

# 磷肥对油茶低产林幼林生长的影响

田应佳, 赵敏冲, 刘建忠 (贵州省林业调查规划院, 贵州贵阳 550003)

**摘要** 为了研究3年生油茶低产林幼林的最佳磷肥施用量,进行了磷肥施用量与油茶树高、冠幅生长的回归试验。结果表明:油茶低产林幼林树高、冠幅生长与磷肥施用量之间的关系均符合一元二次抛物线方程,反应曲线为典型凸形抛物线,即树高和冠幅生长指标均存在1个峰值。峰值以前,树高和冠幅生长量随着磷肥施用量的增加而上升;峰值以后,树高和冠幅生长量随着磷肥施用量的增加而下降。根据回归模型方程式求解,得到树高、冠幅生长量最大时对应的磷肥施用量分别为0.118 3、0.126 2 kg,对应的最高理论树高、冠幅分别为108.87、385.44 cm,分别较对照提高了18.87%、119.62%。

**关键词** 油茶;低产林改造;磷肥;最佳施用量

**中图分类号** S725.5 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2019)15-0110-02

**doi**:10.3969/j.issn.0517-6611.2019.15.031



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

## Effects of Phosphate Fertilizer on Growth of Low-yield and Young *Camellia oleifera* Abel

TIAN Ying-jia, ZHAO Min-chong, LIU Jian-zhong (Guizhou Forestry Survey and Planning Institute, Guiyang, Guizhou 550003)

**Abstract** In order to study the optimal amount of phosphate fertilizer applied to the 3-year old low-yield *Camellia oleifera*, the regression between phosphate fertilizer and the growth of *C. oleifera* height and crown width was studied. The results showed that the relationship between tree height, canopy width growth and the amount of phosphate fertilizer applied in *C. oleifera* low-yield forest conformed to the quadratic parabola equation of one variable, which was in typical convex curve, there was a peak in both tree height and canopy width. Before the peak, tree height and crown width increased with the increase of phosphate fertilizer. After the peak, tree height and crown width decreased with the increase of phosphate fertilizer application. According to solving the regression model equation, the corresponding phosphate fertilizer amount were 0.118 3 and 0.126 2 kg, respectively, when the maximum growth amount of tree height and canopy width were obtained, and the corresponding maximum theoretical tree height and canopy width were 108.87, 385.44 cm, respectively, which were 18.87% and 119.62% higher than the control.

**Key words** *Camellia oleifera* Abel; Transformation of low-yield forest; Phosphate fertilizer; Optimum fertilizer rate

油茶是我国特有的木本油料树种,也是贵州省最主要的经济树种之一<sup>[1-3]</sup>,由于传统的粗放经营等因素,油茶林中仍存在着大量的低产林分,单位面积经济产出较低。为了提高单位面积油茶的经济产量,学者们对油茶低产林改造技术做了大量的研究<sup>[4-6]</sup>。研究认为,施磷肥对油茶的生长具有良好的促进作用,并提出了油茶施肥的具体方案<sup>[7-10]</sup>。前人虽然在磷肥对油茶生长的效应方面做了大量的研究<sup>[11-14]</sup>,但关于促进油茶幼林树高及冠幅生长的最佳施用量方面研究较少<sup>[15-17]</sup>。笔者针对我国大部分地区土壤缺磷少氮的状况<sup>[18]</sup>,在前人研究的基础上,通过回归试验,进一步研究促进油茶低产林幼林树高和冠幅生长的最佳磷肥施用量,以期制定贵州省油茶低产林幼林改造的施肥技术提供理论依据和参考。

## 1 材料与方 法

**1.1 试验时间和地点** 田间试验于2014年4月在册亨县弼佑乡洛江村进行,数据收集和整理、分析及汇总于2015年7月—2017年5月完成。

田间试验布设在贵州省册亨县弼佑乡洛江村,该村位于册亨县中东部,属亚热带温暖湿润季风气候,年平均气温13~23℃,冬无严寒,夏季炎热,夏湿春干,雨热同季,春暖早、秋凉迟,海拔为740~1 290 m。森林面积1.07万hm<sup>2</sup>,其中经济林0.43万hm<sup>2</sup>(油桐0.20万hm<sup>2</sup>,油茶0.23万hm<sup>2</sup>),森

林覆盖率为68%,是册亨县油茶、油桐重要基地,土壤为黄壤。

## 1.2 材 料

**1.2.1 油茶** 3年生油茶幼林,株行距为2 m×3 m,品种为湘林系列湘林1号,幼林平均树高80.0 cm、冠幅0.19 m<sup>2</sup>。

**1.2.2 磷肥** 试验用磷肥为湖北金明珠化工有限公司生产的“荆珠”牌钙镁磷肥,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>含量≥12.0%。

## 1.3 方 法

**1.3.1 试验设计**。

**1.3.1.1 试验水平**。共设计7个施肥水平(X<sub>1</sub>~X<sub>7</sub>),即0、0.03、0.06、0.09、0.12、0.15、0.18 kg。

**1.3.1.2 样地的选择与设置**<sup>[21-22]</sup>。每个处理设1个样地,每个样地重复3次,共设置21个样地,样地面积为25.82 m×25.82 m,分别用木桩对其进行标注。为了减少土壤等生境资源的异质性对试验的干扰,增加试验精准度和可靠度,在样地布设时尽可能缩短各样地之间的空间距离,并使其地形因子(海拔、坡向、坡度)和土壤条件尽量保持一致。

**1.3.1.3 样地的本底调查**。于2014年3月进行本底调查,测定试验地基本情况,并进行树高、冠幅这2项指标的调查。

**1.3.2 试验实施**。

**1.3.2.1 施肥**<sup>[23-25]</sup>。于2014年4月的雨后施肥,为了提高肥效,施肥前进行松土并清除杂草,施肥采用沟施方法。在油茶树树冠投影的坡上沿开1条宽15 cm、长60~80 cm的弧形沟,将肥料均匀施入后并覆土。

**1.3.2.2 统计分析**。在次年油茶苗木停止生长后进行调查,分别对21个样地测定油茶幼林苗高、冠幅,基础数据录入WPS表格,用SPSS软件进行回归分析<sup>[19]</sup>,建立苗高、冠

**基金项目** 贵州省科技计划项目(黔科合NY字[2011]3078)。

**作者简介** 田应佳(1984—),男,贵州遵义人,硕士,从事林业专业技术、森林培育研究。

**收稿日期** 2019-04-22

幅与磷肥施用量的一元二次方程,并绘制曲线图。

## 2 结果与分析

**2.1 回归模型的建立** 利用 SPSS 软件分别对油茶树高、冠幅生长与磷肥施用量之间的关系进行回归分析,获得磷肥施用量与树高、冠幅生长量的回归模型方程式及回归曲线图(表 1,图 1、2)。

表 1 回归模型方程式

Table 1 Regression model equation

生长量指标 Y Indicators of growth	回归方程 Regression equation	R	F	P
树高 $Y_1$ Tree height	$Y_1 = -1\ 235.00X^2 + 292.14X + 91.59$	0.996	526.146	<0.001
冠幅 $Y_2$ Crown width	$Y_2 = -13\ 174.60X^2 + 3\ 326.19X + 175.50$	0.894	16.949	<0.001

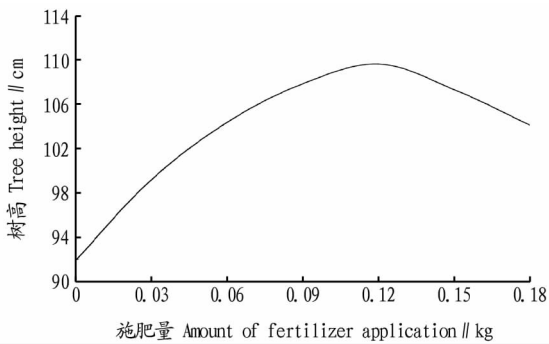


图 1 施肥量与树高之间的回归曲线

Fig. 1 Regression curve between fertilizer application and tree height

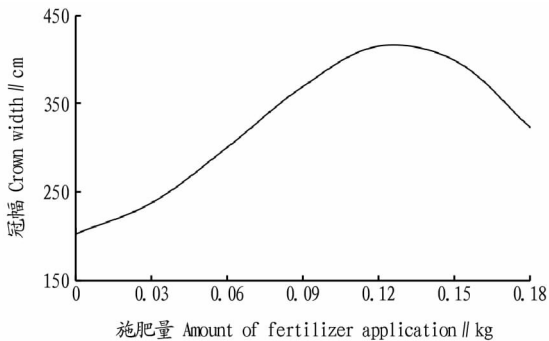


图 2 施肥量与冠幅之间的回归曲线

Fig. 2 Regression curve between fertilizer application and crown width

**2.2 模拟试验结果** 将磷肥 7 个施用水平分别代入树高、冠幅对应的回归方程式中,即可分别模拟出油茶幼林树高和冠幅生长量。从表 2 可以看出,磷肥施用对油茶幼林的树高、冠幅生长量影响效果显著,油茶幼林的树高、冠幅生长量均随着磷肥施用量的增加先增后减,说明磷肥有一个最佳的施用量,超过最佳施用量后,再增加施用量反而会抑制油茶幼林树高及冠幅的生长。

### 2.3 磷肥施用量与油茶幼林树高、冠幅生长量的关系

**2.3.1 磷肥施用量对油茶幼林树高的影响。**通过磷肥施用量与油茶树高生长量的回归分析得知,两者之间的  $P <$

0.001,说明磷肥施用量对油茶树高生长的影响极显著,两者之间的二次抛物线关系成立,且二次系数为负,根据方程的轨迹成图,为典型的凸形抛物线(图 1)。从图中可以看出,树高生长量随着磷肥施肥量的增加先升后降,同时通过对树高与磷肥施用量的一元二次方程求导,可得到方程  $Y_1 = -1\ 235.00X^2 + 292.14X + 91.59$  的一阶导数  $Y' = 292.14 - 2\ 470.00X$ ,令  $Y' = 0$ ,可求得  $X = 0.1183$ ,也就是说最佳的磷肥施用量为 0.1183 kg,对应的树高值为 108.87 cm,较对照树高 91.59 cm 提高了 18.87%。当磷肥施用量在 0.1183 kg 以内时,增加磷肥施用量会促进油茶幼林树高的生长;当磷肥施用量超过 0.1183 kg 时,增加磷肥施用量反而会抑制油茶幼林树高的生长。

表 2 树高、冠幅生长量模拟试验结果

Table 2 Simulated test results of tree height and crown width growth

处理 Treatment	施肥量 Amount of fertilizer application//kg	树高 Tree height cm	冠幅 Crown width cm
$X_1$	0	91.59	175.50
$X_2$	0.03	99.24	263.43
$X_3$	0.06	104.67	327.64
$X_4$	0.09	107.88	368.14
$X_5$	0.12	108.86	384.93
$X_6$	0.15	107.62	378.00
$X_7$	0.18	104.16	347.36

**2.3.2 磷肥施用量对油茶幼林冠幅的影响。**通过磷肥施用量与油茶冠幅生长量的回归分析得知,两者之间的  $P < 0.001$ ,说明磷肥施用量对油茶冠幅生长的影响极显著,两者之间的二次抛物线关系成立,且二次系数为负,根据方程的轨迹成图,为典型的凸形抛物线(图 2)。从图中可以看出,冠幅生长量随着磷肥施用量的增加先升后降,同时通过对冠幅与磷肥施用量的一元二次方程求导,可得到方程  $Y_2 = -13\ 174.60X^2 + 3\ 326.19X + 175.50$  的一阶导数  $Y' = 3\ 326.19 - 26\ 349.20X$ ,令  $Y' = 0$ ,可求得  $X = 0.1262$ ,也就是说最佳的磷肥施用量为 0.1262 kg,对应的冠幅值为 385.44 cm,较对照冠幅 175.50 cm 提高了 119.62%,当磷肥施用量在 0.1262 kg 以内时,增加磷肥施用量会促进油茶幼林冠幅的生长;当磷肥施用量超过 0.1262 kg 时,增加磷肥施用量反而会抑制油茶幼林冠幅的生长。

## 3 结论与讨论

(1)施用磷肥对油茶幼林树高、冠幅的生长影响显著,且两者之间的关系均符合一元二次抛物线的回归关系。

(2)分别对油茶幼林树高、冠幅与油茶幼林施肥量进行回归分析可得出,合理地施用磷肥可促进油茶幼林树高、冠幅的生长,但超过最佳施肥量后,再增加磷肥施用量反而会抑制油茶幼林、冠幅的生长,这一研究结果符合耐性定律<sup>[20]</sup>。

(3)通过对一元二次回归方程式求导,计算出影响油茶

(下转第 115 页)

点(LSP)为  $1\ 768.87\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ,与小叶杨<sup>[18]</sup>[光补偿点为  $28.97\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ,光饱和点为  $1\ 680.60\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ]相比,小胡杨 2 号的光补偿点和光饱和点均高于小叶杨,说明小胡杨 2 号较小叶杨更喜光,对强光的适应能力更好;与胡杨<sup>[19]</sup>[光补偿点为  $22.54\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ,光饱和点为  $2\ 265.87\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ]相比,小胡杨 2 号的光补偿点高于胡杨,光饱和点低于胡杨,说明小胡杨 2 号对光强的利用范围还稍显欠缺。

#### 4 结论

(1)小胡杨 2 号的净光合速率( $P_n$ )日变化为单峰曲线,在 12:00 时达到峰值  $21.98\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ,气孔导度( $G_s$ )呈现先下降后上升再下降的趋势,蒸腾速率( $T_r$ )日变化曲线均为双峰型,胞间  $\text{CO}_2$  浓度( $C_i$ )大致呈先下降后上升的趋势,水分利用效率在 12:00 达到最大值  $3.86\ \mu\text{mol}/\text{mmol}$ 。

(2)小胡杨 2 号的光饱和点(LSP)为  $1\ 768.87\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ,光补偿点(LCP)为  $32.87\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ,最大净光合速率( $P_{\text{max}}$ )为  $20.59\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ,是一种抗旱性良好并对高温和强光有较好适应性的杂交树种。

#### 参考文献

- [1] 董天慈.小叶杨与胡杨亚属间有性杂交[J].遗传,1980,2(1):25-28.
- [2] 王方琳,柴成武,尉秋实,等.小叶杨×胡杨杂交种(小×胡杨)无菌培养体系初步研究[J].干旱区资源与环境,2018,32(11):176-181.
- [3] 季蒙,张博文,任建民.小×胡杨硬枝扦插试验初报[J].内蒙古林业科技,2005(3):6-7.

(上接第 111 页)

幼林树高、冠幅生长的最佳磷肥施用量分别为  $0.118\ 3$ 、 $0.126\ 2\ \text{kg}$ 。

(4)将油茶幼林树高、冠幅生长的最佳施肥量分别带入一元二次方程式中,求得最高理论树高、冠幅分别为  $108.87$ 、 $385.44\ \text{cm}$ ,较对照( $91.59$ 、 $175.50\ \text{cm}$ )分别提高了  $18.87\%$ 、 $119.62\%$ ,施肥效果显著。

(5)由于时间、人员及资金限制,此次试验仅研究了油茶幼林树高、冠幅生长量与磷肥施用量之间的关系,至于其他龄组的油茶及其他肥料之间的关系还有待于进一步研究。

#### 参考文献

- [1] 国家林业局.全国油茶产业发展规划(2009-2020年)[A].2009.
- [2] 邱建生,罗扬,许杰,等.贵州油茶产业化发展战略及实现的技术路径[J].贵州林业科技,2013,41(4):47-55.
- [3] 黄欣,张乃燕,马锦林,等.我国油茶品质育种研究进展与展望[J].广西林业科学,2010,39(4):235-238.
- [4] 朱丛飞,华思德,冯杰,等.不同氮磷钾配方施肥对油茶幼苗生长及土壤养分含量的影响[J].福建农业学报,2017,32(6):613-618.
- [5] 陈兰月.不同施肥处理对油茶生长的影响[J].林业科技通讯,2016(9):20-22.
- [6] 罗汉东,朱丛飞,张令,等.磷施肥水平对油茶植株营养生长的影响[J].经济林研究,2016,34(4):52-56.
- [7] 潘晓杰,侯红波,廖芳,等.配方施肥对油茶中幼林营养生长的影响[J].中南林业学院学报,2003,23(2):82-84.
- [8] 覃其云,黄荣新,潘波,等.配方施肥对油茶中幼林营养生长的影响[J].福建林业科技,2016,43(4):66-69,84.

- [4] 宋庆安,董方平,易露琴,等.臭椿光合生理生态特性日变化研究[J].中国农学通报,2007,23(12):148-153.
- [5] 李晓宇,韩丹,王敏.小叶杨的光响应曲线及其模型拟合[J].湖南林业科技,2018,45(4):40-44.
- [6] YE Z P. A new model for relationship between irradiance and the rate of photosynthesis in *Oryza sativa* [J]. Photosynthetica, 2007, 45(4): 637-640.
- [7] 叶子飘,李进省.光合作用对光响应的直角双曲线修正模型和非直角双曲线模型的对比研究[J].井冈山大学学报(自然科学版),2010,31(3):38-44.
- [8] 叶子飘,于强.一个光合作用光响应新模型与传统模型比较[J].沈阳农业大学学报,2007,38(6):771-775.
- [9] 梁彦涛,陈玲玲,徐太海,等.香鳞毛蕨叶片光合作用日变化特征[J].北方园艺,2018(15):164-169.
- [10] 韩永伟,拓学森,高馨婷,等.阿拉善荒漠草原梭梭与白刺光合特征比较研究[J].草地学报,2010,18(3):314-319.
- [11] 高超,闫文德,田大伦,等.杜仲光合速率日变化及其与环境因子的关系[J].中南林业科技大学学报,2011,31(5):100-104.
- [12] 冯伟,孟和,杨文斌,等.小叶杨与胡杨杂交种(小×胡)幼苗抗旱性初步研究[J].干旱区资源与环境,2014,28(7):166-170.
- [13] 陈健妙,郑青松,刘兆普,等.麻疯树(*Jatropha curcas* L.)幼苗生长和光合作用对盐胁迫的响应[J].生态学报,2009,29(3):1356-1365.
- [14] 黄志玲,姜英,郝海坤,等.不同光照强度对红锥光响应曲线的影响[J].中南林业科技大学学报,2014,34(8):30-33.
- [15] 林开文,杨白云,姜永雷,等.小叶女贞秋季光合速率日变化及其与环境因子的相关性[J].江苏农业科学,2016,44(1):213-215.
- [16] 钱蓬文,张新时,郭建宏,等.半常绿-常绿杨树 3 个品系光合特性研究[J].北京师范大学学报(自然科学版),2008,44(4):424-428.
- [17] 陈亚鹏,陈亚宁,李卫红,等.干旱环境下高温对胡杨光合作用的影响[J].中国沙漠,2009,29(3):474-479.
- [18] 李晓宇.小叶杨光合特性研究[J].湖南林业科技,2015,42(2):54-57.
- [19] 刘建平,韩敏,龚卫江,等.胡杨、灰叶胡杨光合、蒸腾作用比较研究[J].塔里木大学学报,2004,16(3):1-6.

- [9] 陈家生.浅谈尤溪县油茶低改合理施肥方法[J].中国农业信息,2016(19):117-118.
- [10] 单义翔,王健,包宇飞,等.施肥对油茶幼苗生长的影响[J].林业科技,2017(5):4-7.
- [11] 江泽鹏,王东雪,侯立英,等.油茶化肥减量配比施肥效应[J].广西林业科学,2017,46(1):37-41.
- [12] 俞元春,白玉杰,俞小腾,等.油茶林施肥效应研究概述[J].林业科技开发,2013,27(2):1-4.
- [13] 胡官保,蒋富强.油茶幼林施肥试验[J].湖南林业科技,2015,42(4):48-51.
- [14] 袁昌选,李兰,李湘黔,等.油茶幼林施肥试验研究[J].贵州林业科技,2014,42(2):24-27,55.
- [15] 胡冬南,游美红,袁生贵,等.不同配方施肥对幼龄油茶的影响[J].西北林学院学报,2005,20(1):94-97.
- [16] 张文元,牛德奎,郭晓敏,等.施钾水平对油茶养分积累和产油量的影响[J].植物营养与肥料学报,2016,22(3):863-868.
- [17] 刘学锋,郭晓敏,李小梅,等.平衡施肥对油茶林地土壤主要养分含量的影响[J].经济林研究,2013,31(2):44-47,59.
- [18] 孙向阳.土壤学[M].北京:中国林业出版社,2005.
- [19] 郝黎仁,樊元,郝哲欧.SPSS 实用统计分析[M].北京:中国水利水电出版社,2003.
- [20] 李博.生态学[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [21] 赵敏冲,赵华,刘建忠,等.磷肥对马尾松低产林幼林生长的影响[J].中国农学通报,2016,32(4):5-8.
- [22] 赵敏冲,赵华,刘建忠,等.磷肥对杉木低产林幼林生长的影响[J].农学报,2015,5(6):105-108.
- [23] 袁婷婷,钟秋平,赵学民,等.基肥对油茶幼林地径和冠幅生长的影响[J].中南林业科技大学学报,2015,35(1):62-66,70.
- [24] 黄涛.油茶配方施肥技术研究[D].南京:南京林业大学,2012.
- [25] 李青.肥料类型对油茶营养生长和果实品质及产量的影响[D].南昌:江西农业大学,2013.