

## 不同肥料与芸苔素内酯处理对 5 年生油茶光合和品质的影响

胡玉玲, 胡冬南, 袁生贵, 郭晓敏

(江西农业大学 园林与艺术学院, 江西 南昌 330045)

**摘要:** 为了探索不同肥料和不同质量浓度芸苔素内酯(BRs)在油茶 *Camellia oleifera* 优良无性系上的运用最佳效果, 选择 5 年生 ‘长林 4 号’ ‘长林 18 号’ 和 ‘长林 166 号’ 优良无性系油茶品种, 采用  $L_9(3^4)$  正交试验设计, 对它们分别施生物有机肥、油茶专用肥及复合肥和叶面喷施 0.067, 0.033 和 0.020  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  芸苔素内酯, 然后测定各处理油茶叶片日光合速率和油茶茶果的各项指标, 并对测得数据进行相应的分析和总结。结果表明: ①净光合速率最高处理是 ‘长林 166 号’ 品系, 施复合肥和喷施 0.067  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  芸苔素内酯; ②百粒质量最大处理是 ‘长林 18 号’ 品系, 施有机肥和喷施 0.020  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  芸苔素内酯; ③出籽率最高处理是 ‘长林 18 号’ 品系, 施有机肥和喷施 0.020  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  芸苔素内酯; ④出仁率最高处理是 ‘长林 166 号’ 品系, 施专用肥和喷施 0.020  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  芸苔素内酯; ⑤出油率最高处理是长林 4 号品系, 施专用肥和喷施 0.033  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  芸苔素内酯。表 4 参 12

**关键词:** 经济林学; 油茶品系; 肥料; 芸苔素内酯; 交互作用; 光合作用; 百粒质量; 出油率

中图分类号: S794.4

文献标志码: A

文章编号: 2095-0756(2011)02-0194-06

## Photosynthesis and seed characteristics of five-year-old *Camellia oleifera* with fertilizer and brassinolides (BRs) applications

HU Yu-ling, HU Dong-nan, YUAN Sheng-gui, GUO Xiao-min

(College of Landscape and Art, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, Jiangxi, China)

**Abstract:** To explore the effects of photosynthesis and seed characteristics with fertilizer and brassinolides (BRs) application to *Camellia oleifera*, organic fertilizer, a special fertilizer of *Camellia oleifera*, and a compound fertilizer of  $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O} \geq 4\%$ , with a BRs spray in concentrations of 0.067, 0.033, and 0.020  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  were applied to five-year-old ‘Chang-lin 4’, ‘Chang-lin 18’, and ‘Chang-lin 166’ cultivars of *C. oleifera* using an  $L_9(3^4)$  orthogonal test design. Then leaf photosynthetic rates and fruit characteristics were measured and analyzed using DPS 12.1 software. Results showed that (1) the highest photosynthetic rate was with ‘Changlin 166’ using the compound fertilizer and 0.067  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  BRs; (2) the heaviest 100-seed weight and the highest seed extraction rate were found with ‘Changlin 18’ using the organic fertilizer and 0.020  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  BRs; (3) the highest benevolence extraction rate was with ‘Changlin 18’ employing the specialty fertilizer with 0.020  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  BRs; and (4) the highest extraction oil rate was from ‘Changlin 4’ using the special fertilizer with 0.033  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  BRs. [Ch, 4 tab. 12 ref.]

**Key words:** cash forestry; *Camellia oleifera* cultivars; fertilizer; brassinolides (BRs); interaction; photosynthesis; weight of hundred; oil yield

收稿日期: 2010-07-06; 修回日期: 2010-09-27

基金项目: 江西省自然科学基金资助项目(2007GZN0242); 上海威敌生化(南昌)有限公司产学研合作项目; 江西省科学技术重大招标项目(20041A0500200); 国际植物营养研究所(IPNI)资助项目(Jiangxi-29); “十一五”国家科技支撑计划项目(2009BADB1B0202, 2006BAD18B0204-JXND); 国家农业科技成果转化资金项目(2010GB2C500233)

作者简介: 胡玉玲, 从事经济林研究。E-mail: huyulin@126.com。通信作者: 郭晓敏, 教授, 博士生导师, 从事经济林研究。E-mail: gxmjxau@163.com

油茶 *Camellia oleifera* 是世界四大著名木本油料树种之一，是中国南方特有的木本食用油料树种<sup>[1]</sup>、生态树种和绿化观赏树种；茶籽油富含不饱和脂肪酸，是非常保健的优质食品，也是生产生物柴油的重要原料，是战略性的经济树种。长林系列油茶是由中国林业科学研究院亚热带林业中心经长期努力选育出来的优良品种，具有丰产性好，含油率高，果实性状优良，适应性强和抗病力强的优点，是油茶产区重要的主栽品种，也是重要的种质资源<sup>[2]</sup>。芸苔素内酯(brassinolides, BRs)又叫油菜素，它广泛存在于植物体中，被学术界称为“第六类”植物激素<sup>[3]</sup>。极少量芸苔素内酯就能促进植物根系明显增长，提高光合作用，促进光合产物的运输转化的功效，特别是它还能调节植物器官的弱势部位，在低温干旱等逆境下增强植株根系吸水性能，调节细胞的生理环境，促进正常的生理生化代谢，增强作物的抗逆性<sup>[3-6]</sup>。随着测土配方技术在中国农业上广泛运用，在此基础上江西农业大学油茶项目组将平衡施肥理论运用到油茶养分管理，成功研制了油茶专用肥和生物有机肥，并已广泛运用油茶高产栽培<sup>[7-8]</sup>。芸苔素内酯在油茶上运用取得了良好效果<sup>[9]</sup>，但是芸苔素内酯、施肥和品系三者互作效应综合研究却鲜有报道。为了探明三者的最佳配比，本试验在前期研究的基础上，选择油茶长林系列表现最优的‘长林 4 号’‘长林 18 号’和‘长林 166 号’品系，分别对其施用油茶专用肥、复合肥和生物有机肥，在几个重要的油茶生长期喷施 3 个质量浓度的芸苔素内酯，在不同时期测定相关的指标并进行统计学分析，探讨油茶良种实现定向培育目标的“良法”，以期为实现油茶丰产高效和科学管理提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于江西省吉安市永丰县藤田镇绿海公司油茶基地，地处中亚热带(典型亚热带)东部季风性湿润气候区，温暖湿润，雨水充沛，日照充足，四季分明，春暖夏热，秋旱冬寒，结冰期短，无霜期长，气候宜人。年平均气温为 18.0 ℃，1 月平均气温 8.0 ~ 9.0 ℃，7 月平均气温 28.0 ~ 29.0 ℃，年平均降水量为 1 577.4 mm，年平均无霜期为 279 d，平均有效积温为 5 723.4 ℃，平均相对湿度为 81%。林地地势平缓，为花岗岩母质发育而成的红壤，土层厚度大于 40 cm，土壤 pH 4.4 ~ 5.7。土壤中铵态氮为 5.4 mg·L<sup>-1</sup>，硝态氮为 2.3 mg·L<sup>-1</sup>，有效磷为 4.3 mg·L<sup>-1</sup>，有效钾为 40.5 mg·L<sup>-1</sup>。

### 1.2 试验材料

试验油茶材料是由中国林业科学研究院亚热带林业中心提供的‘长林 166 号’‘长林 4 号’和‘长林 18 号’。油茶林龄为 5 年生，株行距为 1.5 m × 2.0 m。芸苔素内酯由上海威敌生物南昌公司提供；金海园牌生物有机肥由江西农业大学和绿源生物工程有限公司共同研制提供，其中含有机质 ≥ 300 g·kg<sup>-1</sup>，腐植酸 ≥ 200 g·kg<sup>-1</sup> 和 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ≥ 40.0 g·kg<sup>-1</sup>；浏阳河牌油茶专用肥由江西农业大学研制，由湖南省永和磷肥厂生产，其中养分比例为 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O > 260 g·kg<sup>-1</sup>；复合肥从市场直接购买，其中养分氮：磷：钾比例为 15 : 15 : 15。

### 1.3 试验设计

选择生长较为一致 5 年生的‘长林 4 号’‘长林 166 号’和‘长林 18 号’3 个优良无性系，采用 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)，正交设计，共 9 个处理，5 株·处理<sup>-1</sup>，重复 2 次，处理间设置保护行(表 1)。施肥在 5 月进行，采用沟施。芸苔素内酯喷施时间分别为 4 月、5 月、8 月和 10 月无雨少风天气 16 : 00 后叶面喷施。

### 1.4 观测项目、方法和数据处理

光合指标测定采用美国 LI-6400(LI-COR, Inc. Lincoln, NE, USA)便携式光合作用测定系统。于 2009 年 8 月(因为此时春梢叶片生长健壮，生理活动旺盛，此时测定光合可以考察多种生理指标)，选择晴好无风天气，分别对‘长林 4 号’‘长林 166 号’和‘长林 18 号’3 个油茶品系光合特性进行野外测定。时间从 8 : 00 开始至傍晚 18 : 00 结束，隔 2 h 对各个处理标准株选择向阳当年生 3 片健康叶片进行测定，取平均值。含油率用改进的索氏抽提法测定<sup>[10]</sup>；挑选各处理自然风干的油茶籽 15~18 粒，用分析天平称量，并计算百粒质量，然后分 3 份去壳分别称量求平均，计算出仁率；油茶种仁放入 103 ℃烘箱干燥至恒量，分析天平称量后研磨至 60 目，用脱脂滤纸、脱脂线包扎后称量，然后用正己烷萃取 4 h 后，用 103 ℃烘箱干燥至恒量，粗油脂质量为滤纸包提取前后的质量差，然后计算出油率。选取各处理最好的油茶鲜果在自然风干后脱籽称量，重复 3 次，计算干出籽率。土壤养分测定采取土壤养分状况系统研

表1 试验方案和处理安排

Table 1 Pilot programs and disposal arrangements

处理号	因素			
	A(品系)	B(施肥类型)/(kg·株 <sup>-1</sup> )	C(芸苔素内酯)/(mg·L <sup>-1</sup> )	因子间互作
1	1水平('长林4号')	1水平(生物有机肥1.0)	1水平(芸苔素内酯0.067)	1水平
2	1水平('长林4号')	2水平(油茶专用肥0.5)	2水平(芸苔素内酯0.033)	2水平
3	1水平('长林4号')	3水平(复合肥0.5)	3水平(芸苔素内酯0.020)	3水平
4	2水平('长林166号')	1水平(生物有机肥1.0)	2水平(芸苔素内酯0.033)	3水平
5	2水平('长林166号')	2水平(油茶专用肥0.5)	3水平(芸苔素内酯0.020)	1水平
6	2水平('长林166号')	3水平(复合肥0.5)	1水平(芸苔素内酯0.067)	2水平
7	3水平('长林18号')	1水平(生物有机肥1.0)	3水平(芸苔素内酯0.020)	2水平
8	3水平('长林18号')	2水平(油茶专用肥0.5)	1水平(芸苔素内酯0.067)	3水平
9	3水平('长林18号')	3水平(复合肥0.5)	2水平(芸苔素内酯0.033)	1水平

说明: 生物有机肥(下称有机肥)市价为0.80元·kg<sup>-1</sup>, 油茶专用肥(下称专用肥)市价1.60元·kg<sup>-1</sup>, 复合肥市价2.30元·kg<sup>-1</sup>。

究法(ASI), 由北京中加土壤实验室测定。利用DPS 12.01<sup>[11]</sup>, Microsoft Office Excel 2003等统计工具对数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对净光合速率的影响

从表2极差比较可以看出, 影响光合最大的因素是因子间的交互作用, 其次是芸苔素内酯质量浓度, 影响最小的是品系, 其次是施肥类型; 交互作用对净光合速率影响达到了极显著水平, 芸苔素内酯对光合速率影响也达到了显著水平, 品种和施肥对光合速率影响不显著。通过最小差异显著数法(LSD)对各因子和处理进行多重比较, 结果显示油茶品系对油茶日均光合速率影响大小依次是'长林18号' >

表2 正交设计方差分析表(随机区组模型)

Table 2 Orthogonal analysis of variance table (randomized model)

变异来源	平方和	自由度	均方	F值	P值	极差	各因子三水平的均值/%			
区组	0.485 6	1	0.485 64				水平 1	水平 2	水平 3	
光合速率/ ( $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$ )	A	0.042 6	2	0.021 32	0.147 71	0.864 98	0.106 8	10.707 5	10.637 4	10.755 9
	B	0.382 9	2	0.191 43	1.326 55	0.318 20	0.285 9	10.794 8	10.494 3	10.811 7
	C	1.249 7	2	0.624 84	4.329 97	0.053 17	0.524 6	11.071 8	10.539 7	10.489 4
	互作	4.698 9	2	2.349 460 0	16.281 17	0.001 51**	1.122 4	10.043 8	11.289 9	10.767 1
	误差	1.154 445 0	8	0.144 305 6						
总和	8.014 179 4									
出仁 率/%	区组	0.000 1	1	0.000 12				水平 1	水平 2	水平 3
	A	0.026 8	2	0.013 38	15.872 37	0.001 64**	0.082 2	0.606 8	0.631 4	0.540 2
	B	0.004 4	2	0.002 21	2.626 31	0.132 79	0.032 1	0.584 5	0.579 1	0.614 8
	C	0.005 6	2	0.002 79	3.306 49	0.089 83	0.038 8	0.572 0	0.615 0	0.591 4
	互作	0.006 1	2	0.003 07	3.643 94	0.074 98	0.040 6	0.616 4	0.590 8	0.571 2
误差	0.006 742 5	8	0.000 842 8							
总和	0.049 759 4									

说明: \*表示差异显著( $P < 0.05$ ), \*\*表示差异极显著( $P < 0.01$ )。

‘长林4号’ > ‘长林166号’；施肥类型对油茶日平均光合速率影响大小分别是复合肥 > 有机肥 > 专用肥；0.067 mg·L<sup>-1</sup> 芸苔素内酯处理对油茶日平均光合速率影响最大，0.033 mg·L<sup>-1</sup> 次之，0.020 mg·L<sup>-1</sup> 最小；交互作用对日平均光合速率影响大小分别是 2 水平 > 3 水平 > 1 水平，处理间净光合速率高低分别是处理 6 > 处理 7 > 处理 8 > 处理 2 > 处理 3 > 处理 4 > 处理 1 > 处理 9 > 处理 5。结合表 4 进行处理组合选优，结果最佳处理组合是 A2B3C1 即‘长林166’号，施复合肥和芸苔素内酯 0.067 mg·L<sup>-1</sup>。最佳组合是交互作用最好水平中的一组，同时刚好是 9 个处理中最好的一组，说明试验结果可信。

## 2.2 不同处理对油茶籽各品质指标的影响

2.2.1 对油茶籽百粒质量的影响 从表 3 极差比较可以看出，影响最大的因子是芸苔素内酯质量浓度，其次是因子间交互作用，影响最小的是油茶品种，其次是施肥类型。方差分析表明，各因素间差异不显著。通过最小差异显著数法(LSD)对各因子和处理均值进行多重比较。结果显示，油茶品系对油茶百粒质量影响大小依次是‘长林166号’ > ‘长林4号’ > ‘长林18号’；施肥类型对油茶百粒质量影响分别是有机肥 > 专用肥 > 复合肥；0.020 mg·L<sup>-1</sup> 芸苔素内酯处理对油茶百粒质量影响最大，0.033 mg·L<sup>-1</sup> 次之，0.067 mg·L<sup>-1</sup> 最小；交互作用对油茶百粒质量影响分别是 2 水平 > 3 水平 > 1 水平，各处理间百粒质量大小依次是处理 7 > 处理 3 > 处理 2 > 处理 4 > 处理 5 > 处理 6 > 处理 8 > 处理 1 > 处理 9。结合表 4 进行处理组合

选优，结果最佳处理组合是 A3B1C3 即‘长林18号’，施有机肥和芸苔素内酯质量浓度 0.020 mg·L<sup>-1</sup>，最佳组合是交互作用最好水平中的一组，同时刚好是 9 个处理中最好的一组，说明了试验结果可信。

2.2.2 对油茶出籽率的影响 从表 3 极差比较可以看出，对油茶出籽率影响最大的是因子间交互，其次是芸苔素内酯质量浓度，影响最小的是施肥类型，其次是油茶品种。方差分析表明：各因子对出籽率的影响都不显著。通过 LSD 法对各因子和处理均值进行多重比较，结果显示各油茶品系对出籽率高低影响依次是‘长林18号’ > ‘长林166号’ > ‘长林4号’；施肥类型对出籽率高低影响分别是专用肥 > 复合肥 > 有机肥；0.020 mg·L<sup>-1</sup> 芸苔素内酯处理对出籽率影响最大，0.033 mg·L<sup>-1</sup> 次之，0.067 mg·L<sup>-1</sup> 最小；交互作用对出籽率高低影响分别是 2 水平 > 3 水平 > 1 水平，各处理间出籽率高低依次是处理 7 > 处理 5 > 处理 2 > 处理 3 > 处理 8 > 处理 6 > 处理 9 > 处理 4 > 处理 1。结合表 4 进行处理组合选优，结果最佳处理组合是 A3B1C3，即‘长林18号’、施有机肥和芸苔素内酯质量浓度 0.020 mg·L<sup>-1</sup>。最佳组合是互作水平最好的一组，同时刚好是 9 个处理中最好的一组，说明了试验结果可信。

2.2.3 对油茶籽出仁率的影响 从表 2 极差比较可以看出：对油茶籽出仁率影响最大的是油茶品系，其次是因子间交互作用，影响最小的是施肥类型，其次是芸苔素内酯的质量浓度。从表 2 可以看出，品系对出仁率影响达到极显著水平，其他因子表现差异不显著。通过 LSD 法对各因子和处理进行多重比较，结果显示油茶品系对籽出仁率影响依次是‘长林166号’ > ‘长林4号’ > ‘长林18号’；施肥类型对籽出仁率影响分别是复合肥 > 有机肥 > 专用肥；0.033 mg·L<sup>-1</sup> 芸苔素内酯质量浓度对籽出仁率影响最大，0.020 mg·L<sup>-1</sup> 次之，0.067 mg·L<sup>-1</sup> 最小；交互作用对籽出仁率影响分别是 1 水平 > 2 水平 > 3 水平，各处理间出仁率高低依次是处理 5 > 处理 6 > 处理 4 > 处理 2 > 处理 9 > 处理 3 > 处理 1 > 处理 7 > 处理 8。结合表 4 进行处理组合选优，结果最佳处理组合是 A2B2C3，即‘长林166号’，施专用肥和芸苔素内酯 0.020 mg·L<sup>-1</sup>。最佳组合是互作最好的一组，同时刚好是 9 个处理中最好的一组，说明了试验结果可信。

2.2.4 对油茶种仁出油率的影响 从表 3 极差比较可以看出，对油茶种仁出油率影响最大的是因子间交

表 3 各因子各水平的均值和极差

Table 3 Means and ranges of each levels and each factors

因子	水平 1	水平 2	水平 3	极差	
百粒质量/g	A	199.125 0	199.470 0	197.243 3	2.005 5
	B	212.295 0	196.790 0	186.753 3	23.004 5
	C	173.580 0	190.528 3	231.730 0	52.373 8
交互	167.598 3	223.460 0	204.780 0	50.312 7	
出籽率/%	A	0.611 4	0.635 3	0.673 2	0.055 7
	B	0.619 0	0.663 5	0.637 4	0.040 1
	C	0.603 5	0.622 1	0.694 3	0.081 8
交互	0.596 7	0.690 4	0.632 8	0.084 3	
出仁率/%	A	0.449 8	0.435 0	0.440 7	0.013 4
	B	0.421 1	0.463 3	0.441 0	0.038 0
	C	0.459 1	0.426 2	0.440 2	0.029 6
交互	0.434 8	0.486 9	0.403 7	0.074 9	



互作用, 其次是不同的施肥类型, 影响最小的是油茶品系, 其次是芸苔素内酯的质量浓度。方差分析表明: 因子间和处理间差异都不显著。通过 LSD 法对各因子和处理均值进行多重比较, 结果显示各因素油茶品系对出油率影响大小依次是‘长林 4 号’ > ‘长林 18 号’ > ‘长林 166 号’; 施肥类型对出油率影响大小分别是专用肥 > 复合肥 > 有机肥;  $0.067 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  芸苔素内酯质量浓度对出油率影响最大,  $0.020 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  次之,  $0.033 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  最小; 因子间交互作用对出油率影响大小分别是 2 水平 > 1 水平 > 3 水平, 各处理间出油率高低依次是处理 2 > 处理 6 > 处理 7 > 处理 5 > 处理 8 > 处理 1 > 处理 9 > 处理 3 > 处理 4。结合表 4 进行处理组合选优, 结果最佳处理组合是 A1B2C2, 即‘长林 4 号’施专用肥和芸苔素内酯  $0.033 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。最佳组合是互作水平中最好的一组, 同时刚好是 9 个处理中最好的一组, 说明了试验结果可信。

### 3 结论与讨论

光合作用是油茶生长的基础<sup>[11]</sup>。净光合速率可以直接检验各种试验处理的效果, 为获得最佳处理提供生理方面的依据。油茶籽的品质指标是优良无性系油茶生产的重要依据, 也是本试验的重要内容, 是检验试验最优组合的直接依据。油茶籽的 4 个重要品质指标相关非常密切, 百粒质量是油茶丰产的前提, 出籽率、出仁率和出油率是实现油茶产量和高出油率的基础, 出籽率和出仁率的提高需要良好的外部条件, 是实行油茶培育良法的理论动力。从光合作用与茶籽各指标的关系来看, 在相同的品系中, 光合作用效率是油茶优良品质的保证, 光合效率和油茶籽的品质虽直接相关, 但也不并是同步的, 品质相对光合响应具有滞后性, 这是因为植物的生理生长是一个动态、循序渐进的过程。本试验只选择 8 月测定, 而没有全程测定和监控油茶光合的变化, 但是这并不影响对试验结果的评价。

在油茶培育的过程中不管培育目标是什么, 其中油茶的品种即遗传因子影响是最大的, 往往起决定

表 4 各因子互作均值

Table 4 Mean interaction all each factors

	水平	A × B 互作均值			A × C 互作均值			B × C 互作均值		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
光合速率/ ( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}$ $\cdot\text{s}^{-1}$ )	1	10.517 055	10.930 570	10.674 875	10.517 055	10.930 570	10.674 875	10.517 055	10.638 235	11.229 240
	2	10.638 235	9.563 951	11.710 010	11.710 010	10.638 235	9.563 951	10.988 265	10.930 570	9.563 951
	3	11.229 240	10.988 265	10.050 344	10.988 265	10.050 344	11.229 240	11.710 010	10.050 344	10.674 875
百粒质量/ %		1	2	3	1	2	3	1	2	3
	1	156.759 990	214.065 000	226.550 000	156.759 990	214.065 000	226.550 000	156.759 990	211.235 000	268.890 010
	2	211.235 000	199.750 000	187.425 000	187.425 000	211.235 000	199.750 000	176.554 990	214.065 000	199.750 000
出籽率/%		1	2	3	1	2	3	1	2	3
	1	0.510 650	0.667 450	0.655 950	0.510 650	0.667 450	0.655 950	0.510 650	0.589 300	0.756 950
	2	0.589 300	0.669 950	0.646 750	0.646 750	0.589 300	0.669 950	0.653 100	0.667 450	0.669 950
出仁率/%		1	2	3	1	2	3	1	2	3
	1	0.601 250	0.613 300	0.605 750	0.601 250	0.613 300	0.605 750	0.601 250	0.623 850	0.528 500
	2	0.623 850	0.639 900	0.630 600	0.630 600	0.6238 500	0.639 900	0.484 100	0.613 300	0.639 900
出油率/%		1	2	3	1	2	3	1	2	3
	1	0.439 350	0.500 750	0.409 250	0.439 350	0.500 750	0.409 250	0.439 350	0.360 550	0.463 45
	2	0.360 550	0.447 800	0.496 500	0.496 500	0.360 550	0.447 800	0.441 400	0.500 750	0.447 800
	3	0.463 450	0.441 400	0.417 200	0.441 400	0.417 200	0.463 450	0.496 500	0.417 200	0.409 250

作用。因此,良种是基础,此次实验也证明了这一点,影响因子权重居其次的是因子间的互作,再者是施肥。在适宜油茶生长的地方,施肥是除独立因子品种外的关键因子,如果没有一定的养分,油茶的丰产乃是无米之炊。影响因子较小的是芸苔素内酯。外源植物生长调节物质的施用,能够引起内源一系列变化,激活有利基因表达,提升油茶生长潜能,增加抗性,也有利于各种营养物质的吸收,从而促进各生长指标的生长<sup>[12]</sup>。因此,要实现油茶持续丰产,必须以良种和施肥为基础,以植物生长调节剂为辅助手段。

通过以上分析和讨论,得出如下结论:①日均净光合效率最高的处理组合是处理 6,即‘长林 166 号’,施复合肥和芸苔素内酯  $0.067 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。从极差看出施肥与芸苔素内酯交互作用对光合速率影响最大,其次是芸苔素内酯质量浓度,影响最小的是品系,其次是施肥类型。②百粒质量最大处理是处理 7,即‘长林 18 号’,施复合肥和芸苔素内酯  $0.020 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。从极差看芸苔素内酯质量浓度对百粒质量影响最大,其次是施肥与芸苔素内酯互作用,再次是施肥,影响最小的是品系。③出籽率最高处理是处理 7,即‘长林 18 号’,施复合肥和芸苔素内酯  $0.020 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。从极差看品系与芸苔素内酯互作对出籽率影响最大,其次是芸苔素内酯,再次是品系,影响最小的是施肥。④出仁率最高的是处理 5,即‘长林 166 号’,施专用肥和芸苔素内酯  $0.020 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。从极差看品系对出仁率影响最大,其次是品系与施肥的互作,再次是芸苔素内酯,影响最小的是施肥。⑤出油率最高的是处理 2,即‘长林 4 号’,施专用肥和芸苔素内酯  $0.033 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。从极差看施肥与芸苔素内酯的互作对出仁率影响最大,其次施肥,再次是芸苔素内酯,影响最小的是品系。⑥在良种条件下,选择专用肥和芸苔素内酯质量浓度  $0.020 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  或者  $0.033 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  时更经济。

#### 参考文献:

- [1] 庄瑞林. 中国油茶[M]. 2 版. 北京: 中国林业出版社, 2008: 1 - 15.
- [2] 彭云金, 鲍克辉, 周伟国, 等. 长林 3 号等油茶品种引种栽培试验初报[J]. 湖北林业科技, 2010 (2): 33 - 35.  
PENG Yunjin, BAO Kehui, ZHOU Weiguo, *et al.* Study on introduction and cultivation experiment of the *Camellia oleifera* Abel clones for Changlin-3[J]. *J Hubei For Sci Technol*, 2010 (2): 33 - 35.
- [3] MOORE T C. *Biochemistry and Physiology of Plant Hormone* [M]. 2nd ed. New York: Springer-Verlag, 1989.
- [4] CLOUSE S D, SASSE J M. Brassinosteroids: essential regulators of plant growth and development [J]. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol*, 1998, **49**: 427 - 451.
- [5] AVSIAN-KRETCHMER O, CHENG Jinchun, CHEN Lingjing, *et al.* Indole acetic acid distribution coincides with vascular differentiation pattern during *Arabidopsis* leaf ontogeny [J]. *Plant Physiol*, 2002, **130**: 199 - 209.
- [6] NELSON T, DENGLER N. Leaf vascular pattern formation [J]. *Plant Cell*, 1997, **9**: 1121 - 1135.
- [7] 汪洪丽, 郭晓敏, 赵中华. 油茶生长量、产量与平衡施肥的研究[J]. 江西林业科技, 2007 (6): 73 - 75.  
WANG Hongli, GUO Xiaomin, ZHAO Zhonghua. Study on the growth and yield of *Camellia oleifera* and its balance fertilization [J]. *J Jiangxi For Sci Technol*, 2007 (6): 73 - 75.
- [8] 钟剑飞, 郭晓敏, 刘苑秋, 等. 油茶平衡施肥经济效益研究[J]. 林业实用技术, 2009 (9): 3 - 6.  
ZHONG Jianfei, GUO Xiaomin, LIU Yuanqiu, *et al.* Study on economic benefits of balance fertilization [J]. *J Pract For Technol*, 2009 (9): 3 - 6.
- [9] 胡玉玲, 胡冬南, 郭晓敏, 等. “园丰素”对油茶生物量及光合影响的初步研究[J]. 江西农业大学学报, 2010, **32** (4): 768 - 772.  
HU Yuling, HU Dongnan, GUO Xiaomin, *et al.* Study on the effects of “Yuan-Feng Su” on biomass and photosynthesis of *Camellia oleifera* [J]. *Acta Agric Univ Jiangxi*, 2010, **32** (4): 768 - 772.
- [10] 阎正, 陈培云, 曹照真, 等. 毛细管柱 2 气相色谱法测定中药膏药中樟脑、薄荷脑、龙脑及异龙脑含量: 应用一种改进型索氏提取器[J]. 理化检验: 化学分册, 2008, **44** (12): 1196 - 1198.  
YAN Zheng, CHEN Peiyun, CAO Zhaozhen, *et al.* Capillary column-gas chromatographic determination of camphor, menthol, borneol and isoborneol in plaster of traditional Chinese medicines using a modified soxhlet’s extractor [J]. *Phys Test Chem Anal Part B Chem Anal*, 2008, **44** (12): 1196 - 1198.
- [11] 唐启义. DPS 数据处理系统——实验设计、统计分析及数据挖掘[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 238 - 245.
- [12] BISHOP G J, KONCZ C. Brassinosteroids and plant steroid hormone signaling [J]. *Plant Cell*, 2002, **14**: 97 - 110.