

罗汉东, 王 华, 付艳秋, 等. 油茶果实性状、养分含量和产油量对磷水平的响应[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(4): 898-903.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2016.04.029

油茶果实性状、养分含量和产油量对磷水平的响应

罗汉东¹, 王 华¹, 付艳秋², 朱丛飞¹, 罗玉娇¹, 陈言柳¹, 杨品超¹, 胡冬南¹,
郭晓敏¹, 牛德奎¹

(1. 江西农业大学国土资源与环境学院/江西省森林培育重点实验室, 江西 南昌 330045; 2. 赤峰市农牧业局农牧业综合行政执法支队, 内蒙古 赤峰 024000)

摘要: 为了探索施磷量对油茶果实性状、养分含量和产油量的影响, 确定适宜的磷肥施入量, 本研究设置了 5 个磷肥水平, 以赣无性系油茶作为试验材料, 在江西玉山县开展单因素磷肥试验。结果表明, 赣无性系的油茶果形指数、单果质量、干出籽率、干出仁率、籽仁出油率、鲜果含油率、单株产油量和果实养分含量都随施磷量的提高而出现先增大后减小的现象, P3 处理(单株年施磷量 47.15 g/kg)时达到最大值; 鲜果含水率随施磷量的提高而出现先减小后增大的现象, P3 处理时达到最小值; 施磷能显著提高单株鲜果产量, 并随施磷量的提高呈递增趋势。通过拟合磷肥施入量与单株产油量的响应曲线, 确定了赣无性系油茶经济效益最高的钙镁磷肥用量为每株 1.00 kg。

关键词: 油茶; 磷肥水平; 果实性状; 产量

中图分类号: S794.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2016)04-0898-06

Fruit traits, nutrient content and oil content of *Camellia oleifera* in response to phosphorus levels

LUO Han-dong¹, WANG Hua¹, FU Yan-qiu², ZHU Cong-fei¹, LUO Yu-jiao¹, CHEN Yan-liu¹, YANG Pin-chao¹, HU Dong-nan¹, GUO Xiao-min¹, NIU De-kui¹

(1. College of Territorial Resource and Environment/Key Laboratory of Forest Cultivation in Jiangxi Province, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; 2. Chifeng City Agriculture Bureau of Farming and Animal Husbandry Comprehensive Administrative Law Enforcement Team, Inner Mongolia, Chifeng 024000, China)

Abstract: To determine the optimal application rate of phosphorus for *Camellia oleifera*, a single-factor experiment was carried out with five phosphate levels in Jiangxi province, and fruit traits, nutrient content and oil production were measured. The fruit shape index, fruit weight, dry seed rate, kernel rate, the oil rate of kernel and fruit, oil yield per plant and fruit nutrient levels increased with the application of phosphorus, peaked at phosphorus level of 47.15 kg/hm², and fell

afterwards. The change of fruit water content was quite the opposite, reaching its minimum at phosphorus level of 47.15 kg/hm². Increased application rates of phosphorus resulted in the improved production of fresh fruit per plant. By fitting the relationship between the amount of phosphorus applied and oil production per plant, the optimal phosphorus application rate was determined to be 1.00 kg per plant to achieve the highest economic benefits.

Key words: *Camellia oleifera*; phosphate level; fruit trait; output

收稿日期: 2015-12-17

基金项目: 国际植物营养研究所(IPNI)项目(Jiangxi-29); 国家科技支撑计划项目(2012BAD14B14); 国家自然科学基金项目(31360177); “十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAC11B06); 江西春源绿色食品有限公司项目

作者简介: 罗汉东(1990-), 男, 江西南昌人, 硕士研究生。

(Tel) 18720971822; (E-mail) 1583359328@qq.com

通讯作者: 牛德奎, (Tel) 13970856882; (E-mail) ndk2157@sina.com

油茶 (*Camellia oleifera*) 为常绿小乔木或灌木,是南方重要的木本食用油料树种^[1-3],在中国 14 个省(市、自治区)大面积种植^[4]。近年来,种植广泛的高产无性系油茶陆续进入投产期,但其种植技术和养分管理水平仍有待于提高,特别是南方红壤脱硅富铝化严重,存在养分淋失多而肥质补充不足的现象^[5]。对油茶进行合理施肥管理是增产的关键措施,关于油茶生产栽培上施用肥料种类、肥料配比、肥料用量、丰产和产油品质改善等方面研究都有报道^[6-7],油茶林土壤中磷素含量极低,有关磷素对油茶生长和结实的研究鲜有报道。

磷素是植物生长发育必须的大量元素,合理施用磷肥能增产和提高作物品质^[8-10]。而磷肥的利用率较低,当季利用率一般仅为 15%~20%,容易被土壤中的钙、镁等离子固定^[11-12]。因此,研究磷肥施用在油茶生产实践上具有重大意义。本研究以“赣无”系列高产油茶为研究对象,在测土的基础上,设置不同梯度的磷水平,以一定的氮、钾肥为基础,采用单因素试验方法开展试验,测定油茶的果实生长指标、果实养分和果实含油率。探讨不同磷肥施用量对油茶果实品质和产油量的影响,为广大农民和经济林企业提供科学施肥依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于江西上饶玉山县南山乡,属中亚热带湿润季风气候。林地为低山丘陵区,为花岗岩母质发育而成的红壤,土层厚度大于 50 cm。用 ASI 法^[13]对养分进行测定,土壤 pH 值为 4.06,有机质含量为 1.44%, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量为 16.7 mg/kg, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量为 0.7 mg/kg,有效磷含量为 0.5 mg/kg,速效钾含量为 24.7 mg/kg。

1.2 试验材料

供试油茶为江西省春源食品公司栽培的高产赣无性系,2009 年种植,株行距 2.0 m×2.5 m。试验所用肥料为含 N 量为 46% 的尿素、含 P_2O_5 量为 15% 的钙镁磷、含 K_2O 量为 60% 的氯化钾和氮磷钾养分含量为 45% 的复合肥。

1.3 试验设计

试验采用单因素随机区组试验设计,通过测土试验,设定了每年每株氮最佳用量 69.00 g 和钾最

佳用量 99.57 g,并设置了单株年施磷量:0 g、15.72 g、31.44 g、47.15 g、62.87 g 共 5 个梯度,处理号为 P0、P1、P2、P3、P4。每个处理 5 株,相邻两处理间设一保护行,重复 3 次。施肥在 2013-2015 年每年的 4 月和 10 月下旬,每次施肥为年施入量的一半,肥料采用沿树冠幅滴水线挖环状沟施入。

1.4 测定方法

1.4.1 油茶果养分含量测定 2015 年 10 月 23 日采摘全株果实,每个小区取果实 40 个,带回实验室处理(杀青、烘干、粉碎、过筛),并测定其全氮、全磷和全钾含量^[14]:用硫酸-过氧化氢消煮,对消煮液进行碱化,采用蒸馏定氮法测定全氮含量,用磷钼蓝比色法测定全磷含量,用火焰光度法测定全钾含量。

1.4.2 油茶果含油量测定 2015 年 10 月 23 日分单株采摘果实并测产,在所摘的果实中随机取 30 个,计算每株单果质量平均值。将每小区的 5 株果实混合均匀后再随机取样约 1.25 kg 带回实验室烘干去壳,对果实的横纵径长度、果实含水率、干出籽率、干籽出油率、干出仁率、种仁含油率、鲜果含油率等指标进行测定。采用索氏萃取提油法^[15]测定果实含油率。试验中涉及的计算公式如下:果形指数=横径/纵径;鲜果含水率=(鲜果质量-干果质量)/鲜果质量×100%;干出籽率=干籽质量/鲜果质量×100%;干出仁率=干仁质量/干籽质量×100%;种仁含油率=干仁出油量/干仁质量×100%;鲜果含油率=干仁出油量/鲜果质量×100%;单株产油量=单株鲜果质量×鲜果含油率。

1.5 数据处理与分析

采用 SPSS 17.0 对数据进行分析,运用 Microsoft Office Excel 2007 和 Sigmaplot12.5 对图表进行制作。

2 结果与分析

2.1 施磷量对果形指数、鲜果含水率和单果质量的影响

为了探索赣无性系油茶果形指数、鲜果含水率和单果质量对磷养分水平的响应规律,对所测定的数据进行单因素方差分析和均值多重比较(表 1)。由表 1 可知,施磷量对油茶果形指数影响十分明显,随着施磷量的提高,果形指数呈先增大后减小的趋势,P3 处理达最大值(1.013),与其他处理均存在显

著差异,说明磷肥施用量过少或过多对油茶果形都有重要影响。油茶是以提取茶油和对其榨油后的茶粕进行深加工获取经济价值的作物,含水率越低,产出的经济价值越大。施肥对油茶鲜果含水率影响非常明显,不施磷肥(P0 处理)油茶鲜果含水率最高,与其他处理均存在显著差异,P3 处理的油茶鲜果含水率最低,与其他处理均存在显著差异。施磷量对单果质量的影响显著,随着施磷量的增加,油茶单果质量呈先增加后减小的趋势,处理 P0 单果质量最小,P3 处理较高,显著高于其他处理,说明油茶单果质量不单受遗传影响,施用磷肥也对其产生了重大影响。

表 1 油茶果形指数、鲜果含水率和单果质量

Table 1 The fruit shape index, fruit weight and moisture content of *Camellia oleifera*

处理	果形指数	鲜果含水率 (%)	单果质量 (g)
P0	0.770 ± 0.005 8c	57.70 ± 0.38a	16.75 ± 1.26d
P1	0.943 ± 0.006 7b	54.43 ± 0.76b	26.09 ± 1.67c
P2	0.953 ± 0.008 8b	52.53 ± 0.38b	37.32 ± 1.55ab
P3	1.013 ± 0.012 0a	49.32 ± 0.92c	41.30 ± 3.33a
P4	0.950 ± 0.005 8b	54.75 ± 0.89b	32.37 ± 0.77 b

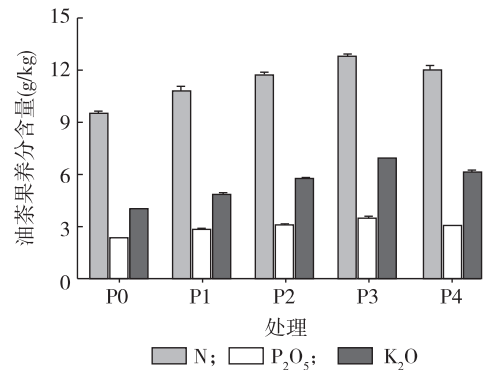
P0、P1、P2、P3、P4 分别表示单株年施磷量为 0 g、15.72 g、31.44 g、47.15 g、62.87 g;同一列数据后不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

2.2 施磷量对油茶果实养分含量的影响

果实中养分含量的高低能影响果实出油率。由图 1 可知,施磷量对成熟油茶果中的 N 含量有明显影响,随着施磷量的提高,N 含量先增高后降低,顺序为:P3 处理>P4 处理>P2 处理>P1 处理>P0 处理,各处理间差异显著。油茶果实中 P_2O_5 含量对施磷水平的响应与果实中 N 含量表现相似,P3 处理的 P_2O_5 含量显著高于其他处理,P0 处理的 P_2O_5 含量显著低于其他处理。油茶果实中 K_2O 含量大小顺序为:P3 处理>P4 处理>P2 处理>P1 处理>P0 处理,各处理间差异显著。油茶果实中 N、 P_2O_5 和 K_2O 含量对磷水平响应表现相似,均是先增大后减小,说明磷素的平衡供给有重要作用,合理的施磷量有利于果实中养分积累。

2.3 施磷量对干出籽率、干出仁率以及含油率的影响

干出籽率、干出仁率以及含油率总体表现为随



P0、P1、P2、P3、P4 处理见表 1 注。

图 1 油茶果实养分含量

Fig.1 Nutrient contents in *C. oleifera* fruit

施磷量的提高先增大后减小,P3 处理达到最大值,P4 处理开始下降。通过方差分析和多重比较(表 2)可知:果实干出籽率对磷水平响应十分显著,处理 P2 和 P3 均值显著高于 P1 和 P4 处理,P0 处理显著低于其他处理;P3 处理果实干出仁率最高,显著高于 P1、P0 处理,P3、P4、P1 处理间无显著差异。P3 处理油茶干籽含油率显著大于 P4 与 P2 处理,P1、P2、P3、P4 处理油茶干籽含油率均显著高于 P0 处理。种仁含油率与干籽含油率表现出相似的变化规律。

表 2 油茶干出籽率、干出仁率以及含油率

Table 2 Dry kernel rate, dry seed rate and oil content in seed and kernel of *C. oleifera*

处理	干出籽率 (%)	干出仁率 (%)	干籽含油率 (%)	种仁含油率 (%)
P0	26.80 ± 0.67c	45.87 ± 1.59c	18.08 ± 0.87d	39.39 ± 0.52d
P1	34.73 ± 1.11b	56.30 ± 0.76b	24.35 ± 0.62c	43.26 ± 0.96c
P2	36.59 ± 0.42ab	58.57 ± 0.51ab	30.29 ± 1.01b	51.75 ± 2.08ab
P3	37.75 ± 0.67a	60.69 ± 0.62a	33.22 ± 0.53a	54.76 ± 1.31a
P4	35.11 ± 0.96b	58.05 ± 0.94ab	28.50 ± 0.58b	49.09 ± 0.41b

P0、P1、P2、P3、P4 分别表示单株年施磷量为 0 g、15.72 g、31.44 g、47.15 g、62.87 g;同一列数据后不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

2.4 施磷量对鲜果含油率、单株产量和单株产油量的影响

由表 3 可知,鲜果含油率随施磷量的增加而呈现先增大后减小的趋势,P3 处理达到最大值(12.54%),与其他处理差异显著,P0 处理鲜果含油率最小,与其他处理差异显著,P4 处理与 P2 处理

间差异不显著。鲜果产量随施磷量的提高而呈显著增加的趋势,P4 处理达到最大值,显著大于 P1、P2 以及 P0 处理。单株产油量对施磷量的响应与鲜果含油率相似,都呈现先增大后减小的趋势,P3 处理达到最大值。

表 3 油茶鲜果含油率和单株产量

Table 3 Oil content in fresh fruit and yield per plant of *C. oleifera*

处理	鲜果含油率 (%)	单株鲜果产量 (g)	单株产油量 (g)
P0	4.86 ± 0.35d	1891.33 ± 30.69d	92.03 ± 7.84d
P1	8.47 ± 0.47c	2418.67 ± 64.06c	205.40 ± 16.67c
P2	11.08 ± 0.41b	3065.67 ± 134.20b	340.91 ± 27.72b
P3	12.54 ± 0.33a	3432.33 ± 233.36ab	431.83 ± 39.01a
P4	10.00 ± 0.16b	3659.00 ± 158.24a	365.36 ± 11.13ab

P0、P1、P2、P3、P4 分别表示单株年施磷量为 0 g、15.72 g、31.44 g、47.15 g、62.87 g;同一列数据后不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

P4 处理的鲜果产量大于 P3 处理,P3 处理的鲜

果含油率和产油量却大于 P4 处理,说明过多的磷施入造成鲜果含油率下降,从而影响到产油量,表明过多的磷施入不利于油茶产油,要均衡施肥才能获得丰厚的收益。

2.5 施磷量与果实磷含量、单株产油量之间的关系

为了探索施磷量与果实磷含量、单株产油量之间的关系,现将不同施磷量与对应的果实磷含量、单株产油量制作成散点图。如图 2 所示,果实磷含量、单株产油量与施磷量间均呈一元二次抛物线关系。对所得数据进行方程式拟合分析得到:当施钙镁磷肥施用量为 1 株 0.88 kg 时,油茶果实全磷含量达到最大值(3.27 g/kg),钙镁磷肥施用量为 1 株 1.00 kg 时,油茶单株产油量达最大值(396.61 g)。油茶作为经济林作物,以输出茶油为主,按照市售钙镁磷肥 1 kg 0.5 元、茶油市售价 1 kg 25 元计算,各施肥处理在相同管理条件下,每株施钙镁磷肥 1.00 kg 时产生的纯利润最多,比其他处理的经济收益要高。

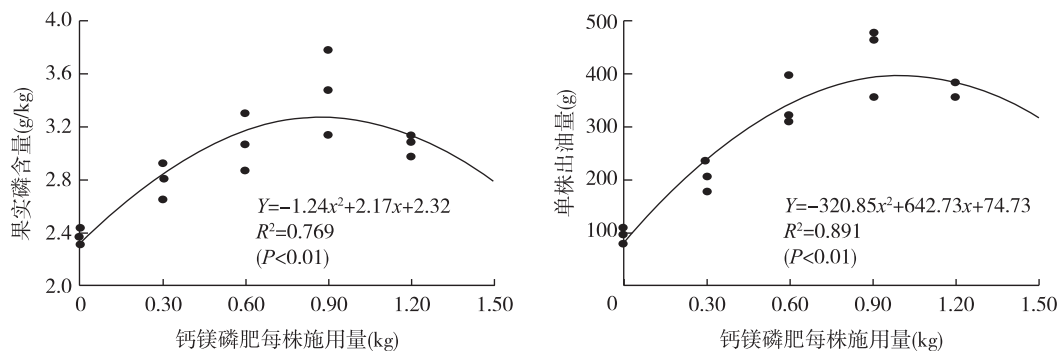


图 2 施磷量与油茶果实磷含量、单株产油量之间的关系

Fig.2 Relationships between phosphorus application rate, fruit phosphorus content and oil output per plant of *C. oleifera*

2.6 不同磷水平下油茶果各性状间相关性分析

由表 4 可知,受施磷量的影响,单株鲜果产量与果实氮磷钾含量和干籽含油率间存在显著正相关,与其他性状间相关性不显著。果实含水率与单果质量、果实磷含量和鲜果含油率间存在极显著负相关,与果实氮含量、干籽含油率和种仁含油率存在显著负相关。鲜果含油率与果实其他性状间存在显著或极显著正相关;单株油茶产油量与果实含水率以外的其他果实形状存在显著或极显著正相关。以上结果说明单株油茶产油量的提高主要是通过提高果实含油率和鲜果产量实现的。

3 讨论

施肥可以增加土壤中矿质养分含量,促进油茶树生长,加快油茶造林投产^[16-17]。施肥可以增加油茶产油量,而油茶产油量的多少取决于油茶果的品质,果实品质不但受自身遗传因素的影响^[18-19],还受土壤中养分输出的影响^[20-21]。因此,研究施肥对油茶生长结实的影响十分有必要。

本研究的油茶果为油茶产果初年的果实,对油茶果的品质进行科学分析,发现赣无性系油茶果形指数、鲜果含水率、单果质量和单株产油量等对不同

表 4 油茶果各性状间相关系数

Table 4 Correlation analysis of the fruit traits of *C. oleifera*

性状	果形指数	果实含水率	单果质量	果实氮含量	果实磷含量	果实钾含量	干出籽率	干出仁率	干籽含油率	种仁含油率	鲜果含油率	单株鲜果产量
果形指数	1.000											
果实含水率	-0.884 *	1.000										
单果质量	0.914 *	-0.933 **	1.000									
果实氮含量	0.930 **	-0.887 *	0.967 **	1.000								
果实磷含量	0.938 **	-0.945 **	0.977 **	0.989 **	1.000							
果实钾含量	0.885 *	-0.878	0.948 *	0.992 **	0.982 **	1.000						
干出籽率	0.989 **	-0.876	0.934 *	0.920 *	0.925 *	0.866	1.000					
干出仁率	0.991 **	-0.858	0.933 *	0.941 *	0.936 *	0.892 *	0.995 **	1.000				
干籽含油率	0.935 **	-0.923 *	0.997 **	0.983 **	0.986 **	0.963 **	0.947 *	0.951 *	1.000			
种仁含油率	0.862	-0.913 *	0.991 **	0.964 **	0.969 **	0.959 **	0.882 *	0.886 *	0.986 **	1.000		
鲜果含油率	0.953 **	-0.935 **	0.994 **	0.975 **	0.984 **	0.949 *	0.964 **	0.965 **	0.997 **	0.974 **	1.000	
单株鲜果产量	0.815	-0.677	0.859	0.939 *	0.880 *	0.936 *	0.809	0.856	0.888 *	0.874	0.865	1.000
单株油茶产油量	0.899 *	-0.861	0.967 **	0.995 **	0.977 **	0.990 **	0.898 *	0.921 *	0.980 **	0.973 **	0.967 **	0.955 *

* 和 ** 分别表示显著相关和极显著相关。

施磷量响应十分明显,但种仁对施磷量响应不明显。对比施磷量可以发现, P3 处理对油茶果的品质影响最大,产油量最多,施磷量低于 P3 处理时,果实品质下降,产量减少,施磷量高于 P3 处理时,虽然产量增加,但产油量减少,降低了磷肥利用率,浪费资源。原因主要是由于过量磷肥施入土壤,导致果实营养化生长,果皮增厚,有效干物质积累少^[22],果实含水量高,降低了果实品质,油茶适应生长酸性土壤(pH 为 4.5~6)^[23],施用的钙镁磷肥能调节土壤 pH,在一定的施磷量范围内,能改善植物生长的土壤 pH 值,但过量的磷肥施入会导致 pH 值超过适宜植物生长范围^[24],适宜的磷肥施入能提高植物种子养分含量,过量磷肥抑制植物对大量元素和微量元素的吸收和这些元素在种子体内的累积^[25-26]。本试验结果表明,以一定量的氮肥、钾肥为基础,增施磷肥可以优化果实品质,促进果实养分含量的累积,提高果实出油率,提高产量,增加经济效益。对果实养分中的磷含量和单株油茶产油量进行线性拟合,得出适宜的钙镁磷肥施用量为每株 1.0 kg。

油茶单果质量、果形指数、果实含水率、干出籽率、果实含油率等众多果实性状及其他因素综合影响油茶果的产量和产油量。在不同施磷量条件下,油茶单株鲜果产量和产油量受磷肥影响大,说明施

用磷肥能促进油茶果良好发育,增加果实质量和提高果实籽仁中油脂的含量,合理施用磷肥是提高油茶产油量和增加经济林效益的有效措施。

参考文献:

- [1] 庄瑞林.中国油茶[M].北京:中国林业出版社,1989:160-163.
- [2] 刘伟,陈世品,陈辉,等.土壤养分与油茶产量与种仁含油率的相关性研究[J].中南林业科技大学学报,2015,35(3):59-63.
- [3] 王华,牛德奎,胡冬南,等.不同肥料对油茶林土壤及叶片磷素状况的影响[J].经济林研究,2014,32(4):52-57.
- [4] 钟飞霞,王瑞辉,李婷,等.土壤水分对油茶果实主要经济指标的影响[J].经济林研究,2015,33(4):32-37.
- [5] 李小梅.钾素水平对油茶林养分积累、果实产量和含油量的影响[D].南昌:江西农业大学,2014.
- [6] 郭晓敏,李开平,张文元,等.江西油茶产业发展瓶颈剖析及对策思考[J].经济林研究,2013,31(2):1-7.
- [7] 周乃富,谭晓风,袁军.林下养鸡对油茶林地土壤以及植株养分的影响[J].江苏农业科学,2014,42(8):341-342.
- [8] RAGHOTHAMA K G. Phosphate transport and signaling[J]. Current Opinion in Plant Biology,2000,3(3):182-187.
- [9] ABEL S, TICCONI C A, DELATORRE C A. Phosphate sensing in higherplants[J]. Physiologia Plantarum, 2002,115:1-8.
- [10] 陈建斌,周志刚,李春苇,等.不同土壤氮、磷肥水平间作大豆对玉米生长的影响[J].江苏农业科学,2014,42(7):94-96.
- [11] 鲁如坤,时正元,钱承梁.土壤积累态磷研究——Ⅲ.几种典型土壤中积累态磷的形态特征及其有效性[J].土壤,1997(2):

- 57-60,75.
- [12] 张福锁,王激清,张卫峰,等.中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J].土壤学报,2008,45(5):915-924.
- [13] 加拿大钾磷研究所北京办事处.土壤养分状况系统研究法[M].北京:中国农业科技出版社,1992.
- [14] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000:263-270.
- [15] GB/T14488.1-1993 油料种籽含油量测定法[S].
- [16] 魏世清,伍琪,黄凌志,等.沼肥配施复合肥对油茶生长及产量的影响[J].中南林业科技大学学报,2014,34(3):53-57.
- [17] 胡玉玲,胡冬南,袁生贵,等.施肥和芸苔素内酯对油茶无性系生长指标及产量的影响[J].中南林业科技大学学报,2010,30(12):16-22.
- [18] 黎章矩,华家其,曾燕如.油茶果实含油率影响因子研究[J].浙江林学院学报,2010,27(6):935-940.
- [19] 章承林,章建斌,周席华,等.油茶干籽含油率与主要经济性状的相关性[J].经济林研究,2010,28(2):82-85.
- [20] 胡冬南,牛德奎,张文元,等.钾肥水平对油茶果实性状及产量的影响[J].林业科学研究,2015,28(2):243-248.
- [21] 罗汉东,雷先高,朱丛飞,等.不同施钾水平对油茶树生长和林地养分含量的影响[J].经济林研究,2016,34(2):1-6.
- [22] 鲍江峰,夏仁学,彭抒昂.生态因子对柑桔果实品质的影响[J].应用生态学报,2004,15(8):1477-1480.
- [23] 吕芳德,余江帆.油茶高效栽培[M].北京:中国林业出版社,2010.
- [24] 陈强.磷肥对苜蓿生长发育和种子产量影响的研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2007.
- [25] 郝小雨,廖文华,刘建玲,等.过量施磷对油菜吸收矿质养分的影响[J].河北农业大学学报,2009,32(3):26-30.
- [26] 郝小雨.过量施用磷肥对白菜类蔬菜吸收矿质养分的影响研究[D].保定:河北农业大学,2009.

(责任编辑:陈海霞)