

# 井冈山国家级自然保护区森林土壤养分含量的空间变化<sup>①</sup>

张继平<sup>1,2</sup>, 张林波<sup>1\*</sup>, 王风玉<sup>1</sup>, 刘伟玲<sup>1</sup>, 沃笑<sup>1,3</sup>

(1 中国环境科学研究院, 国家环境保护区域生态过程与功能评估重点实验室, 北京 100012; 2 北京市环境保护科学研究院, 北京 100037; 3 东华理工大学测绘工程学院, 南昌 330029)

**摘要:**以井冈山国家级自然保护区为研究区,采集了57个土壤剖面的5个不同深度(0~10、10~20、20~40、40~60、>60 cm)的土壤样品,对土壤样品的有机碳、全氮、全磷和全钾等指标进行了测定,并结合森林类型数据和DEM高程数据,对不同森林类型及高程条件下的土壤养分状况进行比较分析。结果表明:土壤有机碳含量最大,全磷含量最小,各土壤养分含量均随土壤深度的增加而递减;土壤类型的空间分布呈现海拔梯度特征,黄棕壤的分布海拔最高,依次为黄壤、黄红壤,红壤的分布海拔最低;全磷、有机碳及C/N随着海拔高度的上升呈增加趋势。全钾含量随着海拔高度的上升呈下降趋势;不同森林类型土壤养分存在差异,常绿阔叶林、落叶阔叶林和常绿落叶阔叶混交林的各土壤养分含量均较高;山顶矮林和温性针叶林除全氮和全钾含量外,其他土壤养分值显著高于其他林型;竹林及灌木林的土壤养分条件相对较差;不同森林类型土壤养分含量的空间分布规律与其分布的海拔高度范围有关。

**关键词:**森林;土壤养分;植被;海拔;井冈山国家级自然保护区

**中图分类号:** S154.1

土壤是成土母质在一定水热条件和生物作用下,经过一系列物理、化学和生物过程形成的<sup>[1]</sup>,提供养分是土壤最为重要的生态功能之一。土壤养分是影响植物个体和种群繁衍、群落动态与物种共存乃至生态系统结构和功能的关键因素<sup>[2-3]</sup>。土壤养分的组成和空间分布特征直接影响着土壤生产力的高低和生态恢复的途径和方向<sup>[4]</sup>。植被类型、海拔和坡度等地形因子对区域土壤养分具有重要的影响<sup>[5-8]</sup>。国内外学者已在不同气候区域与时空尺度上研究了土壤养分的空间异质性及其与环境因子的关系<sup>[9-11]</sup>。但至今对土壤养分、地形因子与植物分布三者间复杂关系的认识仍很有限<sup>[12-13]</sup>。因此,研究土壤养分的空间分布特征及其与植被和海拔的关系不仅对了解土壤的形成过程、结构和功能具有重要的参考价值,而且对阐明土壤养分对植物空间分布的影响具有重要意义。

森林土壤作为以森林因子为主的综合因子作用下形成的一种土壤资源,是陆地上面积最大的土壤资源,研究森林土壤养分的分布特征及其影响因素,将为科学造林和森林的可持续经营提供重要依据。我国森林土壤养分国内外学者已进行了大量的研究,但从

总体上看,多偏重于静态描述和地理比较,而对不同森林类型及不同高程条件下的土壤养分状况的比较研究则略显薄弱,且相关研究多集中于西南林区<sup>[14-16]</sup>、东北林区<sup>[17-18]</sup>,而对东南地区中亚热带森林<sup>[19-20]</sup>,尤其是井冈山地区的相关研究鲜有报道<sup>[21]</sup>。鉴于此,本研究以井冈山国家级自然保护区为研究区,通过土壤样品采集与测试分析,明确东南地区中亚热带森林土壤养分特征,并结合森林类型数据和DEM高程数据,对不同森林类型及高程条件下的土壤养分状况进行比较分析,以期为该地区的森林保护与管理提供数据支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

江西省井冈山国家级自然保护区位于江西省西南部(114°04'~114°16'E, 26°38'~26°40'N),总面积约215 km<sup>2</sup>(不含茨坪镇),属森林生态系统类型自然保护区,是目前世界上同纬度保存最完整的中亚热带天然常绿阔叶林保护区(图1)。区域内地形复杂,山体巍峨,沟壑纵横,地势西、南高,东、北低。气候温暖湿润,年均温为14℃~17℃,年降水量为1 865.5 mm,无霜期

基金项目:环保公益性行业科研专项(201109030)和中国环境科学研究院院所基本科研业务专项(gyk5031302)资助。

\* 通讯作者(zhanglb@craes.org.cn)

作者简介:张继平(1983—),女,河南郑州人,博士,助理研究员,主要从事区域生态及碳循环研究。E-mail: jipyzhang407@163.com

为 250 天,属亚热带湿润季风气候区。保护区地处中亚热带的典型地带,区域内森林植被以常绿阔叶林为主,主要植被类型有常绿阔叶林、针阔叶混交林、温性针叶林、暖性针叶林、常绿落叶阔叶混交林、竹林、落叶阔叶林、灌木林和山顶矮林等 9 类<sup>[22]</sup>。井冈山自然保护区内的土壤具有中亚热带山地森林土壤的一切典型特征,土壤的成土母岩主要有石英岩、石英质砂岩、板岩、花岗岩。

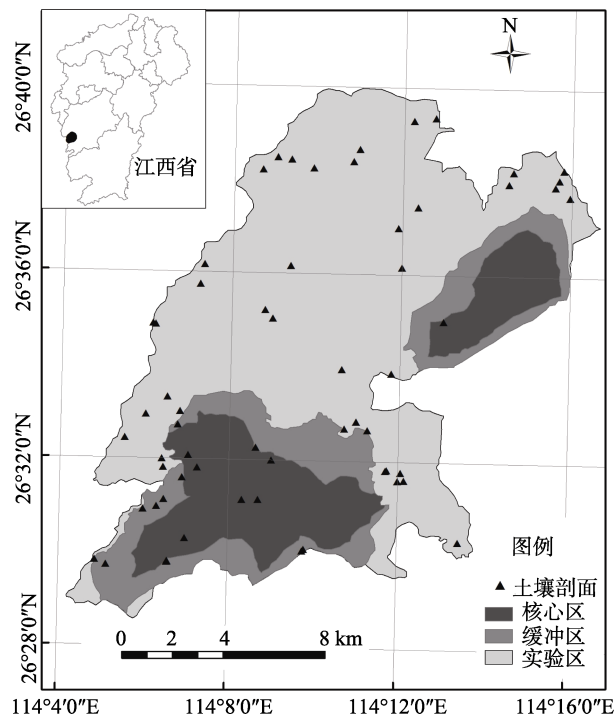


图 1 研究区地理位置及土壤剖面分布图

Fig. 1 Location of study area and sites of soil profiles

### 1.2 研究方法

野外调查工作分别于 2011 年 7—9 月和 2012 年 4—

5 月在井冈山国家级自然保护区内进行。通过对 1 : 25 000 井冈山自然保护区林相图、1 : 15 000 井冈山市土壤类型图进行数字化,确定研究区各土壤及植被类型的空间分布及面积。根据各土壤与植被组合类型的空间分布特征及面积,综合考虑样地的代表性、重复性及实地可达性,同时尽量避免受人为干扰强烈区域,共设置 57 个森林调查样地(图 1)。在每个样地内设置一个 20 m × 20 m 的乔木调查样方,每个乔木样方内沿对角线布设两个 5 m × 5 m 灌木样方,一个 1 m × 1 m 草本样及一个 1 m × 1 m 凋落物样方,并挖取一个土壤剖面,记录土壤剖面层次及各层次的土壤质地、结构、颜色、松紧度、根量、石砾量等,采用 100 cm<sup>3</sup> 环刀按 0 ~ 10、10 ~ 20、20 ~ 40、40 ~ 60、> 60 cm 等 5 个层次进行土壤样品采集,每层 3 个重复,采集后带回实验室进行实验分析。土壤样品经自然风干,去除土样中根系和其他枯落物,用球磨机研磨后,依据中华人民共和国相关国家行业标准<sup>[23-24]</sup>对土壤全氮、全磷、全钾和土壤有机碳进行测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤养分总体特征

土壤养分的总体特征如表 1 所示。研究区各土壤养分指标的含量均较丰富。其中,有机碳含量最大,显著高于其他养分指标,其次为全钾含量,全磷含量最少。各土壤养分指标的变异系数均在 10% ~ 60%,表现为中等程度变异。其中,有机碳的变异系数较大,全钾和 C/N 的变异系数较小。各土壤养分含量均随土壤深度的增加而递减,有机碳和全氮下降幅度较大,全磷、全钾和 C/N 的下降幅度较小。

表 1 研究区各土层土壤养分含量  
Table 1 Soil nutrient contents of different soil layers

土层厚度(cm)	项目	全氮(g/kg)	全磷(g/kg)	全钾(g/kg)	有机碳(g/kg)	C/N
0 ~ 10	均值	3.25	0.31	13.38	101.72	31.30
	标准差	1.33	0.11	1.52	53.60	5.46
	变异系数(%)	40.95	35.02	11.71	52.70	13.21
10 ~ 20	均值	2.42	0.30	12.98	71.48	29.58
	标准差	0.78	0.11	1.56	27.20	4.11
	变异系数(%)	32.24	36.35	11.70	38.06	9.47
20 ~ 40	均值	1.90	0.28	12.44	58.21	30.68
	标准差	0.66	0.11	1.76	15.69	3.35
	变异系数(%)	35.03	38.25	13.50	26.96	7.62
40 ~ 60	均值	1.59	0.26	12.04	44.10	27.74
	标准差	0.82	0.13	2.33	18.80	3.32
	变异系数(%)	51.58	45.85	18.76	42.62	7.52
> 60	均值	1.47	0.24	11.52	42.14	28.67
	标准差	0.78	0.14	1.94	24.74	3.26
	变异系数(%)	50.68	48.33	15.37	56.20	7.38

## 2.2 土壤类型及土壤养分的海拔分布特征

在 ArcGIS 中采用反距离权重法对各土壤养分含量的多土层平均值进行空间插值,同时,将 DEM 数据(空间分辨率为 30 m,由 NASA 网站下载得到)按 100 m 间隔分为 14 个高程带,然后,将 DEM 分类数据与土壤养分及土壤类型数据(对井冈山市 1:15 000 土壤类型图数字化得到)进行叠加分析,获得研究区各土壤养分及各土壤类型的海拔分布特征。

分析结果表明(表 2):研究区土壤类型的空间分布具有一定的海拔梯度特征。成土母岩为花岗岩的土壤分布海拔较高,其次是成土母岩为石英岩的土壤,成土母岩为泥质岩的土壤分布海拔最低。红壤的分布海拔最低,一般在 500 m 以下;黄红壤集中分布在 600~900 m 海拔范围内;黄壤集中分布在 900~1200 m 海拔范围内;黄棕壤的分布海拔最高,多在 1200 m 以上。

表 2 研究区各土壤类型海拔分布特征  
Table 2 Altitude distributions of soil types

土壤类型	平均海拔(m)	海拔分布范围(m)
泥质岩红壤	500	400~600
泥质岩黄壤	975	800~1000
泥质岩黄棕壤	1258	1200~1400
泥质岩黄红壤	728	600~800
石灰岩黄壤	907	800~1000
石英岩类红壤	544	500~600
石英岩黄壤	975	900~1100
石英岩黄棕壤	1330	1300~1500
石英岩黄红壤	730	600~800
花岗岩红壤	564	500~700
花岗岩草甸土	1565	1500~1800
花岗岩黄壤	985	900~1000
花岗岩黄棕壤	1309	1200~1400
花岗岩黄红壤	724	700~900

研究区各土壤养分指标的空间分布也具有一定的海拔梯度特征,且不同养分指标的海拔分布特征有所不同。由图 2 可知,研究区各高程带的全氮含量差异不大,其平均值在 1.6 g/kg 上下浮动;全磷含量、有机碳含量及 C/N 随着海拔高度的上升呈增加趋势,海拔 1200 m 以上的增加趋势更为显著。其中,全磷及有机碳含量在海拔 1200 m 以下的范围内保持稳定,平均值分别在 0.4 g/kg 及 80 g/kg 左右浮动,海拔高于 1200 m 时,含量呈指数型增长。C/N 在海拔 1000 m 以下范围内的平均值稳定在 45 左右,海拔高于 1000 m 时,也呈指数型增长;全钾含量随着海拔高度的上升呈下降趋势,海拔 1000 m 以上的下降趋势更为显著。该研究结果与中亚热带土壤的其他相关研究结果一

致,何志祥和朱凡<sup>[25]</sup>对雪峰山不同海拔梯度土壤养分分布特征进行研究,结果发现不同海拔梯度内,土壤有机质及全氮含量均表现为高海拔高于低海拔,土壤全钾含量表现为高海拔低于低海拔。已有垂直分带的森林土壤研究表明<sup>[26]</sup>,虽然高海拔有机碳和氮的输入物质降低,但由于分解速率的降低,随着海拔高度的增加,微生物的分解速度减慢和矿化作用减弱,因此有机碳及全氮含量增加。全钾含量受到地温的影响,其含量随海拔上升而降低。

## 2.3 不同森林类型土壤养分特征

井冈山国家级自然保护区共有常绿阔叶林、针阔叶混交林、温性针叶林、暖性针叶林、常绿落叶阔叶混交林、竹林、落叶阔叶林、灌木林和山顶矮林等 9 种森林类型。其中,常绿阔叶林是中亚热带地带性顶级森林群落,多分布在海拔 1000 m 以下的低山丘陵地带,主要由栲属(*Castanopsis*)、青冈属(*Cyclobalanopsis*)、石栎属(*Lithocarpus*)构成,外貌终年常绿,结构复杂,树种和森林类型较多。针阔叶混交林是由针叶树和阔叶树两类树种混交组成的森林群落,是一种过渡性的森林类型,主要类型是杉木(*Cunninghamia lanceolata*)与常绿的阔叶树混交林,都分布在海拔 1000 m 以下,为暖性的针阔叶混交林。温性针叶林(山地针叶林)适应凉爽湿润的山地气候,分布在海拔 1000 m 以上,以台湾松林(*Pinus taiwanensis*)和福建柏(*Fokienia hodginsii*)为主,结构简单,分层明显,多为纯林。暖性针叶林分布在海拔 1100 m 以下,主要为杉木林,常与常绿阔叶林及荒山灌木草丛相互演替,为中亚热带森林的先锋群落。常绿落叶阔叶混交林一般分布在气温稍低、排水良好的环境中,分布海拔在 900 m 以上,以水青冈(*Fagus longipetiolata*)、银木荷(*Schima argentea*)混交林和拟赤杨(*Alniphyllum fortunei*)、红楠(*Machilus thunbergii*)混交林为主,树种复杂,林冠参差不齐,多呈波状起伏,由于落叶树有落叶季节,林冠呈现常年性的间断季相,因而群落外貌色调多样。落叶阔叶林在井冈山地区的海拔分布范围较广,构成群落的乔木都是冬季落叶的阔叶树种,主要以壳斗科中的半常绿树种为主,季相变化明显。竹林分布范围也比较广泛,多为纯林,外貌整齐,群落结构多有二层,即乔木层和草本层,以毛竹林(*Phyllostachys pubescens*)为主。灌木林是在原生林遭到破坏后出现的多种灌木占优势的森林类型,该地区灌木林主要以油茶林(*Camellia oleifera*)为主。山顶矮林是一种特殊的森林类型,物种组成简单,立木发育缓慢,林冠整齐,分布均匀,分布在海拔 1200 m 以上的山脊或山顶上,适应低温多风的环境,主要以交让木

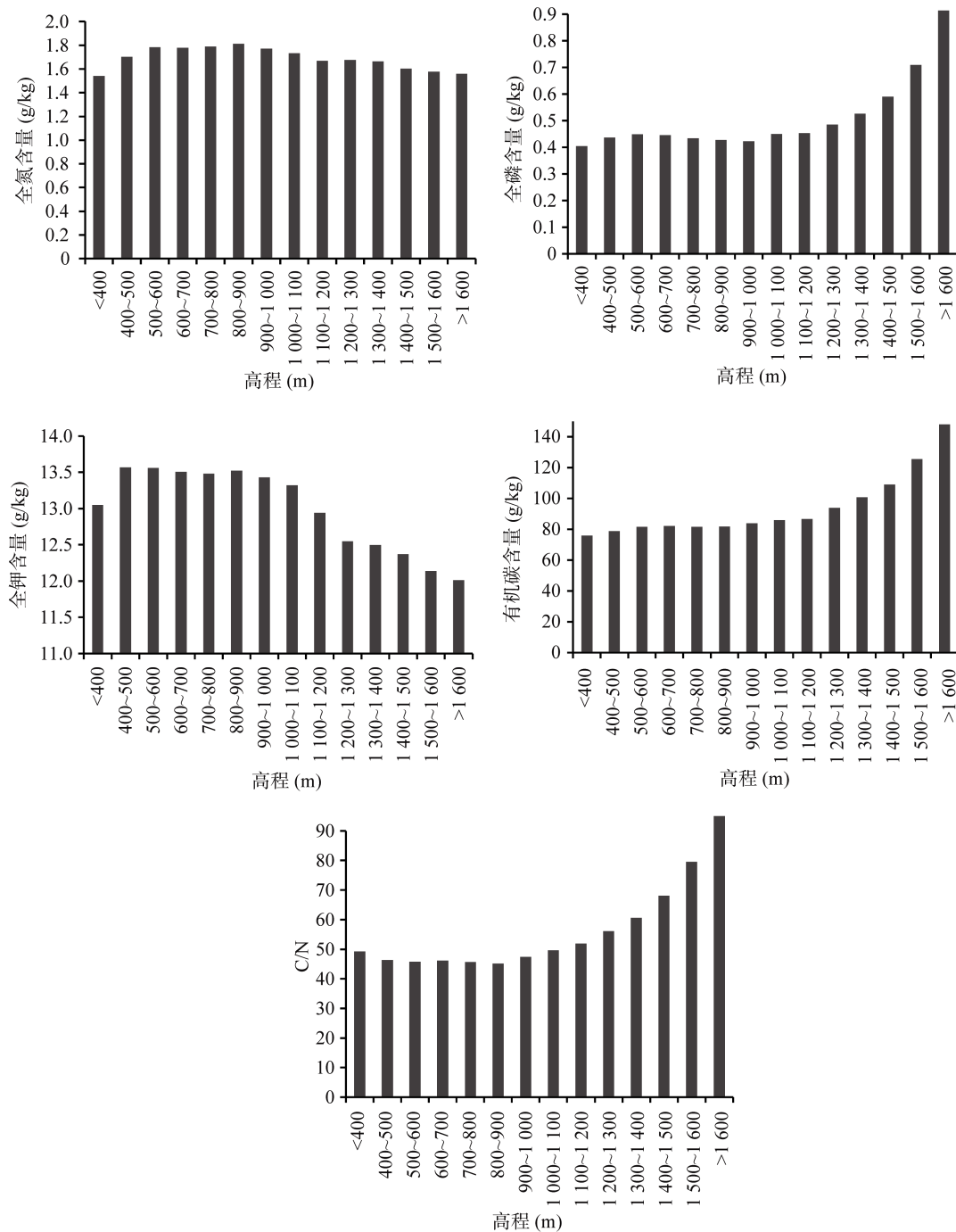


图 2 各土壤养分海拔分布特征  
Fig. 2 Altitude distributions of soil nutrient contents

林(*Daphniphyllum macropodum*)、猴头杜鹃林(*Rhododendron simiarum*)为主。

相关研究表明，植被类型对土壤养分具有一定的影响<sup>[27]</sup>。植物群落不同，其根系活动深度存在差异，对土壤养分的吸收强度和深度也不同，因而不同植被类型的土壤养分特征也存在一定的差异性。本研究对研究区 9 种森林类型的土壤养分特征进行了比较分析，结果表明(表 3)：常绿阔叶林、落叶阔叶林和常绿落叶阔叶混交林的土壤养分条件最优越，表现为各土

壤养分含量均较高；山顶矮林和温性针叶林除全氮和全钾含量外，其他土壤养分值显著高于其他林型；竹林及灌木林的土壤养分条件相对较差。就各土壤养分而言，除山顶矮林、温性针叶林和灌木林外，其余各森林类型的全氮含量均较高；分布海拔较高的温性针叶林和山顶矮林的全磷含量高于其他森林类型；各类阔叶林的全钾含量较高，而分布海拔较高的温性针叶林和山顶矮林的全钾含量较低；各森林类型全碳含量及 C/N 分布规律与全磷分布趋势较为一致。

表 3 研究区各植被类型土壤养分特征  
Table 3 Soil nutrient contents of different vegetation types

植被类型	全氮(g/kg)	全磷(g/kg)	全钾(g/kg)	全碳(g/kg)	C/N
常绿阔叶林	1.789	0.468	13.400	96.220	53.784
针阔叶混交林	1.748	0.453	13.174	87.523	50.070
暖性针叶林	1.733	0.441	13.222	84.941	49.014
温性针叶林	1.652	0.675	12.783	98.188	59.436
落叶阔叶林	1.777	0.481	13.543	95.187	53.566
常绿落叶阔叶混交林	1.780	0.467	13.475	94.086	52.857
灌木林	1.652	0.517	13.090	94.344	57.109
竹林	1.720	0.475	13.182	83.107	48.318
山顶矮林	1.475	0.684	12.377	109.593	74.300

本研究结果与其他亚热带森林土壤养分相关的研究结果较为一致<sup>[17,21,28]</sup>,均反映出阔叶林土壤养分高于针叶林,常绿林及落叶林高于混交林,灌木林及竹林土壤养分低于乔木林等一致性规律。总体而言,各植被类型土壤养分含量一定程度上受到其分布的海拔高度范围的影响,分布海拔较高的森林类型,如温性针叶林、山顶矮林等,其土壤养分呈现出全氮及全钾含量低,而全磷和全碳含量高的特征,这一规律与土壤养分总体的海拔分布特征相一致。同时,常绿阔叶林、落叶阔叶林及常绿落叶阔叶混交林等森林类型多为天然林,乔木高大,林龄普遍较大,凋落物偏多,被分解后有利于增加土壤有机质,加快养分循环,因而土壤养分含量较高。

### 3 结论与讨论

本研究以井冈山国家级自然保护区为例,通过对土壤样品的采集和测试分析,研究中亚热带森林的土壤养分特征,同时结合森林类型空间分布数据及DEM高程数据,对不同森林类型及高程条件下的土壤养分状况进行比较分析。结果表明,各土壤养分的含量差异显著,有机碳的含量最高,全磷含量最低,各土壤养分含量均随土壤深度的增加而递减。土壤类型的空间分布呈现海拔梯度特征,黄棕壤的分布海拔最高,红壤的分布海拔最低。各土壤养分的海拔分布特征呈现一定的规律性,全磷、有机碳及C/N随着海拔高度的上升呈增加趋势,全钾含量随着海拔高度的上升呈下降趋势。不同森林类型的土壤养分存在差异,常绿阔叶林、落叶阔叶林和常绿落叶阔叶混交林各土壤养分含量均较高;山顶矮林和温性针叶林除全氮和全钾含量外,其他土壤养分值显著高于其他林型;竹林及灌木林的土壤养分条件相对较差。

土壤养分的空间分布呈现一定的海拔梯度特征,

主要与两个因素有关。一方面,微生物的分解速度和矿化作用会随着海拔的升高而减慢和减弱,进而影响土壤养分含量;另一方面,地表温度随着海拔的升高而降低,进而影响对地表温度比较敏感的土壤养分的含量。不同森林类型的土壤养分存在差异,也主要与两个因素有关。一方面,各森林类型的海拔分布范围不同,受土壤养分海拔梯度分布规律的影响,不同林型土壤养分含量有所不同。另一方面,由于不同林型的群落结构、林龄、凋落物等均存在差异,直接影响土壤微生物分解过程,进而影响土壤养分含量。

本研究主要依托森林类型及土壤类型空间分布数据布设样点,样点布设的科学性及代表性有待进一步提高。同时,应进一步增加调查样地数量,补充其他土壤养分,如钙、镁、硫等指标的测试及分析,辅以更完备的布点方案,全面客观地反映研究区土壤养分水平。此外,土壤养分含量的空间插值会不可避免地带来一定的误差,在进一步增加样点数量的基础上,如何有效提高土壤养分空间插值的精度,也是需要进一步研究的重点问题。同时,应进一步剖析土壤养分差异性产生的原因,以便为中亚热带森林土壤管理提供更坚实的科学依据。

### 参考文献:

- [1] Imhoff S, Pires da Silva A, Tormena CA. Spatial heterogeneity of soil properties in areas under elephant-grass short-duration grazing system[J]. *Plant and Soil*, 2000, 219(1/2): 161-168
- [2] Janssens F, Peeters A, Tallowin J, Bakker JP, Bekker RM, Fillat F, Oomes M. Relationship between soil chemical factors and grassland diversity[J]. *Plant and Soil*, 1998, 202(1): 69-78
- [3] Wijesinghe DK, John EA, Hutchings MJ. Does pattern of soil resource heterogeneity determine plant community structure? An experimental investigation[J]. *Journal of Ecology*, 2005, 93(1): 99-112

- [4] 刘璐, 曾馥平, 宋同清, 彭晚霞, 王克林, 覃文更, 谭卫宁. 喀斯特木论自然保护区土壤养分的空间变异特征[J]. 应用生态学报, 2010, 21(7): 1 667-1 673
- [5] Enoki T, Kawaguchi H, Iwatsubo G. Topographic variations of soil properties and stand structure in a *Pinus thunbergii* plantation[J]. Ecological Research, 1996, 11(3): 299-309
- [6] Tateno R, Takeda H. Forest structure and tree species distribution in relation to topography-mediated heterogeneity of soil nitrogen and light at the forest floor[J]. Ecological Research, 2003, 18(5): 559-571
- [7] 耿玉清, 余新晓, 岳永杰, 牛丽丽. 北京山地森林的土壤养分状况[J]. 林业科学, 2010, 46(5): 169-175
- [8] 张心昱, 孟宪菁, 高鲁鹏, 樊金娟, 徐丽君. 长白山原始森林土壤养分及其对土柱置换试验响应[J]. 自然资源学报, 2009, 24(8): 1 386-1 392
- [9] Gallardo A. Spatial variability of soil properties in a floodplain forest in northwest Spain[J]. Ecosystems, 2003, 6(6): 564-576
- [10] Sauer TJ, Cambardella CA, Meek DW. Spatial variation of soil properties relating to vegetation changes[J]. Plant and Soil, 2006, 280(1/2): 1-5
- [11] 雷咏雯, 危常州, 李俊华, 侯振安, 冶军, 鲍柏杨. 不同尺度下土壤养分空间变异特征的研究[J]. 土壤, 2004, 36(4): 376-381, 391
- [12] Robert J, James WD, Kyle EH, Joseph BY, Robert FS, Matthew M, Stephen PH, Renato V, Hugo N, Martha V, Robin BF. Soil nutrients influence spatial distributions of tropical tree species[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2007, 104(3): 864-869
- [13] Yavitt JB, Harms KE, Garcia MN, Wright SJ, He F, Mirabello MJ. Spatial heterogeneity of soil chemical properties in a lowland tropical moist forest, Panama[J]. Australian Journal of Soil Research, 2009, 47(7): 674-687
- [14] 何加林, 曹洪麟, 张燕婷, 叶万辉, 李武军, 吴林芳. 广西木论喀斯特森林土壤养分水平与植被及地形的关系[J]. 热带亚热带植物学报, 2009, 17(5): 502-509
- [15] 刘跃建, 李强, 马明东. 四川西北部主要森林植被类型土壤养分库比较研究[J]. 水土保持学报, 2010, 24(5): 146-152
- [16] 张忠华, 胡刚, 祝介东, 倪健. 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): 1 038-1 049
- [17] 胡理乐, 林伟, 罗遵兰, 郭建明, 范俊韬, 李俊生. 井冈山重要森林生态系统碳密度对比[J]. 环境科学研究, 2011, 24(4): 401-408
- [18] 周莉, 代力民, 谷会岩, 于大炮. 长白山阔叶红松林采伐迹地土壤养分含量动态研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(10): 1 771-1 775
- [19] 敖向阳, 詹有生, 林飞, 俞明光, 邵锦锋. 江西常绿阔叶林主要土壤类型及养分的初步分析[J]. 江西林业科技, 1999(4): 5-7
- [20] 赵汝东, 樊剑波, 何园球, 宋春丽, 屠人凤, 谭炳昌. 林分密度对马尾松林下土壤养分及酶活性的影响[J]. 土壤, 2012, 44(2): 297-301
- [21] 郭建明, 郑博福, 胡理乐, 林伟. 井冈山两种典型森林土壤有机碳密度及其影响因素的比较[J]. 生态环境学报, 2011, 20(12): 1 836-1 840
- [22] 黄兆祥. 井冈山森林的主要类型[J]. 南昌大学学报: 理科版, 1985, 28(2): 13-26
- [23] 中国林业科学研究院林业研究所. 林业行业标准(LY/T 1228-1999, LY/T 1232-1999, LY/T 1234-1999) [S]. 北京: 中国标准出版社, 1999
- [24] 何志祥, 朱凡. 雪峰山不同海拔梯度土壤养分和微生物空间分布研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(31): 73-78
- [25] Wagai RML. Parent material controls on organic matter storage in surface soils: A three-pool, density-separation approach[J]. Geoderma, 2008, 147(1/2): 23-33
- [26] 薛立, 邝立刚, 陈红跃, 谭绍满. 不同林分土壤养分、微生物与酶活性的研究[J]. 土壤学报, 2003, 40(2): 280-285
- [27] 蒋文伟, 周国模, 余树全, 钱新标, 盛文明. 安吉山地主要森林类型土壤养分状况的研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(4): 73-76, 100

## Spatial Variation of Soil Nutrient Contents in the Jinggangshan National Nature Reserve

ZHANG Ji-ping<sup>1,2</sup>, ZHANG Lin-bo<sup>1\*</sup>, WANG Feng-yu<sup>1</sup>, LIU Wei-ling<sup>1</sup>, WO Xiao<sup>1,3</sup>

(1 *State Environmental Protection Key Laboratory of Regional Ecological Processes and Functions Assessment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China*; 2 *Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection, Beijing 100037, China*; 3 *Faculty of Geomatics, East China Institute of Technology, Nanchang 330029, China*)

**Abstract:** Taken the Jinggangshan National Nature Reserve as the study area, soil samples were collected from 57 profiles in five different depth layers (0–10, 10–20, 20–40, 40–60, > 60 cm) and the total nitrogen, phosphorus, potassium and organic carbon were measured. Combined with forest types and DEM data, the soil nutrient contents of different forest types and altitude zones were analyzed. The results showed: 1) the content of organic carbon was the highest and the content of total phosphorus was the lowest. The soil nutrient contents decreased with increasing soil depth. 2) Soil type presented a spatial distribution of altitude gradient feature, in an altitude order of yellow brown > yellow soil > yellow red soil > red soil. 3) The contents of total phosphorus, organic carbon and C/N increased with increasing altitude, but the content of total potassium was on the contrary. 4) The soil nutrients were different in different forest types. The soil nutrient contents of evergreen broad-leaved forest, deciduous broad-leaved forest and evergreen/deciduous broad-leaved mixed forests were comparatively higher. The soil nutrient contents of mountaintop dwarf forest and temperate coniferous forest were significantly higher than those of other forest types except for total nitrogen and total potassium. The soil nutrient contents of bamboo forest and shrubbery were comparatively lower. 5) The spatial distribution of soil nutrients of different forest types had certain relationship with their distribution altitude.

**Key words:** Forest, Soil nutrient, Vegetation, Altitude, Jinggangshan National Nature Reserve