

云浮市油茶适生区土壤中量元素分析^{*}

曾美玲^{1,2} 张中瑞¹ 李小川¹ 丁晓纲¹

张 耕¹ 华月珊¹ 齐 也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. 广东生态工程职业学院, 广东 广州 510520)

摘要 选择云浮市 15 个镇(街道)的森林土壤钙、镁、硫含量为研究对象, 比较分析其空间变异性。结果显示: 研究区森林土壤交换钙含量在 $0.232\sim 0.984\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 之间, 含量较高的有富林和高村, 含量较低的为云城和河口; 森林土壤交换镁含量在 $0.048\sim 0.095\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 之间, 含量较高的有高村和都杨, 含量较低的为云城和高峰; 森林土壤全硫含量在 $0.126\sim 0.235\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 之间, 含量较高的有思劳和石城, 含量较低的为腰古和高峰; 土壤交换钙、交换镁间存在极显著的正相关关系, 交换钙与全硫间存在极显著的负相关关系, 交换镁与全硫间则没有显著的相互关系。

关键词 油茶; 森林土壤; 中量元素; 适生区; 粤西

中图分类号: S153 文献标识码: A 文章编号: 2096-2053 (2017) 06-0098-06

Soil Calcium, Magnesium and Sulfur Content of *Camellia oleifera* Suitable Areas in Yunfu City

ZENG Meiling^{1,2} ZHANG Zhongrui¹ LI Xiaochuan¹ DING Xiaogang¹

ZHANG Geng¹ HUA Yueshan¹ QI Ye¹

(1. Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization / Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China; 2. Guangdong Eco-Engineering Polytechnic, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract The spatial variabilities of soil calcium, magnesium and sulfur were compared in the forest of 15 towns of Yunfu city, Guangdong province. The results are as follows: The forest soil exchange calcium content of $0.232\sim 0.984\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, the higher the content of Fulin and Gaocun, the lower the content of Yuncheng and Hekou. The forest soil exchange magnesium content of $0.048\sim 0.095\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, the higher the content of Gaocun and Duyang, the lower the content of Yuncheng and Gaofeng. The forest soil total sulfur content of $0.126\sim 0.235\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, the higher the content of Silao and Shicheng, the lower the content of Yaogu and Gaofeng. There was a significant positive correlation between calcium exchange and magnesium exchange, a significant negative correlation between calcium exchange and total sulfur, and no significant correlation between exchange magnesium and total sulfur.

Key words *Camellia oleifera*; forest soil; middle element; suitable area; Western Guangdong

^{*} 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”(2014KJ CX022)。

第一作者: 曾美玲(1995—), 女, 研究方向为林业经济, E-mail: 2627546407@qq.com。

张中瑞(1987—), 具有第一作者等同贡献, 男, 工程师, 主要从事林业经济研究, E-mail: zhangzhongrui126@126.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。

钙、镁、硫是森林土壤中3种重要的中量元素，也是林木生长发育不可或缺的营养元素^[1-2]。钙是植物结构组成元素，其生理功能与细胞壁组分有关，具有稳定细胞膜、细胞壁，参与第二信使传递，调节渗透作用，酶促作用等^[3]。镁是植物合成叶绿素的重要成分，也是植物体内酶的重要活化剂，对植物体内多种代谢活动有促进作用，镁还影响线粒体的发育，影响能量的产生^[3]。硫能促进植物正常生长发育，提高作物产量，增强体内蛋白质合成，提高蛋白质与非蛋白质比值，减少硝酸盐积累，改善品质^[4]。随着现代森林经营管理水平日渐提高，系统、科学的养分管理，特别是以钙、镁、硫为代表的森林土壤中量元素养分管理被广泛关注^[5-8]。

大量研究发现，钙、镁、硫在森林土壤分布中存在高度时空异质性，普遍受植被、地形、气候、人为活动等因子综合影响^[9]。广东省地处我国大陆南端，北回归线从省内大陆中部横穿而过，地形、地貌复杂多样，森林资源丰富，特别是广东省云浮市，是广东省主要林区之一，全年气候适宜，雨量变化幅度较大，各地区温、光、热的差异性显著，山地、丘陵密布，土壤属性变异性高^[9]。近年来，随着精准林业要求不断提高，有效管理和监测森林土壤资源，探明钙、镁、硫元素等中量元素分布特征与规律成为亟待解决的问题^[10-13]。基于此，本研究以云浮市15个镇（街道）的森林土壤钙、镁、硫含量为研究对象，比较分析其空间变异性，以期云浮市油茶适生区的油茶高效经营管理以及林分质量精准提升提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

云浮市位于广东省中西部，下辖云城区、云安区、新兴县、郁南县、罗定市。云浮市属亚热带季风气候，气候适宜、热量充足、夏季长、霜期短。年均降雨量约为1 980 mm，年平均温度约为22℃。全市地形、地貌以山地、丘陵为主。

云城区地处广东省西部，经度位置在111°56′~112°20′E之间，纬度位置在22°43′~23°08′N之间。总面积78 911 hm²，总人口31.76万人。属亚热带季风气候区，有温和的气候，充沛的雨量，充足的阳光，全区年平均气温

是21.5℃，年降水量约1 586.5 mm，是半丘陵地区。

云安区地处广东省中西部，经度位置在111°43′~112°10′E之间，纬度位置在22°34′~23°08′N之间。总面积117 240 hm²，总人口33.15万人。属亚热带湿润性季风气候，春季阴雨多，阳光少；夏、秋两季高温多雨；冬季干燥少雨，阳光充足。云安区地形东、南、西高，北低，地形以丘陵、低山为主，丘陵遍布全区各镇。

1.2 研究方法

1.2.1 土壤样点布设 于2015年11、12月份在广东省云浮市云城区和云安区选择15个镇（街道）进行土壤采样，根据各土壤与植被组合类型的空间分布特征及面积，考虑采样地的代表性、重复性及实地可实施性，同时避免受人为干扰区域。各研究区基本概况如下表所示（表1）。

1.2.2 土壤样品采集 剖面位置的确定将严格按照土壤调查技术，遵循随机性原则，避开一些特殊地段，如路边、山脚、堆肥旁、施肥处附近等。每个土壤样点挖取一个剖面，记录土壤剖面层次及各层次的土壤质地、颜色、结构、松紧度、根含量。每个采样点采用GPS定位，记录采样点的经纬度、海拔、坡位、坡度和植被类型等相关立地因子。土壤剖面按0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm、60~80 cm、80~100 cm 5个层次，自下而上分层采集。

1.3 数据处理方法

采用Microsoft excel 2016对数据进行图表处理。

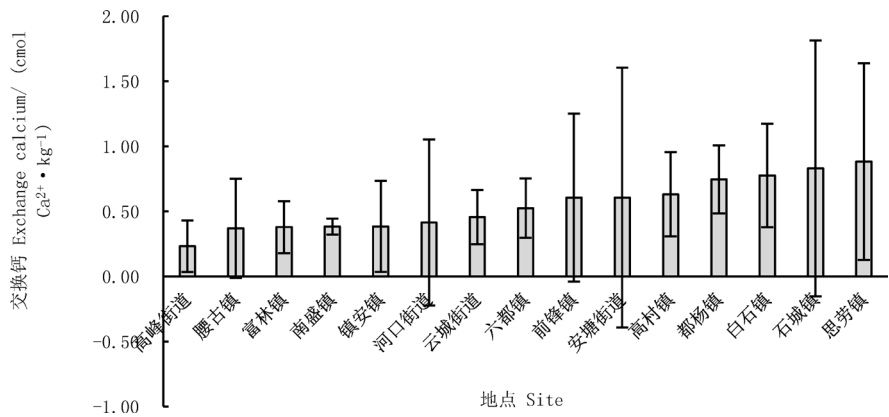
2 结果与分析

2.1 云浮市油茶适生区土壤交换钙含量分析

由图1可知森林土壤中量元素交换钙平均值最大的镇街为富林，其值为0.883 g·kg⁻¹；平均值最小值的地区为河口，其值为0.232 g·kg⁻¹；其交换钙平均值从高到低依次为富林、高村、六都、都杨、思劳、镇安、南盛、安塘、前锋、腰古、高峰、石城、白石、云城、河口，但各镇街交换钙含量均差异不显著。其中，高峰、高村和富林的中量元素交换钙含量的变动幅度相对较大；南盛、河口和腰古的中量元素交换钙含量的变动幅度相对较小。

表 1 各研究区基本概况
Tab. 1 The basic information of research area

地点 Site	纬度 Latitude	经度 Longitude	平均海拔 Average altitude/m	平均坡度 Average slope/°	坡位 Slope position	土壤类型 Soil type
南盛	22.8333° N	112.0641° E	225.6	24	中坡	红壤、黄壤、山地红壤
云城	22.9077° N	112.0352° E	230.0	29	中坡	红壤、山地红壤
高峰	22.9907° N	112.0103° E	294.8	28	中坡、下坡	红壤
河口	22.9629° N	112.1058° E	151.6	26	中坡	红壤、赤红壤、石灰壤
安塘	22.9124° N	112.1810° E	114.5	30	中坡	棕壤、黄壤、赤红壤
思劳	23.0415° N	112.2489° E	124.0	29	上坡	黄壤、黄棕壤
腰古	22.8622° N	112.2475° E	70.0	23	中坡	红壤、赤红壤
前锋	22.7910° N	112.0985° E	103.0	25	中坡、上坡	黄壤、红壤、黄棕壤
六都	23.0617° N	111.9469° E	137.5	24	中坡	黄壤、黄棕壤、红壤
高村	22.9251° N	111.7323° E	232.6	30	中坡	黄壤、黄棕壤、棕壤
白石	22.8383° N	111.8638° E	217.3	39	中坡	红壤、赤红壤
石城	22.8040° N	111.9648° E	303.5	29	中坡	黄棕壤、红壤、赤红壤
镇安	22.7741° N	111.8613° E	172.0	38	中坡	红壤、赤红壤、山地红壤
富林	22.6649° N	111.9306° E	251.6	36	中坡	黄壤、红壤、赤红壤
都杨	23.0568° N	112.1702° E	93.8	31	中坡	黄壤、黄棕壤、赤红壤



注：图中数据为平均值 ± 标准差。Note: The data in the column chart is average ± standard deviation.

图 1 云浮市各镇街森林土壤中量元素交换钙含量

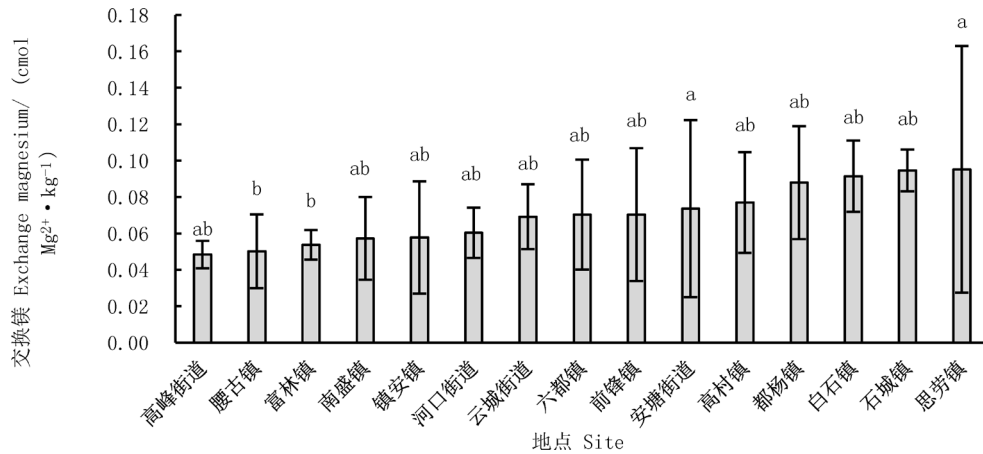
Fig.1 Exchange calcium content in Yuncheng district and Yunan district, Yunfu city

2.2 云浮市油茶适生区土壤交换镁含量分析

图 2 结果表明森林土壤中量元素交换镁平均值最大的镇街为高村镇，其值为 0.095 g · kg⁻¹；平均值最小值的地区为高峰，其值为 0.048 g · kg⁻¹；其交换镁平均值从高到低依次为高、都杨、安塘、前锋、河口、石城、六都、腰古、白石、镇安、南盛、富林、思劳、云城、高峰。其中，高村和都杨的交换镁含量显著高于云城和高峰，其余镇街则无明显差异。然而，从图中可知，高村和都杨的交换镁含量的变动幅度相对较大，南盛、云城和富林的交换镁的含量变动幅度相对较小。

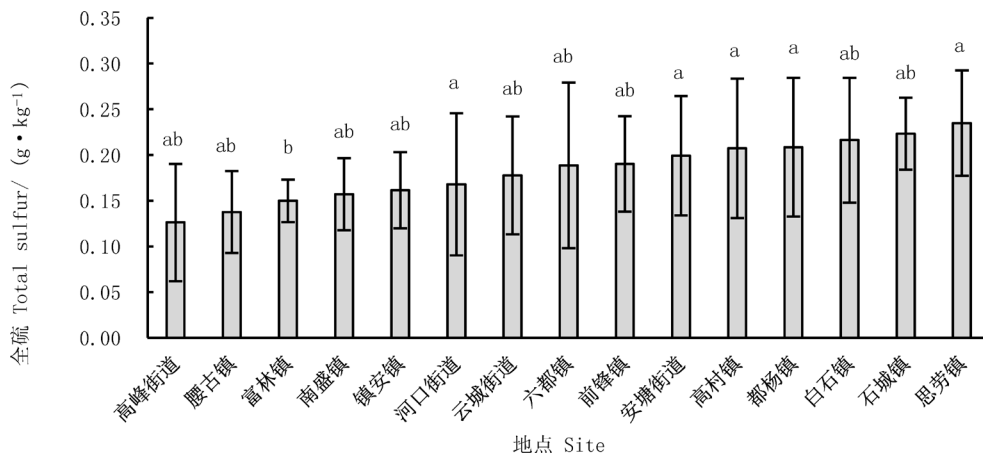
2.3 云浮市油茶适生区土壤全硫含量分析

图 3 结果显示森林土壤中量元素全硫平均值最大的镇街为思劳，其值为 0.235 g · kg⁻¹；平均值最小值的地区为高峰，其值为 0.126 g · kg⁻¹；其全硫平均值从高到低依次为思劳、石城、白石、都杨、高村、安塘、前锋、六都、云城、河口、镇安、南盛、富林、腰古、高峰。由图 3 可知，思劳、高村、白石、石城和都杨的全硫含量显著高于高峰，其他镇街则无明显差异。思劳和前锋的全硫含量的变动幅度相对较大，高峰的全硫含量的变动幅度相对较小。



注：图中数据为平均值 $\pm$ 标准差，不同柱子上凡有相同小写字母表示在 $\alpha=0.05$ 水平差异不显著。Note: The data in the column chart is average $\pm$ standard deviation, the same lower case letters on different pillars indicate that there was no significant difference at $\alpha = 0.05$ level.

图2 云浮市各镇街森林土壤中量元素交换镁含量
Fig. 2 Exchange magnesium content in Yunfu city



注：图中数据为平均值 $\pm$ 标准差，不同柱子上凡有相同小写字母表示在 $\alpha=0.05$ 水平差异不显著。Note: The data in the column chart is average $\pm$ standard deviation, the same lower case letters on different pillars indicate that there was no significant difference at $\alpha = 0.05$ level.

图3 云浮市各镇街森林土壤中量元素全硫含量
Fig. 3 Total sulfur in Yunfu city

2.4 云浮市油茶适生区中量元素相关性

通过检验云浮市油茶适生区钙、镁、硫3种中量元素的相关性(表2),其森林土壤交换钙、交换镁含量之间存在极显著的正相关关系($P<0.01$),而交换钙与全硫含量之间存在极显著的负相关关系($P<0.01$),交换镁与全硫含量之间则没有显著的相互关系。

3 结论与讨论

通过对云浮市各镇街森林土壤中量元素调查,在采集到的土壤样品中,土壤中量元素交换

钙、交换镁、全硫在整个研究区的含量分别在0.232~0.984、0.048~0.095、0.126~0.235 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间,交换钙含量较高的有富林和高村,含量较低的为云城和河口;交换镁含量较高有高村、都杨,含量较低的为云城、高峰;全硫含量较高的有思劳、石城,含量较低的为腰古、高峰。

交换钙是吸附于土壤胶体表面的钙离子,是土壤中主要的代换性盐基之一,是植物可利用的钙^[14]。研究表明,土壤中的交换钙含量主要受成土母质、淋溶强度、在土壤形成过程中的优先吸附作用的影响^[14]。一般来说,发育较为成熟的土

表2 云浮市各镇街中量元素相关性 (n=99)
Tab. 2 Correlation analysis of calcium, magnesium and sulfur in Yunfu city (n=99)

项目 Project	交换镁 Exchange magnesium	全硫 Total sulfur
交换钙 Exchange calcium	0.460**	-0.311**
交换镁 Exchange magnesium		-0.180

注: **表示极显著水平 ($P<0.01$)。Note: ** respectively represent extremely significant level ($P<0.01$).

壤通常具有较低的土壤交换钙含量^[15-16]。本研究中,以黄壤、黄棕壤、棕壤为主的高村与以黄壤、红壤、赤红壤为主的富林土壤交换钙含量相对较高。研究区内大量地区以红壤、赤红壤为主,在亚热带高温多雨的气候条件下,成土母岩受到强烈的风化,钙氧化物迁移量极高,土壤交换钙含量相对较低^[17]。而黄壤发育程度比红壤、赤红壤相对较差,原生矿物的风化过程、富铝铁化作用也相对较弱,因此其土壤交换钙含量相对较高^[17]。

土壤交换镁是指被土壤胶体吸附,并且能被植物利用的镁离子。与土壤交换钙含量相似,土壤交换镁含量在土壤中主要受风化条件及成土母质对等影响^[18-19]。通常,土壤交换钙含量与土壤交换镁含量之间存在较强的正相关关系^[20]。本研究也显示,土壤交换钙含量相对较高的高村,土壤交换镁含量也相对较高;土壤交换钙含量相对较低的云城,土壤交换镁含量也相对较低。但土壤中钙、镁离子不同之处在于,在水分状况较好的条件下,土壤对钙离子仍保有较好的保持能力,但有机物分解产生的还原性物质使镁离子的活性增强,产生迁移的可能性增大。正如本研究中大部分采样点位于上坡或中坡,但高峰部分采样点位于下坡,水分的沉积可能导致了土壤交换镁含量的下降^[16]。

与土壤交换钙、交换镁含量不同的是,土壤全硫含量的来源多样,岩石风化只是一部分,大气中的干湿硫沉降,土壤中动植物残体分解及微生物分泌产生的含硫物质等都会改变土壤中的硫含量^[21-22]。结合社会经济因素来看,研究区均为广东省大规模的商品硫酸生产基地,而生产过程中产生的尾气二氧化硫,是造成空气污染的主要物质之一。六都是广东省火炬计划硫化工特色产业基地,有着多家硫化工厂;石城、白石以及镇安都分布着化工厂,如林化工生产、林兴林化工厂等;高村的工业以钢铁生产为主。这些工厂排放出的二氧化硫,经过干湿沉降之后进入到土壤中,造成了这些地区森林土壤全硫含量较高。

参考文献

[1] 谭军,周冀衡,古琦,等.文山植烟土壤交换性钙镁分布特征及影响因素分析[J].烟草科技,2017,50(9): 15-22.

[2] 冼杆标,黄钰辉,冼伟光,等.华南人工林乔木树种叶片氮、磷、硫生态化学计量特征[J].广东林业科技,2015,31(5): 28-34.

[3] 范玉兰,卢映琼,巫辅香,等.赣南地区脐橙园土壤交换性钙镁含量分布特征研究[J].中国果树,2014(3): 29-32.

[4] 赵同科,张国印,马丽敏,孙祖琰.河北省土壤硫含量、形态与分布[J].植物营养与肥科学报,2001(2): 178-182.

[5] 武德传,王维洁,施寒丰,等.喀斯特山地植烟土壤养分空间变异及分区研究[J].核农学报,2016,30(8): 1625-1632.

[6] 李兴伟,李小川,周宇飞.桉树生长周期叶片营养成分积累动态研究[J].广东林业科技,2015,31(3): 29-34.

[7] 洪文君,黄川腾,徐瑞晶,等.粤北石灰岩山地7个造林树种早期生长以及对根区土壤肥力的影响[J].广东林业科技,2015,31(3): 46-52.

[8] 罗丹.5种园林植物生态效益研究[J].广东林业科技,2014,30(3): 47-51.

[9] 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.

[10] 林明平,黄桂华,梁坤南,等.贝壳杉苗期施肥效应的研究[J].广东林业科技,2009,25(5): 18-22.

[11] 李倘弟,叶淡元,吴泽鹏,等.林木相关值法营养诊断及施肥技术研究[J].广东林业科技,1999,15(3): 16-22.

[12] 李召青,陈淑贤,周毅,等.加勒比松造林后土壤肥力变化研究[J].广东林业科技,2005,21(4): 30-33.

[13] 吴惠嫻,胡德活,吴祖强,等.广东省橄榄主要栽培区土壤肥力调查与分析[J].广东林业科技,2005,21(3): 11-13; 18.

[14] 李忠云,魏兴琥,李保生,等.粤北岩溶丘陵区不同地貌部位土壤钙的分布特征——以英德市九龙镇为例[J].热带地理,2015,35(1): 89-95.

[15] 关共凑,魏兴琥.自然降雨对粤北岩溶区土壤钙、镁离子流失影响模拟试验[J].水土保持学报,2013,27(5): 73-76;83.

[16] 孙文广,孙志高,牟晓杰,等.黄河三角洲新生湿地不同植物群落下土壤钙、镁分布特征[J].土壤通报,2013,44(3): 628-634.

[17] 吴飞华,刘廷武,裴真明,郑海雷.酸雨引起森林生态

- 系统钙流失研究进展[J].生态学报, 2010, 30(4): 1081-1088.
- [18] 林齐民, 陈举鸣.福建省主要土壤类型的镁素含量[J].福建农学院学报, 1986(2): 132-140.
- [19] 张忠华, 胡刚, 祝介东, 等.喀斯特森林土壤养分的空间异质性及其对树种分布的影响[J].植物生态学报, 2011, 35(10): 1038-1049.
- [20] 李志安, 邹碧, 曹裕松, 等.南方典型丘陵退化荒坡地土壤养分特征分析[J].生态学报, 2003, 23(8): 1648-1656.
- [21] 刘潇潇, 王钧, 曾辉.中国温带草地土壤硫的分布特征及其与环境因子的关系[J].生态学报, 2016, 36(24): 7919-7928.
- [22] 于君宝, 褚磊, 宁凯, 等.黄河三角洲滨海湿地土壤硫含量分布特征[J].湿地科学, 2014, 12(5): 559-565.