



王丽云, 刘小金, 徐大平, 等. 生长调节剂对降香黄檀营养生长与生殖生长的影响[J]. 华南农业大学学报, 2017, 38(5): 86-90.

生长调节剂对降香黄檀营养生长与生殖生长的影响

王丽云^{1,2}, 刘小金¹, 徐大平¹, 杨曾奖¹, 张宁南¹, 洪舟¹, 钟文斌², 袁雅琪²
(1 中国林业科学研究院 热带林业研究所, 广东 广州 510520;
2 中国林业科学研究院 亚热带林业实验中心, 江西 分宜 336600)

摘要:【目的】研究生长调节剂对降香黄檀 *Dalbergia odorifera* 营养生长与生殖生长的影响, 为不同经营目标的降香黄檀人工林生产提供技术支撑。【方法】以 10 年生降香黄檀为研究材料, 采用随机区组试验设计, 通过叶面喷施 3 种不同浓度的赤霉素(GA₃)、多效唑(PP₃₃₃)和 6-苄氨基嘌呤(6-BA), 测定盛花期内一年生新梢、花、叶的形态生长和干质量变化, 再运用统计分析软件, 对各种生长调节剂处理后营养生长和生殖生长的变化规律进行分析。【结果】不同种类和不同浓度的生长调节剂对降香黄檀营养生长和生殖生长的影响差异均达显著水平($P<0.05$)。叶面喷施 200、100 mg·L⁻¹ 的 GA₃ 和 500 mg·L⁻¹ 的 6-BA 均能显著促进降香黄檀的营养生长, 抑制其生殖生长; 其中, 200 mg·L⁻¹ 的 GA₃ 对生殖生长的抑制效果最理想, 施用后其营养枝率比对照显著提高 140.84%, 花序数显著降低 79.41%; 100 mg·L⁻¹ 的 GA₃ 对营养生长效果显著, 施用后其营养枝枝长、直径、复叶数和单叶干质量分别比对照提高 218.08%、120.70%、132.38% 和 217.33%, 且均达显著水平。1 500、2 000 mg·L⁻¹ 的 PP₃₃₃ 和 50 mg·L⁻¹ 的 6-BA 均能显著促进降香黄檀的生殖生长, 以 2 000 mg·L⁻¹ 的 PP₃₃₃ 作用效果较好, 处理后其花枝率、花序数量和花序径依次比对照提高 73.50%、50.37% 和 31.30%, 且均达显著水平。【结论】降香黄檀人工林培育中, 叶面喷施 200 或 100 mg·L⁻¹ GA₃ 能显著抑制生殖生长、促进营养生长, 有利于大径级木材培育, 2 000 mg·L⁻¹ 的 PP₃₃₃ 则有利于生殖生长, 有利于良种壮苗生产。

关键词: 降香黄檀; 植物生长调节剂; 赤霉素; 多效唑; 6-苄氨基腺嘌呤; 营养生长; 生殖生长
中图分类号: S718 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-411X(2017)05-0086-05

Effects of plant growth regulators on vegetative and reproductive growth of *Dalbergia odorifera*

WANG Liyun^{1,2}, LIU Xiaojin¹, XU Daping¹, YANG Zengjiang¹, ZHANG Ningnan¹,
HONG Zhou¹, ZHONG Wenbin², YUAN Yaqi²
(1 Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou 510520, China;
2 Experimental Center for Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fenyi 336600, China)

Abstract: 【Objective】To investigate the effects of plant growth regulators on vegetative and reproductive growth of *Dalbergia odorifera*, and provide useful suggestions for plantation management of *D. odorifera* with different purposes. 【Method】We set up a randomized block experiment using 10-year-old *D. odorifera*. Leaves were sprayed with three different concentrations of gibberellin (GA₃), paclobutrazol (PP₃₃₃) or benzyladenine (6-BA). Changes in morphology, growth and dry weight of 1-year-old branch, flower and leaf at full-bloom stage were measured. The

changing patterns of vegetative and reproductive growth after treating with plant growth regulators were investigated using statistical analysis software. 【Result】 Both type and concentration of plant growth regulators caused significant differences in vegetative and reproductive growth of *D. odorifera* ($P<0.05$). Foliar application of 200, 100 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ GA_3 or 500 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 6-BA significantly promoted vegetative growth of *D. odorifera*, while inhibited reproductive growth. Application of 200 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ GA_3 had the best inhibition effect on reproductive growth with the ratio of vegetative branch increased by 140.84% and inflorescence number reduced by 79.41% compared to control ($P<0.05$). Application of 100 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ GA_3 had the best promoting effect on vegetative growth with the vegetative branch length and diameter, compound leaf number and dry weight of simple leaf increased by 218.08%, 120.70%, 132.38% and 217.33% compared to control ($P<0.05$). On the other hand, foliar application of 1 500, 2 000 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ PP_{333} and 50 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 6-BA significantly promoted the reproductive growth of *D. odorifera*. Application of 2 000 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ PP_{333} had the best promoting effect on reproductive growth with the ratio of reproductive branch, the number and diameter of inflorescence increased by 73.50%, 50.37% and 31.30% respectively compared to control ($P<0.05$). 【Conclusion】 For plantation management of *D. odorifera*, foliar application of 200 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ or 100 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ GA_3 can inhibit reproductive growth and promote vegetative growth, and should be used for large timber production. Foliar application of 2 000 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ PP_{333} can promote reproductive growth, and should be suitable for selective breeding.

Key words: *Dalbergia odorifera*; plant growth regulator; gibberellin; paclobutrazol; 6-benzyladenine; vegetative growth; reproductive growth

木本植物的生长通常可分为营养生长和生殖生长 2 大部分, 两者之间相互依存、相互制约, 且可相互转换^[1]。在农林生产实践中, 由于经营目的不同, 通常需要对营养生长和生殖生长进行调控, 以达到最佳的经济效益。常用的方法主要有密度控制、养分管理、水分调节、植物生长调节剂应用等^[2-5]。在众多方法中, 施用生长调节剂是一种简单有效的方法, 具有成本低、见效快、效果明显等多个优点。如土施多效唑可有效抑制小桐子 *Jatropha curcas* 的营养生长, 降低株高^[6]; 叶面喷施多效唑可促进柠檬树 *Citrus limon* 的生殖生长^[7]; 叶面喷施赤霉素可降低茶树 *Camellia sinensis* 的花芽分化率, 抑制生殖生长^[8]。然而, 这些研究多集中在经济林树种, 鲜见用材林的研究报道。降香黄檀 *Dalbergia odorifera*, 又名海南黄花梨, 系蝶形花科黄檀属植物, 为我国海南特有种, 是极珍贵的红木用材树种, 亦是名贵的中药材之一^[9]。一般孤立木 5 年左右开花结果, 而在林内往往要 8~10 年才开始开花结果^[10]。有研究发现, 引种至广西来宾的降香黄檀植株 3 年生开花株数达 12%, 4 年生达 46%^[11]。我们在种植实践中亦发现部分降香黄檀植株 2~3 年即开始开花结实。众所周知, 生殖生长会大量消耗树体养分, 影响树体的营养生长^[1]。降香黄檀作为珍贵的用材树种, 过早的开花结实严重消耗了树体养分, 不利于其营养生长乃至木材的生产。然而, 在种子生产林中, 优良种质材料的产量远远满足不了林业生产的

<http://xuebao.scau.edu.cn>

巨大需求, 促进其开花结实有利于优良种质资源的推广应用。因此, 开展降香黄檀营养生长和生殖生长相互转化的调控研究, 对于加快树木生长、增加木材产量和推广优良种质资源等具有重要实践意义。本文以 10 年生降香黄檀为研究对象, 选用 3 种生长调节剂, 通过设置系列浓度梯度进行叶面喷施试验, 观测其新梢、花、叶生长的变化, 拟筛选出控制其营养和生殖生长相互转化的有效方法, 为降香黄檀的高效培育和良种壮苗生产提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验点概况

试验基地位于广东省肇庆市高要金龙水库 (112°36'E, 22°50'N), 属亚热带季风气候, 年平均温度 22.1℃, 年降雨量 1 612 mm, 土壤类型为赤红壤。基地内降香黄檀的种植时间为 2005 年 4 月, 种植间距为 3 m×3 m, 种植后每年抚育 1~2 次。

1.2 试验设计

2015 年 9 月, 从基地内随机选取 60 株生长良好、无病虫害的 10 年生降香黄檀用于试验, 林分的平均树高、胸径和冠幅依次为 6.7 m、9.3 cm 和 3.8 m。试验选用赤霉素(GA_3)、多效唑(PP_{333})和 6-苄氨基嘌呤(6-BA)3 种生长调节剂, 每种设置 3 个浓度梯度, 其中 GA_3 质量浓度梯度为 50(G_1)、100(G_2)和 200 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (G_3), PP_{333} 质量浓度梯度为 1 000(P_1)、1 500(P_2)和 2 000 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (P_3), 6-BA 质量浓度梯度

为 50(B1)、500(B2)和 1 000 mg·L⁻¹(B3),以蒸馏水作为对照(CK),共 10 个处理。采用随机区组试验设计,单株小区,6 次重复。降香黄檀花芽和叶芽的分化期为每年的 10—11 月^[12],考虑到每年分化的时差变化,本试验于 2015 年 10、11、12 月上旬选择连续晴朗且无风的天气对参试植株进行叶面喷施,喷施量以喷湿全部植株叶片正面和背面且无液体下滴为宜。为了增加生长调节剂的黏着度,各处理均添加 ϕ 为 0.5% 的吐温-20 作为表面展开剂。

1.2.1 营养枝率的测定 于 2016 年 5 月盛花期(50% 的花瓣泛白),每个试验植株剪取向阳面的一条标准枝^[13-14],统计一年生开花枝与未开花枝的数量,并计算营养枝率:营养枝率=当年生未开花枝数量/(当年生未开花枝数量+当年生已开花枝数量)×100%。

1.2.2 一年生新梢生长的测定 从标准枝上随机选取一年生营养枝和生殖枝各 5 条,分别测定其枝长度、枝基部直径、复叶数量和花序数量,选取基部以上第 3、4 片复叶的第 3、4 片小叶,测定叶片长度等叶面积指标,同时选取基部以上第 3、4 朵花序测

定花序长度和花序直径^[15-16]。

1.2.3 一年生新梢花、叶质量的测定 将 1.2.2 中选取的叶片和花序分别装入信封,于 105 ℃ 烘箱中杀青 15 min,再于 80 ℃ 条件下烘干 48 h 至恒质量,称质量并计算单叶干质量和单花序干质量^[17]。

1.3 数据处理

采用 SPSS 21.0 通用分析软件包对上述数据进行方差分析($\alpha<0.05$)和均值的多重比较(Duncan’s 法),其中花序数值经对数函数转化,营养枝率经反正弦转化,以满足方差齐性。

2 结果与分析

2.1 生长调节剂对降香黄檀一年生新梢的影响

方差分析结果表明,不同生长调节剂处理间营养枝率的差异达显著水平($F=2.638, P=0.014<0.05$),营养枝长度($F=4.383, P=0.000<0.01$)和直径($F=4.396, P=0.000<0.01$)的差异达极显著水平,而生殖枝长度($F=1.474, P=0.185>0.05$)和直径($F=1.755, P=0.102>0.05$)的差异则不显著。各处理的均值及多重比较分析结果见表 1。

表 1 不同生长调节剂对降香黄檀一年生新梢的影响¹⁾

Tab. 1 Effects of different plant growth regulators on 1-year-old branch of *Dalbergia odorifera*

处理	营养枝率/%	枝长度/cm		枝直径/mm	
		营养枝	生殖枝	营养枝	生殖枝
G1	22.73±0.166cd	1.16±1.012cd	9.55±2.725a	0.98±0.624c	2.86±0.624a
G2	67.52±0.165ab	8.53±2.632a	4.65±2.192a	3.56±0.404a	1.71±0.766a
G3	76.25±0.097a	4.38±0.872bc	6.50±2.322a	2.86±0.168ab	2.15±0.689a
P1	23.75±0.107cd	2.06±0.919cd	10.25±1.332a	1.83±0.608bc	3.80±0.229a
P2	31.64±0.167bc	1.14±0.478cd	8.92±2.352a	1.45±0.488bc	2.99±0.608a
P3	8.39±0.050d	0.15±0.146d	13.28±1.717a	0.37±0.368c	3.65±0.199a
B1	17.22±0.142d	0.58±0.577cd	9.03±1.403a	0.49±0.489c	3.49±0.136a
B2	66.42±0.129ab	6.29±2.213ab	7.58±2.150a	3.06±0.194ab	3.18±0.108a
B3	40.47±0.200bc	2.23±1.237cd	6.83±2.243a	1.49±0.678bc	2.39±0.760a
CK	31.65±0.131bc	2.68±1.179bcd	10.83±1.615a	1.61±0.601bc	3.33±0.149a

1) 表中数据为平均值±标准误,同列数据后凡有一个相同小写字母者,表示处理间差异不显著($P>0.05$, Duncan’s 法)。

由表 1 可知,GA₃ 处理中,G3 处理的营养枝率最高,并且显著高于对照,是对照处理的 2.41 倍;G2 处理能显著促进营养枝长度和直径的增加,平均枝长度比对照增加了 5.85 cm,平均枝直径比对照增加了 1.95 mm。PP₃₃₃ 处理中,P3 处理的营养枝率比对照处理降低了 73.50%,且达显著水平,其营养枝的长度和直径随着 PP₃₃₃ 使用浓度的增加而降低。6-BA 处理中,B1 处理的营养枝率比对照显著

降低 45.59%,但其营养枝长度和直径的生长随着使用浓度的增加表现为先增加后降低的趋势。

2.2 不同生长调节剂对降香黄檀叶生长的影响

不同生长调节剂处理对降香黄檀营养枝的复叶数量($F=4.485, P=0.000<0.01$)、小叶长度($F=3.391, P=0.004<0.01$)、小叶宽度($F=3.089, P=0.007<0.01$)以及单叶干质量($F=2.586, P=0.022<0.05$)的影响差异达显著或极显著水平,而

http://xuebao.scau.edu.cn

对生殖枝的复叶数量($F=1.342$, $P=0.241>0.05$)、小叶长度($F=1.327$, $P=0.252>0.05$)、小叶宽度($F=1.321$, $P=0.255>0.05$)、单叶干质量($F=1.088$, $P=0.398>0.05$)的影响差异则均不显著。各处理的叶片生长指标均值多重比较结果见表 2。

由表 2 可知, 与对照处理相比, G2 和 B2 处理能显著促进降香黄檀营养枝复叶数量的增加, 复叶

数分别为 4.34 和 4.10 个, 比对照分别增加了 1.32 和 1.19 倍, 但当浓度进一步增加时, 增量则不显著。PP₃₃₃ 处理则不利于复叶数量的增加, 表现为随着使用浓度的增加营养枝的复叶数量降低。此外, G2 处理能显著促进营养枝的单叶干质量, 其营养枝的单叶干质量为 47.6 mg, 对照为 15.0 mg, 比对照增加了 2.2 倍。

表 2 不同生长调节剂处理对降香黄檀叶片生长的影响¹⁾

Tab. 2 Effects of different plant growth regulators on leaf growth of *Dalbergia odorifera*

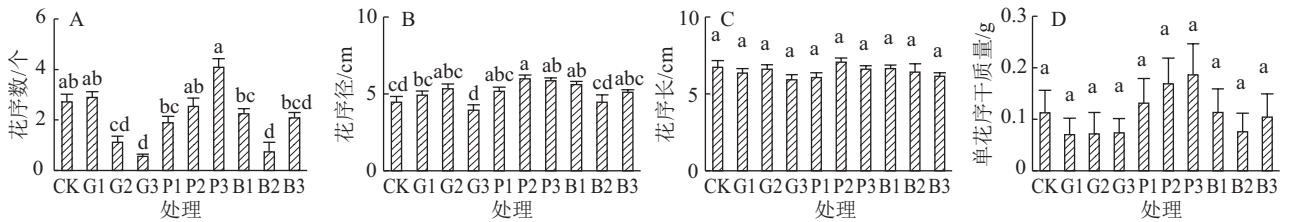
处理	复叶数/片		小叶长/cm		小叶宽/cm		单叶干质量/mg	
	营养枝	生殖枝	营养枝	生殖枝	营养枝	生殖枝	营养枝	生殖枝
G1	0.90±0.622c	4.33±1.033a	2.24±1.304bc	3.10±1.042a	1.56±0.920bc	1.96±0.656a	16.6±11.06bc	15.1±7.83a
G2	4.34±0.806a	2.21±1.069a	5.20±0.086a	1.77±1.107a	3.21±0.110a	1.12±0.700a	47.6±4.23a	19.2±9.34a
G3	3.48±0.467ab	3.91±1.284a	4.98±0.160a	3.28±1.043a	2.90±0.157a	1.92±0.610a	39.7±6.16ab	22.6±8.31a
P1	1.49±0.566bc	4.66±0.394a	3.09±0.995abc	4.43±0.252a	1.81±0.593abc	2.58±0.189a	32.3±9.51abc	36.8±10.00a
P2	1.78±0.669bc	4.21±0.870a	2.69±0.888abc	3.68±0.801a	1.75±0.568abc	2.20±0.466a	18.7±8.07bc	36.8±6.76a
P3	0.33±0.328c	5.93±0.623a	1.15±1.148c	4.23±0.243a	0.60±0.659c	2.57±0.107a	8.8±8.75c	34.5±6.83a
B1	0.56±0.558c	4.77±0.502a	0.85±0.845c	4.14±0.214a	0.55±0.548c	2.79±0.218a	6.0±5.87c	45.3±7.76a
B2	4.10±0.777a	4.47±0.638a	4.64±0.410ab	4.68±0.369a	2.75±0.154ab	2.83±0.072a	32.0±6.40abc	33.9±2.90a
B3	1.93±0.904bc	3.53±1.166a	2.08±0.945bc	2.92±0.937a	1.26±0.563bc	2.12±0.544a	11.8±7.33bc	24.3±8.69a
CK	1.87±0.722bc	5.36±0.667a	3.39±0.400abc	3.88±0.323a	1.97±0.252abc	2.33±0.108a	15.0±7.81bc	22.1±0.80a

1) 表中数据为平均值±标准误, 同列数据后凡有一个相同小写字母者, 表示处理间差异不显著($P>0.05$, Duncan's 法)。

2.3 不同生长调节剂对降香黄檀花生长的影响

方差分析结果显示, 不同生长调节剂处理对降香黄檀花序数($F=7.209$, $P=0.000<0.01$)和花序径的影响差异达极显著($F=4.651$, $P=0.000<0.01$), 而对花序长($F=1.36$, $P=0.206>0.05$)和单花序干质量($F=0.874$, $P=0.554>0.05$)的影响差异则不显著。各生长调节剂处理中, G3 处理的花序数比对照显著降低了 79.41%, 而 P3 处理比对照提高了 50.37%,

B2 比对照显著降低了 72.79%(图 1A)。对于花序径, GA₃ 处理中, 随着赤霉素浓度的增加, 花序数表现先增加后降低的趋势; PP₃₃₃ 处理中, 各浓度处理均表现促进作用, P2 处理对花序径的促进效果最显著, 其次是 P3, 分别比对照处理提高 34.18% 和 31.30%; 6-BA 处理中, B1 比对照显著提高 25.95%(图 1B)。各处理的花序长和单花序干质量均差异不显著(图 1C、1D)。



图中数据为平均值±标准误, 各图中柱子下方凡有一个相同小写字母者, 表示处理间差异不显著($P>0.05$, Duncan's 法)。

图 1 不同生长调节剂处理对降香黄檀花生长的影响

Fig. 1 Effects of different plant growth regulators on flower development of *Dalbergia odorifera*

3 讨论与结论

本试验研究结果表明, 叶片喷施 200、100 mg·L⁻¹ 的 GA₃ 和 500 mg·L⁻¹ 的 6-BA 均能显著促进降香

<http://xuebao.scau.edu.cn>

黄檀的营养生长。其中, 200 mg·L⁻¹ 的 GA₃ 能显著增加营养枝率、抑制花序数量; 100 mg·L⁻¹ 的 GA₃ 能显著促进一年生枝生长、增加营养枝复叶数量和单叶干质量、抑制花序增加; 而 500 mg·L⁻¹ 的 6-BA

能显著增加营养枝复叶数量、抑制花序数量。3 种处理相比, 200 mg·L⁻¹ 的 GA₃ 对营养枝率和花序数促控效果优于 100 mg·L⁻¹ 的 GA₃ 和 500 mg·L⁻¹ 的 6-BA, 而 100 mg·L⁻¹ 的 GA₃ 对营养枝枝叶的促生长效果优于 200 mg·L⁻¹ 的 GA₃ 和 500 mg·L⁻¹ 的 6-BA。GA₃ 抑制生殖生长的效果与油桐 *Vernicia fordii* 类似^[18], 研究发现, 叶面喷施 50~200 mg·L⁻¹ 的 GA₃ 均能抑制油桐开花^[18]。6-BA 促进营养生长的效果与油茶 *Castanea oleifera* 一致^[19], 试验证明叶片喷施 500 mg·L⁻¹ 的 6-BA 可促进油茶营养生长, 抑制成花^[19]。

另一方面, 1 500、2 000 mg·L⁻¹ 的 PP₃₃₃ 和 50 mg·L⁻¹ 的 6-BA 处理均能对降香黄檀的生殖生长起显著促进作用。三者相比, 2 000 mg·L⁻¹ 的 PP₃₃₃ 对花枝率、花序数量和花序径的促进效果优于 1 500 mg·L⁻¹ 的 PP₃₃₃ 和 50 mg·L⁻¹ 的 6-BA。PP₃₃₃ 与低浓度 6-BA 促进生殖生长的研究结果与刘红明等^[7]和王广鹏等^[20]分别对柠檬 *Citrus limon* 和板栗 *Castanea mollissima* 的研究结果类似。柠檬叶片喷施 400~1 200 mg·L⁻¹ 的 PP₃₃₃, 能促进其平均单枝开花数量, 并且以 800 mg·L⁻¹ 的 PP₃₃₃ 效果最显著; 对板栗杂交苗喷施 1 000 mg·L⁻¹ 的 PP₃₃₃, 能显著抑制其枝长、树高等营养生长, 促进生殖生长; 而对板栗喷施 50 mg·L⁻¹ 的 6-BA, 可显著促进雄花数。这意味着树种不同, 相应生长调节剂的种类、最佳使用浓度及作用效果等均存在较大的差异。

本研究结果表明, 不同生长调节剂处理后, 主要影响降香黄檀一年生营养枝的复叶数、小叶长、小叶宽和单叶干质量, 而这些指标在生殖枝上的差异则均不显著。这可能是因为生殖生长初期, 同化物主要被征调到生殖枝, 可以同时供应生殖枝营养体和花的构建, 而在花果发育过程中, 接收来自营养体再加工的次级产物^[21], 因此, 降香黄檀花期生殖枝的生长不受影响, 在后期花果发育过程中, 生殖枝的营养物质被调用, 生殖枝的生长才有可能受到限制, 这个还需要进一步的观察研究。

综上所述, 在降香黄檀人工林培育中, 若以生产大径级木材为经营目的, 叶片喷施 100 或 200 mg·L⁻¹ 的 GA₃ 效果较好, 若以生产优良种子为经营目的, 则叶片喷施 2 000 mg·L⁻¹ 的 PP₃₃₃ 效果明显。

致谢: 特别感谢肇庆金龙珍贵用材树种研究基地邓和大先生等工作人员给予的支持和帮助!

参考文献:

[1] 李彦连, 张爱民. 植物营养生长与生殖生长辩证关系

解析[J]. 中国园艺文摘, 2012, 28(2): 36-37.

[2] 樊金拴, 陈原国, 李凯荣, 等. 土壤水分状况对核桃生长和发育的影响[J]. 林业科学, 2006, 42(12): 39-46.

[3] YESHITELA T, ROBBERTSE P J, STASSEN P J C. Paclobutrazol suppressed vegetative growth and improved yield as well as fruit quality of ‘Tommy Atkins’ mango (*Mangifera indica*) in Ethiopia[J]. New Zeal J Crop Hort Sci, 2004, 32(3): 281-293.

[4] GHOSH A, CHIKARA J, CHAUDHARY D R, et al. Paclobutrazol arrests vegetative growth and unveils unexpressed yield potential of *Jatropha curcas*[J]. J Plant Growth Regul, 2010, 29(3): 307-315.

[5] GHOSH A, CHIKARA J, CHAUDHARY D R. Diminution of economic yield as affected by pruning and chemical manipulation of *Jatropha curcas* L.[J]. Biomass Bioenerg, 2011, 35(3): 1021-1029.

[6] 宋娟, 陈茂盛, 李家龙, 等. 土施多效唑对小桐子营养生长与生殖生长的影响[J]. 植物分类与资源学报, 2013, 35(2): 173-179.

[7] 刘红明, 李晶, 朱春华, 等. 多效唑对柠檬营养生长和生殖生长的影响[J]. 南方农业学报, 2013, 44(10): 1694-1699.

[8] 吴淑平. 茶树营养生长与生殖生长的关系及调控方法[J]. 中国园艺文摘, 2011, 27(5): 182-183.

[9] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2010: 213-214.

[10] 倪臻, 王凌晖, 吴国欣, 等. 降香黄檀引种栽培技术研究概述[J]. 福建林业科技, 2008, 35(2): 265-268.

[11] 蒋凡, 邓力, 覃林海. 来宾市降香黄檀营林分析[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(4): 67-68.

[12] 李凯夫, 邓和大, 陈策. 降香檀香沉香树木栽培与应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 2015: 79.

[13] 郑宝强, 王雁, 彭镇华, 等. 不同生长调节剂处理对卡特兰开花的影响[J]. 林业科学研究, 2010, 23(5): 744-749.

[14] 徐欢. 文冠果花蕾期和盛花期花性状多尺度分析[D]. 北京: 北京林业大学, 2014.

[15] 陆生泉. 生长调节剂 TDS 对锥栗生长调控效果的研究[J]. 福建林学院学报, 2001, 21(4): 363-366.

[16] 杨炜茹, 张彦广, 石秀霞. 矮壮素对地榆株高及内源激素含量变化的影响[J]. 河北农业大学学报, 2006, 29(1): 12-15.

[17] 王春昕. 光对切花菊‘神马’生长和开花的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2012.

[18] 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.

[19] 陈国臣, 曾雯珺, 金颐熙, 等. 6-BA 和赤霉素对油茶穗条生长发育及内源激素的影响[J]. 广西林业科学, 2014, 43(1): 5-9.

[20] 王广鹏, 孔德军, 刘庆香, 等. 几种化学调节剂对板栗杂交实生苗提早开花和生长的影响[J]. 河北农业科学, 2006, 10(3): 36-39.

[21] 娄成后, 张蜀秋. 高等植物生长发育中同化物的转移[J]. 科学通报, 2011, 56(30): 2446-2460.