

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第23期 Vol.31 No.23 **2011**

中国生态学会
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 31 卷 第 23 期

2011 年 12 月 (半月刊)

目 次

不同海拔高度高寒草甸光能利用效率的遥感模拟·····	付 刚,周宇庭,沈振西,等 (6989)
天山雪岭云杉大气花粉含量对气温变化的响应·····	潘燕芳,阎 顺,穆桂金,等 (6999)
春季季风转换期间孟加拉湾的初级生产力·····	刘华雪,柯志新,宋星宇,等 (7007)
降水量对川西北高寒草甸牦牛粪分解速率的影响 ·····	吴新卫,李国勇,孙书存 (7013)
基于 SOFM 网络对黄土高原森林生态系统的养分循环分类研究·····	陈 凯,刘增文,李 俊,等 (7022)
不同油松种源光合和荧光参数对水分胁迫的响应特征 ·····	王 琰,陈建文,狄晓艳 (7031)
盐生境下硅对坪用高羊茅生物学特性的影响 ·····	刘慧霞,郭兴华,郭正刚 (7039)
高温胁迫对不同种源希蒙得木叶片生理特性的影响·····	黄激激,张念念,胡庭兴,等 (7047)
黄土高原水土保持林对土壤水分的影响 ·····	张建军,李慧敏,徐佳佳 (7056)
青杨雌雄群体沿海拔梯度的分布特征·····	王志峰,胥 晓,李霄峰,等 (7067)
大亚湾西北部春季大型底栖动物群落特征·····	杜飞雁,林 钦,贾晓平,等 (7075)
湛江港湾浮游桡足类群落结构的季节变化和影响因素·····	张才学,龚玉艳,王学锋,等 (7086)
台湾海峡鲈鱼种群遗传结构·····	张丽艳,苏永全,王航俊,等 (7097)
洱海入湖河流苴河下游氮磷季节性变化特征及主要影响因素·····	于 超,储金宇,白晓华,等 (7104)
转基因鱼试验湖泊铜锈环棱螺种群动态及次级生产力·····	熊 晶,谢志才,蒋小明,等 (7112)
河口湿地植物活体-枯落物-土壤的碳氮磷生态化学计量特征 ·····	王维奇,徐玲琳,曾从盛,等 (7119)
EDTA 对铅锌尾矿改良土壤上玉米生长及铅锌累积特征的影响 ·····	王红新,胡 锋,许信旺,等 (7125)
不同包膜控释尿素对农田土壤氮挥发的影响·····	卢艳艳,宋付朋 (7133)
垄作栽培对高产田夏玉米光合特性及产量的影响·····	马 丽,李潮海,付 景,等 (7141)
DCE 不同施用时间对小麦生长期 N_2O 排放的影响 ·····	纪 洋,余 佳,马 静,等 (7151)
氮肥、钙肥和盐处理在冬小麦融冻胁迫适应中的生理调控作用 ·····	刘建芳,周瑞莲,赵 梅,等 (7161)
东北有机及常规大豆对环境影响的生命周期评价 ·····	罗 燕,乔玉辉,吴文良 (7170)
土壤施硒对烤烟生理指标的影响·····	许自成,邵惠芳,孙曙光,等 (7179)
不同种植方式对花生田间小气候效应和产量的影响·····	宋 伟,赵长星,王月福,等 (7188)
西花蓟马的快速冷驯化及其生态学代价·····	李鸿波,史 亮,王建军,等 (7196)
温度对麦长管蚜体色变化的影响·····	邓明明,高欢欢,李 丹,等 (7203)
不同番茄材料对 B 型烟粉虱个体发育和繁殖能力的影响 ·····	高建昌,郭广君,国艳梅,等 (7211)
基于生态系统受扰动程度评价的白洋淀生态需水研究·····	陈 贺,杨 盈,于世伟,等 (7218)
两种典型养鸡模式的能值分析 ·····	胡秋红,张力小,王长波 (7227)
四种十八碳脂肪酸抑藻时-效关系分析的数学模型设计 ·····	何宗祥,张庭廷 (7235)
流沙湾海草床重金属富集特征·····	许战州,朱艾嘉,蔡伟叙,等 (7244)
基于 QuickBird 的城市建筑景观格局梯度分析 ·····	张培峰,胡远满,熊在平,等 (7251)
景观空间异质性及城市化关联——以江苏省沿江地区为例·····	车前进,曹有挥,于 露,等 (7261)
基于 CVM 的太湖湿地生态功能恢复居民支付能力与支付意愿相关研究·····	于文金,谢 剑,邹欣庆 (7271)
专论与综述	
北冰洋海域微食物环研究进展·····	何剑锋,崔世开,张 芳,等 (7279)
城市绿地的生态环境效应研究进展·····	苏泳娴,黄光庆,陈修治,等 (7287)
城市地表灰尘中重金属的来源、暴露特征及其环境效应 ·····	方凤满,林跃胜,王海东,等 (7301)
研究简报	
三峡库区杉木马尾松混交林土壤 C、N 空间特征 ·····	林英华,汪来发,田晓堃,等 (7311)
广州小斑螟发生与环境因子的关系·····	刘文爱,范航清 (7320)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 336 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 39 * 2011-12



封面图说:黄河的宁夏段属于中国的半荒漠地区,这里气候干燥、降水极少(250mm 以下)、植被缺乏、物理风化强烈、风力作用强劲、其蒸发量超过降水量数十倍。人们从黄河中提水引水灌溉土地,就近形成了荒漠中的绿洲。有水就有生命,有水就有绿色。这种独特的条件形成了人与沙较量的生态关系——不是人逼沙退就是沙逼人退。

彩图提供:陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

林英华, 汪来发, 田晓堃, 杨延峰, 肖文发. 三峡库区杉木马尾松混交林土壤 C、N 空间特征. 生态学报, 2011, 31(23): 7311-7319.

Lin Y H, Wang L F, Tian X K, Yang Y F, Xiao W F. Spatial structures of soil carbon and nitrogen of China fir and Masson pine mixed forest in the Three Gorges Reservoir Areas. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(23): 7311-7319.

三峡库区杉木马尾松混交林土壤 C、N 空间特征

林英华^{1,2,*}, 汪来发¹, 田晓堃^{1,3,4}, 杨延峰^{1,2}, 肖文发¹

(1. 中国林科院森林生态环境与保护研究所, 国家林业局森林保护学重点实验室, 北京 100091;

2. 中国林科院湿地研究所, 北京 100091; 3. 中国林科院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400;

4. 华中农业大学园艺林学学院, 武汉 430070)

摘要:自然和人为因素的强烈干扰直接影响三峡库区土壤 C 与土壤 N 贮量与分配特征。杉木马尾松混交林是三峡库区主要植被类型之一且分布面积最大,因而研究其不同干扰程度下土壤 C、N 分布特征对于准确评估三峡库区土壤 C 与 N 贮量具有重要意义。2008 年秋季与 2009 年春季,采用对角线法取样法方法对三峡库区不同干扰条件下杉木马尾松混交林 0—20cm 土壤层中土壤 C、N 含量的季节与空间分布特征进行研究。结果显示,土壤 N 含量季节差异性显著,土壤 C 含量仅在人为严重干扰下呈季节性差异显著($P<0.05$);干扰强度对秋季土壤 C、N 影响显著($P<0.05$)。土壤 C、N 与土壤含水量、pH 值均存在显著相关关系($P<0.01$)。研究区酸性土壤(pH 值介于 4.59—5.15)增加了土壤 C、N 的固定与积累。土壤碳氮比与表层土壤矿质化程度和人为干扰有关,强烈人为干扰和地表状况减弱了土壤 C、N 空间相关性。地统计学分析表明,半方差函数的曲线球状模型较好地反映了无人干扰条件下土壤 C、N 的空间结构特征。土壤 C、N 空间结构变化与灌木层盖度、坡度、季节及人类干扰有关。

关键词:空间变异;半方差;取样数;季节;湖北

Spatial structures of soil carbon and nitrogen of China fir and Masson pine mixed forest in the Three Gorges Reservoir Areas

LIN Yinghua^{1,2,*}, WANG Laifa¹, TIAN Xiaokun^{1,3,4}, YANG Yanfeng^{1,2}, XIAO Wenfa¹

1 Key Laboratory of Forest Protection, State Forestry Administration, Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China

2 Institute of Wetland Research, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China

3 Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang, Zhejiang 311400, China

4 College of Horticulture and Forestry Science, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

Abstract: The stocks and distribution of soil carbon and soil nitrogen have been affected by disturbance of natural and artificial disturbance in the Three Gorges Reservoir region. China fir and Masson pine mixed forest is the most widely distributed vegetation type in the area but much natural vegetation has been changed, with the zonal vegetation replaced by natural or artificial coniferous forests, shrubs and shrub-herbs, and even bare land, resulting in ecosystem degradation. This study assessed spatial variability and seasonal changes in soil carbon and nitrogen in this region under different disturbed conditions. In autumn 2008 and spring 2009, soil samples were collected to a depth of 20 cm using a 3.0 m × 3.0 m grid in 900m² (30.0 m × 30.0 m) plots in areas of different disturbance. Samples were collected from 294 sampling points to study the spatial variability and seasonal changes in soil carbon and nitrogen using geostatistics. Significant differences in soil nitrogen concentrations were found between seasons, and in soil carbon concentrations only following

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(CAFRIF2007009)

收稿日期:2010-10-08; **修订日期:**2011-03-28

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: linyinghua@263.net

serious disturbance ($P < 0.05$). The degree of disturbance had a significant effect on soil carbon and nitrogen concentrations in autumn ($P < 0.05$), and both soil carbon and nitrogen concentrations were significantly correlated with soil moisture and pH ($P < 0.01$). Acidic soil pH values between 4.59 and 5.15 contributed to soil carbon and soil nitrogen sequestration and accumulation in the area. The soil carbon to nitrogen ratio was related to the degree of soil mineralization and human disturbance. The spatial autocorrelation between soil carbon and nitrogen was weakened by intensive human disturbance and condition of the earth's surface status. The geostatistical analysis indicated that the semivariance graphs were expressed by the spherical model in areas with no human disturbance, and that there were significant differences in the spatial autocorrelation ranges between seasons, with the effective range (a) of soil carbon being 61.90 m in autumn and 60.96 m in spring, and of soil nitrogen being 62.38 m in autumn and 61.52 m in spring. In disturbed areas, the spatial distribution characteristic was not obviously reflected by the semivariance graphs, and the effective range changed somewhat. Concentrations of soil carbon and soil nitrogen were related to soil moisture, pH values, seasons and disturbance factors. Spatial variability in soil carbon and nitrogen in the region was mostly contributed by the influencing factors including the age of the China fir and Masson pine mixed forest, extent of shrub cover, slope and human disturbance.

Key Words: spatial heterogeneity; semivariogram; sampling strategies; season; Hubei

土壤碳和氮素是森林生态系统最关键的两大生源要素,是反映土壤生物活性和衡量土壤生产力的主要指标^[1],其变化明显影响着森林生态系统的生产力^[2]。人类经营活动导致土壤中土壤 C 与土壤 N 含量明显降低^[3-4],进而改变了土壤 C 与土壤 N 在生态系统中长期生产力可持续性的地位与活力^[5],导致生态系统生态功能降低与服务功能衰退。

三峡库区是一个特定的区域概念,泛指 175 m 水位方案淹没涉及的县市。由于长期不合理的开发利用,三峡库区几乎所有的原始植被生境均受到不同程度的改变或破坏,一些地带性植被被一些天然或人工次生针叶林以及一些灌丛、灌草丛甚至裸地所替代,而导致生态系统退化^[6]。随着三峡工程的兴建,区域生态系统由于受到来自自然和人为因素的强烈干扰,库区土壤 C 与土壤 N 贮量与分配特征将发生重大改变^[7]。近年来的封山育林、退耕还林和人工更新等措施,使库区的森林生态环境和土壤质量得到了一定的改善^[8]。但受地域多样性与土壤生态系统的复杂性限制,土壤生态系统已有研究仅反映了库区不同植被类型中土壤养分特征和主要植被类型土壤有机碳贮量研究^[6-7],对库区土壤中元素的空间分布特征研究未见报道。

选取三峡库区植被类型中分布面积最大的杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook)、马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)混交林为例^[6],研究不同海拔梯度、不同干扰程度、不同季节,土壤 C 与土壤 N 空间变化特征,目的是了解土壤 C 与土壤 N,特别是土壤有机碳和土壤全氮在杉木、马尾松混交林中的时空间分布格局与对环境干扰的响应,分析杉木、马尾松混交林中能够反映研究区域土壤 C 与土壤 N 含量与分布特征的采样策略,为进一步准确评估三峡库区土壤 C 与土壤 N 贮量提供科学依据。

1 研究地区概况与研究方法

1.1 研究地区概况

研究区位于三峡库区湖北秭归县茅坪镇兰陵溪和杉木溪,东经 110°18'—111°0',北纬 30°38'—31°11'。属亚热带季风气候,年均气温 17—19 °C,无霜期 306 d;相对湿度 72.0%;年降水量为 1000—1800 mm,分布均匀。地带性土壤为山地黄壤,主要分布在海拔 1 400 m 以下。

样地 A 位于兰陵溪。海拔 303.0 m,西北坡,坡度 35.0°。土壤容重 1.38 g/cm³。样地内杉木 235 株,平均树高 10.00 m,平均胸径 9.80 cm;马尾松 46 株,平均树高 14.40 m,平均胸径 18.80 cm。乔木层盖度 0.83,灌木层盖度 0.51,草本层盖度 0.17。林下灌木种类比较丰富,常见种有檫木(*Loropetalum chinense* (R. Br.) Oliver)、栓皮栎(*Quercus variabilis* Bl.)、白栎(*Quercus fabri* Hance)幼苗、菝葜(*Smilax china* L.)、香叶子(*Lindera fragrans* Oliv.)、寒莓(*Rubus buergeri* Miq.)等。样地坡度较大,周边无居民居住区和茶林,样地内无

人类生产活动干扰,定义为无人人类干扰。

样地 B 位于杉木溪。海拔 243.0 m,北坡,坡度 28.0°。土壤容重 1.41 g/cm³。样地内杉木 172 株,平均树高 11.60 m,平均胸径 12.18 cm;马尾松 26 株,平均树高 15.00 m,平均胸径 19.65 cm。乔木层盖度 0.87,草本层盖度 0.52。林下灌木种类较少,常见种有槲木、大红泡(*Rubus eutephanus* Focke ex Diels)、香叶子、地瓜藤(*Caulis fici tikouae* Bur.)、菝葜、寒莓等。样地内侧边缘有一小路斜穿样地东南角,为周边茶农和采薪人春、秋两季往返经过的小路,定义为重度人为干扰。

样地 C 位于杉木溪。海拔 318.0 m,北坡,坡度 25.0°。土壤容重 1.39 g/cm³。样地内杉木 187 株,平均树高 15.0 m,平均胸径 10.44 cm;马尾松 53 株,平均树高 11.50 m,平均胸径 15.34 cm。乔木层盖度 0.84,灌木层盖度 0.65,草本层盖度 0.43。林下灌木种类稀少,常见种有槲木、香叶子等。样地距离附近有茶园与居民点较近,但样地内无人人类活动,定义为轻度人为干扰。

1.2 研究方法

通过海拔仪测定样地平均坡度,确定样方投影面积 30.0 m×30.0 m。采用对角线法取样,共取样 49 个(图 1)。

2008 年 10 月和 2009 年 4 月,分别采集样地 10 cm×10 cm 范围内 0—20 cm 土壤层样品,混合均匀后立即装入自封袋,带回实验室,剔出可见的动植物残体,室温下自然风干后,碾磨后过 100 目土壤筛。采用重铬酸钾氧化-外加热法测定土壤有机质并换算成土壤 C;氮采用凯氏定氮法。土壤含水量与 pH 值分别采用烘干法和电位法(水:土=2.5:1)测定。

1.3 数据处理

土壤样品数据统计显示(表 1),样地土壤 C 和 N 除样地 3 土壤 N 外,均为偏正态数,因此对原始数据进行常用对数转换(ln),获得正态分布。对数分布的样本

平均值与方差采用 $M = \exp(\mu_{\log} + \frac{\sigma^2}{2})$, $s = \sqrt{\exp(2\mu_{\log} + \sigma_{\log}^2) \times \sqrt{\exp(\sigma_{\log}^2) - 1}}$ 计算,其中 $\mu_{\log}$ 、 $\sigma_{\log}$ 分别是原始数据数转换后的平均值和标准方差^[1]。对数转换后,样本土壤 C 平均值变化不大,但方差变化发生改变(表 1),为减少正态分布转换对统计分析的影响,对转换后的所有数据进行单因素方差分析并通过 Bonferroni 检验对其进行多重比较。

以样本均值为基础对采样数进行预测,即 $N = \left(t_{\alpha} \times \frac{s}{\text{precision}}\right)^2$,式中, $t_{\alpha} = 2$, S 是转换为正态分布后的样本方差;precision 为(精度)延伸到样本值两侧的置信区间为 95% 距离^[9]。

地统计学分析采用半变异函数,即 $\gamma(h) = \frac{1}{2}E[Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$,式中, $\gamma(h)$ 是半方差函数值; $Z(x_i)$ 是区域化变量 Z 在 x_i 处的实测值; $Z(x_i + h)$ 是与 x_i 距离为向量 h 处采样的值。其模型拟合精度显著性采用 $F = \frac{R^2}{1 - R^2} \times \frac{N - k}{k - 1}$ 判断,式中 R^2 为决定系数, k 为回归模型中自变量的个数。

以上运算通过 SPSS13.0 和 GS+5.1 完成。

3 结果

3.1 典型植被土壤 C、N 含量的统计学特征

表 1 数据显示,0—20 cm 土壤层中,春季土壤 C 与 N 含量平均值(11.34,0.95 g/kg)均高于秋季(10.08,

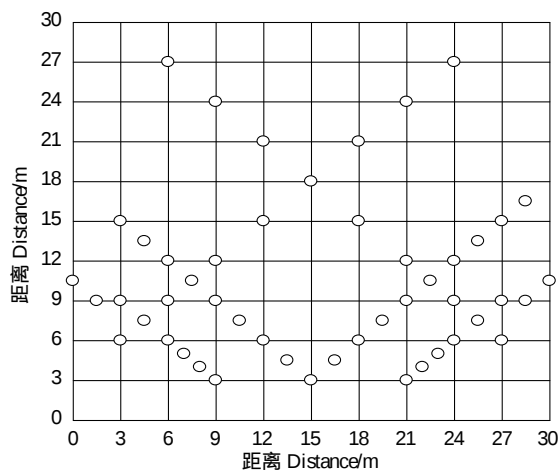


图 1 土壤 C 和土壤 N 空间异质性取样设计图

Fig. 1 Sampling plot of soil C and N in China fir and Masson pine mixed forest

0.76 g/kg), 且土壤 C 与 N 含量最高值(20.58, 2.13 g/kg) 与最低值均出现在秋季(3.69, 0.31 g/kg)。土壤 C 仅样地 C 季节性差异性显著($P < 0.05$); 土壤 N 含量各样地间季节差异性均显著($P < 0.05$)。

表 1 典型植被土壤 C 和土壤 N(0—20 cm) 的统计学特征

Table 1 Summary statistics of soil C and N in 0—20cm depth of China fir and Masson pine mixed forest

			秋季 Autumn/(g/kg)				春季 Spring/(g/kg)			
			A1	B1	C1	总计 Total	A2	B2	C2	总计 Total
C	原始数据 Original data	样本数 <i>N</i>	49	49	49	147	49	49	49	147
		最小值 Min	5.32	3.69	6.29	3.69	5.10	4.52	6.90	4.52
		最大值 Max	28.58	20.02	15.39	28.58	26.22	19.66	19.90	26.22
		平均值 Mean	11.05a	8.72b	10.45a	10.08	11.93a	9.00b	13.09ab	11.34
	标准化 Normalized data	标准差 <i>s</i>	4.37	3.04	2.28	3.65	3.92	3.46	2.55	3.79
		变异系数 CV%	42.83	34.82	21.85	36.25	32.85	38.44	19.47	33.38
		平均值 Mean	10.99a	8.73b	10.46a	10.07	11.93a	9.01b	13.10a	11.38
		标准差 <i>s</i>	4.24	3.11	3.37	3.50	3.88	3.44	2.46	4.15
		变异系数 CV%	38.59	35.57	22.62	36.25	32.56	38.22	20.15	36.46
N	原始数据 Original data	最小值 Min	0.31	0.35	0.50	0.31	0.36	0.37	0.78	0.36
		最大值 Max	2.13	1.45	1.10	2.13	1.94	1.69	1.46	1.94
		平均值 Mean	0.81a	0.66b	0.81a	0.76	0.95ab	0.85a	1.05b	0.95
		标准差 <i>s</i>	0.33	0.21	0.14	0.25	0.30	0.28	0.17	0.27
	标准化 Normalized data	变异系数 CV%	40.71	31.28	17.20	32.76	31.59	33.67	15.84	28.39
		平均值 Mean	0.80a	0.67b	0.81a	0.76	0.95a	0.84a	1.05b	0.95
		标准差 <i>s</i>	0.31	0.22	0.15	0.24	0.31	0.30	0.17	0.29
		变异系数 CV%	39.08	32.51	18.97	31.74	33.09	34.89	15.67	30.99

相同字母差异性不显著($\alpha=0.05$)

在 0.05 显著水平上, 土壤 C 与 N 之间存在显著的正相关关系($0.658 < R^2 < 0.995$)。土壤 C 与 N 季节性差异性不同, 样地 A、B 土壤 C、N 含量秋、春两季均呈中等强度的变异, 样地 C 春季土壤 C、N 含量呈弱强度变异。样地土壤 C 含量秋季变化是 $A1 > C1 > B1$, 春季则是 $C2 > A2 > B2$, 其中 B1 与 A1、C1 差异性显著, A2 与 B2 之间差异性显著; 样地土壤 N 含量秋季变化是 $A1 = C1 > B1$, 春季则是 $C2 > A2 > B2$, 其中 B1 与 A1、C1 差异性显著, A2 与 C2 之间差异性显著。

秋、春季土壤 C/N 比最高值分别是 22.56、17.40, 最低值分别是 7.19、6.73。土壤 C/N 季节性差异性不显著($F=0.751$, $P>0.05$); 土壤 C 与 C/N 比存在显著的相关性($R^2=0.333$, $R^2=0.521$, $P<0.00$), 土壤 N 与 C/N 比不存在显著的相关性($R^2=-0.031$, $R^2=0.075$, $P>0.05$) (表 2)。

3.2 地统计学分析

基于土壤 C、N 的半变异函数显示(表 3, 图 2), 研究区域土壤 C、N 含量分布共存在 3 种拟合模型, 即球型、指数型和直线型, 其中样地 A 土壤 C、土壤 N 半变异函数最佳拟合模型为球状模型, R^2 介于 0.648 与 0.953 之间, 较好的反映了该样地土壤 C、N 的空间结构特征; 样地 B 与样地 C 变异函数拟合模型有球状、指数与线型模型 3 种, 但均未较好的反映了该样地土壤 N 的空间结构特征, 且样地 C 土壤 C 含量几乎没有呈现出空间结构, 其数值随机分布并彼此互为独立。研究区域样地 B 秋季土壤 C 块金值接近观测数据的变异数值, 表明样地 B 秋季土壤 C 含量存在有限性变异。

研究区域样地 A 土壤 C、N 的基台值(Still)因其方差值最大而呈现最大值(表 1, 表 3), 而样地 3 则最小。样地 A 秋、春季土壤 C 的变程范围相似, 均在 61.00 m 左右, 高于其他样地秋、春季土壤 C 的变程范围; 样地 A 秋、春季土壤 N 的变程范围相似, 均在 62.00 m 左右, 高于样地 B、C 秋土壤 N 的变程范围, 但低于样地 B、C 春季土壤 N 的变程范围。样地 B 春季土壤 C 块金值的较大, 而土壤 N 秋季高于春季, 如果假定研究区域采样误差相同, 则这种变异主要与最小取样间隔内(1.40 m)的自然过程有关。样地 C 土壤 C 的变异均可通过块

金效应,即块金值与基台值之比 $C_0/(C_0+C)$ 比得到解释,研究区域样地 C 秋季土壤 C 与样地 B、C 春季土壤 C $C_0/(C_0+C)$ 比大于 75%,为弱空间自相关,其他 $C_0/(C_0+C)$ 比介于 25%—75% 之间,均为中等空间自相关;样地 A 土壤 N $C_0/(C_0+C)$ 比为 11.70%,为强度空间自相关,其他 $C_0/(C_0+C)$ 比则介于 25%—75% 之间则成中等空间自相关。

表 2 样地土壤 pH、水分与 C/N 比与土壤 C、土壤 N 相关系数

Table 2 The correlation coefficient of soil pH, soil moisture and C/N ratio and soil C and N

		平均值 Mean value		相关系数 Correlation Coefficient					
		秋 Autumn	春 Spring	C		N		C/N	
				秋 Autumn	春 Spring	秋 Autumn	春 Spring	秋 Autumn	春 Spring
pH	A	4.82	4.59	-0.527 **	-0.554 **	-0.580 **	-0.562 **	0.065 **	-0.180
	B	5.36	5.20	-0.140	-0.156	-0.257 *	-0.139	0.222	-0.068
	C	5.15	4.88	-0.071	-0.063	0.044	-0.016	-0.200	0.055
均值 Total mean value		5.11	4.89	-0.319 **	-0.367 **	-0.324 **	-0.286 **	-0.028	-0.284 **
含水量/% Soil moisture/%	A	19.42	19.75	0.730 **	0.516 **	0.700 **	0.458 **	0.136	0.170
	B	19.48	19.07	0.423 **	0.063	0.279 *	-0.005	0.228	0.058
	C	17.39	17.88	0.060	0.007	-0.041	0.1000	0.149	-0.071
均值 Total mean value		18.49	18.75	0.410 **	0.115	0.318 **	0.084	-0.226 **	0.049
C/N	A	13.73	12.71	0.195	0.206	-0.075	-0.168		
	B	13.20	10.06	0.417 **	0.479 **	-0.052	0.122		
	C	12.87	12.46	0.613 **	0.638 **	0.093	-0.146		
均值 Total mean value		13.27	11.92	0.333 **	0.521 **	-0.031	0.075		

* $P<0.05$; ** $P<0.01$

表 3 土壤 C、N 半方差函数参数及其理论模型

Table 3 Semivariogram properties of soil C and N in China fir and Masson pine mixed forest

季节/植被 Season/Vegetation			模型 Model	Nugget C_0 (g/kg)	Sill C_0+C (g/kg)	Range A0 (m)	Nugget/Sill $C_0/(C_0+C)$	R^2
C	秋季	A1	S	0.0859	0.2748	61.90	0.313	0.648 *
	Autumn	B1	S	0.0330	0.1130	2.57	0.292	0.001
		C1	L	0.0496	0.0496	28.06	∞	0.003
	春季	A2	S	0.0621	0.1902	60.69	0.326	0.868 *
	Spring	B2	L	0.1287	0.1287	28.06	∞	0.000
		C2	L	0.0412	0.0412	28.06	∞	0.000
N	秋季	A1	S	0.0735	0.2900	62.38	0.253	0.753 *
	Autumn	B1	E	0.0735	0.1480	57.64	0.497	0.349
		C1	E	0.0287	0.0576	61.29	0.499	0.194
	春季	A2	S	0.0260	0.2230	61.52	0.117	0.957 *
	Spring	B2	E	0.0594	0.1189	71.00	0.500	0.205
		C2	S	0.0224	0.0449	71.00	0.499	0.253

* 表示模型拟合精度显著 ($\alpha<0.05$)

3.3 典型植被土壤 C、N 分析的取样策略

土壤性质变异性和达到某一精度的土壤 C、N 含量均值所要求的取样数与森林类型以及 C、N 量纲有关。当测量土壤 C 含量的精度低于 0.10 时,则获得土壤 C 平均含量所需要采集的土壤样本很大,尤其是变异系数比较大时,因而在实际工作中不具可操作性;当采用较低的精度值,如精度为 0.20 时,采样数相应减少,3 块样地土壤 C 秋季采样数分别是 53、29、17 个,研究总计采样 36 个;春季则是 46、36、21 个,研究总计采样 52 个。与此相似,如果其含量精度为 0.01 时,3 块样地土壤 N 秋季采样数分别是 38、18、9 个,研究总计采样 16 个;春季则是 36、36、16 个,研究总计采样 36 个(表 4)。

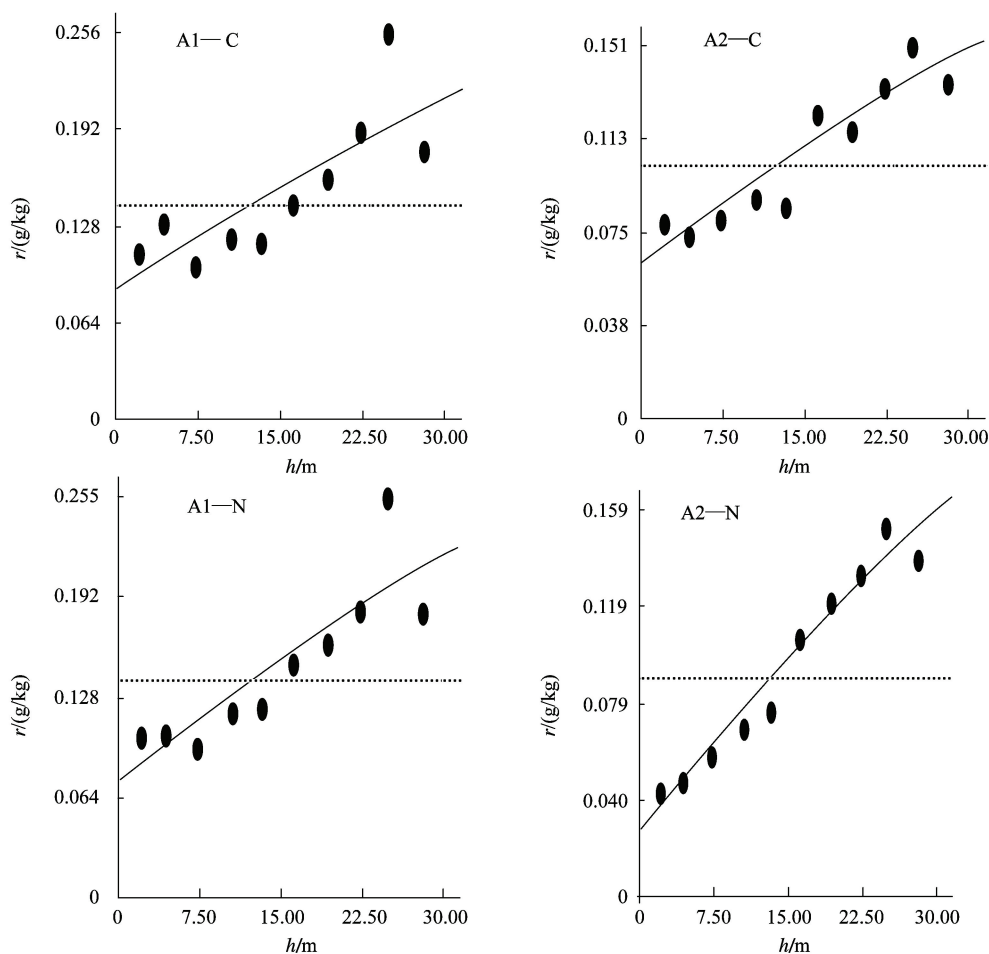


图2 样地土壤 C 和土壤 N(0—20cm) 半变异函数图

Fig. 2 Semivariograms of soil C and N 0—20 cm depth of China fir and Masson pine mixed forest

-----为变量, ——为半方差函数模型

表4 基于样本平均数的典型植被土壤样品不同精度的取样数 ($\alpha=0.05$)Table 4 Estimated number of sampling (n) required for estimating the mean of soil C and N with a certain level of relative precision in China fir and Masson pine mixed forest

	精度 Precision	C					N				
		0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05
秋季 Autumn	A1	213	53	24	13	9	38	10	4	2	2
	B1	117	29	13	7	5	18	4	2	1	1
	C1	67	17	7	4	3	9	2	1	1	1
	总计 Total	144	36	16	9	6	16	4	2	1	1
春季 Spring	A2	185	46	21	12	7	36	9	4	2	1
	B2	144	36	16	9	6	36	9	4	2	1
	C2	85	21	9	5	3	16	4	2	1	1
	总计 Total	207	52	23	13	8	36	9	4	2	1

4 讨论

4.1 典型植被土壤 C、N 含量统计学特征

土壤有机质含量变化取决于有机碳的输入与输出量的平衡^[10]。森林土壤有机碳主要来源于植被地上部分的凋落物及其地下部分根的分秘物和细根周转产生的碎屑;有机碳的输出量主要包括有机物质分解与侵

蚀,其受各种生物条件与非生物条件的控制。土壤 pH 值是影响土壤有机碳及全氮的空间分布的环境因子之一,本研究土壤 pH 值介于 4.59—5.15 之间(表 1、表 2),较强的酸性明显地抑制了土壤微生物的活性,同时因春季土壤平均湿度偏高而土壤通气差,对土壤微生物的活性也具有一定的抑制性作用,并由此增加了土壤 C、N 固定与积累的能力,使土壤 C、N 含量偏高。与样地 A 相比,样地 B 因林下灌木层盖度缺失,导致土壤 C 因地表直接被光线照射而被释放,同时人为干扰也阻止了土壤 C 的积累作用^[9],因而土壤有机质含量偏低;样地 C 林下灌草层盖度较大、pH 值与土壤含水量偏低,但土壤 C 值偏高且季节相差较大(表 1、表 2),这是否与样地周围环境以及采样有关,有待今后研究确认。

通常认为碳氮比是土壤氮素矿化能力的标志,碳氮比低利于微生物分解,提高氮的矿化速率^[11]。研究区域秋季土壤碳氮比高于春季,表明春季土壤微生物活跃,有机质腐化程度高,有机氮容易矿化,而秋季较高的土壤碳氮比也表明表层土壤矿质化程度比春季高,即有较多的碳富集。此外人为干扰因素也是影响碳氮比值的原因之一^[3],如无人干扰的样地 A 因其具有较高的碳氮比而有较多的碳富集;样地 B 与 C 则相对较少,尤其是样地 B 春季因含有高降解有机质比例^[11],而具有较低的碳氮比(表 2)。

4.2 典型植被土壤 C、N 分布格局

土壤 C 与 N 含量变异体现了土壤类型、土壤性质与土地利用等因素所产生内在异质性^[12]。本研究中,样地土壤 C 与 N 含量分布均为偏正态数,经对数转换后,土壤 C 含量均变为中等程度变异,而样地 C 土壤 N 仍为弱性程度变异,表明不同的空间格局与不同的变异程度相关,在研究区域相同的尺度上存在相类似的格局^[13]。

土壤养分的空间异质性是土壤因子和植被动态相互作用的反映。研究发现,除了人为干扰因素外^[1],不同样地土壤 C、N 空间结构变化在植被类型一致的情况下(表 1),次生林土壤质地与次生林树龄^[14]、灌木层盖度^[15]、样地坡度^[16]也影响了三峡典型植被土壤 C、N 空间结构。虽然样地春季土壤 C 与 N 含量呈现随海拔上升而呈现递增趋势,但在较小的海拔梯度范围内,海拔是否是导致土壤空间结构发生改变的原因有待于研究。

有效变程受块金值与基台值之比($C_0/(C_0+C)$)和采样尺度影响^[11]。研究中发现,样地 A 土壤 C、N 含量由随机因素引起的空间变异($C_0/(C_0+C)$)占总空间异质性的 32.0% 以内,主要体现在 2.5 m 以下的小尺度上,而由空间自相关引起的空间异质性($C/(C_0+C)$)占总空间异质性的 68.0% 以上,主要体现在 2.5—62.0 m 的中尺度范围内,表明样地 A 土壤 C、N 含量在小尺度上没有明显的分布规律,而在中尺度上具有集中分布特点,因而在不同的尺度上样地 A 土壤 C、N 含量具有不同的生态学过程,样地 B 秋季土壤 C 含量与此相类似;样地 C 和样地 B 春季土壤 C 含量为纯块金效应,可能与其受到强烈的人为活动影响及地表的分布有关,这也说明了该区域内较小尺度的某种过程不可忽视^[17]。样地 B、C 土壤 N 含量由随机因素引起的空间变异和由空间自相关引起的空间异质性大致相当,因而由空间自相关引起的空间异质性与随机因素引起的空间变异两者共同作用,土壤养分含量与空间异质性小尺度上存在一定的规律性^[18]。

为反映样地 B 与 C 土壤 C、N 含量的空间结构特征,通过增大其步长对其半变异函数进行拟合,样地 C 土壤 C 含量仅在步长分别 6.5 m 和 8.0 m 时,得到其秋季和春季显著性拟合模型(图 3),其中秋季拟合模型为指数模型,其块金值为 0.0439,基台值为 0.0879,变程为 71.00 m,块金效应为 49.90,决定系数为 0.787;春季拟合模型仍为直线模型,块金值为 0.0404,基台值为 0.0404,变程为 19.44 m,决定系数为 0.812。而土壤 N 含量均在秋季,步长分别为 4.0 m 和 5.0 m 时,获得显著性的指数拟合模型,其中样地 B 秋季块金值为 0.0688,基台值为 0.1676,变程为 53.53 m,块金效应为 41.10%,决定系数为 0.768;样地 C 秋季块金值为 0.0272,基台值为 0.0609,变程为 60.45 m,块金效应为 44.70%,决定系数为 0.807,表明样地 B、C 较小的取样间隔放大了局部随机因素引起的变异,变程增大表明样地 B、C 现有的研究尺度(样地面积和取样间隔)上增大间距的点对的空间相关性受到非结构因素(土壤 C、N 变异程度高、土壤酸性较强)的影响而消失,减弱样地内土壤 C、N 含量空间相关性^[19]。

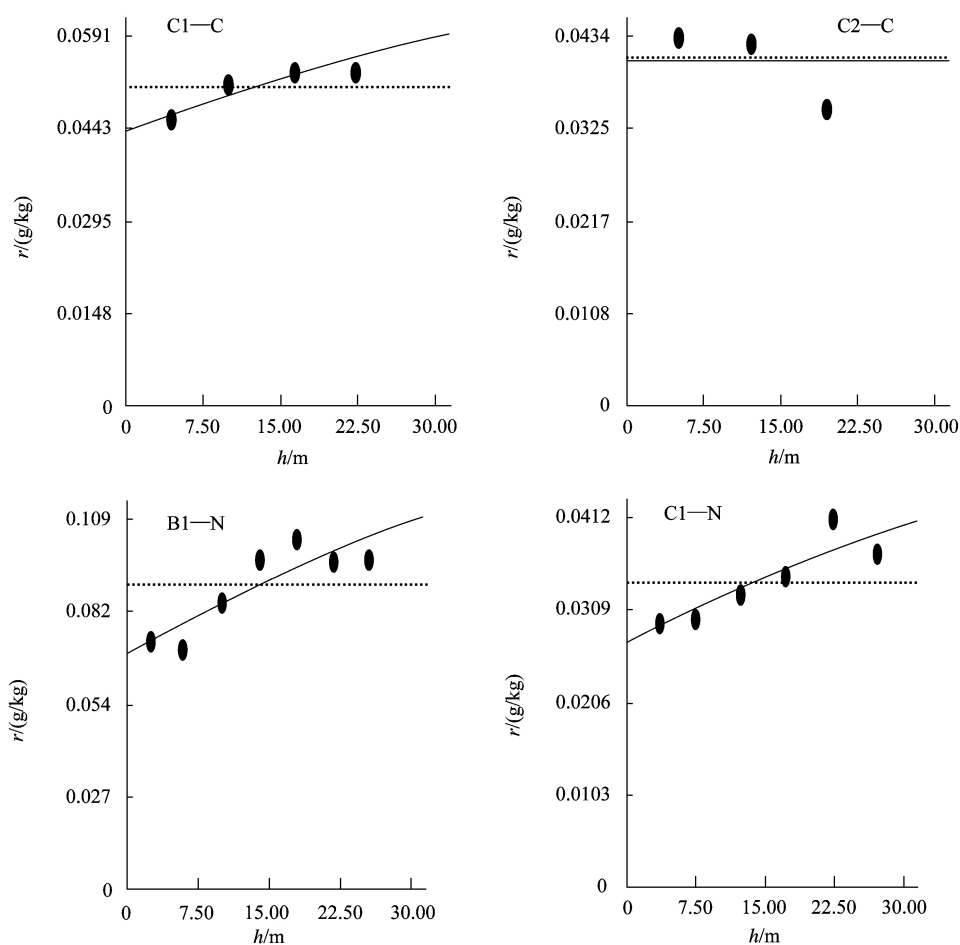


图3 样地土壤 C(0—20 cm) 半变异函数图修正

Fig. 3 Revised semivariograms of soil C and N at 0–20 cm depth of China fir and Masson pine mixed forest

-----为变量, —为半方差函数模型

4.3 典型植被土壤 C、N 分析的取样策略

Rossi 等^[1]认为,采样前预先考虑的是,优化那些不存在自相关样品数并要对样品间距超出变程范围进行设计,但如果空间结构不存在,期望的采样数就可以任意安排。本研究中,在精度为 0.20 时,确定每个样地内采样 49 个,但分析结果显示,研究区域的 3 块样地,土壤 C、N 含量时间与空间分布因干扰因素的存在,期望与实际采集秋、春两季土壤 C、N 含量土壤样品数略有差异,即土壤 C 含量秋季在变程 61.90 m、2.57 m 与 28.06 m 内所需要测量的样品数分别为 53、29、17 个,土壤 C 秋季采集土壤数偏高,而春季在变程范围内所需要测量的样品数分别为 46、36、21 个;土壤 N 在精度为 0.01 时,秋春两季的实际土壤样品数均在期望采样范围内,即秋季土壤 N 含量平均值在变程范围内所需要测量的样品数分别为 38、18、9 个,春季则所需要测量的样品数分别为 36、36、16 个(表 3、表 4)。由此可以认为,研究无人干扰的区域土壤 C、N 空间特征应考虑季节因素,如秋季土壤 C 空间结构时,需适当增加采样数,这样就可通过预先计算所得到的采样数,较准确地得出小尺度(30.0 m×30.0 m)、不同干扰程度下土壤 C、N 含量平均值,并由此推断出土壤 C、N 贮量与空间分布规律特征,而有助于制定防止土壤质量退化的管理策略^[4]。

致谢:刁百灵、吴笛、刘涛参加野外植被调查,林德生、张涛、罗雷、沈亲、潘磊等对野外工作给予协助,特此致谢。

References:

- [1] Rossi J, Govaerts A, De Vos B, Verbist B, Vervoort A, Poesen J, Muys B, Deckers J. Spatial structures of soil organic carbon in tropical forests

- A case study of Southeastern Tanzania. *Catena*, 2009, 77(1): 19-27.
- [2] Manzoni S, Porporato A. A theoretical analysis of nonlinearities and feedbacks in soil carbon and nitrogen cycles. *Soil Biology and Biochemistry*, 2007, 39(7): 1542-1556.
- [3] Hopmans P, Bauhus J, Khanna P, Weston C. Carbon and nitrogen in forest soils; Potential indicators for sustainable management of eucalypt forests in south-eastern Australia. *Forest Ecology and Management*, 2005, 220(1/3): 75-87.
- [4] Silveira M L, Comerford N B, Reddy K R, Prenger J, DeBusk W F. Soil properties as indicators of disturbance in forest ecosystems of Georgia, USA. *Ecological Indicators*, 2009, 9(4): 740-747.
- [5] Shaw C H, Boyle J R, Omule A Y. Estimating forest soil carbon and nitrogen stocks with double sampling for stratification. *Soil Science Society of America Journal*, 2008, 72(6): 1610-1620.
- [6] Chang C, Xie Z Q, Xiong G M, Zhao C M, Shen G Z, Lai J S, Xu X W. Characteristics of soil nutrients of different vegetation types in the Three Gorges reservoir area. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(11): 5978-5985.
- [7] Chen L Z, Xie B Y, Xiao W F, Huang Z L. Organic Carbon storage in soil under the major forest vegetation types in the Three Gorges reservoir areas. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2007, 16(5): 64-69.
- [8] Jia G M, Zhang B L, Liu C, Cheng X F, Chen F Q. Effects of different vegetation cover on soil carbon in Three Gorges Reservoir. *Ecology and Environment*, 2008, 17(5): 2037-2040.
- [9] Motulsky H. *Intuitive Biostatistic*. New York: Oxford University Press, 1995.
- [10] Bai J H, Deng W, Zhu Y M, Luan Z Q, Zhang Y X. Spatial distribution characteristics and ecological effects of carbon and nitrogen of soil in Huolin River catchment wetland. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(9): 1494-1498.
- [11] Don A, Schumacher J, Scherer-Lorenzen M, Scholten T, Schulze E D. Spatial and vertical variation of soil carbon at two grassland sites — Implications for measuring soil carbon stocks. *Geoderma*, 2007, 141(3/4): 272-282.
- [12] Yanai J, Sawamoto T, Oe T, Kusa K, Yamakawa K, Sakamoto K, Naganawa T, Inubushi K, Hatano R, Kosaki T. Spatial variability of nitrous oxide emissions and their soil-related determining factors in an agricultural field. *Journal of Environment Quality*, 2003, 32(6): 1965-1977.
- [13] Peigné J, Vian J F, Cannavacciuolo M, Bottollier B, Chaussod R. Soil sampling based on field spatial variability of soil microbial indicators. *European Journal of Soil Biology*, 2009, 45(5/6): 488-495.
- [14] Jiménez J J, Lal R, Russo R O, Leblanc H A. The soil organic carbon in particle-size separates under different regrowth forest stands of north eastern Costa Rica. *Ecological Engineering*, 2008, 34(4): 300-310.
- [15] Penne C, Ahrends B, Deurer M, Böttcher J. The impact of the canopy structure on the spatial variability in forest floor carbon stocks. *Geoderma*, 2010, 1158(3/4): 282-297.
- [16] Johnson K D, Scatena F N, Johnson A H, Pan Y D. Controls on soil organic matter content within a northern hardwood forest. *Geoderma*, 2009, 148(3/4): 346-356.
- [17] Wang Z Q. *Geostatistics and Its Application in Ecology*. Beijing: Science Press, 1999.
- [18] Schöning I, Totsche K U, Kögel-Knabner I. Small scale spatial variability of organic carbon stocks in litter and solum of a forested Luvisol. *Geoderma*, 2006, 136(3/4): 631-642.
- [19] Tian X K, Wang P C, Wang L F, Xiao W F, Li Z M, Lin Y H. Spatial variability of soil moisture in *cunninghamia lanceolata* and *pinus massoniana* mixed forest and *pinus massoniana* pure forest in Three Gorges reservoir areas. *Forest Research*, 2010, 23(2): 246-251.

参考文献:

- [6] 常超, 谢宗强, 熊高明, 赵常明, 申国珍, 赖江山, 徐新武. 三峡库区不同植被类型土壤养分特征. *生态学报*, 2009, 29(11): 5978-5985.
- [7] 陈亮中, 谢宝元, 肖文发, 黄志霖. 三峡库区主要植被类型土壤有机碳贮量研究. *长江流域资源与环境*, 2007, 16(5): 64-69.
- [8] 贾国梅, 张宝林, 刘成, 成霄峰, 陈芳清. 三峡库区不同植被覆盖对土壤碳的影响. *生态环境*, 2008, 17(5): 2037-2040.
- [10] 白军红, 邓伟, 朱颜明, 栾兆擎, 张玉霞. 霍林河流域湿地土壤碳氮空间分布特征及生态效应. *应用生态学报*, 2003, 14(9): 1494-1498.
- [17] 王政权. *地统计学及在生态学中的应用*. 北京: 科学出版社, 1999.
- [19] 田晓堃, 王鹏程, 汪来发, 肖文发, 李祖梅, 林英华. 三峡库区杉木马尾松混交林和马尾松纯林的土壤含水量空间变异性. *林业科学研究*, 2010, 23(2): 246-251.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 23 December, 2011 (Semimonthly)
CONTENTS

Satellite-based modelling light use efficiency of alpine meadow along an altitudinal gradient	FU Gang, ZHOU Yuting, SHEN Zhenxi, et al (6989)
Changes in the concentrations of airborne <i>Picea schrenkiana</i> pollen in response to temperature changes in the Tianshan Mountain area	PAN Yanfang, YAN Shun, MU Guijin, et al (6999)
Primary production in the Bay of Bengal during spring intermonsoon period	LIU Huaxue, KE Zhixin, SONG Xingyu, et al (7007)
Effect of rainfall regimes on the decomposition rate of yak dung in an alpine meadow of northwest Sichuan Province, China	WU Xinwei, LI Guoyong, SUN Shucun (7013)
SOFM-based nutrient cycling classification of forest ecosystems in the Loess Plateau	CHEN Kai, LIU Zengwen, LI Jun, et al (7022)
Characterization of the responses of photosynthetic and chlorophyll fluorescence parameters to water stress in seedlings of six provenances of Chinese Pine (<i>Pinus tabulaeformis</i> Carr.)	WANG Yan, CHEN Jianwen, et al (7031)
Effect of silicon supply on Tall Fescue (<i>Festuca arundinacea</i>) growth under the salinization conditions	LIU Huixia, GUO Xinghua, GUO Zhenggang (7039)
Effects of high-temperature stress on physiological characteristics of leaves of <i>Simmondsia Chinensis</i> seedlings from different provenances	HUANG Weiwei, ZHANG Niannian, HU Tingxing, et al (7047)
Soil moisture dynamics of water and soil conservation forest on the Loess Plateau	ZHANG Jianjun, LI Huimin, XU Jiajia (7056)
The distribution of male and female <i>Populus cathayana</i> populations along an altitudinal gradient	WANG Zhifeng, XU Xiao, LI Xiaofeng, et al (7067)
Analysis on the characteristics of macrobenthic community in the North-west Daya Bay of South China Bay in spring	DU Feiyan, LIN Qin, JIA Xiaoping, et al (7075)
The effects of season and environmental factors on community structure of planktonic copepods in Zhanjiang Bay, China	ZHANG Caixue, GONG Yuyan, WANG Xuefeng, et al (7086)
Population genetic structure of <i>Pneumatophorus japonicus</i> in the Taiwan Strait	ZHANG Liyan, SU Yongquan, WANG Hangjun, et al (7097)
Seasonal variation of nitrogen and phosphorus in Miju River and Lake Erhai and influencing factors	YU Chao, CHU Jinyu, BAI Xiaohua, et al (7104)
Population dynamics and production of <i>Bellamya aeruginosa</i> (Reeve) (Mollusca: Viviparidae) in artificial lake for transgenic fish, Wuhan	XIONG Jing, XIE Zhicai, JIANG Xiaoming, et al (7112)
Carbon, nitrogen and phosphorus ecological stoichiometric ratios among live plant-litter-soil systems in estuarine wetland	WANG Weiqi, XU Linglin, ZENG Congsheng, et al (7119)
Effects of EDTA on growth and lead-zinc accumulation in maize seedlings grown in amendment substrates containing lead-zinc tailings and soil	WANG Hongxin, HU Feng, XU Xinwang, et al (7125)
Effects of different coated controlled-release urea on soil ammonia volatilization in farmland	LU Yanyan, SONG Fupeng (7133)
Effects of ridge planting on the photosynthetic characteristics and yield of summer maize in high-yield field	MA Li, LI Chaohai, FU Jing, et al (7141)
Effect of timing of DCD application on nitrous oxide emission during wheat growing period	JI Yang, YU Jia, MA Jing, et al (7151)
The role of the fertilizing with nitrogen, calcium and sodium chloride in winter wheat leaves adaptation to freezing-thaw stress	LIU Jianfang, ZHOU Ruilian, ZHAO Mei, et al (7161)
Environment impact assessment of organic and conventional soybean production with LCA method in China Northeast Plain	LUO Yan, QIAO Yuhui, WU Wenliang (7170)
Effects of selenium added to soil on physiological indexes in flue-cured tobacco	XU Zicheng, SHAO Huifang, SUN Shuguang, et al (7179)
Influence of different planting patterns on field microclimate effect and yield of peanut (<i>Arachis hypogaea</i> L.)	SONG Wei, ZHAO Changxing, WANG Yuefu, et al (7188)
Rapid cold hardening of Western flower thrips, <i>Frankliniella occidentalis</i> , and its ecological cost	LI Hongbo, SHI Liang, WANG Jianjun, et al (7196)

- Effects of temperature on body color in *Sitobion avenae* (F.) DENG Mingming, GAO Huanhuan, LI Dan, et al (7203)
- Development and reproduction of *Bemisia tabaci* biotype B on wild and cultivated tomato accessions
..... GAO Jianchang, GUO Guangjun, GUO Yanmei, et al (7211)
- Study on ecological water demand based on assessment of ecosystem disturbance degree in the Baiyangdian Wetland
..... CHEN He, YANG Ying, YU Shiwei, et al (7218)
- Emergy-based analysis of two chicken farming systems: a perspective of organic production model in China
..... HU Qiuhong, ZHANG Lixiao, WANG Changbo (7227)
- Mathematical model design of time-effect relationship analysis about the inhibition of four eighteen-carbon fatty acids on toxic
Microcystis aeruginosa HE Zongxiang, ZHANG Tingting (7235)
- Enrichment of heavy metals in the seagrass bed of Liusha Bay XU Zhanzhou, ZHU Aijia, CAI Weixu, et al (7244)
- A gradient analysis of urban architecture landscape pattern based on QuickBird imagery
..... ZHANG Peifeng, HU Yuanman, XIONG Zaiping, et al (7251)
- Landscape spatial heterogeneity is associated with urbanization: an example from Yangtze River in Jiangsu Province
..... CHE Qianjin, CAO Youhui, YU Lu, et al (7261)
- CVM for Taihu Lake based on ecological functions of wetlands restoration, and ability to pay and willingness to pay studies
..... YU Wenjin, XIE Jian, ZOU Xinqing (7271)
- Review and Monograph**
- Progress in research on the marine microbial loop in the Arctic Ocean HE Jianfeng, CUI Shikai, ZHANG Fang, et al (7279)
- Research progress in the eco-environmental effects of urban green spaces
..... SU Yongxian, HUANG Guangqing, CHEN Xiuzhi, et al (7287)
- Source, exposure characteristics and its environmental effect of heavy metals in urban surface dust
..... FANG Fengman, LIN Yuesheng, WANG Haidong, et al (7301)
- Scientific Note**
- Spatial structures of soilcarbon and nitrogen of China fir and Masson pine mixed forest in the Three Gorger Reservoir Areas
..... LIN Yinghua, WANG Laifa, TIAN Xiaokun, et al (7311)
- The relationship between *Oligochroa cantonella* Caradja and environmental factors LIU Wenai, FAN Hangqing (7320)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 31 卷 第 23 期 (2011 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 23 2011

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	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
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@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.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

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元