 修回日期: 2015-06-08

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项(201404702)

作者简介: 温玥, 从事经济林栽培研究。E-mail: 308654596@qq.com。通信作者: 马履一, 教授, 博士生导师, 从事生态林与城市森林培育、用材与能源林培育理论与技术等研究。E-mail: maluyi@bjfu.edu.cn

源树种和化妆品原料树种<sup>[1]</sup>。油茶适应范围广、有较高的生态效益和经济效益<sup>[2]</sup>。油茶的花芽分化是指油茶枝条上的芽从叶芽状态转化为花芽状态的过程。不同地域的油茶品种花芽分化时间不同,湖南油茶的花芽分化始于5月初,9月末结束。花芽分化作为油茶发育年循环中的重要物候期,与油茶每年的产量密切相关。赤霉素(GA)是一种四环双萜类植物生长调节物质,在打破种子休眠<sup>[3]</sup>、调控花期<sup>[4-5]</sup>等方面有较多的应用。陈显等<sup>[6-8]</sup>和徐玲等<sup>[9]</sup>分别研究了赤霉素对油茶和八仙花 *Hydrangea macrophylla* 枝条生长特性的影响,发现赤霉素促进油茶抽梢,也能促进八仙花枝条的伸长。赵荣华<sup>[10]</sup>研究了赤霉素对无核白葡萄 *Vitis vinifera* ‘Seedless’ 和魏可葡萄 *Vitis vinifera* ‘Wink’ 果实品质的影响。赤霉素对果树花芽分化的影响研究结果不一<sup>[11]</sup>。曹尚银等<sup>[12]</sup>的研究表明:喷施 GA<sub>3</sub> 抑制了红富士苹果 *Malus pumila* ‘Red Fuji’ 和首红苹果 *Malus pumila* ‘Redchief’ 的花芽分化;何绍兰等<sup>[13]</sup>发现,在柑橘 *Citrus* 花芽诱导期,经过 GA 处理后,其花芽分化时间延长,花芽分化过程也受到抑制;陆婷等<sup>[14]</sup>研究赤霉素处理对花芽的影响结果与曹尚银和何绍兰相同。目前,赤霉素处理油茶在提高油茶花期授粉率<sup>[15]</sup>、油茶果实含油量<sup>[16]</sup>的影响等方面研究较多,对油茶的花芽形成和果实品质影响研究较少。本试验用赤霉素处理盛果期的油茶植株,探究赤霉素对油茶花芽形成和当年果实品质的影响,为赤霉素在油茶生产中的使用提供科学依据,也为油茶的高产栽培技术提供一种有效的调控手段。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验地在湖南省林业科学院试验林场油茶种质资源收集保存库与新品种试验基地(28°14′24″N, 113°10′12″E, 丘岗、平地、丘谷相间分布,地势较平缓,地貌属低山丘陵,土壤为第四纪酸性红壤,海拔高度 80~100 m,坡度为 15°~20°)。供试材料为湘林系列高产油茶良种植株,树龄为 10 a,平均树高为 2.1 m,平均冠幅为 4.2 m × 4.2 m,长势健壮一致,无病虫害。

### 1.2 试验方法

于 2014 年 5 月 10 日,即供试植株的花芽生理分化期<sup>[17]</sup>,春梢还未停止伸长生长<sup>[18]</sup>,此时正值果实发育的起始阶段<sup>[19]</sup>,对试验树整株进行赤霉素叶面喷施处理,喷施剂量以叶面充分湿润,药液开始下滴为度。此时油茶春梢的平均长度为 8.12 cm,平均长有新叶 4 片·新梢<sup>-1</sup>。根据赤霉素的质量浓度,设计 100, 200, 300 mg·L<sup>-1</sup> 等 3 个不同处理,并以等量清水处理作为对照(ck)。

于 2014 年 9 月 25 日,分别统计试验树东、南、西、北 4 个方向的树冠中上部(树高 70.00~170.00 cm 范围内)新梢数量,用卷尺测量新梢长度,同时,统计每个新梢上叶芽、花芽的数量,并用电子游标卡尺测定花芽的长、宽、厚。

于 2014 年 9 月 30 日,即供试植株花芽的雌雄蕊成熟期<sup>[17,20]</sup>,随机采 600 个油茶花芽。在 10 mL 量筒里加入水 5 mL,随机挑选 3 个花芽为 1 组,量筒里的水改变量即为 3 个花芽的体积,由此可知平均 1 个花芽体积。所有数据用于求得花芽质量、体积的回归方程。

于 2014 年 10 月 22 日,植株随机选取果实 15 个·处理<sup>-1</sup>,此时正值该品种油茶果实采收期<sup>[21]</sup>,用电子游标卡尺对其进行纵径、横径的测量,电子天平称其果质量、果皮质量、果仁质量,并计算出仁率;索氏提取法<sup>[21-22]</sup>分别测定各个处理的出油率,重复 3 次·处理<sup>-1</sup>。

本试验采用随机区组法,单株小区,重复 6 次。

### 1.3 数据处理

采用 Excel 2003, SPSS 18.0, 和 R 语言 3.03 软件对所有的数据进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 赤霉素对油茶新梢生长状况的影响

2.1.1 赤霉素对油茶新梢数量的影响 对油茶进行不同质量浓度赤霉素处理后,观察并统计油茶新梢数量。由图 1 所示:根据单因素方差分析结果可知,喷施赤霉素后,各处理间新梢数量差异显著,100, 200, 300 mg·L<sup>-1</sup> 赤霉素新梢数量比对照分别减少 38.6%, 29.2%, 20.6%, 各个质量浓度对油茶新梢数量的抑制作用大小依次为 100 mg·L<sup>-1</sup> > 200 mg·L<sup>-1</sup> > 300 mg·L<sup>-1</sup>。

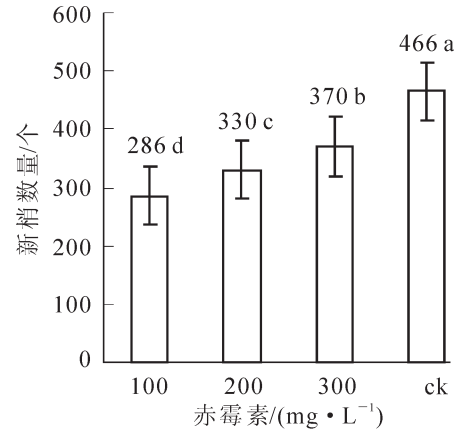
2.1.2 赤霉素对油茶新梢质量的影响 新梢质量主要通过新梢长度、新梢节间距、新梢直径这 3 个指标来考察。赤霉素处理对油茶新梢质量的影响情况见表 1。根据单因素方差分析结果可知，各处理对新梢质量均有一定程度的影响。其中，300 mg·L<sup>-1</sup> 赤霉素显著增加新梢长度，新梢长度为 9.81 cm，比对照增加 9.7%，而新梢直径却显著减小，比对照减小 4.6%；100 mg·L<sup>-1</sup> 赤霉素对新梢长度、新梢节间距影响不大；200 mg·L<sup>-1</sup> 赤霉素显著增大了油茶新梢节间距，达到 0.77 cm，比对照增加 8.5%。

2.1.3 赤霉素对油茶春梢短枝、中枝、长枝、徒长枝比例的影响 用 SPSS 18.0 软件对所有对照植株的春梢长度进行聚类分析，分类标准分别为枝长和单枝单位长度花芽数(单枝单位长度花芽数=单枝花芽数/单枝枝条长度)，将春梢分为以下 4 种类型：0~6.73 cm 为短枝，单枝单位长度花芽数 0.32~0.45 个；6.73~13.29 cm 为中枝，单枝单位长度花芽数 0.25~0.32 个；13.29 ~ 22.81 cm 为长枝，单枝单位长度花芽数 0.19~0.25 个；22.81~30.00 cm 为徒长枝，单枝单位长度花芽数 0~0.19 个。经聚类发现，在 1 299 个枝条长度数据中，短枝有 365 个，占有枝条比例的 28.2%；中枝有 745 个，占有枝条比例的 57.4%；长枝有 163 个，占有枝条比例 12.6%；徒长枝有 26 个，占有枝条比例的比例 2.0%，即中枝最多。表 2 反映了

不同质量浓度赤霉素对春梢短枝、中枝、长枝、徒长枝比例的影响。通过单因素方差分析结果可知，在不同质量浓度赤霉素处理下，仅在长枝方面，300 mg·L<sup>-1</sup> 赤霉素与对照差异性显著，即 300 mg·L<sup>-1</sup> 赤霉素显著增加长枝的比例，达到 18.6%，比对照增加 49.2%。各处理对短、中、徒长枝的比例并没有显著影响。

2.2 赤霉素对油茶花芽分化形成的影响

2.2.1 赤霉素对油茶不同类型春梢的花芽分化率的影响 花芽分化率是指每个春梢枝条上花芽数占总芽数的百分率。不同质量浓度赤霉素处理对油茶不同类型春梢的花芽分化率的影响情况如表 3 所示。根据单因素方差分析结果可知：就短枝花芽分化率来讲，各不同质量浓度赤霉素处理下，短枝、中枝、徒长枝的花芽分化率没有显著差异；300 mg·L<sup>-1</sup> 赤霉素和 200 mg·L<sup>-1</sup> 赤霉素显著增加长枝的花芽分化率，分别达到 0.44 和 0.41，比对照分别增加 34.9%和 23.4%；各质量浓度均显著促进油茶单株的花芽分化率，300 mg·L<sup>-1</sup> 赤霉素促进油茶单株花芽分化的作用效果最大，单株花芽分化率达到 0.38；花芽总数上，各质量浓度均使得油茶花芽总数得到了提高，300 mg·L<sup>-1</sup> 赤霉素和 200 mg·L<sup>-1</sup> 赤霉素处理下，花芽总数分



小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

图 1 赤霉素处理对新梢数量的影响  
Figure 1 Effect of GA on number of new shoots

表 1 赤霉素处理对油茶春梢质量的影响

Table 1 Effect of GA on quality of new shoots

赤霉素/(mg·L <sup>-1</sup> )	春梢长度/cm	节间距/cm	春梢直径/mm
100	9.10 b	0.69 b	3.10 b
200	8.64 b	0.77 a	3.22 a
300	9.81 a	0.70 b	3.13 b
对照(ck)	8.94 b	0.71 b	3.28 a

说明：小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

表 2 赤霉素处理对油茶春梢长、中、短、徒长枝比例的影响

Table 2 Effect of GA on the composition of the spring shoots

赤霉素/(mg·L <sup>-1</sup> )	短枝比例/%	中枝比例/%	长枝比例/%	徒长枝比例/%
100	28.8 a	58.5 a	10.8 b	2.0 a
200	33.4 a	55.2 a	9.3 b	2.2 a
300	25.3 a	53.9 a	18.6 a	2.2 a
对照(ck)	28.2 a	57.4 a	12.5 b	2.0 a

说明：小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

表 3 赤霉素处理对油茶不同类型枝条花芽分化率的影响

Table 3 Effect of GA on the different kinds of branches of flower bud differentiation rate

赤霉素/(mg·L <sup>-1</sup> )	短枝花芽 分化率	中枝花芽 分化率	长枝花芽 分化率	徒长枝花芽 分化率	油茶花芽 分化率	花芽总数/个
100	0.31 a	0.30 a	0.35 bc	0.04 a	0.31 c	525 b
200	0.28 a	0.31 a	0.41 ab	0.03 a	0.32 b	756 b
300	0.26 a	0.29 a	0.44 a	0.01 a	0.38 a	897 a
对照(ck)	0.34 a	0.29 a	0.33 c	0.06 a	0.29 d	673 b

说明：小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

别增加到 897 和 765 个, 比对照分别增加 33.3% 和 12.3%。

2.2.2 赤霉素对油茶营养生长与生殖生长相对关系的影响 调查各处理(包括对照)下, 每株试验树的平均春梢长度和花芽分化率, 采用单因素双变量方差分析法, 探究油茶生殖生长和营养生长间的作用关系。如图 2 所示: 在  $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  赤霉素的作用下, 新梢长度为 8.06 cm 时, 单株花芽分化率为 0.34; 新梢长度为 8.83 cm 时, 单株花芽分化率为 0.33; 新梢长度为 10.41 cm 时, 单株花芽分化率为 0.28。从以上结果可以看出: 随着春梢长度的增大, 单株花芽分化率呈下降趋势。同理, 对照、 $200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  赤霉素、 $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  赤霉素处理下, 新梢长度和单株花芽分化率均呈以上趋势。

2.2.3 赤霉素对油茶花芽饱满度的影响 油茶花芽饱满度主要通过花芽长、宽、厚、体积、质量等 5 个指标来考察。用 R 语言 3.03 软件分析花芽长、宽、厚、体积、质量所有数据, 得到油茶花芽体积、质量的回归方程:  $y(\text{mm}^3) = -709.34 +$

$27.93x_1 + 84.19x_2 + 14.22x_3$ ,  $r=0.77$ ;  $z(\text{g}) = -0.53 - 0.42x_1 + 1.05x_2 + 1.01x_3$ ,  $r=0.824$ ; 其中  $y$ ,  $z$ ,  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ,  $r$  分别表示体积、质量、长、宽、厚和方程拟合度。将每个赤霉素质量浓度处理下测定的花芽长、宽、厚的数据代入到以上回归方程中, 得到相应处理下花芽的体积和质量。赤霉素对油茶花芽饱满度的影响如表 4 所示。根据单因素方差分析结果可知: 各质量浓度赤霉素均促进了花芽的伸长, 促进作用大小依次为  $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} > 100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} > 200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , 且赤霉素质量浓度为  $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  时, 促进油茶花芽伸长效果最好, 与对照处理相比, 增长 11.43%; 在花芽宽度、厚度和体积、质量方面, 与对照处理相比, 各处理均增加花芽的宽度、厚度和体积,  $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  赤霉素处理显著促进了油茶花芽增宽、增厚、体积、质量增大, 相比于对照处理, 分别增加 6.7%, 7.7%, 23.0% 和 9.1%。通过以上分析可以看出, 在  $P < 0.05$  水平上, 用  $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  赤霉素处理油茶植株, 此时花芽的饱满度最好。

### 2.3 赤霉素对油茶当年果实品质的影响

果实品质主要从果实纵径、横径、单果质量、果仁质量、果皮质量、种子质量、出仁率、出油率等 8 个方面考察。果仁质量直接影响到果实出仁率和出油率的高低。不同质量浓度赤霉素处理对油茶当年果实品质的影响如表 5 所示。根据单因素方差分析结果可知: 在不同质量浓度处理下, 果实纵径方面, 除  $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  赤霉素与  $200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  赤霉素之间差异不显著, 其他各处理之间差异均显著, 各处理均使果实的纵径伸长, 作用效果大小依次为  $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} > 100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} > 200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。  $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  赤霉素处理下果实纵径达到 33.35 mm, 比对照纵径增加 18.9%; 果实横径方面, 除  $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  赤霉素与  $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  赤霉素之间差异不显著, 其他两两处理之间差异显著, 各处理促进果实横径伸长的作用效果由大到小依次为  $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} > 100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} > 200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。  $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  赤霉素处理下果实横径达到 33.28 mm, 比对照横径增加 16.7%; 单果种子质量和单果果仁质量上, 除对照处理与  $200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  赤霉素之间差异不显著和  $300$

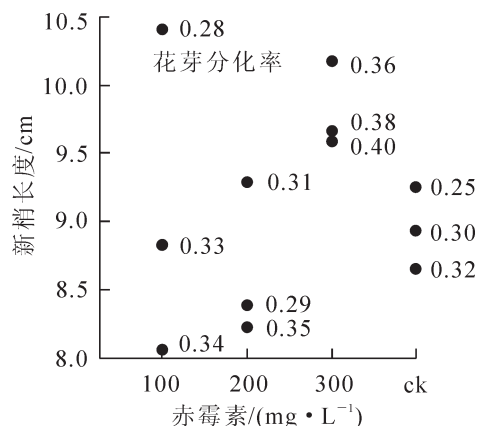


图 2 赤霉素处理对春梢长度和花芽分化率的影响

Figure 2 Effect of GA on the new shoot length and flower bud differentiation rate

表 4 赤霉素处理对油茶花芽饱满度的影响

Table 4 Effect of GA on of plumpness of the flower bud

赤霉素/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	长/mm	宽/mm	厚/mm	体积/ $\text{mm}^3$	质量/g
100	13.73 b	7.94 b	7.75 b	90.05 b	1.95 b
200	13.22 c	7.96 b	7.56 b	88.10 b	1.99 b
300	14.14 a	8.25 a	7.84 a	98.33 a	2.04 a
对照(ck)	12.69 d	7.73 c	7.28 c	79.91 c	1.87 b

说明: 小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

表 5 赤霉素处理对油茶果实品质的影响

Table 5 Effect of GA on fruit quality

赤霉素/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	纵径/mm	横径/mm	单果果仁质量/g	单果果皮质量/g	单果质量/g	种子质量/g	出仁率/%	出油率/%
100	31.88 b	32.67 a	8.92 a	9.29 a	19.49 a	10.20 a	45.8 a	43.8 a
200	31.52 b	30.29 b	5.90 b	8.37 a	15.17 b	6.80 b	38.9 b	44.2 a
300	33.35 a	33.28 a	9.10 a	9.86 a	20.06 a	10.20 a	45.4 a	43.3 a
对照(ck)	28.05 c	28.52 c	5.33 b	6.24 b	12.50 b	6.26 b	42.6 b	40.1 a

说明: 小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 赤霉素与  $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 赤霉素间差异不显著, 其他两两处理之间差异显著,  $300\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 赤霉素处理下, 单果果仁质量和种子质量达到  $9.10\text{ g}$  和  $10.20\text{ g}$ , 比对照单果种子质量和单果果仁质量分别增加  $70.7\%$  和  $62.4\%$ ; 果实果皮质量方面, 对照处理与处理组之间差异显著, 但处理组之间差异不显著; 单果质量方面, 除对照处理和  $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 赤霉素、 $300\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 赤霉素与  $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 赤霉素之间差异不显著, 其他两两处理之间差异均显著,  $300\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 赤霉素处理下单果质量达到  $20.06\text{ g}$ , 比对照增加  $60.5\%$ ; 出仁率方面,  $300\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 赤霉素和  $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 赤霉素处理下果实出仁率分别达到  $45.4\%$  和  $45.8\%$ , 比对照分别增加  $6.4\%$  和  $7.3\%$ ,  $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 赤霉素显著降低果实的出仁率, 比对照减少  $8.8\%$ ; 果实出油率上, 各处理之间并没有显著差异。

### 3 结论与讨论

试验结果表明: 不同质量浓度赤霉素处理对油茶新梢的生长状况影响不同。赤霉素处理对油茶春梢数量有显著的抑制作用, 作用大小依次为  $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}>200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}>300\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ;  $300\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 赤霉素显著促进油茶新梢的伸长, 相比对照增加  $9.7\%$ ;  $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 赤霉素和  $300\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 赤霉素显著抑制油茶新梢直径的生长, 新梢直径比对照分别减少  $5.5\%$  和  $4.6\%$ , 这与陈显<sup>[6]</sup>的研究结论不一致。

不同质量浓度赤霉素对油茶不同类型春梢花芽分化率及花芽饱满度的影响研究表明, 不同质量浓度赤霉素仅对长枝花芽分化率影响显著, 对油茶单株花芽分化率均有显著的提高作用, 同时, 不同质量浓度赤霉素均可显著提高油茶花芽长、宽、厚、体积、质量等花芽饱满度指标, 提高油茶花芽分化率及花芽饱满度的作用大小依次为  $300\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}>100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}>200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。这可能是由于在赤霉素的作用下, 同化产物向中心分生组织供应, 芽体内髓分生组织的活性下降, 即使在中心分生组织, 养分也流向最活跃的关键部位, 从而促进了花芽分化<sup>[23]</sup>。

不同质量浓度赤霉素处理对油茶当年果实纵径、横径、单果果仁质量、单果果皮质量、单果质量、种子质量、出仁率等品质指标影响显著, 而对出油率并没有影响。质量浓度为  $300\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的赤霉素果实纵径、横径、果实质量、种子质量、单果果仁质量、出仁率分别达到  $33.35\text{ mm}$ ,  $33.28\text{ mm}$ ,  $20.06\text{ g}$ ,  $10.20\text{ g}$ ,  $9.10\text{ g}$  和  $45.4\%$ , 比对照分别增加  $18.9\%$ ,  $16.7\%$ ,  $60.5\%$ ,  $62.9\%$ ,  $70.7\%$  和  $6.4\%$ 。

由油茶自然生长习性可知, 油茶新梢生长、花芽分化、果实发育处在同一时期, 在养分的分配上具有竞争关系<sup>[24]</sup>。不同质量浓度赤霉素对油茶营养生长与生殖生长相对关系的影响研究表明, 春梢长度和花芽分化率呈负相关, 即在同一处理下, 油茶营养生长和生殖生长间相互依存且相互制约。本试验中, 在  $300\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 赤霉素的作用下, 新梢数量显著下降, 且新梢长度显著增加。这可能由于赤霉素促进植物细胞的伸长, 从而导致节间距降低, 单位长度花芽得到的养分增多<sup>[25]</sup>, 提高了油茶单株的花芽分化率, 而且, 在  $300\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 赤霉素处理下, 油茶果实品质最好。这可能是由于外源喷施  $300\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 赤霉素, 一方面满足了花芽分化所需的营养, 另一方面促进了果实内部生长素的形成和果实细胞的膨大<sup>[26]</sup>, 使得花芽分化率和果实品质都有了显著的提高。 $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 赤霉素和  $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 赤霉素处理下, 同样使得油茶植株营养中心的养分较多的分配在生殖生长上, 从而促进油茶花芽的形成和果实品质的提高。不同质量浓度赤霉素处理油茶, 在花芽发育进程上的表现差异情况, 有待进一步研究。

综上所述,  $300\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 赤霉素对促进油茶花芽形成和提高果实品质的作用最明显, 可产生更理想的经济效益。

### 4 参考文献

- [1] 吕翠萍, 罗正伟, 刘虹, 等. 我国油茶研究进展[J]. 安徽农业科学, 2011, **39**(26): 16177 - 16179.  
LÜ Cuiping, LUO Zhengwei, LIU Hong, et al. Research advances of *Camellia oleifera* in China [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2011, **39**(26): 16177 - 16179.
- [2] 国家油茶科学中心. 油茶高效实用栽培技术[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [3] 申瑞雪, 潜伟平, 刘江华, 等. 不同温度下赤霉素处理对乌饭树与短尾越橘种子发芽的影响[J]. 经济林研究, 2012, **30**(4): 13 - 18.  
SHEN Ruixue, QIAN Weiping, LIU Jianghua, et al. Effects of  $\text{GA}_3$  treatments on seed germination in *Vaccinium bracteatum* and *Vaccinium carlesii* at different temperatures [J]. *Nonwood For Res*, 2012, **30**(4): 13 - 18.

- [4] 孙颖, 陈显, 刘儒, 等. 不同浓度赤霉素处理对油桐花芽分化的影响[J]. 经济林研究, 2014, **32**(1): 97 – 100.  
SUN Ying, CHEN Xian, LIU Ru, *et al.* Effects of different concentration gibberellin on flower bud differentiation in tung oil tree [J]. *Nonwood For Res*, 2014, **32**(1): 97 – 100.
- [5] SONG C Y, SHIN D G, WOO I S, *et al.* The effects of growth regulators and sowing date on growth and flowering in cyclamen [J]. *Res Rep Rural Dev Administr Hort*, 1991, **33**(1): 266.
- [6] 陈显, 孙颖, 李建安. 赤霉素和多效唑对油茶幼株生长的影响[J]. 经济林研究, 2013, **31**(2): 86 – 90.  
CHEN Xian, SUN Ying, LI Jian'an. Effects of GA and PP<sub>333</sub> on growth of *Camellia oleifera* seedlings [J]. *Nonwood For Res*, 2013, **31**(2): 86 – 90.
- [7] 彭绍锋, 陈永忠, 马力, 等. 油茶良种枝梢生长特性研究[J]. 林业科技开发, 2011, **25**(2): 24 – 28.  
PENG Shaofeng, CHEN Yongzhong, MA Li, *et al.* Study on shoot growth of improved *Camellia oleifera* varieties [J]. *China For Sci Technol*, 2011, **25**(2): 24 – 28.
- [8] 胡玉玲, 王冬南, 王伟峰, 等. 不同激素对油茶关键生长过程的调节机制初步研究[J]. 浙江林业科技, 2011, **31**(2): 32 – 37.  
HU Yuling, WANG Dongnan, WANG Weifeng, *et al.* Preliminary studies on regulating mechanism of different hormones on key growth stages of *Camellia oleifera* [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2011, **31**(2): 32 – 37.
- [9] 徐玲, 文凤竹, 曹明星, 等. 赤霉素(GA<sub>3</sub>)对八仙花花期及开花品质的影响[J]. 江西林业科技, 2007(2): 22 – 23.  
XU Ling, WEN Fengzhu, CAO Mingxing, *et al.* Effects of application of GA<sub>3</sub> in flowering of *Hydrangea macrophylla* [J]. *J Jiangxi For Sci Technol*, 2007(2): 22 – 23.
- [10] 赵荣华, 白世践, 陈光, 等. 赤霉素对无核白葡萄果实品质的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2014, **13**(9): 40 – 42.  
ZHAO Ronghua, BAI Shijian, CHEN Guang, *et al.* Effect of gibberellin on fruit quality of thompsons seedless [J]. *Heilongjiang Agric Sci*, 2014, **13**(9): 40 – 42.
- [11] 郝荣庭. 果树栽培学总论[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [12] 曹尚银, 汤一卒, 张俊昌. GA<sub>3</sub>和PP<sub>333</sub>对苹果花芽形态建成及其内源激素比例变化的影响[J]. 果树学报, 2001, **18**(6): 313 – 316.  
CAO Shangyin, TANG Yizu, ZHANG Junchang. Effects of GA<sub>3</sub> and PP<sub>333</sub> on the apple flower bud differentiation course and endogenous hormone [J]. *J Fruit Sci*, 2011, **18**(6): 313 – 316.
- [13] 何绍兰, 邓烈, 李宜琴, 等. 促花和抑花处理对柑橘成花及芽内蛋白质组份的影响[J]. 热带亚热带植物学报, 1998, **6**(2): 124 – 130.  
HE Shaolan, DENG Lie, LI Yiqin, *et al.* Effects of floral promotion or inhibition treatments on flowering of citrus trees and protein fractions in buds [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 1998, **6**(2): 124 – 130.
- [14] 陆婷, 李疆, 李文胜, 等. 调控扁桃花芽形成试验[J]. 山西果树, 2003(2): 3 – 4.  
LU Ting, LI Jiang, LI Wensheng, *et al.* Trials on regulating flower bud formation in *Amygdalus communis* [J]. *Shanxi Fruit*, 2003(2): 3 – 4.
- [15] 赵海鹤, 张乃燕. 几种植物生长调节剂对油茶花期授粉率的影响[J]. 广西林业科学, 2009, **38**(1): 55 – 57.  
ZHAO Haihu, ZHANG Naiyan. Several plant growth regulators on increasing pollination rates of *Camellia oleifera* [J]. *Guangxi For Sci*, 2009, **38**(1): 55 – 57.
- [16] 陈永忠, 王湘南, 彭邵锋, 等. 植物生长调节剂对油茶果实含油率的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2007, **27**(1): 25 – 29.  
CHEN Yongzhong, WANG Xiangnan, PENG Shaofeng, *et al.* Effects of plant growth regulators on the promotion of fruit oil content of *Camellia oleifera* [J]. *J Cent South For & Technol*, 2007, **27**(1): 25 – 29.
- [17] 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.  
WANG Xiangnan, JIANG Lijuan, CHEN Yongzhong, *et al.* Observation on morphological and anatomical characteristic of the flower bud differentiation on *Camellia oleifera* [J]. *J Cent South For & Technol*, 2011, **31**(8): 22 – 27.
- [18] 王瑞, 陈永忠, 王湘南, 等. 油茶无性系新梢生长期光合特性的研究[J]. 林业科学研究, 2010, **23**(3): 405 – 410.

- WANG Rui, CHEN Yongzhong, WANG Xiangnan, *et al.* Study on photosynthetic characteristics in shoot-growing stage of *Camellia oleifera* clones [J]. *For Res*, 2010, **23**(3): 405 – 410.
- [19] 陈永忠, 肖志红, 彭邵锋, 等. 油茶果实生长特性和油脂含量变化的研究[J]. 林业科学研究, 2006, **19**(1): 9 – 14.
- CHEN Yongzhong, XIAO Zhihong, PENG Shaofeng, *et al.* Study of fruit growing specialties and its oil content in oil-tea *Camellia* [J]. *For Res*, 2006, **19**(1): 9 – 14.
- [20] 袁德义, 迺锋, 谭晓风, 等. 油茶花芽分化及雌雄配子体的发育研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2011, **31**(3): 65 – 70.
- YUAN Deyi, ZHOU Feng, TAN Xiaofeng, *et al.* Flower bud differentiation and development of male and female gametophytes in *Camellia oleifera* [J]. *J Cent South For & Technol*, 2011, **31**(3): 65 – 70.
- [21] 王湘南, 陈永忠, 伍利奇. 油茶种子含油率和脂肪酸组成研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2008, **28**(3): 11 – 17.
- WANG Xiangnan, CHEN Yongzhong, WU Liqi. Oil content and fatty acid composition of *Camellia oleifera* seed [J]. *J Cent South For & Technol*, 2008, **28**(3): 11 – 17.
- [22] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.6–2003 食品中脂肪的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [23] SACHS R M. Nutrient diversion: an hypothesis to explain the chemical control of flowering [J]. *HortScience*, 1977, **12**(3): 220 – 229.
- [24] 王磊, 陈永忠, 王承南, 等. 生态栽培对油茶生长发育及环境影响研究进展[J]. 湖南林业科技, 2012, **39**(3): 61 – 64.
- WANG Lei, CHEN Yongzhong, WANG Chengnan, *et al.* Effect of ecological cultivation on growth, development and growing environment of oil-tea *Camellia* [J]. *J Hunan For Sci Technol*, 2012, **39**(3): 61 – 64.
- [25] 刘锦霞, 杨兰廷, 沈思远, 等. 多效唑对八仙花组培苗营养生长及成花的影响[J]. 北方园艺, 2007(6): 205 – 207.
- LIU Jinxia, YANG Lanting, SHEN Siyuan, *et al.* Effect of PP<sub>333</sub> on vegetative growth and flowering induction of *Hydrangea macrophylla*'s tissue culture plantlet [J]. *Northern Hortic*, 2007(6): 205 – 207.
- [26] CASTELLARIN S D, GAMBETTA G A, WADA H, *et al.* Fruit ripening in *Vitis vinifera*: spatiotemporal relationships among turgor, sugar accumulation, and anthocyanin biosynthesis [J]. *J Exp Bot*, 2011, **62** (12): 4345 – 4354. doi: 10.1093/jxb/err150.