

云浮市油茶适生地区土壤养分含量变异性分析^{*}

陈利娜¹ 张春花² 李小川¹ 丁晓纲¹

魏丹¹ 张中瑞¹ 华月珊¹

(1. 广东省森林培育与保护利用重点实验室/广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520; 2. 广东省林业科技推广总站, 广东 广州 510173)

摘要 在云浮市选取分布于云城区、云安区和郁南县的153个油茶(*Camellia oleifera*)适生林地样点, 研究油茶适生地区土壤养分含量变异性。研究结果显示, 云浮市油茶适生区域土壤全氮、全磷和全钾均为中等变异性; 全氮养分处于中等偏低的状态, 全磷为养分缺乏或极缺状态, 全钾养分总体处于中等状态; 郁南县土壤全氮、全磷的含量最高, 云安区的土壤全钾含量最高, 郁南县最低, 并且郁南县的土壤全钾养分水平与云城、云安二区差异显著。根据研究结果可知, 土壤养分管理要以提高磷素含量为主, 并适当施用有机肥, 由于云浮市油茶适生区域土壤全氮、全磷和全钾3个养分指标的总体分布为散点状, 水平方向差异较大, 部分区域间的土壤养分水平差异显著, 因此还应考虑各个区域的土壤养分水平的差异性, 进行平衡施肥。

关键词 土壤养分; 变异性; 油茶; 云浮市

中图分类号: S158.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-2053 (2017) 06-0091-07

The Variability Analysis of Forest Soil Nutrients in the Suitable Region for *Camellia oleifera* of Yunfu City

CHEN Lina¹ ZHANG Chunhua² LI Xiaochuan¹ DING Xiaogang¹

WEI Dan¹ ZHANG Zhongrui¹ HUA Yueshan¹

(1. Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization / Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China; 2. Guangdong Provincial Forestry Technology Extension Station, Guangzhou, Guangdong 510173, China)

Abstract 153 soil samples distributed in Yuncheng district, Yun'an district and Yunan county which were selected in Yunfu city to study the variability of soil nutrient content in the areas suitable for *Camellia oleifera* forest, and to guide the management of fertilization of *C. oleifera* in forestland. The results showed that soil total N, total phosphorus and total potassium were moderate variability in the suitable areas for *C. oleifera*. The total nitrogen was in the middle-low state, the total phosphorus was deficient or significant deficient, and the total potassium was moderate in nutrition level. The highest content of total nitrogen and total phosphorus were both in Yunan county. However, the highest content of total potassium was in Yun'an district while the lowest was in Yunan county, and the difference of total potassium among Yunan county and Yuncheng-Yun'an district were both significant. According to the results of research, soil nutrient management should be based on increasing

^{*} 基金项目: 广东省省级科技计划项目“油茶专用肥及配套技术研究”(2015A020208001), 广东省林业科技创新专项基金项目“森林土壤养分状况调查与评价”(2014KJCX022)。

第一作者: 陈利娜(1992—), 女, 硕士研究生, 研究方向为森林培育, E-mail: 280499235@qq.com。

通信作者: 李小川(1962—), 男, 高级工程师(教授级), 主要从事森林防火研究, E-mail: lixiaochuan@sinogaf.cn。

丁晓纲(1978—), 男, 高级工程师(教授级), 主要从事森林培育研究, E-mail: 27267152@qq.com。

the content of phosphorus and proper application of organic fertilizers. Because the difference among parts of the research area, the total nutrients, such as total nitrogen, total phosphorus and total potassium levels were significant, so call the balance of fertilization in various regions should also be considered in applying soil nutrient management.

Key words soil nutrients; variability; *Camellia oleifera*; Yunfu city

油茶 (*Camellia oleifera*) 是我国特有的木本油料树种, 其种子油富含油酸、亚油酸等不饱和脂肪酸, 是南方重要的木本食用油料树种^[1]。目前, 我国油茶林总面积为 400 万 hm^2 , 占我国木本油料树种种植总面积的 80% 以上^[2]。油茶主要种植于低丘林地, 产区多是亚热带季风气候, 土壤粘重板结, 土壤养分含量低, 结构不协调, 通气透水性差, 且由于粗放经营, 管理质量低, 春夏多雨, 会带来水土流失, 使土层变薄, 土地生产力下降。因此, 油茶土壤养分含量直接影响油茶养分的供应, 并进一步影响油茶的生长和产量, 土壤中主要矿质元素的变化规律对于指导施肥和油茶管理具有重要的意义^[1]。油茶在广东省分布很广, 山区、丘陵地带都有种植。据统计, 广东省现有油茶林 18.2 万 hm^2 , 主要分布在粤北、粤东和粤西地区, 包括梅州、河源、韶关、清远、肇庆、云浮、茂名等市^[3-4]。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

云浮市位于广东省中西部, 西江中游以南, 介于 $22^{\circ} 22' \sim 23^{\circ} 19' \text{N}$, $111^{\circ} 03' \sim 112^{\circ} 31' \text{E}$ 之间。云浮市地处亚热带, 横跨北回归线, 年平均温度 22°C , 极端最低温度 0°C , 最高温度 39.1°C 。云浮属南亚热带季风气候, 具有温暖多雨、光热充足、夏季长、霜期短等特征。年均降雨量为 1 982.7 mm, 平均相对湿度为 68%。

1.2 取样方法

本试验于 2015 年 11 月至 2016 年 1 月, 从云浮市 726 个样点中选取 153 个适合油茶生长的样点, 即坡度在 30° 以下, 海拔 800 m 以下的酸性至微酸性土壤, 分布于云城区、云安区和郁南县, 每个样点分别取得一份剖面土混合样和两份土钻土混合样。其中, 剖面土样取自 60 cm 的土壤剖面, 分 0~20 cm, 20~40 cm, 40~60 cm 3 层, 由下至上分别全层取样, 并混合均匀, 每个样品重

1~2 kg。同时, 每个样地内按 S 型路线等量采集 0~60 cm 土层的土钻样品 2 份, 每个混合样品重 1~2 kg, 将采集好的土壤样品用布袋盛装, 在袋内装一张标签, 用铅笔注明剖面编号、日期、采样深度、采样人等信息, 并做好记录。将采集好的布袋样品带回实验室, 将布袋样品平铺到土盘上, 放置于通风、透气又不受阳光直射且没有污染的地方摊开, 在自然条件下风干^[5-6]。

1.3 测定方法

土壤分析样品及时运送回实验室, 制备土壤标本, 剩余样品经风干后进行制样, 保存供各项分析用。土样品风干研磨后, 过 2 mm 筛子, 本研究所采集的土壤样品均送至广东省生态环境和土壤研究所依据国家行业标准对土壤全氮、全磷、全钾进行测定^[7-9]。

1.4 数据分析

本文利用统计软件 Spss 19.0 进行基本统计分析, 数据的正态分布用单一样本 Kolmogorov-Smirnov 检验; 利用 LSD 多重比较区域间养分的差异性。利用软件 Microsoft excel 2012 进行土壤养分含量描述性统计、土壤养分分布频率统计和数据的极值替换。

2 结果与分析

2.1 油茶适生地区土壤养分含量分析

对研究区域内 153 个样点的养分数据进行常规计算统计分析, 结果如表 1 所示, 从养分含量范围来看, 云浮市油茶适生区域土壤全氮含量介于 0.15~2.33 g/kg; 全磷的含量介于 0.12~0.68 g/kg 之间; 全钾含量介于 3.67~44.52 g/kg 之间。从土壤养分含量的均值来看, 全氮、全磷和全钾在 153 个样本中的均值分别为: 1.04, 0.27, 16.02 g/kg。变异系数为标准差与均值的比, 是衡量样本中各观测值变异程度的另一个统计量, 是土壤内在性质的反射, 体现不同土壤养分对外部条件的灵敏度。其中, 变异系数 $<10\%$ 时为弱变异性;

表 1 云浮土壤养分含量描述性统计

Tab. 1 Descriptive statistics of soil nutrients content of Yunfu

指标 Index	样本数 Sample	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV/%	最小值 Min	最大值 Max
N/ (g · kg ⁻¹)	153	1.04	0.44	41.92	0.15	2.33
P/ (g · kg ⁻¹)	153	0.27	0.10	36.24	0.12	0.68
K/ (g · kg ⁻¹)	153	16.02	7.03	43.88	3.67	44.52

表 2 土壤养分分级标准

Tab. 2 Standards of soil nutrients grading

指标 Index	一级	二级	三级	四级	五级	六级
N/ (g · kg ⁻¹)	>2.00	1.50~2.00	1.00~1.50	0.75~1.00	0.50~0.75	<0.50
P/ (g · kg ⁻¹)	>1.00	0.80~1.00	0.60~0.80	0.40~0.60	0.20~0.40	<0.20
K/ (g · kg ⁻¹)	>25.00	20.00~25.00	15.00~20.00	10.00~15.00	5.00~10.00	<5.00

注：资料来源于广东第二次土壤普查报告《广东土壤》。

Source: *Guangdong Soil*, the second soil census report in Guangdong province.

变异系数 10%~100% 为中等变异性；变异系数 >100% 为强变异性^[10]。根据表 1，云浮市油茶适生区域土壤全氮、全磷和全钾变异系数范围均介于 30%~50%，为中等变异性，变异性由大到小依次是全钾、全氮和全磷。这说明在不考虑空间位置，只从养分指标的随机分布来考虑，空间分布的 3 个养分指标的总体为散点状，水平方向差异较大^[11]。

2.2 油茶适生地区土壤养分等级分布

根据全国第二次土壤普查的土壤养分分级标准（表 2），以极高、高、中、低、缺、极缺表示土壤养分丰缺程度。根据图 1 可知，云浮市油茶适生区域土壤全氮养分等级分布较为分散，即变异性较高，养分等级主要为三级、四级和五级，养分等级频率分别占 29.41%、25.49% 和 20.26%，约 75% 的土壤全氮养分含量在 0.5~1.5 g/kg 范围内，即土壤全氮养分水平处于中等偏低的状态；另有不超过 16% 的土壤全氮含量在 1.5~2.0 g/kg 范围内，养分等级为二级，即土壤全氮养分水平偏高。

根据图 1 可知，云浮市油茶适生区域土壤全磷养分等级分布较为集中，即变异性较低，土壤全磷的养分含量在 0.2~0.4 g/kg 范围内的研究区域约占 68%，土壤养分等级为五级，即土壤全磷养分处于缺乏状态；另有约 24% 的研究区域土壤全磷的养分含量低于 0.2 g/kg，土壤养分等级为六级，即土壤全磷养分处于极缺状态。

云浮市油茶适生区域土壤全钾养分等级分布在 3 种元素的养分等级频率分布中最为分散，即变异性最高，没有明显的养分等级分布的趋势（图 1）。养分分布频率由大到小依次是：三级（26.80%）、四级（24.84%）、五级（17.65%）、二级（16.34%）、一级（11.11%）、六级（3.27%），三和四级养分水平（约占 50%）相较其他养分等级（一级、二级、五级和六级）可能更具有代表性，即土壤全钾养分处于中等状态。

综上所述，云浮市油茶适生区域土壤全氮养分含量在 0.5~1.5 g/kg 范围的研究区域约占 75%，即土壤全氮养分水平处于中等偏低的状态，养分等级分布较为分散；土壤全磷的养分含量主要在 0.2~0.4 g/kg 范围内的研究区域约占 68%，即土壤全磷养分处于缺乏状态，养分等级分布较为集中；土壤全钾养分等级为三和四级（约占 50%）可能更具有代表性，养分等级分布并没有明显的趋势。

2.3 油茶适生地区土壤养分区域分析

2.3.1 区域土壤养分的描述性统计 为研究油茶适生区域土壤养分，各研究区域土壤样点分布如表 3 所示，其中云城区有 40 个样点；云安区有 21 个样点；郁南县 92 个样点。从均值看，土壤全氮的含量由大到小依次是：郁南县（0.89 g/kg），云城区（0.89 g/kg），云安区（0.81 g/kg）；土壤全磷的含量由大到小依次是：郁南县（0.29 g/kg），云安区（0.26 g/kg），云城区（0.25 g/kg）；土壤全钾

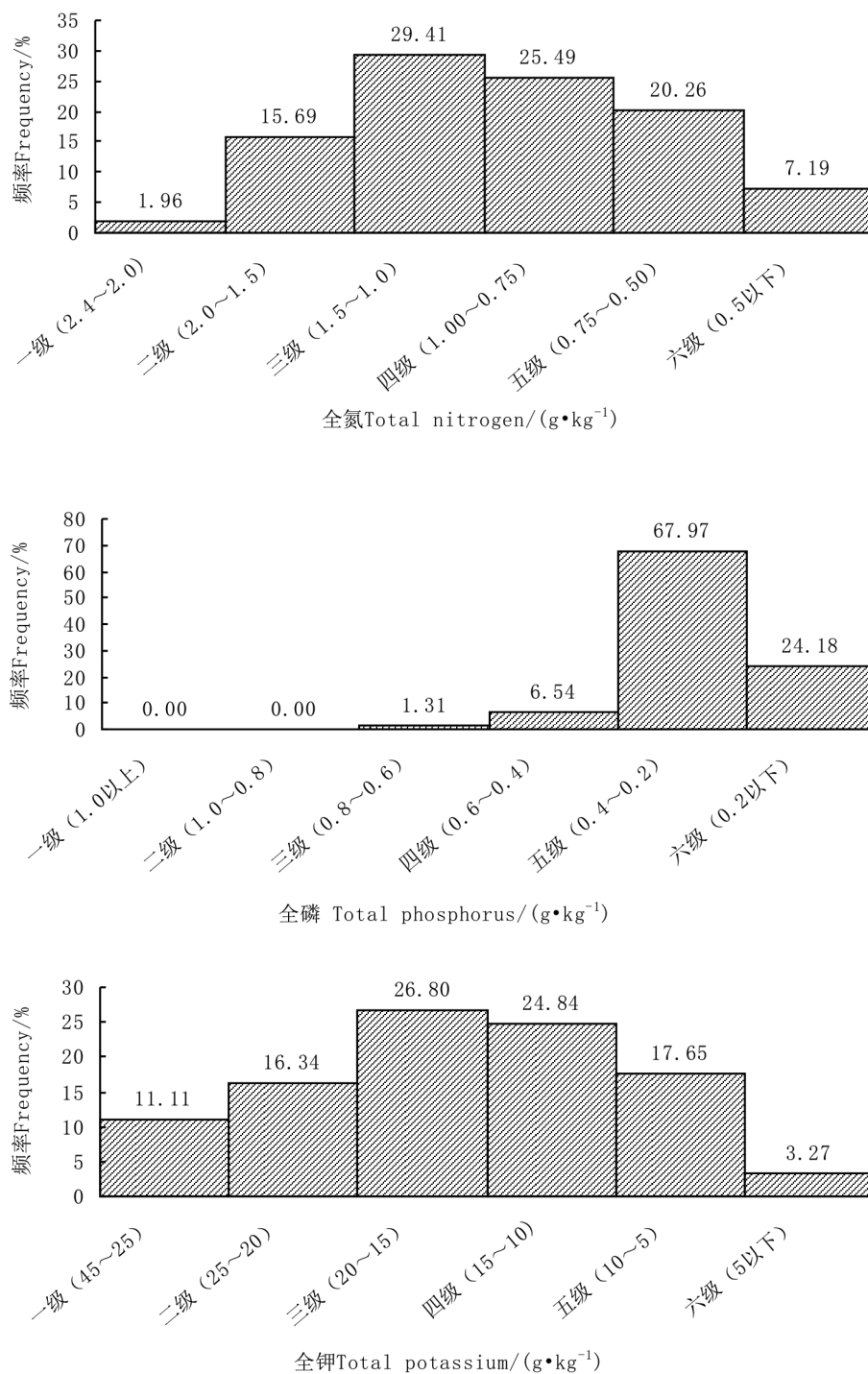


图1 云浮市油茶适生区域土壤全氮、全磷和全钾养分等级频率分布

Fig.1 Soil nutrients grading frequency in the suitable region for *Camellia oleifera* of Yunfu

的含量由大到小依次是：云安区（17.98 g/kg），云城区（17.24 g/kg），郁南县（15.04 g/kg）。

偏斜度是对统计数据分布偏斜方向及程度的度量。在偏态分布中，当偏斜度为正值时，分布正偏；偏斜度为负数，分布负偏。峰度是衡量实数随机变量概率分布的峰态，样本的峰度是相比

较于正态分布而言的统计量，如果峰度大于3，峰的形态比正态分布要陡峭，反之亦然。偏斜度和峰态是否适度，更难直观看出，需要通过显著检验。但一般而言，偏斜度和峰值的绝对值如果大于其标准误差的1.96倍，就被认为与正态分布有显著差别，可以通过转换来达到或接近正态分布。

表 3 云浮各区域土壤养分描述性统计

Tab. 3 Descriptive statistics of soil nutrients content in various regions of Yunfu

区域 Region	指标 Index	样点数 Sample	平均值 Average ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	偏斜度 Skewness	标准误差 Standard error	峰度 Kurtosis	标准误差 Standard error
云城 Yuncheng	N	40	0.89	1.29	0.37	1.56	0.73
云安 Yun'an	N	21	0.81	3.25	0.50	13.00	0.97
郁南 Yunan	N	92	1.16	0.06	0.25	-0.15	0.50
云城 Yuncheng	P	40	0.25	-0.19	0.37	-0.27	0.73
云安 Yun'an	P	21	0.26	-0.55	0.50	0.00	0.97
郁南 Yunan	P	92	0.29	1.05	0.25	1.19	0.50
云城 Yuncheng	K	40	17.24	-0.19	0.37	-0.59	0.73
云安 Yun'an	K	21	17.98	-0.39	0.50	0.13	0.97
郁南 Yunan	K	92	15.04	1.11	0.25	2.35	0.50

表 4 单一样本 Kolmogorov-Smirnov 检验

Tab. 4 Single sample Kolmogorov-Smirnov test

项目 Item	N			P			K		
	云城	云安	郁南	云城	云安	郁南	云城	云安	郁南
替换前显著性 Significance before replacement	0.00	0.00	0.20	0.20	0.02	0.08	0.20	0.20	0.04
替换后显著性 Significance after replacement	0.00	0.20	0.20	0.20	0.05	0.08	0.20	0.20	0.20

注：显著性水平 $\alpha=0.05$ 。Note: The significance level $\alpha=0.05$.

根据表 3 可知，云城和云安区的土壤全氮以及郁南县的土壤全磷和全钾的偏斜度、峰值均大于其标准误差的 1.96 倍，初步认为与正态分布有显著差别，再利用单一样本 Kolmogorov-Smirnov 检验，即可证明差异的显著性。

综上所述，从均值看，土壤全氮的含量：郁南县 > 云城区 > 云安区；土壤全磷的含量：郁南县 > 云安区 > 云城区；土壤全钾的含量：云安区 > 云城区 > 郁南县；从偏斜度来看，云城和云安二区的土壤全氮偏斜度较高，其次是郁南县的全钾和全磷，且分布均为正偏；从偏斜度、峰值与标准误差的比值看，云城区和云安区的土壤全氮以及郁南县的土壤全磷和全钾均不符合正态分布；郁南县的土壤全氮、云城区和云安区的土壤全磷和全钾均符合正态分布。

2.3.2 区域土壤养分的相关性分析 样点数据符合正态分布对数理统计很重要，使用单一样本 Kolmogorov-Smirnov 正态分布检验，可以得到显著性值，以 0.05 为分界线，当显著性大于 0.05 时，数据服从正态分布；显著性小于 0.05 时，数据不服从正态分布，需要对数据进行极值替换或者进行

对数转换^[12]。由表 4 可知，单一样本 Kolmogorov-Smirnov 检验的结果显示，云城区和云安区的土壤全氮、云安区的土壤全磷以及郁南县的土壤全钾数据不符合正态分布 ($\alpha < 0.05$)，将不符合正态分布的数据通过替换极值为均值的方式进行替换，替换后的渐近显著性（双尾）数据显示，经过一系列的转换云城区的土壤全氮仍然不符合正态分布。因此，根据单一样本 Kolmogorov-Smirnov 检验结果，仅对土壤全磷、全钾进行区域间 LSD 多重比较。

土壤全磷、全钾区域间 LSD 多重比较研究结果如表 5 所示，土壤全磷养分含量在云城区、云安区和郁南县之间的平均差绝对值的范围为 0.01~0.04，显著性水平均大于 0.05 ($\alpha=0.05$)，在 95% 置信区间之内，即土壤全磷养分含量在云城区、云安区和郁南县之间差异性不显著。

土壤全钾养分含量在云城区、云安区和郁南县之间的平均差值绝对值范围为 0.74~3.27，云城区土壤全钾养分含量明显高于郁南县，显著性水平为 0.04 ($\alpha=0.05$)，平均差值高达 2.53；云安区土壤全钾养分含量明显高于郁南县，显著性水平

表 5 云浮区域间土壤养分 LSD 检验
Tab. 5 Soil nutrients LSD test among regions of Yunfu

元素 Elements	分组 Grouping	分组 Grouping	平均差 Mean deviation	标准误差 Standard error	显著性 Significance	95% 置信区间 95% Confidence interval	
P	1	2	-0.01	0.03	0.72	-0.06	0.04
		3	-0.04	0.02	0.06	-0.07	0.00
	2	1	0.01	0.03	0.72	-0.04	0.06
		3	-0.03	0.02	0.27	-0.07	0.02
	3	1	0.04	0.02	0.06	0.00	0.07
		2	0.03	0.02	0.27	-0.02	0.07
K	1	2	-0.74	1.76	0.67	-4.22	2.73
		3	2.53*	1.24	0.04	0.08	4.97
	2	1	0.74	1.76	0.67	-2.73	4.22
		3	3.27*	1.58	0.04	0.15	6.39
	3	1	-2.53*	1.24	0.04	-4.97	-0.08
		2	-3.27*	1.58	0.04	-6.39	-0.15

注：* 表示在 $\alpha=0.05$ 水平差异显著，1 代表云城区；2 代表云安区；3 代表郁南县。
Note: * indicates significant difference at $\alpha = 0.05$ level, 1 for Yuncheng district, 2 for Yun'an district and 3 for Yunan county.

为 0.04 ($\alpha=0.05$)，平均差值高达 3.27。

综上所述，经 LSD 法两两比较，只有土壤全钾在部分区域间的差异具有统计学意义，即郁南县的土壤全钾养分水平与云城、云安二区差异显著；云城区和云安区的土壤全钾养分水平差异不具有显著性。土壤全磷在研究区域间的差异不具有统计学意义，即云城区、云安区和郁南县的土壤全磷养分水平差异均不具有显著性。

3 结论与讨论

从云浮市油茶适生区域土壤养分含量看，全氮含量变化范围为 0.15~2.33 g/kg；全磷的含量介于 0.12~0.68 g/kg 之间；全钾含量介于 3.67~44.52 g/kg 之间；全氮、全磷、全钾的均值分别为：1.04，0.27，16.02 g/kg。土壤全氮、全磷和全钾变异系数范围在 30%~50%，均为中等变异性，变异性全钾 > 全氮 > 全磷。

从云浮市油茶适生区域土壤养分等级分布看，土壤全氮养分含量在 0.5~1.5 g/kg 范围的研究区域约占 75%，即土壤全氮养分水平处于中等偏低的状态，养分等级分布较为分散；土壤全磷的养分含量主要在 0.2~0.4 g/kg 范围内的研究区域约占 68%，即土壤全磷养分处于缺乏状态，养分等级分布较为集中；土壤全钾养分等级为三和四级（约

占 50%）可能更具有代表性，养分等级分布并没有明显的趋势。

从云浮市油茶适生区域土壤养分分布看，郁南县土壤全氮的含量最高，其次是云城、云安区；土壤全磷的含量同样是郁南县最高，其次是云安、云城区，并且云城、云安区和郁南县的土壤全磷养分水平差异均不具有显著性 ($\alpha=0.05$)；相反的，云安区的土壤全钾含量最高，其次是云城区，郁南县最低，并且郁南县的土壤全钾养分水平与云城、云安二区差异显著，而云城区和云安区的土壤全钾养分水平差异不具有显著性。

造成土壤养分分布偏斜的原因可能有两种，一种可能是林地地形变化较大，发生水土流失之后，部分养分经冲刷被搬运到地形较低处，增大了养分的偏斜度，但由于试验所处为适宜油茶种植的林地，样地坡度在 30°以下，海拔 800 m 以下的酸性至微酸性土壤，因此发生水土流失的可能性较小。另一种可能是土壤特性的空间异质性，因为本次试验是在县域小尺度进行研究，土壤母质不会对土壤养分含量分布产生较大影响，故而出现异质性的原因极可能来自于耕作、种植和施肥等人为活动。本研究结果显示土壤养分变异性中等，但云城和云安区的土壤全氮偏斜度较高，其次是郁南县的全钾和全磷，根据上述

土壤养分分布偏斜的原因,若养分的偏斜程度较大,土壤养分的空间变异性对测土推荐施肥工作极有可能造成较大的影响,导致试验所测试的林地养分均值的代表性较差,结果将会出现低养分含量区域施肥不够而高养分含量区域肥料浪费的现象^[12]。

土壤中的大量元素 N、P、Mg 都是限制因子,这是由于此时油茶生长的需肥特性所致^[13]。本研究结果显示:约 75% 研究区域的土壤全氮养分水平处于中等偏低的状态,养分等级分布较为分散;约 68% 研究区域的土壤全磷养分处于缺乏状态,养分等级分布较为集中;约 50% 研究区域的土壤全钾养分水平处于中等状态,养分等级分布较为分散。因此,土壤养分管理要以提高磷素含量为主并适当施用有机肥,建议施用微碱性的磷肥,尽量避免施用过磷酸钙等酸性肥料,可适当施用草木灰以补充速效钾和提高土壤 pH 值^[14]。由于云浮市油茶适生区域土壤全氮、全磷和全钾 3 个养分指标的总体为散点状,水平方向差异较大,并且研究结果显示部分区域间的土壤养分水平差异显著,故还应考虑各个区域的土壤养分水平的差异性,进行平衡施肥。以郁南县为例,云城区和云安区的土壤全钾养分含量明显高于郁南县,平均差值分别高达 2.53 和 3.27,因此郁南县的施肥策略应调整为以提高磷素含量为主、同时兼顾提高土壤全钾的养分含量,建议补充磷钾肥并适当施用有机肥。

据研究显示大部分长期种植油茶的土壤在施肥前土壤中不仅缺乏大量元素,同时对于微量元素 Mo、B、Cu 也很缺乏;但是经过平衡施肥后,土壤中大量元素有效含量增加,同时消除了 K 元素的限制作用,并且土壤中微量元素 Mo 和 Cu 的含量得到提高,不再是阻碍作物生长的限制因子^[15]。若油茶已经进入始果期,需要更多肥料,不仅要注意 N、P、K 的施肥配比,同时需要增施 B 肥。因此下一步研究可关注油茶林平衡施肥前后的土壤养分动态变化的评价,能够为生产实践提供更加合理、高效的施肥指导,可以在油茶生

长的不同阶段给予更为准确的施肥用量,及时补充缺素营养。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 丁锐,邓小梅,奚如春,等.广东省油茶林地不同母岩红壤养分限制因子研究[J].经济林研究, 2012, 30(2): 61-67.
- [3] 李永泉,刘喻娟,李莉玲,等.广宁红山茶果实生长特性及含油率变化的研究[J].广东林业科技, 2015, 31(5): 23-27.
- [4] 刘喻娟,张应中,丁晓纲,等.广东省油茶低产林原因分析及改造技术措施浅探[J].广东林业科技, 2011, 27(6): 68-73.
- [5] 郑家,李小川,丁晓纲,等.两种模型对森林土壤中微量元素空间分布预测[J].林业与环境科学, 2016, 32(5): 7-13.
- [6] 陈利娜,李小川,丁晓纲,等.基于地统计学与GIS技术的森林土壤养分空间变异性研究[J].林业与环境科学, 2016, 32(5): 14-21.
- [7] 中国国家标准化管理委员会.森林土壤全氮的测定: LY/T 1228—1999[S].北京:中国标准出版社, 2009.
- [8] 中国国家标准化管理委员会.森林土壤全磷的测定: LY/T 1232—1999[S].北京:中国标准出版社, 2009.
- [9] 中国国家标准化管理委员会.森林土壤全钾的测定: LY/T 1234—1999[S].北京:中国标准出版社, 2009.
- [10] 齐力,赵彦锋,巫振富,等.几种土壤属性制图方法的稳定性与影响因素分析[J].地球信息科学学报, 2012(3): 305-312.
- [11] 谢寄托.莽山常绿阔叶林土壤养分分布规律研究[D].长沙:中南林业科技大学, 2014.
- [12] 张希鸥.基于GIS和地统计学的油茶林土壤养分空间变异研究[D].南昌:江西农业大学, 2011.
- [13] 龚丽娜,胡冬南,张文元.土壤养分状况系统研究法在油茶林地养分管理上的应用[J].经济林研究, 2015, 33(4): 65-69.
- [14] 付登强,杨伟波,陈良秋,等.海南油茶林土壤养分状况调查[J].热带农业科学, 2013, 33(7): 17-20;29.
- [15] 胡冬南,刘亮英,张文元,等.江西油茶林地土壤养分限制因子分析[J].经济林研究, 2013, 31(1): 1-6.