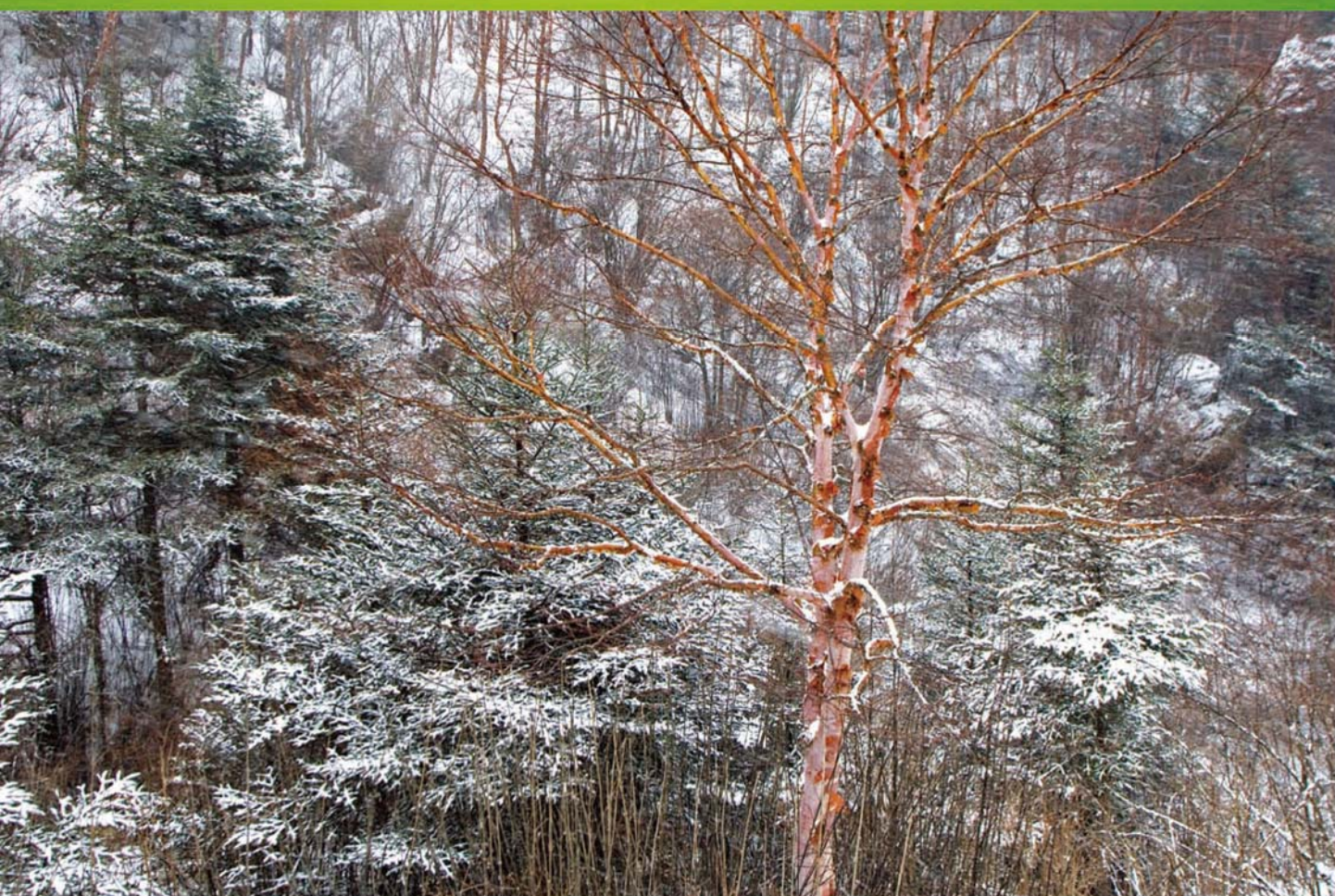


ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

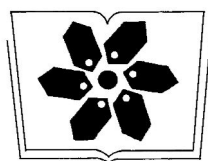
Acta Ecologica Sinica



第34卷 第8期 Vol.34 No.8 **2014**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 34 卷 第 8 期 2014 年 4 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 海洋浮游纤毛虫生长率研究进展..... 张武昌,李海波,丰美萍,等 (1897)
- 城市森林调控空气颗粒物功能研究进展..... 王晓磊,王 成 (1910)
- 雪地生活跳虫研究进展..... 张 兵,倪 珍,常 亮,等 (1922)

个体与基础生态

- 黄河三角洲贝壳堤岛叶底珠叶片光合作用对 CO_2 浓度及土壤水分的响应.....
..... 张淑勇,夏江宝,张光灿,等 (1937)
- 米楮人促更新林与杉木人工林叶片及凋落物溶解性有机物的数量和光谱学特征.....
..... 康根丽,杨玉盛,司友涛,等 (1946)
- 利用不同方法测定红松人工林叶面积指数的季节动态..... 王宝琦,刘志理,戚玉娇,等 (1956)
- 环境变化对兴安落叶松氮磷化学计量特征的影响 平 川,王传宽,全先奎 (1965)
- 黄土塬区不同土地利用方式下深层土壤水分变化特征 程立平,刘文兆,李 志 (1975)
- 土壤水分胁迫对拉瑞尔小枝水分参数的影响..... 张香凝,孙向阳,王保平,等 (1984)
- 遮荫处理对臭柏幼苗光合特性的影响..... 赵 顺,黄秋娴,李玉灵,等 (1994)
- 漓江水陆交错带典型立地根系分布与土壤性质的关系..... 李青山,王冬梅,信忠保,等 (2003)
- 梭梭幼苗的存活与地上地下生长的关系..... 田 媛,塔西甫拉提·特依拜,李 彦,等 (2012)
- 模拟酸雨对西洋杜鹃生理生态特性的影响..... 陶巧静,付 涛,项锡娜,等 (2020)
- 岩溶洞穴微生物沉积碳酸钙——以贵州石将军洞为例..... 蒋建建,刘子琦,贺秋芳,等 (2028)
- 桂东北稻区第七代褐飞虱迁飞规律及虫源分析..... 齐会会,张云慧,蒋春先,等 (2039)

种群、群落和生态系统

- 鄱阳湖区灰鹤越冬种群数量与分布动态及其影响因素..... 单继红,马建章,李言阔,等 (2050)
- 雪被斑块对川西亚高山两个森林群落冬季土壤氮转化的影响..... 殷 睿,徐振锋,吴福忠,等 (2061)
- 小秦岭森林群落数量分类、排序及多样性垂直格局 陈 云,王海亮,韩军旺,等 (2068)
- 2012 年夏季挪威海和格陵兰海浮游植物群落结构的色素表征 王肖颖,张 芳,李娟英,等 (2076)
- 云南花椒园中昆虫群落特征的海拔间差异分析..... 高 鑫,张立敏,张晓明,等 (2085)
- 人工湿地处理造纸废水后细菌群落结构变化..... 郭建国,赵龙浩,徐 丹,等 (2095)
- 极端干旱区尾间湖生态需水估算——以东居延海为例 张 华,张 兰,赵传燕 (2102)

景观、区域和全球生态

- 秦岭重点保护植物丰富度空间格局与热点地区…………… 张殷波,郭柳琳,王 伟,等 (2109)
- 太阳辐射对黄河小浪底人工混交林净生态系统碳交换的影响…………… 刘 佳,同小娟,张劲松,等 (2118)
- 黄土丘陵区油松人工林生态系统碳密度及其分配 …………… 杨玉姣,陈云明,曹 扬 (2128)
- 湘潭锰矿废弃地不同林龄栎树人工林碳储量变化趋势…………… 田大伦,李雄华,罗赵慧,等 (2137)

资源与产业生态

- 湘南某矿区蔬菜中 Pb、Cd 污染状况及健康风险评估 …………… 吴燕明,吕高明,周 航,等 (2146)

城乡与社会生态

- 北京市主要建筑保温材料生命周期与环境经济效益评价 …………… 朱连滨,孔祥荣,吴 宪 (2155)
- 城市地表硬化对银杏生境及生理生态特征的影响…………… 宋英石,李 锋,王效科,等 (2164)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 276 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 29 * 2014-04



封面图说: 冷杉红桦混交林雪——冷杉是松科的一属,中国是冷杉属植物最多的国家,约 22 种 3 个变种。冷杉常常在高纬度地区至低纬度的亚高山至高山地带的阴坡、半阴坡及谷地形成纯林,或与性喜冷湿的云杉、落叶松、铁杉和某些松树及阔叶树组成针叶混交林或针阔混交林。冷杉具有较强的耐阴性,适应温凉和寒冷的气候,土壤以山地棕壤、暗棕壤为主。川西、滇北山区的冷杉林往往呈混交状态,冷杉红桦混交林为其中重要的类型。雪被对冷杉林型冬季土壤氮转化影响的研究对揭示高山森林对气候变化的响应及其适应机制提供重要的理论支持。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201303130407

李青山, 王冬梅, 信忠保, 李扬, 任远. 漓江水陆交错带典型立地根系分布与土壤性质的关系. 生态学报, 2014, 34(8): 2003-2011.

Li Qingshan, Wang D m, Xin Z B, Li Y, Ren Y. Root distribution in typical sites of Lijiang ecotone and their relationship to soil properties. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(8): 2003-2011.

漓江水陆交错带典型立地根系分布与土壤性质的关系

李青山, 王冬梅*, 信忠保, 李 扬, 任 远

(北京林业大学水土保持学院, 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要: 研究根系与土壤关系是发掘河岸带生态退化等问题内在原因的重要途径。在漓江流域水陆交错带选取缓坡、陡坡、江心洲、人工岸坡 4 种典型立地类型, 对不同土层深度的根长密度、根系生物量、比根长, 以及根系特征与土壤有机质、全氮、有效磷的关系进行了研究, 旨在为漓江流域生态修复过程中植被恢复、植被配置、快速绿化材料选取提供科学依据。结果表明: (1) 同一立地类型 0—10 cm 土层和 10—20 cm 土层比根长差异性不显著。0—10 cm 到 10—20 cm 土层, 各立地类型根长密度和根系生物量密度均减小, 但不同立地类型根长密度和根系生物量密度的差异程度逐渐缩小, 表明地形、地表植物类型及生长状况对根长密度分布的影响也随土层深度的增加而逐渐减小。细根根长和生物量随着土壤深度的增加而减小。(2) 土壤有机质含量差异性显著, 分布规律为人工岸坡>陡坡>江心洲>缓坡; 土壤全氮含量从大到小依次是人工岸坡、陡坡、缓坡、江心洲, 其值分别为: 3.12、2.33、1.56、1.32 g/kg; 土壤全氮与土壤有机质呈显著正相关。江心洲和缓坡有效磷含量远远大于人工岸坡和陡坡, 原因是漓江水长期受人为洗漱影响, 导致受江水干扰大的立地类型有效磷含量高。(3) 根长密度、比根长、根系生物量与有机质、全氮含量呈正相关, 与有效磷含量呈负相关, 说明土壤根系越丰富, 越有利于增加土壤有机质和全氮含量, 但遏制了土壤有效磷。细根长度、生物量与根长密度在 0.01 水平(双侧)上显著正相关, 与根系生物量密度呈负相关。

关键词: 漓江; 水陆交错带; 根长密度; 比根长; 根系生物量密度; 土壤性质

Root distribution in typical sites of Lijiang ecotone and their relationship to soil properties

LI Qingshan, WANG Dongmei*, XIN Zhongbao, LI Yang, REN Yuan

Soil and Water Conservation College of Beijing Forestry University, State Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Prevention, Beijing 100083, China

Abstract: Studying the relationship between roots and soil is an important way to determine the fundamental reasons for ecological degradation in areas of riverside belt. Concentrating on the problem of ecosystem degradation in the Lijiang River, this paper explored the plant root distribution features of degraded ecosystems on the river-land ecotone. In the repair process, root distribution characteristics are an important basis for the characterization of different herbs' soil and water protection functions. Thus, there is an urgent need to carry out the study into the types of dominant herbaceous plant root distribution in different sites on the Lijiang River ecotone. This paper studied the root characteristics, such as root length density, specific root length and root biomass in different soil depths, and assessed the correlation between root characteristics and soil organic matter, total nitrogen and available phosphorus. This research was conducted on gentle slope, steep slope, middle bar and artificial bank slope from four typical site types on the river-land ecotone, which aimed to provide a scientific basis for vegetation restoration, vegetation configuration and material selection of fast greening plants during the process of ecological restoration. The result shows: Within each site type, the difference between specific root

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目(2012BAC16B03)

收稿日期: 2013-03-13; 修订日期: 2013-07-29

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: dmwang@126.com

length in the 0—10 cm and 10—20 cm soil layer is not significant. From the 0—10 cm to 10—20 cm soil layer, the root length density and root biomass decreased in each site type, but the difference between the root length density and root biomass gradually decreased, which indicated that the effects of the terrain surface, types of plant and growth conditions on the distribution of root length density gradually decrease with the increase in soil depth. The fine root and root biomass also decrease with the increase in soil depth. The difference in soil organic matter content is significant with the distribution being bank slope > steep slope > middle bar > gentle slope. The total nitrogen content relationship is bank slope > steep slope > gentle slope > middle bar, and the values separately are 3.12 g/kg, 2.33 g/kg, 1.56 g/kg and 1.32 g/kg, respectively. Soil total nitrogen and soil organic matter show a significant positive correlation. Since Lijiang River water has been affected by human activities for a long time, the available phosphorus content in the middle bar and gentle slope is much greater than that in the bank slope and steep slope. Root length density, specific root length and root biomass are positively correlated with organic matter and total nitrogen, and negatively correlated with available phosphorus. We can therefore draw the conclusion that with more soil roots, there is more organic matter and total nitrogen, and less available phosphorus. Fine root length and biomass have a significant positive correlation with root length density at 0.01 level (two tails), and show a negative correlation with root biomass density.

Key Words: Lijiang; land/inland water ecotone; root length density; specific root length; root biomass density; soil properties

漓江是国家重点保护的黄金水道之一,是桂林山水的精华,素有“桂林山水甲天下,百里漓江百里画”的美称,它是集饮用和旅游为一体的多功能河流。然而,随着旅游业的过度开发,近 40 年漓江纯真古朴的自然景观出现了快速退化趋势,漓江水陆交错带生态安全体系遭受严峻的挑战,漓江河漫滩、岸滩侵蚀呈现加剧趋势^[1-2]。针对漓江面临的问题,有关部门曾先后组织过一些小型的调查研究工作,重点主要放在地质、水文方面^[3],而对漓江流域水陆交错带植物多样性、植物根系、土壤等研究较少,因此迫切需要开展漓江流域水陆交错带生态修复研究。

水陆交错带是内陆水体生态系统和陆地生态系统之间的界面区^[4],对经过水陆交错带的物质流和能量流有拦截和过滤作用。水陆交错带不同于森林生态系统,由于水陆交错带土层薄、石砾含量高等特点,根系在植物固定和保持土壤、养分循环、土壤结构改善中起着更加重要的作用^[5]。关于根系研究的重要性,早在 20 世纪 30 年代 Weaver 就较系统地阐述过^[6],但自然生态系统中植物根系和土壤关系的研究却是直到 70 年代以后。随着实验技术的进步,国内外学者将根长密度、根系生物量密度、比根长等指标用于研究植物根系分布特征及其与土壤性状的关系^[7-11],并取得了一定的研究成果。另外从水陆

交错带根系研究进展来看,国内外对水陆交错带植物根系的特征分布和土壤性质的关系研究较少。其中国际对水陆交错带植物根系的研究相对较为全面^[12-14];国内对水陆交错带根系研究较少,主要集中在净化污水^[15]、根系特征^[16-17]等方面。

漓江具有发育良好的水陆交错带,从灵川到阳朔 83km 河段,水陆交错带按坡度可以分为缓坡、陡坡和人工岸坡,人工岸坡主要集中在城区,有浆砌石等人工护岸措施,坡度一般大于 45°;缓坡和陡坡一般分布在离城区较远的河郊地区;江心洲是内陆水体生态系统和陆地生态系统之间的界面区的另一种形式。本文对漓江水陆交错带退化区域 4 种立地类型上植物根系、土壤进行调查,分析根长密度、根系生物量密度、比根长与土壤有机质、全氮、有效磷之间的关系,以期通过此研究,能更深入地了解漓江水陆交错带根系组成、分布规律及其与土壤因子的相互关系,为漓江流域植被恢复、生态建设提供基础依据。

1 研究区域

研究区域位于广西桂林灵川县到阳朔县的漓江水陆交错带,河段全长 83km。漓江流域地处北回归线以北的低纬度区,属湿热多雨的亚热带季风气候,年均气温 17.8℃,降雨量丰富,年平均降雨量 1949.5

mm;年日照时数 1243.5—1467.1 h,年平均相对湿度为 73%—79%。自灵川以下,桂林—阳朔以峰丛洼地、峰林平原等喀斯特地貌为主,是世界亚热带喀斯特发育最典型最完美的地区,为旅游重点河段,且人类活动干扰严重,为生态修复重点区域,平均海拔 150 m,主要土壤类型为山地黄壤,土层薄、质地粗,石砾含量高。漓江流量从 9 月份开始下降,一直到次年 2 月份春雨降临,流量开始复苏,枯季结束^[18]。主要乔木树种为枫杨 (*Pterocarya stenoptera*)、阴香 (*Cortex Cinnamomi Burmannii*)、乌柏 (*Sapium sebiferum*)、桉树 (*Eucalyptus*) 等;竹类为凤尾竹 (*Bambusa multiplex*) 和孝顺竹 (*Bambusa multiplex* (Lour.) Raeuschel J.A.et J.H.Schult.);主要灌木有一叶萩 (*Suffrutescent Securinega* Twig)、水杨梅 (*Geum aleppicum*)、马甲子 (*Paliurus ramosissimus*) 等;草本植物为狗牙根 (*Cynodon dactylon*)、紫菀 (*Tatarian Aster*

Root)、水蓼 (*Polygonum hydropiper*) 等。

2 研究方法

2.1 样地选择

2012 年 11 月对漓江 83 公里河段全线踏查,根据踏查资料,选择漓江流域水陆交错带 4 种典型立地类型进行研究:缓坡、陡坡、江心洲、人工岸坡(表 1)。缓坡:坡度<15°的漓江水陆交错带,陡坡:15°<坡度<45°的漓江水陆交错带,江心洲:位于江、河中心,人工岸坡:坡度>45°的漓江水陆交错带,有人工岸坡护岸措施(浆砌石)和客土。在研究区内选择 34 块 10m×10m 的典型样地,其中缓坡 9 块,陡坡 9 块,江心洲 8 块,人工岸坡 8 块;用 GPS 定位,每木检尺后,对样地植被、土壤、地形进行调查。样地基本情况见表 1。

表 1 不同立地类型样地调查表
Table 1 The questionnaire of standard plots in different site types

项目 Item	林下草本植被盖度 Cover degree under stand			
	85%	90%	38%	29%
主要灌木、草本植物 Main shrub and herb species	水蓼 <i>Polygonum hydropiper</i> , 小蓬草 <i>Conyza Canadensis</i> L. Cronq.	白背黄花稔 <i>Sida rhombifolia</i> L., 土牛膝 <i>Achyranthes bidentata</i> Bl.	紫菀 <i>Tatarian Aster</i> , 艾草 <i>Artemisia argyi</i>	菵草 <i>Humulus scandens</i> Merr.
砾石含量 Gravel content/%	26	10	40	5
土壤质地 Soil texture	砂壤	壤土	砂土	黏壤土
土厚/cm Soil depth	25	50	20	100
平均密度 Mean density/(个/hm ²)	620	850	930	1570
平均冠幅 Mean canopy width/m	2.2×2.4	5.1×5.2	5.6×6.3	4.3×4.6
平均树高 Mean height/m	15.5	17.8	10.6	20.4
主要树种 Main species	枫杨 <i>Pterocarya stenoptera</i>	枫杨 <i>Pterocarya stenoptera</i>	枫杨 <i>Pterocarya stenoptera</i>	阴香 <i>Cortex Cinnamomi Burmannii</i> 桉树 <i>Eucalyptus</i>
坡位 Minus grade	下坡	下坡	下坡	下坡
立地类型 Site type	缓坡	陡坡	江心洲	人工岸坡

2.2 根系样品采集和测定

根系采集于 2012 年 12 月进行,植物根系基本停止生长。根系采集采用剖面法,在每个样地内随机选取 6 个取样点。考虑到漓江流域水陆交错带土层薄,石砾含量高,植物根系浅,水分含量随土层变化不大,挖掘困难等特点,本文根系挖取仅分两层,即从土壤表层向下按 0—10 cm、10—20 cm 分层,用钢制圆形环刀水平向下取土样,将取出的土壤样品

放入灭菌处理过的密封袋内带回,根样取回后先在水中浸泡冲洗,并过 0.2 mm 筛使根与大部分土壤、杂质分离,然后放入清水中利用网勺和镊子根据根的外形、颜色和弹性区分死根和活根并将死根挑除。处理后的根系按直径≤2 mm(细根)和>2 mm(粗根)分为两级。用 WinRHIZO2005 仪器对直径≤2 mm(细根)和>2 mm(粗根)的根系分别进行根系的长度的测定,并计算根长密度:根系长度/土壤体积。

扫描后的两种不同径级根系样品分别置入 80 ℃ 烘箱中烘干至恒量,称量并记录根系生物量,计算根系生物量密度:根系干重/土壤体积。

2.3 土样采集和测定

在采集根系样品同时,在每个取样点不同层次(0—10 cm、10—20 cm)取土壤混合,用于有机质、N 含量、P 含量的测定;土壤有机质测定采用重铬酸钾氧化-外加热法;土壤全 N 用半微量开氏法;土壤有效 P 用 NaHCO_3 提取-钼锑抗比色法。

2.4 统计分析

文中根长密度、根系生物量密度均为直径 ≤ 2 mm(细根)和 > 2 mm(粗根)的根系根长密度、根系生物量密度的总和,直径 ≤ 2 mm(细根)的根系数据用于细根分布情况研究(表 2)。

使用 Microsoft Excel 2003 计算各立地类型各层根系特征指标值和土壤性质指标值的平均数、标准

差和百分比。依据 SPSS 20 软件中 One-way ANOVA 比较结果来评价不同立地类型不同土层深度根系特征的差异显著性;用 SPSS 20 软件对根系特征和土壤性质进行相关性分析。利用 Excel 初步作图并用 Photoshop CS4 对图添加显著性标记。

3 结果与分析

3.1 典型立地类型根系分布特征

3.1.1 不同立地类型根系特征横向对比

根长密度是单位土壤体积所含根系的长度,反映在某一土壤层的根系伸展量^[19]。0—10 cm 土层,陡坡($27.25 \text{ m}/100\text{cm}^3$)和缓坡($23.65 \text{ m}/100\text{cm}^3$)立地类型根长密度较大,其次为人工岸坡($14.18 \text{ m}/100\text{cm}^3$),江心洲最小($12.46 \text{ m}/100\text{cm}^3$)。10—20 cm 土层,陡坡($18.44 \text{ m}/100\text{cm}^3$)立地类型根长密度最大,江心洲($3.17 \text{ m}/100\text{cm}^3$)最小(图 1)。

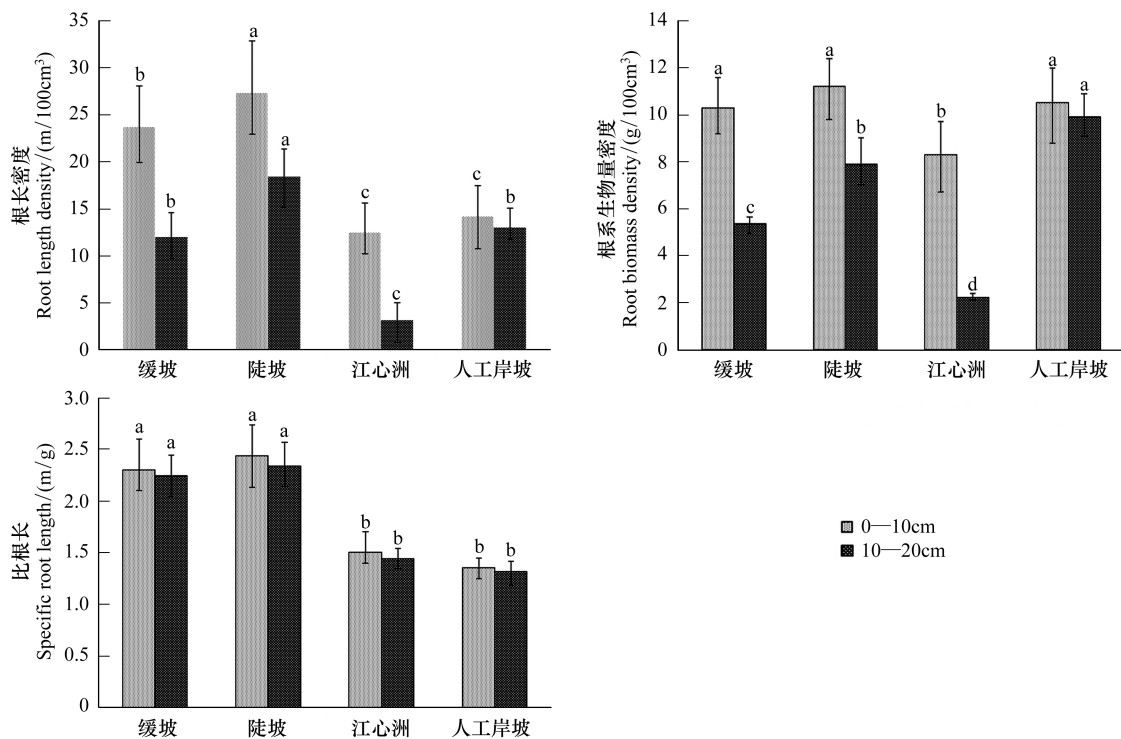


图 1 不同立地类型植物根系特征图

Fig.1 Root characteristics in different site types

缓坡 Gentle slope;陡坡 Steep slope;江心洲 Middle bar;人工岸坡 Artificial bank slope;不同小写字母表示差异显著, $P < 0.05$

根系生物量密度表示单位根系深度生物量的大小,是种群结构与功能的重要测度指标^[20]。0—10 cm 土层,根系生物量密度差异性不明显,其中缓坡、陡坡、人工岸坡较为接近。10—20 cm 土层,根系生物量密度差异性显著,分布规律为:人工>陡坡>缓坡

>江心洲,其值分别为: $9.90 \text{ g}/100 \text{ cm}^3$ 、 $7.90 \text{ g}/100 \text{ cm}^3$ 、 $5.35 \text{ g}/100 \text{ cm}^3$ 、 $2.20 \text{ g}/100 \text{ cm}^3$ (图 1)。

比根长是根系长度和生物量的一个比值,反映了根系细根和粗根之间数量比例的关系。缓坡、陡坡比根长远大于人工岸坡、江心洲,前者大约是后

者的 2 倍(图 1)。原因在于细根根长密度大,根生物量密度小,比根长大^[21],缓坡、陡坡各土层细根含量大,人工岸坡和江心洲各土层细根含量低(表 2),缓坡、陡坡比根长较大。

同一土层细根长度和细根生物量差异性均显著,分布规律均为:陡坡>缓坡>人工岸坡>江心洲。陡坡和缓坡各层的细根长度、细根生物量比例均远远大于江心洲和人工岸坡,其中陡坡细根生物量是江心洲的 4.91 倍(表 2)。

3.1.2 不同立地类型根系特征垂直对比

漓江流域水陆交错带不同立地类型的根系集中分布在 0—10 cm,其根长密度和根系生物量密度是 10—20 cm 土层的 1—3 倍。江心洲立地类型根长密度 0—10 cm 土层是 10—20 cm 土层的 3.93 倍,根系生物量密度 0—10 cm 土层是 10—20 cm 土层的 3.77 倍。人工岸坡立地类型 0—10 cm 和 10—20 cm 土层

根系长度密度和生物量密度差异性均不显著,这反映了人工岸坡立地类型土层较深,0—20 cm 土层根系结构变化不大,如果专门研究人工岸坡,需要更深的土层厚度。0—10 cm 到 10—20 cm 土层,各立地类型的根长密度和根系生物量密度均表现为递减趋势(图 1)。从不同立地类型各土层标准误差分布(图 1)也可以看出,从 0—10 cm 到 10—20 cm 土层,各种立地类型的根长密度和根系生物量密度的标准误差逐级减小,其值分别为:3.76 m/100 cm³、2.31 m/100 cm³;1.40 g/100 cm³、0.60 g/100 cm³。与根系长度密度和生物量密度相比,比根长在同一立地类型各土层的分布基本一致(图 1),这与同一立地类型不同土层细根所占的比例差异不明显相关。细根长度和细根生物量各层比例均随土层的加深而减少,但差异性不显著(表 2)。

表 2 典型立地类型细根分布情况

Table 2 Fine root distribution in different site types

土层深度/cm Soil depth	细根长度各层百分比 Each layer of fine root length of /%				细根生物量各层百分比 Each layer of fine root biomass/%			
	缓坡	陡坡	江心洲	人工岸坡	缓坡	陡坡	江心洲	人工岸坡
0—10	89.93Ba	95.19Aa	38.55Ca	42.39Ca	56.69Ba	68.32Aa	13.91Ca	17.24Ca
10—20	83.45Ba	92.36Aa	32.47Ca	37.76Ca	52.27Ba	65.44Aa	10.78Ca	16.39Ca

缓坡 Gentle slope;陡坡 Steep slope;江心洲 Middle bar;人工岸坡 Artificial bank slope;同行不同大写字母表示不同立地类型差异显著($P<0.05$);同列不同小写字母表示不同土层差异显著($P<0.05$)

3.2 不同立地类型土壤化学性质分布规律

不同立地类型有机质含量差异性显著。人工岸坡(26.30 g/kg)立地类型腐殖质层厚,有机质含量最高,分别是陡坡、缓坡、江心洲的 1.24、1.69、1.82 倍(图 2)。

土壤中全氮含量从大到小依次是人工岸坡、陡坡、缓坡、江心洲,其值分别为:3.12 g/kg、2.33 g/kg、1.56 g/kg、1.32 g/kg(图 2)。

土壤有效磷分布规律为缓坡(11.00 mg/kg)和江心洲(12.02 mg/kg)差异性不显著,陡坡(5.12 mg/kg)和人工岸坡(3.51 mg/kg)差异性不显著(图 2)。

3.3 根系特征与土壤性质相关关系

对漓江流域水陆交错带典型立地类型根系特征和土壤性质进行相关性分析(表 3),表明:(1)根长密度与比根长、根系生物量密度在 0.05 水平(双侧)正相关。根长密度与细根根长、细根生物量在 0.01 水平(双侧)正相关;而根系生物量密度与细根根长、

细根生物量呈负相关,与细根生物量在细根根长、细根生物量在 0.05 水平(双侧)负相关。(2)土壤有机质与土壤全氮在 0.01 水平(双侧)正相关。(3)根长密度、细根根长、细根生物量与有机质、全氮均呈正相关。这表明土壤有机质和全氮含量较高的土层中,分布着较多的细根根长、细根生物量,并且具有较高的根长密度。(4)土壤有效磷与根系特征、土壤有机质、土壤全氮均呈负相关,其与细根生物量和有机质在 0.05 水平(双侧)上显著负相关。

4 结论与讨论

研究根系的结构和形态,包括不同生态系统、同一系统不同土层的根系特征,有利于认识根的基本特征和根系内部的异质性^[22],根长、根生物量分布特征同样可以较好地反映不同立地类型不同层次根系在林木生长过程中的作用。根系的生长是土壤结瘤和养分综合作用的结果,既表现在不同的土壤层

次之间,又表现在平均水平上^[23]。因此本文着重从垂直和水平方向上分析和讨论漓江流域水陆交错带4个典型立地类型根系特征与土壤理化性质及其关系。

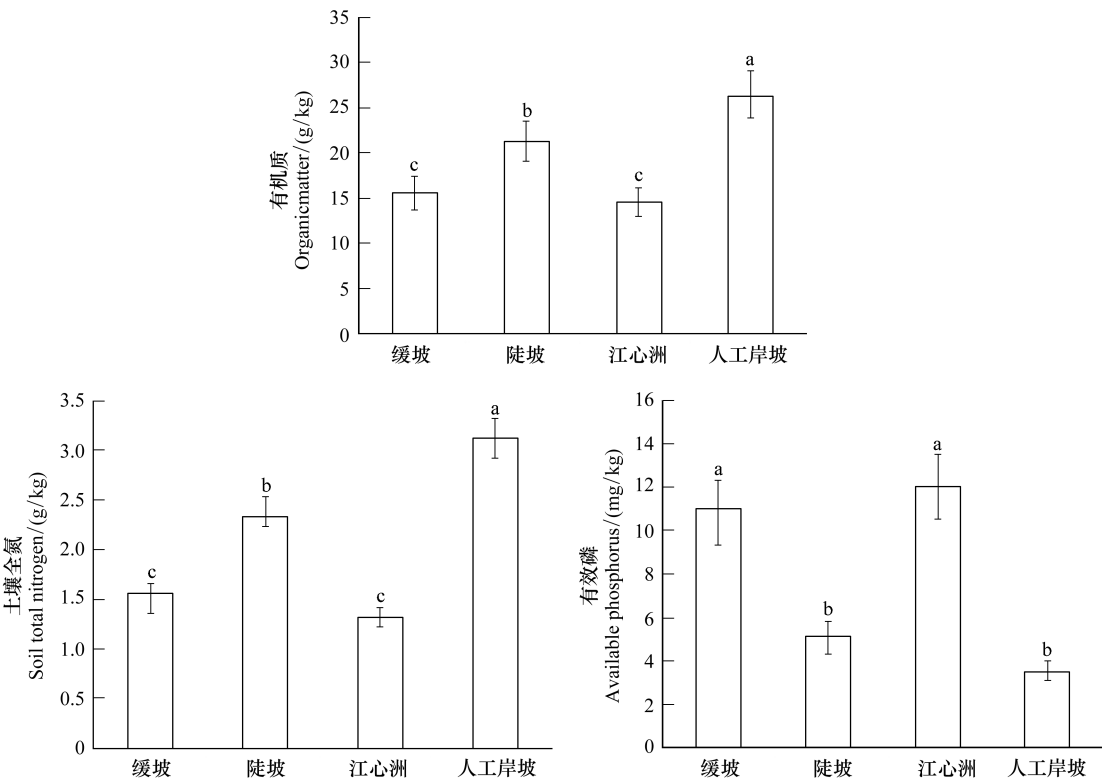


图2 不同立地类型土壤性质分布图
Fig.2 The distribution map of root characteristics in different site types

表3 根系特征与土壤性质相关关系分析
Table 3 Analysis the correlations between root characteristics and soil properties

项目 Item	根长密度/ (m/100cm ³)	比根长/ (m/g)	根系生物 量密度/ (g/100cm ³)	细根根长 / m	细根 生物量/g	有机质/ (g/kg)	全氮/ (g /kg)	有效磷/ (mg/kg)
根长密度 Root length density	1	0.623 *	0.589 *	0.818 **	0.899 **	0.427 *	0.464 *	-0.231
比根长 Specific root length	0.623 *	1	-0.528 *	0.422 *	0.478 *	0.237	0.211	-0.127
根系生物量密度 Root biomass density	0.589 *	-0.528 *	1	-0.278	-0.499 *	0.412 *	0.232	-0.179
细根根长 Fine root length	0.818 **	0.422 *	-0.278	1	0.931 **	0.556 *	0.476 *	-0.367
细根生物量 Fine root biomass	0.899 *	0.478 *	-0.499 *	0.931 **	1	0.877 **	0.631 *	-0.564 *
有机质 Organic matter	0.427 *	0.237	0.412 *	0.556 *	0.877 **	1	0.828 **	-0.563 *
全氮 Total T	0.464 *	0.211	0.232	0.476 *	0.631 *	0.828 **	1	-0.311
有效磷 Available P	-0.231	-0.127	-0.179	-0.367	-0.564 *	-0.563 *	-0.311	1

* 表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关; ** 表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关

4.1 根系特征和土壤性质水平分布

立地类型是造成根系分布差异的一个重要原因^[24],立地类型的差异表现在坡度、坡位、土壤性质、植被类型、林分密度等方面。不同立地类型根系空间分布具有高度的异质性^[5],本文研究结果发现不同立地类型根系分布差异性显著,这与立地类型

差异相关,即与各立地类型坡度、土壤质地、树种和植被盖度等有一定的相关性,其相关程度需进一步研究。一些研究认为表层土壤中根长密度主要受到草本植物(浅根性植物)^[21]的影响,根系生物量主要受林下植被和粗根含量的影响^[25]。本研究发现,林下草本植物茂盛的陡坡和缓坡立地类型,细根含量

大,比根长大,根长密度和根系生物量密度较大。人工岸坡立地类型虽然林下植被稀疏,但乔木茂盛,石砾含量少,粗根比例大,根系生物量密度也较大,另一方面,人工岸坡腐殖质层厚,土壤有机质含量高,土壤全氮含量高。另有学者发现土壤养分资源相对匮乏的土层,其细根生物量、根长密度的投入较少^[5]。与本文中江心洲土层薄,土壤贫瘠,石砾含量高,其细根含量少,比根长小,根长密度、根系生物量低的结论相一致。

已有研究表明在一定范围内随着坡度的增加,各立地类型的植被及物种多样性逐渐减少,石砾含量逐渐增加。郝文芳^[26]等在黄土丘陵区天然群落的植物组成、植物多样性及其与环境因子的关系研究发现,各立地类型随坡度的增加,植被盖度、土壤有机质逐渐减少。但本研究从林木生长、土壤厚度等因子和根系特征、土壤指标的分析结果来看,陡坡均优于缓坡,目前对造成这种现象的机制并不十分清楚,这是以后的研究中需要重点解决的问题,其可能与水陆交错带这个特殊地理位置有关,本文研究缓坡和陡坡立地类型的坡位均属于下坡,缓坡坡度较小,受水位变化的影响较大。江水的涨停对水陆交错带进行冲刷,带走大量泥沙,导致缓坡立地类型土壤侵蚀较大,土层薄,石砾含量高,根系含量和土壤性质较差。

土壤有机质的矿化降解是植物的重要养分来源之一,而且土壤有机质是土壤养分的主要储存库^[27]。土壤有机质主要来源于动、植物残体以及各种有机肥料(包括秸秆还田和绿肥等)^[28]。本研究中,各立地类型有机质含量存在一定的差异。人工岸坡立地类型腐殖质层厚,有机质含量最高。土壤氮素的输入主要依赖于植物残体的归还及生物固氮,少部分来源于大气沉降^[29]。滞留在土壤中的氮的输出,主要是通过植物根系吸收氮,将其同化为自身的组织,但大部分氮素会随着植物组织的衰老和凋落回归土壤^[30]。人工岸坡和陡坡立地类型全氮含量高,原因是源于其根系发达,土壤植物残体含量丰富。江心洲立地类型土层薄,石砾含量高,林下植被稀疏,腐殖质层薄,全氮含量最少。

人工岸坡立地类型由浆砌石护砌,将江水与岸坡土壤隔开,陡坡立地类型坡度较陡,减少了土壤水分和江水循环流动,两种立地类型均受水位影响小。

缓坡、江心洲受江水干扰大。受水位影响较大的缓坡、江心洲的有效磷含量明显高于受水位影响相对较小的陡坡、人工岸坡。可能是由于:漓江边居民长期在江边进行洗衣等洗刷活动,洗刷用品中含有大量的磷,致使流域水陆交错带边受水位影响大的土壤中磷含量较高^[31]。另一方面,陈建会^[32]等认为地表腐殖质层可以避免土壤磷矿物的沉淀,进而保持土壤有效磷的供应,这说明腐殖质层厚的陡坡、人工岸坡立地类型应该有效磷含量高,这与本文研究结果相反,进一步增加了江水影响土壤磷含量的可能性。

4.2 根系特征和土壤性质垂直分布

很多研究发现,根长密度和根系生物量密度的垂直分布随着土层的加深而减少,且多集中分布在土壤表层,主要是受到土壤理化性质和结构的影响^[25,33]。本研究发现,各立地类型土壤从表层向下腐殖质减少,有机质和全氮相应减少,有机质和全氮含量与根长密度和根系生物量密度呈正相关,这表现在:0—10 cm 到 10—20 cm 土层,各立地类型的根长密度和根系生物量密度均表现为减少,这与李勇等研究结果相同^[34]。0—10 cm 到 10—20 cm 土层,各立地类型的根长密度和根系生物量密度的标准误差逐级减小,说明了随着土层深度的增加,不同立地类型根长密度和根系生物量密度的差异程度逐步缩小,地形、地表植物类型及生长状况对根长密度分布的影响也随土层深度的增加而逐渐减小,黄林等的研究结果与此相同^[24]。

4.3 根系特征和土壤性质相关性

根系吸收土壤中的水和矿物质,合成和储存有机物,另一方面,根系表面微生物、根系残体以及根系死亡后的孔穴在转化为氮和土壤有机物等方面有着重要的作用^[20]。土壤环境具有高度的异质性,不同土层深度根系的生长、分布受到自身遗传特性和土壤环境的双重影响^[7]。土壤环境异质性对根系分布空间异质性的产生有重要作用,根系适应土壤空间异质性的策略是调整根长密度和根系生物量等根系特征^[8]。已有研究表明,根系基本特征与有机质、全氮含量呈正相关,黄林^[24]在不同森林类型根系分布与土壤性质的关系研究表明根长密度与有机碳、全氮呈极显著正相关。本研究发现,根长密度、比根长、根系生物量与有机质、全氮含量呈正相关。另

外,研究表明,根长和生物量之间存在不对称的比例关系,反映了细根和粗根功能上的差异^[21]。本文中,根长密度与根系生物量在 0.05 水平(双侧)上显著相关,这种对称的比例关系,说明漓江流域水陆交错带各立地类型根系差异性较大,这可能与植物种类和盖度有关,其根本原因需进一步研究。Vogt^[35]等对大量研究数据加以分析,发现土壤结构和养分状况是决定细根含量的重要因素,而细根生产则主要受养分条件的控制。Cavelier J^[36]等研究表明细根的垂直分布主要由土壤中氮含量控制。本研究发现,漓江流域水陆交错带细根长度、细根生物量与土壤有机质、全氮呈正相关。

研究中还发现,有效磷与根系特征、有机质、全氮均呈负相关,其与细根生物量和有机质在 0.05 水平(双侧)上显著负相关。说明适当的减少磷的排放,对漓江流域植被根系的生长,土壤肥力的保持有一定的相关性,这对漓江流域快速绿化材料的选取有指导意义。另外已有研究表明,低磷胁迫下,植物根系会发生适应性改变,包括根变长、变细,增加地下部分的生长等^[37-38],这也正好与本研究陡坡和人工岸坡在低磷环境下根系生长较好,根长密度和根系生物量较大的结果相一致。

References:

- [1] Yang Y D, Wu H, Guo J D, Zhang Y Q. The source and upper reaches of remote sensing investigation of ecological environment change. *Journal of Guilin University of Technology*, 2005, 25 (1): 36-40.
- [2] Huang W J, Liu X Z, Cai D S. Researches on Lijiang river ecosystem. *Ecological Economy*, 2007, (3): 131-134.
- [3] Hu G, Liu J. Estuarine beach erosion research progress. *Marine Geology Frontiers*, 2006, 22(6): 5-9.
- [4] Bai J H, Deng W, Zhu Y M, Wang G P, Xu X F. Study on the laws of spatial variation of nitrogen in soil of land/inland water ecotones—A case of LWE in Yueliangpao wetland. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2002, 22(3): 343-348.
- [5] Yan H, Liu G Q, Li H S. Changes of root biomass, root surface area, and root length density in a *Populus cathayana* plantation. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2010, 21(11): 2763-2768.
- [6] Xiang X L, Ning S J, Wei D Z. Advances of research on roots. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2009, 25(17): 105-112.
- [7] Wei L Y, Shang Guan Z P. Vertical distribution of the fine root of the natural *Pinus tabulaeformis* f. *shekannesis* forest in ziwuling loess plateau. *Journal of Northwest A & F University*, 2007, 35 (7): 70-74.
- [8] Jackson R B, Canadell J R, Mooney H A, Sala E O, Schulze E D. A global analysis of root distribution for terrestrial biomes. *Oecologia*, 1996, 108 (3): 389-411.
- [9] Osman N, Barakbah S S. Parameters to predict slope stability-soil water and root profiles. *Ecological Engineering*, 2006, 28(1): 90-95.
- [10] Mamo M, Bubenzer G D. Detachment rate, soil erodibility, and soil strength as influenced by living plant roots. Part II: field study. *Asae*, 2001, 44(5): 1174-1181.
- [11] Wells C E, Glenn D M, Eissenstat D M. Changes in the risk of fine-root mortality with age: a case study in peach, *Prunus persica* (Rosaceae). *American Journal of Botany*, 2002, 89(1): 79-87.
- [12] Gift M D, Groffman P M, Kaushal S S, Mayer P M. Denitrification potential, root biomass, and organic matter in degraded and restored urban riparian zones. *Restoration Ecology*, 2010, 18(1): 113-120.
- [13] Rood S B, Bigelow S G, Hall A A. Root architecture of riparian trees: river cut-banks provide natural hydraulic excavation, revealing that cottonwoods are facultative phreatophytes. *Trees*, 2011, 25(5): 907-917.
- [14] Docker B B, Hubble T C T. Quantifying root-reinforcement of river bank soils by four Australian tree species. *Geomorphology*, 2008, 100(3/4): 401-418.
- [15] Li G B, Zhou H D, Liu F. Preliminary study on polluted water purification by reed root hole at cross bedding of land and water. *China Water Resources*, 2003, (6): 65-68.
- [16] Ye M, Xu H L, Wang X F, Shen R X. Spatial distribution characteristics of root system of *populus euphratica* in the algal transection of the lower Tarim river. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2011, 31(4): 0801-0807.
- [17] Zhong Q C, Du Q, Zhang C, Wang K Y. Spatial distribution of root system of different riparian plant configuration modes. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(22): 6135-6145.
- [18] Liao Z L. The Li-river upper reaches of the causes and measures of low water. *Journal of Guilin University of Technology*, 1995, 2 (15): 181-189.
- [19] Hao Z Y, Yang P L, Liu H L, Yao C M. Experimental investigation on root system distribution of apple tree. *Journal of China Agricultural University*, 1998, 3(6): 63-66.
- [20] Liu X L, Ma Q Y, Yang D S, Shi Z M, Su Y M, Zhou S Q, Liu S R, Yang Y P. Studies on root biomass and productivity in dominant plantation populations in the mountainous land in western Sichuan. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(2): 542-551.
- [21] Mei L, Wang Z Q, Han Y Z, Gu J Z, Wang X R, Cheng Y H, Zhang X J. Distribution patterns of *Fraxinus mandshurica* root biomass, specific root length and root length density. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(1): 1-4.
- [22] De Deyn G B, Cornelissen J H C, Bardgett R D. Plant functional traits and soil carbon sequestration in contrasting biomes. *Ecology Letters*, 2008, 11(5): 516-531.
- [23] Cheng Y H, Han Y Z, Wang Q C, Wang Z Q. Seasonal dynamics of fine root biomass, root length density, specific root length and soil resource availability in a *Larix gmelini* plantation. *Acta Phytocologica Sinica*, 2005, 29(3): 403-410.
- [24] Huang L, Wang F, Zhou L J, Huang R, Qi D H, Wei G. Root distribution in the different forest types and their relationship to soil properties. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32 (19): 6110-6119.

- [25] Cheng R M, Wang R L, Xiao W F, Feng X H, Liu Z B, Ge X G, Wang X R, Zhang W Y. Spatial distribution of root biomass of *Pinus massoniana* plantation in Three Gorges reservoir area, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(3): 823-832.
- [26] Hao W F, Du F, Chen X Y, Liang Z S. Composition and diversity analysis of natural-community plants in the loess hilly region. *Acta Agrestia Sinica*, 2012, 20(4): 609-615.
- [27] Suarez-Estrella F, Vargas-Garcia M C, Lopez M J. Changes in carbon fractions during composting of plant wastes and the influence of a humic extract on soil microorganism growth. *Dynamic Biochemistry, Process Biotechnology and Molecular Biology*, 2008, 2(1): 90-95.
- [28] Zhang Q Z. Effect of soil organic matter on soil fertility. *Xinjiang Farmland Science&Technology*, 1985, (4): 54-56.
- [29] Li Z P, Wang X J. Analysis and evaluation of soil organic matter dynamics at a little region scale. *Scientia Geographica Sinica*, 2000, 20(2): 182-187.
- [30] Xu H S, Zhao T Q, He Y X, Xu Z X, Ma C H. Effect of different vegetation types on agricultural non-point nitrogen pollution in riparian wetlands. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(21): 5759-5768.
- [31] Li Y, Wang D M, Xin Z B. Spatial distribution of vegetation and soil in aquatic-terrestrial ecotone, Li River. *Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2013, 29(6): 121-128.
- [32] Chen J H, Zou X M, Yang X D. Retention of plant available P in acid soils of tropical and subtropical evergreen broad-leaved forests. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(7): 2294-2300.
- [33] Zhou M H, Chen J M, Wan H E. Distribution characteristics of the root system of the *Stipa bungeana* Trin. community in Yunwu mountain. *Acta Agrestia Sinica*, 2008, 16(3): 267-271.
- [34] Li Y, Wu S X, Xia Hou G F. Stabilization of soil structure by roots of artificial locust trees in purple soil region. *Journal of Soil Water Conservation*, 1998, 4(2): 1-7.
- [35] Vogt K A, Vogt D J, Palmiotto P A, Boon P, O'Hara J, Ashbjornsen H. Review of root dynamics in forest ecosystems grouped by climate, forest type and species. *Plant and Soil*, 1996, 187: 159-219.
- [36] Cavelier J. Fine root biomass and soil properties in a semideciduous and a lower montane rain forest in Panama. *Plant and Soil*, 1992, 142: 187-201.
- [37] Fohse D, Claassen N, Jungk A. Phosphorus efficiency of plants I. External and internal P requirement and P up take efficiency of different plant species. *Plant and Soil*, 1998, 210: 101-109.
- [38] Brewster J, Bhat K, Nye P. The possibility of predicting soil up take and plant growth response from independently measured soil and plant characteristics IV. The growth and up take of rape in solution of different phosphorus concentrations. *Plant and Soil*, 1976, 44, 279-293.
- 22(6): 5-9.
- [4] 白军红, 邓伟, 朱颜明, 王国平, 徐晓峰. 水陆交错带土壤氮素空间分异规律研究——以月亮泡水陆交错带为例. *环境科学学报*, 2002, 22(3): 343-348.
- [5] 燕辉, 刘广全, 李红生. 青杨人工林根系生物量、表面积和根长密度变化. *应用生态学报*, 2010, 21(11): 2763-2768.
- [6] 向小亮, 宁书菊, 魏道智. 根系的研究进展. *中国农学通报*, 2009, 25(17): 105-112.
- [7] 韦兰英, 上官周平. 黄土高原子午岭天然柴松林细根垂直分布特征. *西北农林科技大学学报*, 2007, 35(7): 70-74.
- [15] 李贵宝, 周怀东, 刘芳. 水陆交错带芦苇根孔及其净化污水的初步研究. *中国水利*, 2003, (6): 65-68.
- [16] 叶茂, 徐海量, 王晓峰, 申瑞新. 塔里木河下游阿拉干断面胡杨根系空间分布规律研究. *西北植物学报*, 2011, 31(4): 0801-0807.
- [17] 仲启铨, 杜钦, 张超, 王开运. 滨岸不同植物配置模式的根系空间分布特征. *生态学报*, 2010, 30(22): 6135-6145.
- [18] 缪钟灵. 漓江上游枯水成因及补水措施. *桂林工学院学报*, 1995, 2(15): 181-189.
- [19] 郝忠勇, 杨培岭, 刘洪禄, 姚春梅. 苹果树根系分布特性的试验研究. *中国农业大学学报*, 1998, 3(6): 63-66.
- [20] 刘兴良, 马钦彦, 杨冬生, 史作民, 宿以明, 周世强, 刘世荣, 杨玉坡. 川西山地主要人工林种群根系生物量与生产力. *生态学报*, 2006, 26(2): 542-551.
- [21] 梅莉, 王政权, 韩有志, 谷加存, 王向荣, 程云环, 张秀娟. 水曲柳根系生物量、比根长和根长密度的分布格局. *应用生态学报*, 2006, 17(1): 1-4.
- [23] 程云环, 韩有志, 王庆成, 王政权. 落叶松人工林细根动态与土壤资源有效性关系研究. *植物生态学报*, 2005, 29(3): 403-410.
- [24] 黄林, 王峰, 周立江, 黄茹, 齐代华, 魏刚. 不同森林类型根系分布与土壤性质的关系. *生态学报*, 2012, 32(19): 6110-6119.
- [25] 程瑞梅, 王瑞丽, 肖文发, 封晓辉, 刘泽彬, 葛晓改, 王晓荣, 张炜银. 三峡库区马尾松根系生物量的空间分布. *生态学报*, 2012, 32(3): 823-832.
- [26] 郝文芳, 杜峰, 陈小燕, 梁宗锁. 黄土丘陵区天然群落的植物组成、植物多样性及其与环境因子的关系. *草地学报*, 2012, 20(4): 609-615.
- [28] 张琦珠. 土壤有机质对土壤肥力的作用. *新疆农垦科技*, 1985(4): 54-56.
- [29] 李忠佩, 王效举. 小区域水平土壤有机质动态变化的评价与分析. *地理科学*, 2000, 20(2): 182-187.
- [30] 徐华山, 赵同谦, 贺玉晓, 徐宗学, 马朝红. 滨河湿地不同植被对农业非点源氮污染的控制效果. *生态学报*, 2010, 30(21): 5759-5768.
- [31] 李扬, 王冬梅, 信忠保. 漓江水陆交错带植被与土壤空间分异规律. *农业工程学报*, 2013, 29(6): 121-128.
- [32] 陈建会, 邹晓明, 杨效东. 热带亚热带常绿阔叶林维持酸性土壤有效磷水平的磷转化过程. *生态学报*, 2006, 26(7): 2294-2300.
- [33] 周梦华, 程积民, 万惠娥. 云雾山本氏针茅群落根系分布特征. *草地学报*, 2008, 16(3): 267-271.
- [34] 李勇, 武淑霞, 夏侯国风. 紫色土区刺槐林根系对土壤结构的稳定作用. *水土保持学报*, 1998, 4(2): 1-7.

参考文献:

- [1] 杨永德, 吴虹, 郭建东, 张银桥. 漓江源及上游生态环境变化遥感调查. *桂林工学院学报*, 2005, 25(1): 36-40.
- [2] 黄伟军, 刘秀珍, 蔡德所. 漓江水生态系统问题研究. *生态经济*, 2007, (3): 131-134, 159.
- [3] 胡刚, 刘健. 河口岸滩侵蚀研究进展. *海洋地质动态*, 2006,

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.8 Apr., 2014 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Growth rates of marine planktonic ciliates; a review ZHANG Wuchang, LI Haibo, FENG Meiping, et al (1897)
- Research status and prospects on functions of urban forests in regulating the air particulate matter
..... WANG Xiaolei, WANG Cheng (1910)
- A review of snow-living Collembola ZHANG Bing, NI Zhen, CHANG Liang, et al (1922)

Autecology & Fundamentals

- Photosynthetic responses to changes in CO₂ concentration and soil moisture in leaves of *Securinega suffruticosa* from shell ridge
islands in the Yellow River Delta, China ZHANG Shuyong, XIA Jiangbao, ZHANG Guangcan, et al (1937)
- Quantities and spectral characteristics of DOM released from leaf and litterfall in *Castanopsis carlesii* forest and *Cunninghamia
lanceolata* plantation KANG Genli, YANG Yusheng, SI Youtao, et al (1946)
- Seasonal dynamics of leaf area index using different methods in the Korean pine plantation
..... WANG Baoqi, LIU Zhili, QI Yujiao, et al (1956)
- Influence of environmental changes on stoichiometric traits of nitrogen and phosphorus for *Larix gmelinii* trees
..... PING Chuan, WANG Chuankuan, et al (1965)
- Soil water in deep layers under different land use patterns on the Loess Tableland ... CHENG Liping, LIU Wenzhao, LI Zhi (1975)
- Water parameters of the branch of *Larrea tridentata* under different soil drought stress
..... ZHANG Xiangning, SUN Xiangyang, WANG Baoping, et al (1984)
- Effects of shading treatments on photosynthetic characteristics of *Juniperus sabina* Ant. seedlings
..... ZHAO Shun, HUANG Qiuxian, LI Yuling, et al (1994)
- Root distribution in typical sites of Lijiang ecotone and their relationship to soil properties
..... LI Qingshan, WANG Dongmei, XIN Zhongbao, et al (2003)
- The survival and above/below ground growth of *Haloxylon ammodendron* seedling
..... TIAN Yuan, TASHPOLAT · Tiyp, LI Yan, et al (2012)
- Effects of simulated acid rain on the physiological and ecological characteristics of *Rhododendron hybridum*
..... TAO Qiaojing, FU Tao, XIANG Xina, et al (2020)
- Karst cave bacterial calcium carbonate precipitation: the Shijiangjun Cave in Guizhou, China
..... JIANG Jianjian, LIU Ziqi, HE Qiufang, et al (2028)
- Migration of the 7th generation of brown planthopper in northeastern Guangxi Zhuang Autonomous Region, and analysis of source
areas QI Huihui, ZHANG Yunhui, JIANG Chunxian, et al (2039)

Population, Community and Ecosystem

- The dynamics and determinants of population size and spatial distribution of Common Cranes wintering in Poyang Lake
..... SHAN Jihong, MA Jianzhang, LI Yankuo, et al (2050)
- Effects of snow pack on wintertime soil nitrogen transformation in two subalpine forests of western Sichuan
..... YIN Rui, XU Zhengfeng, WU Fuzhong, et al (2061)
- Numerical classification, ordination and species diversity along elevation gradients of the forest community in Xiaolinling
..... CHEN Yun, WANG Hailiang, HAN Junwang, et al (2068)
- Phytoplankton community structures revealed by pigment signatures in Norwegian and Greenland Seas in summer 2012
..... WANG Xiaoying, ZHANG Fang, LI Juanying, et al (2076)
- Analysis of differences in insect communities at different altitudes in *Zanthoxylum bungeanum* gardens, Yunnan, China
..... GAO Xin, ZHANG Limin, ZHANG Xiaoming, et al (2085)
- The bacterial community changes after papermaking wastewater treatment with artificial wetland
..... GUO Jianguo, ZHAO Longhao, XU Dan, et al (2095)

- Ecological water requirement estimation of the rump lake in an extreme arid region of East Juyanhai
..... ZHANG Hua, ZHANG Lan, ZHAO Chuanyan (2102)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Spatial distribution patterns of species richness and hotspots of protected plants in Qinling Mountain
..... ZHANG Yinbo, GUO Liulin, WANG Wei, et al (2109)
- Impacts of solar radiation on net ecosystem carbon exchange in a mixed plantation in the Xiaolangdi Area
..... LIU Jia, TONG Xiaojuan, ZHANG Jinsong, et al (2118)
- Carbon density and distribution of *Pinus tabulaeformis* plantation ecosystem in Hilly Loess Plateau
..... YANG Yujiao, CHEN Yunming, CAO Yang (2128)
- Dynamics of carbon storage at different aged *Koelreuteria paniclata* tree in Xiangtan Mn mining wasteland
..... TIAN Dalun, Li Xionghua, LUO Zhaozhui, et al (2137)

Resource and Industrial Ecology

- Contamination status of Pb and Cd and health risk assessment on vegetables in a mining area in southern Hunan
..... WU Yanming, LV Gaoming, ZHOU Hang, on storage at different age (2146)

Urban, Rural and Social Ecology

- Life cycle assessment and environmental & economic benefits research of important building external insulation materials in Beijing ...
..... ZHU Lianbin, KONG Xiangrong, WU Xian (2155)
- Effects of urban imperious surface on the habitat and ecophysiology characteristics of *Ginkgo biloba*
..... SONG Yingshi, LI Feng, WANG Xiaoke, et al (2164)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 杨永兴

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 34 卷 第 8 期 (2014 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 8 (April, 2014)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010) 62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@ cspg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010) 64034563 E-mail: journal@ cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发刊

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元

