

三峡库区不同植被类型土壤养分特征

常 超^{1,2}, 谢宗强^{1,*}, 熊高明¹, 赵常明¹, 申国珍¹, 赖江山¹, 徐新武¹

(1. 中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室, 北京 100093; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要:通过三峡库区 8 个植被类型 370 个样地的群落调查和土壤分析, 研究了不同植被类型、土壤类型、海拔对表层土壤有机质及全氮、速效磷、速效钾含量的影响。结果表明: (1) 三峡库区不同植被类型土壤有机质、全氮平均含量规律为阔叶林 > 竹林 > 针叶林 > 灌丛 > 草丛, 森林土壤有机质及全氮平均含量丰富; 速效磷平均含量表现为草丛 > 落叶阔叶林 > 灌丛 > 暖性针叶林 > 常绿落叶阔叶混交林 > 温性针叶林 > 竹林 > 常绿阔叶林, 草丛与其他植被类型差异显著; 速效钾平均含量表现为常绿落叶阔叶混交林 > 落叶阔叶林 > 灌丛 > 针叶林 > 竹林 > 草丛 > 常绿阔叶林, 竹林、草丛、常绿阔叶林与常绿落叶阔叶混交林、落叶阔叶林、灌丛、针叶林差异显著。 (2) 不同土壤类型养分含量差异显著, 黄棕壤中有机质、全氮含量高, 分别为 6.83%、0.44%, 紫色土中速效磷含量高, 达到 54.24 mg/kg。 (3) 随海拔升高, 有机质、全氮含量呈明显增加趋势, 速效磷、速效钾含量变化趋势不明显。

关键词:森林; 灌丛; 草丛; 土壤性质; 海拔变异

文章编号: 1000-0933(2009)11-5978-08 中图分类号: Q143, Q948 文献标识码: A

Characteristics of soil nutrients of different vegetation types in the Three Gorges reservoir area

CHANG Chao^{1,2}, XIE Zong-Qiang^{1,*}, XIONG Gao-Ming¹, ZHAO Chang-Ming¹, SHEN Guo-Zhen¹, LAI Jiang-Shan¹, XU Xin-Wu¹

1 State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China

2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(11): 5978 ~ 5985.

Abstract: Through investigating and analyzing soil contents of 8 vegetation types and 370 experimental plots around the Three Gorges reservoir, we studied how different vegetation types, soil types, and altitudes affected the amounts of surface organic matter, total N, available P as well as available K. The results indicate: In general, average amounts of soil organic matter and total N are rich in forest around the Three Gorges reservoir area; specifically, the average amounts of the organic matter and total N vary in different vegetation types in the following order: broad-leaved forest > bamboo forest > coniferous forest > shrub > grass. The average amounts of available P in the vegetation decrease gradually in the order of: grass > deciduous broad-leaved forest > shrub > warm coniferous forest > deciduous broad-leaved evergreen forest > temperate coniferous forest > bamboo forest > evergreen broad-leaved forest, as the grass differentiates from other types of vegetation dramatically. The average amounts of available K vary in the order of deciduous broad-leaved evergreen forest > deciduous broad-leaved forest > shrub > coniferous forest > bamboo forest > grass > evergreen broad-leaved forest. The amounts of nutrients in different types of soil vary remarkably, as the yellow-brown soil is rich in organic matter and total N, while the purple soil is rich in available P. With increases in altitude, organic and total N increase dramatically; no obvious trend is found as the amount of available P and available K change. The correlation analysis indicates that the content of soil organic matter, total N are significantly positively correlative.

基金项目:国家科技支撑计划课题资助项目(2006BAC10B01); 中国科学院西部行动计划资助项目(KZCX2-XB2-07-03)

收稿日期: 2008-12-24; 修订日期: 2009-03-25

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xie@ibcas.ac.cn

Key Words: forest;shrub;grass;soil properties;altitude variation

土壤是植被的基础,土壤为植被提供必要的物质基础,而植被的出现也影响着土壤的形成和发育^[1,2]。不同植被类型影响着土壤养分循环,通过研究土壤养分变化,对于了解各群落土壤肥力和营养元素循环机制有重要意义^[3~5]。

长期以来,由于不合理的开发利用,三峡库区的植被严重破坏,关键种群丧失,导致与之紧密关联的外部环境一系列的生态服务功能的损失和衰退,特别是造成水源涵养与水土保持等生态屏障功能下降,对库区人民的安居造成潜在威胁,也对水库的安全和长效运作不利。因此,三峡库区植被破坏对人类生活和生态环境的影响倍受关注,对土壤环境的影响尤为重要^[6]。我国学者以了解三峡库区土壤的基本状况为目的,针对三峡库区土壤养分及重金属的现状开展了一些专项普查^[7,8];对小区域不同森林类型下的土壤养分及不同土壤类型和海拔因素对土壤养分含量的影响也有一些研究,主要集中于缙云山和大巴山^[9,10]。但目前就整个三峡库区土壤与植被关系的研究并不多,针对三峡植被破坏后土壤养分的研究也很少。本文以三峡库区不同植被类型表层土壤为研究对象,分析不同土壤类型、植被类型土壤养分特征及各养分含量随海拔的变化规律,为三峡库区土壤生态系统的深入研究和库区陆地生态系统健康状况的客观评价提供依据,为三峡库区植被的合理保护和库区土壤治理奠定基础。

1 研究地点与研究方法

1.1 研究地区概况

三峡库区位于29°16′~31°25′,106°50′~110°50′,包括湖北省及重庆市的20个区、县(市)。库区气候环境属亚热带湿润季风气候,湿度大,云雾多,日照少,风力小。年平均气温16~20℃,年降水量1000~1200mm,年平均相对湿度65%~75%。库区发育着以亚热带常绿阔叶林为基带的山地植被,在山地垂直带上有混交林、亚高山暗针叶林或落叶阔叶林等类型。库区地带性土壤为黄壤,其它土壤类型主要有黄棕壤、紫色土、冲积土等分布(表1)。

表1 调查样地的主要土壤类型及特点
Table 1 Characteristics of main soil types of the investigated plots

土壤类型 Soil type	海拔(m) Altitude	主要特点 Main characteristics	样地数 No. plots
黄壤 Yellow soil	140~1400	土层经常保持潮湿,具有富铝化作用和生物积累作用,多为砂壤土,呈灰黄色,植被为常绿阔叶林,常绿-落叶阔叶混交林	160
黄棕壤 Yellow brown soil	1300~2150	具有富铝化作用和粘化作用,成土母质多为花岗岩和沙页岩的风化物,植被为常绿-落叶阔叶混交林	98
紫色土 Purplish soil	140~520	由紫色砂页岩风化形成,土层浅薄,物理风化强烈,化学风化微弱,有机质及全氮含量低,磷、钾相当丰富	64
冲积土 Alluvial soil	170~270	河流冲积物上发育的土壤,成土时间较短,发育层次不明显,土壤肥力较高	48

1.2 样地设置及土壤样品采集与处理

在三峡库区20个区、县(市)内,按群落类型(群系级)进行样地布置和调查,基本涵盖库区主要的陆地生态系统。共调查到370个样地,包括52个森林类型、21个灌丛类型、21个草丛类型,隶属于8个植被类型(表2)。由于历史上长期的人类活动的影响,三峡库区现存的植被大部分都是次生植被。特别是在海拔1300m以下地带,原有的地带性亚热带常绿阔叶林大多都开垦为农田或果园或形成栓皮栎、槲栎、麻栎林等暖性落叶阔叶林,在人类活动干扰严重和频繁的地方形成大面积的次生灌草丛。在海拔1300~2000m地带,人类活动相对少一些。依据陆地生物群落调查观测与分析方法^[11],每个森林样地面积为20m×20m,每个灌丛样地面积为5m×5m,每个草丛样地面积为2m×2m。记录样地经纬度、坡度、坡向、海拔、人为活动情况,并进行植物群落调查。每个样地取0~20cm的表层土壤,采集一个土壤混合样品,共采土壤样品370个。将土壤自然风

干后去除有机残体、杂质等,装无菌袋后带回实验室,供分析用。

表 2 调查样地的主要群落与植被类型

Table 2 Main communities and vegetation types of the investigated plots

植被类型 Vegetation type	海拔 Altitude(m)	主要群落类型 Main community type	总的调查面积 Total investigation area(m ²)	样地数 No. plots
暖性针叶林 Warm coniferous forest	200 ~ 1760	柏木 (<i>Cupressus funebris</i>) 林、马尾松 (<i>Pinus massoniana</i>) 林、杉木 (<i>Cunninghamia lanceolata</i>) 林、水杉 (<i>Metasequoia glyptostroboides</i>) 林	12000	30
温性针叶林 Temperate coniferous forest	1500 ~ 2150	华山松 (<i>Pinus armandii</i>) 林、柳杉 (<i>Cryptomeria fortunei</i>) 林、崖柏 (<i>Thuja sutchuenensis</i>) 林、油松 (<i>Pinus tabulaeformis</i>) 林、南方红豆杉 (<i>Taxus chinensis var. mairei</i>) 林	4400	11
常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	430 ~ 1950	扁刺锥 (<i>Castanopsis platyacantha</i>) 林、短刺米槠 (<i>Castanopsis carlesii</i> var. <i>spinulosa</i>) 林、红果黄肉楠 (<i>Actinodaphne cupularis</i>)-豹皮樟 (<i>Litsea coreana</i> var. <i>sinensis</i>) 林、栲 (<i>Castanopsis fargesii</i>) 林、曼青冈 (<i>Cyclobalanopsis oxyodon</i>) 林、木荷 (<i>Schima superba</i>) 林、楠木 (<i>Phoebe zhennan</i>) 林、青冈 (<i>Cyclobalanopsis glauca</i>) 林、四川大头茶 (<i>Gordonia acuminata</i>) 林、瓦山锥 (<i>Castanopsis ceratocantha</i>) 林、细叶青冈 (<i>Cyclobalanopsis gracilis</i>) 林、小叶青冈 (<i>Cyclobalanopsis myrsinifolia</i>) 林、樟树 (<i>Cinnamomum camphora</i>) 林	15600	39
常绿落叶阔叶混交林 Mixed evergreen and deciduous broad- leaved forest	1000 ~ 1910	光叶水青冈 (<i>Fagus lucida</i>)-巴东栎 (<i>Quercus engleriana</i>)-多脉青冈 (<i>Cyclobalanopsis multiervis</i>) 林、米心水青冈 (<i>Fagus engleriana</i>)-多脉青冈 (<i>Cyclobalanopsis multiervis</i>) 林、化香树 (<i>Platycarya strobilacea</i>)-小叶青冈 (<i>Cyclobalanopsis myrsinifolia</i>) 林、香桦 (<i>Betula insignis</i>)-水丝梨 (<i>Sycopsis sinensis</i>)-多脉青冈 (<i>Cyclobalanopsis multinervis</i>) 林、水丝梨 (<i>Sycopsis sinensis</i>)-五裂槭 (<i>Acer oliverianum</i>)-多脉青冈 (<i>Cyclobalanopsis multinervis</i>) 林、硬壳柯 (<i>Lithocarpus hancei</i>)-木荷 (<i>Schima superba</i>)-多脉青冈 (<i>Cyclobalanopsis multinervis</i>)-川陕鹅耳枥 (<i>Carpinus fargesiana</i>) 林、硬壳柯 (<i>Lithocarpus hancei</i>)-青榨槭 (<i>Acer davidii</i>) 林、白辛树 (<i>Pterostyrax psilophyllus</i>)-珙桐 (<i>Davidia involucrata</i>)-巴东栎 (<i>Quercus engleriana</i>) 林、珙桐 (<i>Davidia involucrata</i>)-地锦槭 (<i>Acer mono</i>)-曼青冈 (<i>Cyclobalanopsis oxyodon</i>)-香桂 (<i>Cinnamomum subavenium</i>) 林、水青树 (<i>Tetracentron sinense</i>)-曼青冈 (<i>Cyclobalanopsis oxyodon</i>)-巴东栎 (<i>Quercus engleriana</i>) 林、金钱槭 (<i>Dipteronia sinensis</i>)-水青树 (<i>Tetracentron sinense</i>)-株木 (<i>Swida macrophylla</i>)-曼青冈 (<i>Cyclobalanopsis oxyodon</i>) 林、领春木 (<i>Euptelea pleiospermum</i>)-梧桐 (<i>Firmiana platanifolia</i>)-香果树 (<i>Emmenopterys henryi</i>)-包石栎 (<i>Lithocarpus cleistocarpus</i>) 林	13200	33
落叶阔叶林 Deciduous broad- leaved forest	290 ~ 1980	槲栎 (<i>Quercus aliena</i>)-栓皮栎 (<i>Quercus variabilis</i>) 林、短柄枹栎 (<i>Quercus serrata</i> var. <i>brevipetiolata</i>) 林、栓皮栎 (<i>Quercus variabilis</i>)-麻栎 (<i>Quercus acutissima</i>) 林、枫香树 (<i>Liquidambar formosana</i>) 林、多脉鹅耳枥 (<i>Carpinus polyneura</i>) 林、川陕鹅耳枥 (<i>Carpinus fargesiana</i>)-椎栗 (<i>Castanea henryi</i>) 林、椎栗 (<i>Castanea henryi</i>) 林、光叶水青冈 (<i>Fagus lucida</i>) 林、米心水青冈 (<i>Fagus engleriana</i>) 林、锐齿槲栎 (<i>Quercus aliena</i> var. <i>acutiserrata</i>) 林、亮叶桦 (<i>Betula luminifera</i>) 林、茅栗 (<i>Castanea seguinii</i>) 林、南酸枣 (<i>Choerospondias axillaris</i>)-地锦槭 (<i>Acer mono</i>) 林、漆树 (<i>Toxicodendron vernicifluum</i>) 林、鹅掌楸 (<i>Liriodendron chinense</i>) 林、刺槐 (<i>Robinia pseudoacacia</i>) 林	28400	71
竹林 Bamboo	760 ~ 780	篾竹 (<i>Phyllostachys nidularia</i>) 林和毛竹 (<i>Phyllostachys heterocycla</i> cv. <i>pubescens</i>) 林	3600	9
灌丛 Shrub	140 ~ 960	黄栌 (<i>Cotinus coggygria</i>) 灌丛、黄荆 (<i>Vitex negundo</i>) 灌丛、火棘 (<i>Pyracantha fortuneana</i>) 灌丛、马桑 (<i>Coriaria nepalensis</i>) 灌丛、糯米条 (<i>Abelia chinensis</i>) 灌丛、雀梅藤 (<i>Segeretia thea</i>) 灌丛、铁扫帚 (<i>Lespedeza cuneata</i>) 灌丛、悬钩子 (<i>Rubus corchorifolius</i>) 灌丛、地果 (<i>Ficus tikoua</i>) 灌丛、金佛山荚迷 (<i>Viburnum chinshanense</i>) 灌丛、刺叶冬青 (<i>Ilex bitorisensis</i>) 灌丛、秋华柳 (<i>Salix variegata</i>) 灌丛、盐肤木 (<i>Rhus chinensis</i>) 灌丛、紫柳 (<i>Salix wilsonii</i>) 灌丛、枫杨 (<i>Pterocarya stenoptera</i>) 灌丛、香叶子 (<i>Lindera fragrans</i>) 灌丛、紫弹树 (<i>Celtis biondii</i>) 灌丛、小株木 (<i>Swida paucinervis</i>) 灌丛、中华绣线菊 (<i>Spiraea chinensis</i>) 灌丛、小叶黄杨 (<i>Buxus microphylla</i>) 灌丛、铁仔 (<i>Myrsine africana</i>) 灌丛	1800	72

续表				
植被类型 Vegetation type	海拔 Altitude(m)	主要群落类型 Main community type	总的调查面积 Total investigation area(m ²)	样地数 No. plots
草丛 Grass	140 ~ 660	黄茅 (<i>Heteropogon contortus</i>) 草丛、川苔草 (<i>Podostemaceae</i>) 草丛、白茅 (<i>Imperata cylindrica</i>) 草丛、拟金茅 (<i>Eulaliopsis binata</i>) 草丛、柳叶箬 (<i>Isachne globosa</i>) 草丛、荩草 (<i>Arthraxon hispidus</i>) 草丛、狗尾草 (<i>Setaria viridis</i>) 草丛、马唐 (<i>Digitaria sanguinalis</i>) 草丛、芒 (<i>Koeleria litvinowii</i>) 草丛、荻 (<i>Triarrhena sacchariflora</i>) 草丛、瘦瘠伪针茅 (<i>Pseudoraphis spinescens</i> var. <i>depauperata</i>) 草丛、火炭母 (<i>Polygonum chinensis</i>) 草丛、类芦 (<i>Neyraudia reynaudiana</i>) 草丛、野古草 (<i>Arundinella anomala</i>) 草丛、狗牙根 (<i>Cynodon dactylon</i>) 草丛、双穗雀稗 (<i>Paspalum paspaloides</i>) 草丛、牛鞭草 (<i>Hemarthria altissima</i>) 草丛、棒头草 (<i>Polypogon fugax</i>) 草丛、凤眼莲 (<i>Eichhornia crassipes</i>) 草丛、芦苇 (<i>Phragmites australis</i>) 草丛、斑茅 (<i>Saccharum arundinaceum</i>) 草丛	420	105

1.3 土壤分析方法

装袋土壤取回至实验室,过 2mm 筛测土壤速效 P、速效 K,过 0.25mm 筛测土壤有机质、全 N。室内土壤样品分析方法根据土壤理化分析步骤进行,有机质采用重铬酸钾氧化-外加热法测定;全氮采用半微量开氏法测定;速效磷采用双酸法浸提-钼锑抗比色法测定;速效钾采用乙酸铵浸提-火焰光度法测定。

1.4 统计分析

利用 Excel 和 SPSS 13.0 软件对数据进行统计分析。采用单因素方差分析(ANOVA)分析不同植被类型、土壤类型对土壤养分的影响,差异程度用 Duncan 的多重比较(SSR) ($p < 0.05$)。各养分含量之间的关系采用二元变量相关分析。

2 结果

2.1 库区土壤养分总体特征

根据第二次全国土壤普查的土壤养分含量分级指标,三峡库区各群落类型的土壤有机质含量较丰富,二级,变幅为 0.04% ~ 27.17%,平均含量为 3.71%;全氮含量较丰富,二级,变幅为 0.01% ~ 1.99%,平均含量为 0.20%;速效 P 含量中等,三级,变幅为 0.01 ~ 246.60mg/kg,平均含量为 14.10mg/kg;速效 K 含量中等,三级,变幅为 11.04 ~ 342.94mg/kg,平均含量为 106.12mg/kg。可见,库区自然植被土壤养分含量中等且偏丰富。

进一步的分析表明,库区土壤养分整体变异系数较大(表 3),其中速效磷变异系数最大, C_v 为 276%,其次是有机质和全氮,全钾变异系数最小。 C_v 的大小反映了特性参数的空间变异程度,一般认为, $C_v < 0.1$ 为弱变异性, $0.1 \leq C_v \leq 1.0$ 为中等变异性, $C_v > 1.0$ 为强变异性。从表 3 统计资料来看,速效磷含量呈强变异性,其他养分含量均为中等变异程度,反映了该区土壤性状不均一的特点。

表 3 三峡库区自然植被的土壤养分统计特征

Table 3 Statistical characteristics of soil nutrients of natural vegetation in the Three Gorge Reservoir Area				
指标 Item	有机质 Organic matter(%)	全 N Total N(%)	速效 P Available P(mg/kg)	速效 K Available K(mg/kg)
最小值 Min	0.04	0.01	0.01	11.04
最大值 Max	27.17	1.99	246.60	342.94
平均值 Mean	3.71	0.20	14.10	106.12
标准差 SD	3.53	0.23	38.85	60.46
变异系数 CV	0.95	0.87	2.76	0.57

2.2 不同植被类型土壤养分特征

经过 SPSS 单因素方差分析及 Duncan's 新复极差检验($\alpha = 0.05$)(表 4),可以看出,有机质含量结果为常

绿落叶阔叶混交林 > 温性针叶林 > 常绿阔叶林 > 暖性针叶林 > 落叶阔叶林 > 竹林 > 灌丛 > 草丛, 森林土壤有机质含量特别丰富; 含氮量为常绿落叶阔叶混交林 > 温性针叶林 > 落叶阔叶林 > 常绿阔叶林 > 竹林 > 暖性针叶林 > 灌丛 > 草丛, 其中草丛全氮缺乏, 其他植被类型含氮很丰富; 速效磷含量表现为草丛 > 落叶阔叶林 > 灌丛 > 暖性针叶林 > 常绿落叶阔叶混交林 > 温性针叶林 > 竹林 > 常绿阔叶林, 草丛与其他植被类型差异显著, 常绿落叶阔叶混交林、温性针叶林、竹林、常绿阔叶林含磷量不足, 不利于林木生长; 速效钾含量表现为常绿落叶阔叶混交林 > 落叶阔叶林 > 灌丛 > 暖性针叶林 > 温性针叶林 > 竹林 > 草丛 > 常绿阔叶林, 各植被类型含钾量均较丰富, 竹林、草丛、常绿阔叶林与常绿落叶阔叶混交林、落叶阔叶林、灌丛、针叶林差异显著。

表 4 各植被类型土壤养分含量的分布特征及 SSR 检验

Table 4 Characteristics of the content of soil nutrients among different vegetation types and SSR-test

林型 Forest types	有机质 Organic matter (%)	全 N Total N (%)	速效 P Available P (mg/kg)	速效 K Available K (mg/kg)
暖性针叶林 Warm coniferous forest	4.81 ± 0.67cd	0.18 ± 0.02ab	6.49 ± 3.24a	118.47 ± 14.38b
温性针叶林 Temperate coniferous forest	6.54 ± 0.47de	0.31 ± 0.08c	4.13 ± 1.04a	115.60 ± 13.81b
常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	4.87 ± 0.48cd	0.21 ± 0.03bc	1.82 ± 0.20a	75.82 ± 6.07a
常绿落叶阔叶混交林 Mixed evergreen and deciduous broad-leaved forest	8.03 ± 1.02e	0.57 ± 0.09d	3.42 ± 0.50a	149.38 ± 9.64b
落叶阔叶林 Deciduous broad-leaved forest	4.71 ± 0.40cd	0.24 ± 0.02bc	8.75 ± 2.70a	126.55 ± 7.97b
竹林 Bamboo	3.87 ± 0.35bc	0.19 ± 0.04ab	2.29 ± 0.25a	81.61 ± 9.80a
灌丛 Shrub	2.24 ± 0.19ab	0.17 ± 0.02ab	6.85 ± 2.06a	124.05 ± 7.91b
草丛 Grass	1.81 ± 0.25a	0.07 ± 0.00a	34.40 ± 6.21b	76.82 ± 3.47a

* 表中列数据为每个植被类型样地的平均值 The data in the table are average means of plots for each vegetation

* 表中字母代表单因素方差分析 Duncan's 检验比较 ($p < 0.05$) Within each row, means accompanied by different letters (a, b, c, d or e) are significantly different from one another ($p < 0.05$), as determined by one-way ANOVA followed by Duncan's multiple comparisons test

2.3 不同土壤类型土壤养分特征

研究区域黄棕壤中有机质、全氮含量最高, 分别为 6.83%、0.44%, 黄壤次之; 紫色土速效磷含量最高, 平均含磷量达到 54.24mg/kg; 冲积土土壤各养分含量最低 (图 1)。从不同土壤型各养分含量差异显著性统计结果分析, 不同土壤类型中各养分含量差异极显著 ($p < 0.001$)。

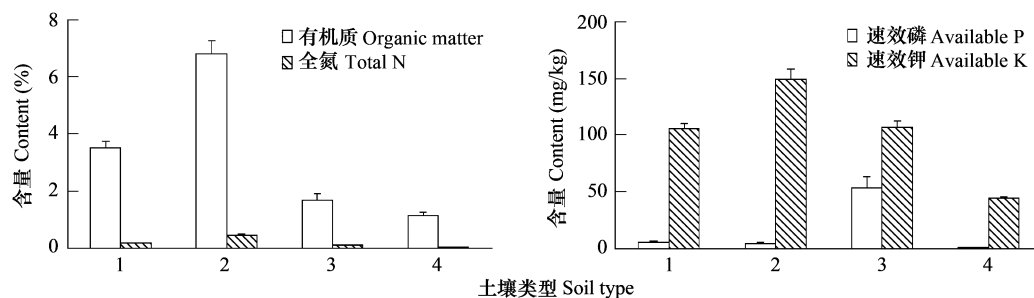


图 1 不同土壤类型养分含量

Fig. 1 The soil nutrients content of different soil types

1. 黄壤 Yellow soil; 2. 黄棕壤 Yellow brown soil; 3. 紫色土 Purple soil; 4. 冲积土 Alluvial soil

2.4 土壤养分含量的海拔变异

三峡库区山地相对高差大, 调查样地的垂直分布范围为海拔 141 ~ 2150m。通过土壤养分含量与海拔的关系进行曲线拟合得出, 土壤有机质与海拔高度呈线性正相关关系 ($R^2 = 0.340$), 海拔与全氮呈线性正相关关系 ($R^2 = 0.290$), 随海拔高度的升高, 有机质、全氮含量逐渐升高 (图 2)。速效磷及速效钾与海拔曲线拟合不好。随海拔高度的升高, 速效磷和速效钾变化趋势不明显。

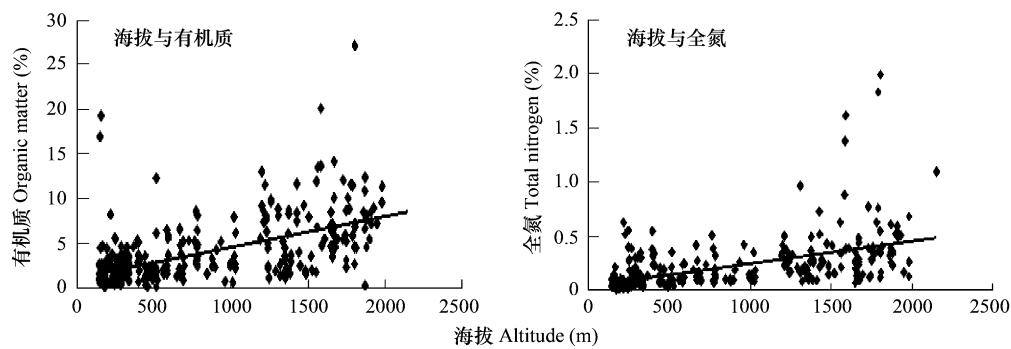


图2 土壤有机质、全氮与海拔高度相关关系
Fig. 2 Correlation of soil organic metter and total N with the altitude

2.5 土壤各养分相关关系

考察养分之间的相关性,可以了解它们之间相互作用、相互影响的情况。有机质与全氮之间的相关关系最密切,相关性达到极显著正相关关系($r=0.760, p<0.001$),速效K与有机质($r=0.338, p<0.001$)和全氮($r=0.439, p<0.001$)分别呈极显著正相关关系,速效P与有机质及全氮分别呈显著负相关关系,速效P与速效K之间没有相关关系(表5)。

表5 各测定指标之间的相关性分析(r 值)
Table 5 Correlation among different indicators (r value)

指标 Item	有机质 Organic matter	全氮 Total N	速效磷 Available P	速效钾 Available K
有机质 Organic matter	1.000			
全氮 Total N	0.760 **	1.000		
速效磷 Available P	-0.156 **	-0.149 **	1.000	
速效钾 Available K	0.338 **	0.439 **	0.042	1.000

* * 表示相关性的显著水平 $p<0.01$, * 表示相关性的显著水平 $p<0.05$; * * indicate correlation significant at the 0.01 level, * indicate correlation significant at the 0.05 level

3 讨论

3.1 三峡库区不同植被类型对土壤养分含量的影响

土壤养分含量受植被类型因素影响^[12],不同的植被类型,其生物量和凋落物数量有较大的差异,同时能够进入土壤中的有机物数量也有较大的差异^[13,14]。灌草丛有机质含量低于森林,其主要原因是本文调查样地中灌草丛人为干扰因素很大,原生植被遭到严重破坏,处于极度退化状态,有机质含量低;灌草丛养分含量主要受土壤类型因素控制,本研究调查区域灌草丛土壤类型为紫色土。灌草丛有机质、全氮含量低,速效磷、速效钾含量高,这恰恰符合紫色土养分特点^[15]。森林土壤中,处于海拔较高地区有保存较原始的常绿落叶阔叶混交林以及一些温性针叶林和针叶阔叶混交林,受人类活动干扰相对较小,土壤环境处于半封闭状态,动植物群落发育,各种动物残体、植物凋落物在微生物作用下分解,土壤有机质大量积累。但有机质含量最大值不是出现在海拔最高的温性针叶林,而是出现于常绿落叶阔叶林,这主要是由于常绿落叶阔叶林植被茂密,郁闭度高,更加有利于有机质积累,这与彭新华在中亚热带连云山和万洋山的研究结果一致^[16]。落叶阔叶林低于其他林型一是由于栓皮栎、短柄枹栎林等具有次生性,再加上其分布海拔较低,低海拔的相对高温有利于有机质分解,所以沿海拔从高到低,各林分土壤中有机质含量逐渐减少。不同植被类型全氮含量变化规律与有机质变化规律相似,这是由于有机质与全氮含量存在极显著正相关关系,以前的许多研究有类似结果^[13,17]。土壤中的氮素主要以有机态存在,因此有机质含量越高,全氮量也越高^[18]。总体来说,有机质及全氮含量变化趋势基本与蒋文伟等在安吉山森林研究中阔叶林>竹林>针叶林的认识一致^[12]。

竹林内的养分含量均处于较低水平,其主要原因是竹林本身培肥土壤的能力较差,另外,竹林逐年砍伐导

致凋落物归还量降低,每年更新又从土壤中吸取大量养分,最终导致竹林养分含量低。

3.2 海拔对土壤养分含量的影响

造成土壤有机质变化的主要原因是水热条件与植被类型。随着海拔高度的变化,影响土壤有机质积累的土壤水热条件发生有规律的变化^[19]。随海拔高度的降低,土壤温度逐渐升高,较高的温度又增强了土壤微生物的分解能力,而有利于土壤有机质的积累^[20]。另外,不同海拔区域,植被类型有明显差异,中山为阔叶林带,低山为灌丛、草丛带,低海拔区域为河岸、海滩,植被很少,这就造成生物量和凋落物种类及数量的较大差异,从而使有机质数量差异显著。全氮与有机质含量变化趋势一致,这也进一步验证了土壤有机质与全氮含量的极显著正相关关系^[21]。随着海拔的升高,速效磷、速效钾变化趋势不明显,其中低海拔区域以紫色土为主,受母岩及土壤类型因素影响,速效磷含量稍微高一些。

3.3 对三峡库区植被恢复与重建的启示

天然植被土壤养分含量高,进行封山育林,以生物多样性保护与增加水源涵养为目标,建立自然保护区。次生植被土壤养分含量低,反映了过度人类经营活动干扰了植被的自然分布格局,适于采用人工促进恢复与植被重建措施,改善土壤养分和恢复地力。总之,需要加强对三峡库区退化生态系统的恢复与管理,禁止乱砍滥伐,促进退化生态系统的正向演替,逐步恢复地带性的原生植被,减少水土流失。

References:

- [1] Huang C Y. Agrolgy. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2000.
- [2] Binkley D, Giardina C. Why do tree species affect soils? The warp and woof of tree-soil interactions. *Biogeochemistry*, 1998, 42(1-2): 89—106.
- [3] Augusto L, Ranger J, Binkley D, Rothe A. Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Annals of Forest Science*, 2002, 59(3): 233—253.
- [4] Finzi A C, Van Breemen N, Canham C D. Canopy tree-soil interactions within temperate forests: species effects on soil carbon and nitrogen. *Ecological Applications*, 1998, 8(2): 440—446.
- [5] Hook R, Burke I, Lauenroth W. Heterogeneity of soil and plant N and C associated with individual plants and opening in North America short grass steppe. *Plant Soil*, 1991, 138(2): 247—256.
- [6] Gong Z T, Chen H Z, Luo G B. Effect of anthropogenic processes on soil environment quality and its controls. *Soil and Environmental Sciences*, 2000, 9(1): 7—10.
- [7] Tang J, Li Y, Deng F Y, Fu S H. Distribution characteristics of nutrition elements in the three gorges reservoir district. *Acta Pedologica Sinica*, 2005, 42(3): 473—478.
- [8] Li Q L, Huang Y, Liu G D, Zheng X Y. Characteristics of heavy metals distribution in main soils in Three Gorge Reservoir Area. *Acta Pedologica Sinica*, 2004, 41(2): 301—304.
- [9] Yang W Q, Zhong Z C, Tao J P, He W M. Study on temporal and spatial characteristics of available soil nitrogen, phosphorus, and potassium among the forest ecosystem of MtJinyun. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(8): 1285—1289.
- [10] He Z J, Ma L J. Soil in north slope of Dabashan Mountains in south shanxi. *Acta Univ. Agric. Boreali-occidentalis*, 1998, 26(1): 82—88.
- [11] Dong M. Survey, observation and analysis of terrestrial biocommunities. Beijing: Standards Press of China, 1997. 12—86.
- [12] Jiang W W, Zhou G M, Yu S Q, Qian X B, Sheng W M. Research on nutrient status of soils under main forest types in Anji Mountainous region. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2004, 18(4): 73—76.
- [13] Xia H P, Yu Q F, Zhang D Q. The soil acidity and nutrient contents and their characteristics of seasonal dynamic changes under 3 different forests of DingHushan nature reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(6): 645—653.
- [14] Barth R C, Klemmedson J O. Shrub-induced spatial patterns of dry matter, nitrogen and organic carbon. *Soil Science Society of America Journal*, 1978, 42: 804—809.
- [15] He Y R. Purple soils in China(2). Beijing: Science Press, 2003.
- [16] Peng X H, Li Y Y, Zhao Q G. Studies on organic matter of mountain soil in Mid-subtropical Zone in China. *Journal of Mountain Science*, 2001, 19(6): 489—496.
- [17] Gao X S, Deng L J, Zhang S R. Soil physical properties and nutrient properties under different utilization styles and slope position. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2005, 19(2): 53—58.
- [18] Yang C D, Zhang W R. Study on the organic matter of the forest soils in WoLong natural reserve. *Acta Pedologica Sinica*, 1986, 23(1): 30—39.

- [19] Lü Y Z, Zhang F R, Sun D F. Altitudinal distribution of soil organic matter in soils on BaiHua Mountains. *Soils*, 2005, 37(3): 277—283.
- [20] Lei M, Chang Q R, Feng L X, Chen T B. Soil characteristic and genetic feature of ironoxide of Taibai Mountains. *Geographical Research*, 2001, 20(1): 83—90.
- [21] Dang K L, Zhang C L, Chen H B, Han F L, Yu Q Z. Spatial distribution and variation pattern of soil fertility at different altitude on south slope in Qinling Mountains. *Scientia Silvae Sinicae*, 2006, 42(1): 16—21.

参考文献:

- [1] 黄昌勇, 土壤学. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [6] 龚子同, 陈鸿昭, 骆国保. 人为作用对土壤环境质量的影响及对策. *土壤与环境*, 2000, 9(1): 7~10.
- [7] 唐将, 李勇, 邓富银, 付绍红. 三峡库区土壤营养元素分布特征研究. *土壤学报*, 2005, 42(3): 473~478.
- [8] 李其林, 黄鸣, 刘光德, 曾祥燕. 三峡库区主要土壤类型重金属含量及特征. *土壤学报*, 2004, 41(2): 301~304.
- [9] 杨万勤, 钟章成, 陶建平, 何维明. 缙云山森林土壤速效 N、P、K 时空特征研究. *生态学报*, 2001, 21(8): 1285~1289.
- [10] 何忠俊, 马路军. 大巴山北坡土壤特性及其垂直分布. *西北农业大学学报*, 1998, 26(1): 82~88.
- [11] 董鸣. 陆地生物群落调查观测与分析. 北京: 中国标准出版社, 1997. 12~86.
- [12] 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. *水土保持学报*, 2004, 18(4): 73~76.
- [13] 夏汉平, 余清发, 张德强. 鼎湖山 3 种不同林型下的土壤酸度和养分含量差异及其季节动态变化特性. *生态学报*, 1997, 17(6): 645~653.
- [15] 何毓蓉. 中国紫色土(2). 北京: 科学出版社, 2003.
- [16] 彭新华, 李元沅, 赵其国. 我国中亚热带山地土壤有机质研究. *山地学报*, 2001, 19(6): 489~496.
- [17] 高雪松, 邓良基, 张世熔. 不同利用方式与坡位土壤物理性质及养分特征分析. *水土保持学报*, 19(2): 53~58.
- [18] 杨承栋, 张万儒. 卧龙自然保护区森林土壤有机质的研究. *土壤学报*, 1986, 23(1): 30~39.
- [19] 吕贻忠, 张凤荣, 孙丹峰. 百花山山地土壤中有机质的垂直分布规律. *土壤*, 2005, 37(3): 277~283.
- [20] 雷梅, 常庆瑞, 冯立孝, 陈同斌. 太白山土壤特性及氧化铁发生学特征. *地理研究*, 2001, 20(1): 83~90.
- [21] 党坤良, 张长录, 陈海滨, 韩福利, 于启昭. 秦岭南坡不同海拔土壤肥力的空间分异规律. *林业科学*, 2006, 42(1): 16~21.