

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

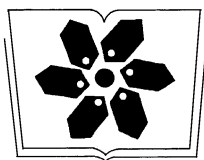
中国生态学会2011年学术年会专辑



第31卷 第19期 Vol.31 No.19 **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 19 期 2011 年 10 月 (半月刊)

目 次

卷首语	本刊编辑部 (I)
我国生态学研究及其对社会发展的贡献	李文华 (5421)
生态学的现任务——要在混乱和创新中前进	蒋有绪 (5429)
发展的生态观:弹性思维	彭少麟 (5433)
中国森林土壤碳储量与土壤碳过程研究进展	刘世荣,王 晖,栾军伟 (5437)
区域尺度陆地生态系统碳收支及其循环过程研究进展	于贵瑞,方华军,伏玉玲,等 (5449)
流域尺度上的景观格局与河流水质关系研究进展	刘丽娟,李小玉,何兴元 (5460)
中国珍稀濒危孑遗植物珙桐种群的保护	陈 艳,苏智先 (5466)
水资源投入产出方法研究进展	肖 强,胡 聃,郭 振,等 (5475)
我国害鼠不育控制研究进展	刘汉武,王荣欣,张凤琴,等 (5484)
基于 NDVI 的三江源地区植被生长对气候变化和人类活动的响应研究	李辉霞,刘国华,傅伯杰 (5495)
毛乌素沙地克隆植物对风蚀坑的修复	叶学华,董 鸣 (5505)
近 50 年黄土高原地区降水时空变化特征	王麒麟,范晓辉,王孟本 (5512)
森林资源可持续状况评价方法	崔国发,邢韶华,姬文元,等 (5524)
黄土丘陵区景观格局对水土流失过程的影响——景观水平与多尺度比较	王计平,杨 磊,卫 伟,等 (5531)
未来 10 年黄土高原气候变化对农业和生态环境的影响	俄有浩,施 茜,马玉平,等 (5542)
山东近海生态资本价值评估——近海生物资源现存量价值	杜国英,陈 尚,夏 涛,等 (5553)
山东近海生态资本价值评估——供给服务价值	王 敏,陈 尚,夏 涛,等 (5561)
特大冰冻灾害后大明山常绿阔叶林结构及物种多样性动态	朱宏光,李燕群,温远光,等 (5571)
低磷和干旱胁迫对大豆植株干物质积累及磷效率的影响	乔振江,蔡昆争,骆世明 (5578)
中国环保模范城市生态效率评价	尹 科,王如松,姚 亮,等 (5588)
污染足迹及其在区域水污染压力评估中的应用——以太湖流域上游湖州市为例	焦雯珺,闵庆文,成升魁,等 (5599)
近二十年来上海不同城市空间尺度绿地的生态效益	凌焕然,王 伟,樊正球,等 (5607)
城市社区尺度的生态交通评价指标	戴 欣,周传斌,王如松,等 (5616)
城市生态用地的空间结构及其生态系统服务动态演变——以常州市为例	李 锋,叶亚平,宋博文,等 (5623)
中国居民消费隐含的碳排放量变化的驱动因素	姚 亮,刘晶茹,王如松 (5632)
煤矿固废资源化利用的生态效率与碳减排——以淮北市为例	张海涛,王如松,胡 聃,等 (5638)
城市遮阴环境变化对大叶黄杨光合过程的影响	于盈盈,胡 聃,郭二辉,等 (5646)
广东永汉传统农村的聚落生态观	姜雪婷,严力蛟,后德仟 (5654)
长江三峡库区昆虫丰富度的海拔梯度格局——气候、土地覆盖及采样效应的影响	刘 晔,沈泽昊 (5663)
东南太平洋智利竹筴鱼资源和渔场的时空变化	化成君,张 衡,樊 伟 (5676)
豚草入侵对中小型土壤动物群落结构特征的影响	谢俊芳,全国明,章家恩,等 (5682)

我国烟粉虱早春发生与秋季消退·····	陈春丽, 鄧军锐, 戈 峰, 等 (5691)
变叶海棠及其伴生植物峨眉小檗的水分利用策略 ·····	徐 庆, 王海英, 刘世荣 (5702)
杉木人工林不同深度土壤 CO ₂ 通量·····	王 超, 黄群斌, 杨智杰, 等 (5711)
不同浓度下四种除草剂对福寿螺和坑螺的生态毒理效应·····	赵 兰, 骆世明, 黎华寿, 等 (5720)
短期寒潮天气对福州市绿地土壤呼吸及组分的影响·····	李熙波, 曾文静, 李金全, 等 (5728)
黄土丘陵沟壑区景观格局对流域侵蚀产沙过程的影响——斑块类型水平·····	王计平, 杨 磊, 卫 伟, 等 (5739)
气候变化对物种分布影响模拟中的不确定性组分分割与制图——以油松为例·····	张 雷, 刘世荣, 孙鹏森, 等 (5749)
北亚热带马尾松年轮宽度与 NDVI 的关系 ·····	王瑞丽, 程瑞梅, 肖文发, 等 (5762)
物种组成对高寒草甸植被冠层降雨截留容量的影响·····	余开亮, 陈 宁, 余四胜, 等 (5771)
若尔盖湿地退化过程中土壤水源涵养功能 ·····	熊远清, 吴鹏飞, 张洪芝, 等 (5780)
桂西北喀斯特峰丛洼地不同植被演替阶段的土壤脲酶活性·····	刘淑娟, 张 伟, 王克林, 等 (5789)
利用混合模型分析地域对国内马尾松生物量的影响 ·····	符利勇, 曾伟生, 唐守正 (5797)
火烧对黔中喀斯特山地马尾松林土壤理化性质的影响·····	张 喜, 朱 军, 崔迎春, 等 (5809)
不同培育时间侧柏种基盘苗根系生长和分布·····	杨喜田, 董娜琳, 闫东锋, 等 (5818)
Cd ²⁺ 与 CTAB 复合污染对枫香幼苗生长与生理生化特征的影响 ·····	章 芹, 薛建辉, 刘成刚 (5824)
3 种入侵植物叶片挥发物对早稻幼苗根的影响 ·····	张凤娟, 徐兴友, 郭艾英, 等 (5832)
米槠-木荷林优势种群的年龄结构及其更新策略 ·····	宋 坤, 孙 文, 达良俊 (5839)
褐菖鲉肝 CYP 1A 作为生物标志物监测厦门海域石油污染状况 ·····	张玉生, 郑榕辉, 陈清福 (5851)
基于输入-输出流分析的生态网络 φ 模式能流、 ρ 模式能流测度方法 ·····	李中才, 席旭东, 高 勤, 等 (5860)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 444 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 50 * 2011-10



封面图说: 胡杨是我国西北干旱沙漠地区原生的极其难得的高大乔木, 树高 15—30 米, 能忍受荒漠中的干旱环境, 对盐碱有极强的忍耐力。为适应干旱气候一树多态叶, 因此胡杨又称“异叶杨”。它对于稳定荒漠河流地带的生态平衡, 防风固沙, 调节绿洲气候和形成肥沃的森林土壤具有十分重要的作用。秋天的胡杨林一片金光灿烂。

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

刘淑娟, 张伟, 王克林, 舒世燕, 何寻阳, 杨珊, 潘复静. 桂西北喀斯特峰丛洼地不同植被演替阶段的土壤脲酶活性. 生态学报, 2011, 31 (19): 5789-5796.

Liu S J, Zhang W, Wang K L, Shu S Y, He X Y, Yang S, Pan F J. Soil urease activity during different vegetation successions in karst peak-cluster depression area of northwest Guangxi, China. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31 (19): 5789-5796.

桂西北喀斯特峰丛洼地不同植被演替阶段的土壤脲酶活性

刘淑娟^{1,2,3}, 张 伟^{1,2,3}, 王克林^{1,2,*}, 舒世燕^{1,2,3}, 何寻阳^{1,2}, 杨 珊^{1,2,3}, 潘复静^{1,2,4}

(1. 中国科学院亚热带农业生态研究所, 亚热带农业生态过程重点实验室, 长沙 410125;

2. 中国科学院环江喀斯特生态系统观测研究站, 环江 547100; 3. 中国科学院研究生院, 北京 100049;

4. 广西植物研究所, 桂林 541006)

摘要:以桂西北喀斯特峰丛洼地不同演替阶段植被群落为研究对象, 采用空间代替时间序列的方法, 选取立地条件基本相似的草地、乔灌木和次生林 3 种次生演替植被, 并以原生林为对照, 通过野外调查取样和室内分析, 探讨植被不同演替阶段土壤脲酶活性的变化特征及其与土壤理化性质的关系。结果发现, (1) 不同植被演替阶段的土壤脲酶活性存在显著差异, 草地最高 ($0.462 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$), 次生林次之 ($0.410 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$), 灌木林再次 ($0.371 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$), 原生林最低 ($0.194 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$); (2) 在喀斯特区域, 土壤脲酶活性与全钾、粘粒含量、容重、碳氮比 (C/N)、碱解氮占全氮的比例 (AN/TN) 呈正相关 ($P < 0.01$), 与其他指标, 如有机碳、全氮、碱解氮、微生物碳、微生物氮等均呈极显著负相关 ($P < 0.01$); (3) 与脲酶活性关系密切的理化性质有全氮、碱解氮、微生物量、粘粒含量及 C/N、AN/TN 等。并不是所有区域的土壤脲酶活性都与 SOC、TN、AN、微生物量呈正相关, 当土壤养分较高, 即土壤中的氮量不再是作物生长的限制因子时, 脲酶活性有可能与之呈负相关。

关键词:喀斯特; 峰丛洼地; 土壤脲酶活性; 植被演替

Soil urease activity during different vegetation successions in karst peak-cluster depression area of northwest Guangxi, China

LIU Shujuan^{1,2,3}, ZHANG Wei^{1,2,3}, WANG Kelin^{1,2,*}, SHU Shiyan^{1,2,3}, HE Xunyang^{1,2}, YANG Shan^{1,2,3}, PAN Fujing^{1,2,4}

1 Key Laboratory of Subtropical Agriculture Ecology, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China

2 Huanjiang Observation and Research Station for Karst Ecosystems, Chinese Academy of Sciences, Huanjiang 547100, China

3 Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China

4 Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, China

Abstract: Soil urease activity (URE) was usually put forward to indicate the soil fertility. Former studies in other regions had shown that soil urease activity was an indicator for soil fertility, and more urease activity means more fertile. In karst region, the growth of vegetation may be limited by nitrogen element in earlier revegetation. Compared with most other regions, soil nutrients of karst are higher. Therefore, this study aimed to explore the relationship between soil urease activity and nutrients, and find the main factors that affected soil urease activity.

An experiment was designed to compare the distribution of soil nutrients under three mainly vegetations to the original forest. In order to explore the value of soil urease activity for different vegetation types and its controlling factors, the soil

基金项目:中国科学院西部行动计划项目 (KZCX2-XB3-10); 国家自然科学基金项目 (30800162, 30970538); 国家科技支撑计划课题 (2011BAC09B02)

收稿日期: 2011-06-22; 修订日期: 2011-08-31

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: kelin@ isa. ac. cn

samples of topsoil (0—15cm) were collected in two typical karst peak-cluster within four vegetation succession stages (grassland, shrubland, plantation forest, original forest) in northwest Guangxi, southwest China. A total of 202 samples were collected from twelve sampling lines (each vegetation type had three sample lines for comparison), including 48 grassland samples, 46 shrubland samples, 44 plantation forest samples and 64 original forest samples. Analysis of variance (ANOVA) was utilized to analyze the differences of soil urease activity for different vegetation types. The results showed that there were significant differences of soil urease activity during different vegetation succession stages. Soil urease activity of grassland was the highest, while original forest was the lowest. It indicates that soil urease activity did not increase with vegetation succession. Many influencing factors affected the soil urease activity at the same time, such as TN, AN, soil microbial biomass, clay content, C/N, AN/TN and so on. There was a positive correlation between TK, clay content, bulk density, C/N, AN/TN and URE ($P < 0.01$); whereas negative correlation between SOC, TN, AN, soil microbial biomass and URE ($P < 0.01$). The result was different from most areas in China, such as Beijing, Shanxi, Hunan and so on, but in the area of high TN, the result was the same as ours.

Our study indicates that it is not all regions of the urease activity were positively correlated with SOC, TN, AN, and soil microbial biomass. The URE was possible to be negative correlation with main nutrients in regions that N is no longer a limiting factor for crop growth. Therefore, the demand for crop growing is a stationary extent. Even if people provide more N nutrient, the enzyme won't decompose the excess part to available nitrogen. Additionally, it is dangerous to nitrogen loss and ammonia volatilization.

Key Words: karst; peak-cluster depression; urease activity; vegetation succession

有机氮是土壤氮的主要组分,占土壤全氮量 95% 以上^[1]。土壤中的有机氮,必须经微生物的矿化作用,才能转化为可供植物吸收利用的无机态氮。而土壤脲酶是有机氮向有效态氮转化的重要水解性生物酶,可将土壤中的有机氮水解为氨态氮,使植物所需的养分转化为有效态,对提高氮素的利用率和促进土壤氮素循环具有重要意义^[2-3]。脲酶在大自然的氮循环中发挥了重要作用,它利用自身的两个金属镍离子活性中心快速地将尿素分解为氨和二氧化碳,比尿素自然分解的速度提高 1014 倍^[4]。然而,在满足作物利用的情况下,过量的脲酶又会使得氮素以氨气形式挥发,造成氮素流失。

我国西南喀斯特地区,由于地表崎岖破碎,坡度陡峭,溶蚀、水蚀作用显著,存在着严重的石漠化现象。在石漠化过程中,强烈的水蚀作用使土壤表层细粒物质被侵蚀,出现明显砂化现象,从而导致土壤保水保肥性能恶化,造成土地生产力下降^[5],而土地生产力的下降又会进一步推动石漠化的发展。随着土地退化的加剧,土壤保肥性能逐渐减弱,有机质含量降低,氨大量挥发和过量 NO_3^- 的淋溶,氮素流失严重,造成氮素供应不足。有关研究表明,在次生演替初期,生态系统往往表现为氮的限制性循环,而且氮循环很容易被自然扰动或人为活动所破坏^[6]。因而,加强对喀斯特植被次生演替过程中土壤氮素供应、脲酶在氮循环中的作用、脲酶活性与土壤理化性质之间关系等问题的认识,对于深入理解喀斯特生态系统的脆弱性,指导退化生态系统的恢复具有重要意义。本文通过对喀斯特峰丛洼地不同植被演替阶段土壤脲酶活性的研究,试图揭示植被演替过程中土壤脲酶活性及其与土壤理化性质关系的变化规律,以期对喀斯特脆弱生态系统植被恢复重建提供理论依据。

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区概况

研究区域位于广西区环江县古周移民迁出示范区和本论国家级自然保护区。古周移民迁出示范区(107° 55' E, 24° 50' N)位于广西壮族自治区环江毛南族自治县的下南乡西南部,属亚热带季风气候,多年平均气温 16.5—20.5℃,多年平均降雨量为 1389.1 mm,雨季平均持续 130—140 d,且主要集中在 4—9 月,尤以 6 月中旬至 7 月中旬最多,达 350—460 mm,洼地常出现水涝,10 月至翌年 3 月为旱季,各月平均降水量不及 90 mm。

一年内日照时数以 2 月份最低,7 月份最高;日照率以 3 月份最低,9 月份最高。受人类干扰影响,区内草、灌、乔不同演替阶段植被群落均有分布,其中草丛优势种主要以五节芒 (*Miscanthus floridulus*)、类芦 (*Neyraudia reynaudiana*)、白茅 (*Imperata cylindrica*) 等为主。灌丛优势种主要为红背山麻杆 (*Alchornea trewioides*)、灰毛浆果楝 (*Cipadessa cinerascens*)、盐肤木 (*Rhus chinensis*)、聚果羊蹄甲 (*Bauhinia brachycarpa* var. *cavaleriei*)、乔木林主要优势种为香椿 (*Toona sinensis*)、皂荚树 (*Gleditsia sinensis* Lam)、菜豆树 (*Radermachera sinica*)、聚果羊蹄甲 (*Bauhinia brachycarpa* var. *cavaleriei*)、粉苹婆 (*Sterculia euosma*)、广西密花树 (*Rapanea kwangsiensis*) 等,乔木林内伴生有扁担藤 (*Tetrastigma planicaule*)、藤黄檀 (*Dalbergia hancei*) 等藤本及麒麟尾 (*Epipremnum pinnatum*)、肾蕨 (*Nephrolepis cordifolia*) 等林下物种。

木论国家级喀斯特自然保护区 (107°53'29"—108°05'45" E, 25°06'09"—25°12'25" N) 位于环江毛南族自治县西北,属中亚热带季风气候区,多年年均气温 15.0—18.7℃,极端高温 36℃,极端低温 -5℃。年均降雨量 1530—1820 mm,林内相对湿度一般在 80%—90%,夏季可接近饱和。研究区内顶级群落优势种主要是青冈栎 (*Cyclobalanopsis glauca*)、野独活 (*Milusa chunii*)、厚壳桂 (*Cryptocarya chinensis*)、灰岩棒柄花 (*Cleidion bracteosum*)、茜树 (*Aidia cochinchinensis*) 等。

1.2 研究方法

1.2.1 样地情况及样品采集

在研究区选取典型的峰丛洼地单元,根据植被演替类型选取典型草丛群落(I)、灌丛群落(II)、常绿落叶阔叶林群落(III)作为标准样地,并在木论保护区选取较少受人类干扰的顶级群落作为对照(IV)。草丛有 8—15a 的退耕历史;灌丛为乔灌混交林,有 30—50a 的退耕历史;次生林部分封育 50 多年,偶有砍柴;原生林内无种植历史,较少受人类活动干扰。为保证样地的代表性,每种植被类型选取 3 条不同坡向沿坡向上的标准样线,其中一条每隔 30 m 设 1 个样方,另外两条分别在上、中、下坡位各设置一个样方,样方面积 20 m × 30 m。共获样方 51 个,其中草地 12 个,灌木林 12 个,次生林 11 个,原生林 16 个。每个样方内采用多点混合取样法采集 0—15 cm 表层土壤样品。采集 202 个土壤样品,其中草地样品 48 个,灌木林样品 46 个,次生林样品 44 个,原生林样品 64 个。采样时用 GPS 记录每个样点(或样地中心)的经纬度、高程等地理信息,同时调查记录各样点的坡度、坡向、利用历史、裸岩率等环境信息。土壤样品采集后,及时带回实验室处理后以供测定。

1.2.2 样品分析方法

土壤脲酶活性(URE)采用苯酚-次氯酸钠比色法测定,其活性以培养 1 d 后 1 g 风干土壤中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 质量来表示^[7]。土壤理化性质测定:容重(Bulk density)采用环刀法测定^[8];土壤机械组成采取吸管法进行测定^[9],将土壤颗粒分为 3 级:粘粒(Clay content <0.002 mm)、粉粒(Silt content 0.002—0.002 mm)、砂粒(Sand content 2.0—0.05 mm);土壤有机碳(SOC)采用重铬酸钾氧化-外加热法(油浴)(GB7857—87)测定^[8];全氮(TN)采用半微量开氏法-流动注射仪(FIAstar 5000)(GB7173—87)测定^[8];全磷(TP)、全钾(TK)采用氢氧化钠碱熔-钼锑抗比色法-原子吸收仪(GBC932)(GB7852—87、GB7854—87)测定^[8];碱解氮(AN)采用碱解扩散法(康卫皿法)测定^[10];速效磷(AP)采用 0.5 mol/L 碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法-紫外分光光度计测定^[10];速效钾(AK)采用乙酸铵浸提-原子吸收仪(GBC932)测定^[10];pH 值用 pH 计(GB7859—87)测定^[8]。土壤微生物量碳(SMBC)采用氯仿熏蒸- K_2SO_4 提取-碳自动分析法,参照 Wu^[11] 等的步骤,提取液中 C 采用总有机碳自动分析仪(TOC 2500)测定,SMBC 的计算: $\text{SMBC} = \text{EC} / \text{KEC}$, 式中:EC = 熏蒸土壤浸提的有机-不熏蒸土壤浸提的有机碳,KEC 为转换系数,取值 0.45;微生物量氮(SMBN)采用氯仿熏蒸- K_2SO_4 提取-氮自动分析法,提取液中 N 采用流动注射仪(FIAstar 5000)测定,SMBN 的计算: $\text{SMBN} = \text{EN} / \text{KEN}$, 式中:EN = 熏蒸土壤浸提的全氮-不熏蒸土壤浸提的全氮,KEN 为转换系数,取值 0.45。

1.2.3 数据分析

数据经 Excel2003 整理后,采用 SPSS13.0 软件进行统计分析。变量的正态分布检验采用 kolmogorov-

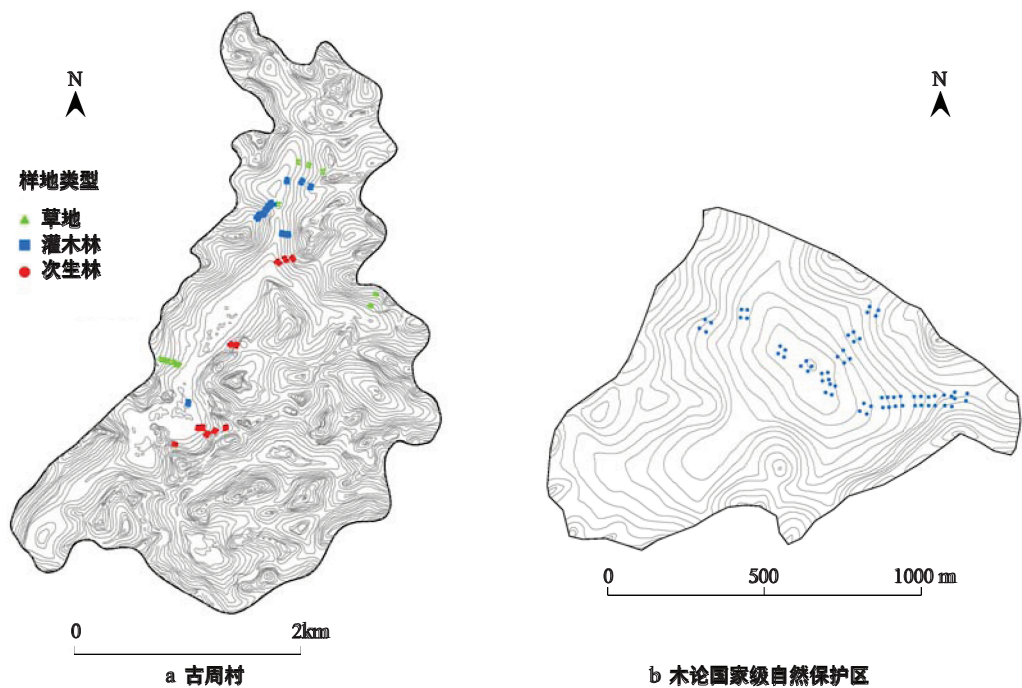


图1 试验样地土壤分布图

Fig. 1 Soil sampling locations in catchment

smimov 法,变量间的差异显著性采用方差分析,变量间的相关关系采用 Pearson 相关统计方法进行分析,相关系数均为 Pearson 系数。

2 结果与分析

2.1 不同植被演替阶段土壤概况

如表 1 所示,不同植被演替阶段的土壤理化性质除砂粒含量外,其他指标均存在极显著差异($P<0.01$)。土壤的物理性质方面,灌木林和原生林地表土的粘粒和粉粒含量分别与其它3个演替阶段有显著差异

表 1 四个植被演替阶段表层(0—15cm)土壤理化性质及土壤微生物量

演替阶段 Vegetation	草丛 Grassland	灌木林 Shrubland	次生林 Artificial forestland	原生林 Original forestland	<i>F</i>
粘粒含量 Clay content/%	39.62±1.62a	32.17±2.11b	39.55±2.28a	20.57±1.86c	22.88 **
粉粒含量 Silt content/%	52.18±1.36c	57.49±1.47b	51.53±1.62c	64.78±1.10a	22.28 **
砂粒含量 Sand content/%	8.19±0.94a	10.35±1.13a	8.92±1.12a	14.65±0.95a	2.91
容重 Bulk density/(g/cm ³)	1.12±0.02a	0.83±0.03b	0.80±0.06b	0.79±0.04b	16.82 **
有机碳 SOC/(g/kg)	29.10±0.75c	64.05±2.25b	57.57±3.42b	73.92±3.55a	45.86 **
全氮 TNTN/(g/kg)	2.48±0.07c	6.86±0.26b	6.83±0.49b	8.10±0.39a	51.98 **
全磷 TP/(g/kg)	0.72±0.05c	1.19±0.08b	1.51±0.09a	1.60±0.07a	29.09 **
全钾 TK/(g/kg)	7.27±0.42b	9.61±0.87a	8.84±0.68a	5.31±0.24c	12.91 **
碱解氮 ANAN/(mg/kg)	88.02±2.36c	175.77±4.86b	168.90±8.65b	246.62±7.34a	113.663 **
速效磷 APAP/(mg/kg)	3.55±0.29c	7.28±0.43b	6.25±0.44b	11.41±0.79a	32.20 **
速效钾 AKAK/(mg/kg)	64.05±2.66c	73.11±2.12b	76.24±2.52b	105.75±2.99a	51.42 **
pH	6.85±0.05b	6.78±0.06b	7.21±0.07a	7.12±0.07a	10.69 **
微生物量碳 SMBC/(mg/kg)	551.67±18.75c	1365.98±69.07a	699.23±47.52b	1322.25±39.67a	81.89 **
微生物量氮 SMBN/(mg/kg)	0.06±0.00d	0.14±0.01a	0.10±0.01c	0.12±0.01b	23.72 **
碳氮比 C/N	11.85±0.16a	9.48±0.21b	8.84±0.19c	9.19±0.08bc	75.33 **
碱解氮/全氮 AN/TN/%	3.50±0.10a	2.63±0.05c	2.51±0.15c	3.22±0.06b	25.09 **

不同小写字母表示差异显著($P<0.05$); ** 表示差异极显著($P<0.01$)

($P < 0.05$);草地与次生林之间各粒级颗粒含量差异不显著($P > 0.05$);各演替阶段土壤砂粒含量均无显著差异($P > 0.05$);草地的容重与其他 3 个演替阶段有极显著差异($P < 0.01$)^[12]。土壤养分方面,不同植被演替阶段土壤养分(SOC、TN、TP、TK、AN、AP、AK)及 pH 值有明显差异($P < 0.05$);除 TK 外,其他养分含量均随植被正向演替而增加^[12]。草地的 C/N 最高^[13],AN 占 TN 的比例也最高,且与其他植被类型形成显著差异($P < 0.05$)。

2.2 不同植被演替阶段表层土壤脲酶活性

不同植被演替阶段土壤脲酶活性具有显著差异($P < 0.05$),具体表现为草地 $\approx$ 次生林 $\approx$ 灌木林 $>$ 原生林(图 2),如图所示,草丛脲酶活性最高(0.462 ± 0.064) $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$),次生林次之(0.410 ± 0.116) $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$),灌木林再次(0.371 ± 0.073) $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$),原生林最低(0.194 ± 0.057) $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$)。草丛与灌木林具有显著差异,次生林与草丛、灌木林均无显著差异,原生林与其他 3 种类型均存在显著差异。

2.3 土壤脲酶活性与土壤理化性质关系

综合图 2 及表 1 可见,土壤脲酶活性与 SOC、TN、SMBC、SMBN 等指标在不同植被类型下的规律并不一致。通过相关分析得知(表 2),土壤脲酶活性与 TK、粘粒含量、容重、C/N、AN/TN 呈正相关($P < 0.01$),与其他指标,如 SOC、TN、AN、SMBC、SMBN 等均呈极显著负相关($P < 0.01$)。

3 讨论

3.1 与土壤脲酶活性密切相关的理化性质分析

土壤脲酶活性与 SOC、TN、AN、SMBC 等指标呈负相关,这与以往许多研究的结果并不一致,在北京市^[14]、山西省^[15]、湖南省^[16]等全国大部分地区的土壤脲酶活性与土壤理化性质的相关性研究表明,土壤脲酶活性与 SOC、TN、AN、SMBC 等指标均呈显著正相关。但本研究结果与同在喀斯特地区的兰雪等人的研究结果相一致^[17],脲酶活性与 TN、AN 呈负相关。综合分析喀斯特地区与上述地区的土壤理化性质发现(表 3),喀斯特地区的土壤 TN、AN 含量远高于其他地区,其含量均为其他地区的数倍甚至数十倍。根据姜海燕^[18]的研究可知大兴安岭地区的土壤养分较喀斯特地区更高,其脲酶活性与 SOC、TN、AN 也呈负相关关系,与本研究结果相似。

根据相关分析(表 2),URE 与碳氮比值(C/N)及 AN 占 TN 的百分比(AN/TN)呈极显著正相关($P < 0.01$),即 URE 活性越高,AN 占 TN 的比例越高,碳氮比越高,且 AN、TN 含量会降低,形成 URE 与 AN、TN 负相关的关系。综上所述,当土壤中的全氮含量低于某一阈值时,土壤生态系统(土壤微生物及植物根系)会通过自身的调节分泌更多的脲酶,为作物提供更多的有效氮,因此当 TN 低于这一阈值时,脲酶活性与 TN、AN 呈正相关,如表 3 中的山西、北京地区;而当土壤中的 TN 含量高于这一阈值时,土壤不需要如此多的脲酶水解尿素即可满足作物生长需求,土壤 N 含量越高反而会抑制 URE 的分泌,出现 URE 与 TN、AN 呈现负相关的情况,如本研究区域的原生林、贵州茂兰的顶级恢复群落、大兴安岭地区等。

土壤脲酶由脲酶产生菌分泌,脲酶产生菌是土壤微生物的一部分^[4,18]。土壤微生物主要包括细菌、真菌、放线菌等。本研究土壤微生物碳氮量的实验方法是所有土壤微生物的碳氮量总和。在土壤微生物群落组成的不同情况下,即使较高的微生物量也不能用来说明其中某一种菌的含量也一定高。因此,土壤微生物量与脲酶产生菌不会一定呈正相关关系,与脲酶活性也不一定均呈正相关关系。

脲酶活性除与土壤养分状况有关外,还与土壤粘粒含量密切相关。土壤酶能被土壤粘粒吸收或与腐殖质

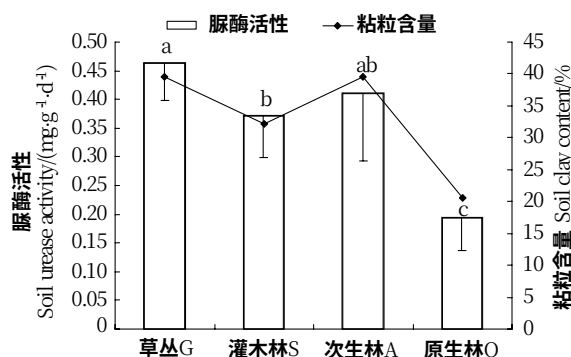


图 2 不同植被类型土壤脲酶活性与土壤粘粒含量

Fig. 2 Soil urease activity and soil clay content of different vegetation types 不同小写字母表示脲酶活性在不同植被类型间差异显著($P < 0.05$)

分子结合,且以有机无机复合体的形式存在于土壤中,因此可以在很长时间内保持其活性^[19]。Hoffman^[20]的研究也阐述了土壤酶易存在于土壤中吸附性较强的部位,脲酶主要吸附在粘粒上,粘粒部分脲酶活性较高。Dalal 等^[21]的研究也具有类似规律,认为脲酶活性与土壤粘粒相关,Paulson 等^[22]甚至指出,79%—89%的脲酶吸附在粘粒上。同样,在本研究中,不同植被演替阶段下脲酶活性与土壤粘粒含量也表现为极显著的正相关(图2)。原生林脲酶活性显著低于次生林、灌木林和草地,与土壤粘粒含量的变化规律一致,说明在喀斯特地区同样存在着土壤粘粒易于吸附脲酶的现象。

表2 土壤脲酶活性与土壤理化性质的相关性

Table 2 Correlation analysis of soil urease activity with soil physical and chemical properties

	脲酶含量 URE	有机碳 SOC	全氮 TN	全磷 TP	全钾 TK	碱解氮 AN	速效磷 AP	速效钾 AK	pH
URE	1								
SOC	-0.604 **	1							
TN	-0.607 **	0.968 **	1						
TP	-0.301 **	0.433 **	0.515 **	1					
TK	0.409 **	-0.295 **	-0.219 **	0.261 **	1				
AN	-0.672 **	0.923 **	0.928 **	0.534 **	-0.303 **	1			
AP	-0.334 **	0.472 **	0.430 **	0.455 **	-0.123	0.465 **	1		
AK	-0.319 **	0.442 **	0.446 **	0.628 **	0.111	0.569 **	0.444 **	1	
pH	-0.452 **	0.516 **	0.550 **	0.255 **	-0.207 **	0.490 **	0.379 **	0.230 **	1
粘粒含量 Clay	0.667 **	-0.551 **	-0.491 **	-0.246 **	0.366 **	-0.679 **	-0.455 **	-0.437 **	-0.324 **
粉粒含量 Silt	-0.543 **	0.368 **	0.328 **	0.182 **	-0.305 **	0.541 **	0.349 **	0.443 **	0.084
砂粒含量 Sand	-0.473 **	0.476 **	0.423 **	0.194 **	-0.251 **	0.490 **	0.345 **	0.214 **	0.423 **
容重 BK	0.460 **	-0.863 **	-0.884 **	-0.547 **	0.122	-0.851 **	-0.330 **	-0.385 **	-0.346 **
微生物量碳 SMBC	-0.501 **	0.781 **	0.730 **	0.314 **	-0.192 **	0.746 **	0.348 **	0.344 **	0.229 **
微生物量氮 SMBN	-0.370 **	0.719 **	0.706 **	0.386 **	-0.131	0.670 **	0.328 **	0.293 **	0.218 **
碳氮比 C/N	0.316 **	-0.480 **	-0.655 **	-0.618 **	-0.213 **	-0.586 **	-0.198 **	-0.417 **	-0.302 **
碱解氮/全氮 AN/TN	0.204 **	-0.505 **	-0.565 **	-0.273 **	-0.056	-0.441 **	-0.216 **	-0.064	-0.345 **
	Clay	Silt	Sand	BK	SMBC	SMBN	C/N	AN/TN	
URE									
SOC									
TN									
TP									
TK									
AN									
AP									
AK									
pH									
Clay	1								
Silt	-0.781 **	1							
Sand	-0.741 **	0.159 *	1						
BK	0.354 **	-0.323 **	-0.204 **	1					
SMBC	-0.581 **	0.499 **	0.382 **	-0.639 **	1				
SMBN	-0.375 **	0.227 **	0.349 **	-0.612 **	0.653 **	1			
C/N	0.207 **	-0.182 **	-0.131	0.666 **	-0.347 **	-0.397 **	1		
AN/TN	-0.004	0.067	-0.066	0.524 **	-0.327 **	-0.426 **	0.495 **	1	

* 表示差异显著 ($P < 0.05$), ** 表示差异极显著 ($P < 0.01$)

表3 喀斯特地区与其他地区 URE、SOC、TN、AN 的对比

Table 3 compare of between karst and other regions on URE, SOC, TN, AN

研究区域 Sample area	植被类型 Types	脲酶活性 URE /($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$)	SOC /(g/kg)	TN /(g/kg)	AN /(mg/kg)
广西西北	草丛、灌木林、次生林、原生林	0.194—0.462	29.10—73.92	2.48—8.10	88.02—246.62
贵州茂兰 ^[17]	顶级、乔木、乔灌、灌草、草坡	0.25 左右	48.82—210.12	1.80—12.2	51.33—209.75
北京八达岭 ^[14]	人工林、天然林	—	26.97—53.47	0.55—1.64	14.70—42.05
山西农大 ^[15]	豆科牧草	0.64—0.69	6.32 左右	—	72.8 左右
大兴安岭 ^[18]	兴安落叶松	0.51—1.07	94.58—167.29	3.55—10.94	480—1070

3.2 使脲酶活性趋于稳定的氮素阈值分析

基于以上分析,推断存在某一氮素阈值,当土壤中的氮素低于此阈值时,脲酶活性与 TN 及 AN 呈正相关,即土壤生态系统会通过增加脲酶活性来提高对作物有效氮的供给;当氮素高于此阈值时,已有的氮素足以满足作物生长的需求,即使增加氮素的总量,也不会使得脲酶活性有所提高,脲酶活性与 TN 及 AN 呈负相关。为了证明上述假设,本文分析了 TN、AN 及植物叶片的 C/N 与土壤脲酶活性的相关性。TN 及 AN 与脲酶活性整体上呈显著负相关(表2),但在 $\text{TN} \approx 3.5 \text{ g/kg}$, $\text{AN} \approx 110 \text{ mg/kg}$ 处 N 和 AN 与 URE 的相关性出现拐点(图3),即:当 $\text{TN} < 3.5$ 时, TN 与脲酶活性呈正相关,当 $\text{TN} > 3.5$ 时, TN 与脲酶活性呈负相关;当 $\text{AN} < 110$ 时, AN 与脲酶活性呈正相关,当 $\text{AN} > 110$ 时, AN 与脲酶活性呈负相关。将北京^[14]、山西^[15]、贵州^[17]、大兴安岭^[18]地区的 TN 量比较分析发现,北京和山西的 TN 均小于 3.5 g/kg , AN 均小于 110 mg/kg ,脲酶活性也与 TN、AN 呈正相关;而广西、贵州、大兴安岭地区的 TN 大部分大于 3.5 g/kg , AN 大部分大于 110 mg/kg ,脲酶活性与 TN、AN 整体呈负相关,与本文分析的“阈值”假设相吻合。

将植物叶片的 C/N 与 TN 进行相关分析(图3),当 $\text{TN} < 3.5$ 时, C/N 会随着 TN 的增加而急剧减小,当 $\text{TN} > 3.5$ 时,叶片的 C/N 几乎不再会发生较大改变,说明当土壤中的全氮含量达到 3.5 g/kg 时,植被 N 的利用效率基本稳定,植被也不再通过提高对氮素的吸收以用来生长固碳,进而达到了稳定的 C/N 值。这进一步说明影响脲酶活性的 TN 阈值在 3.5 g/kg 左右。

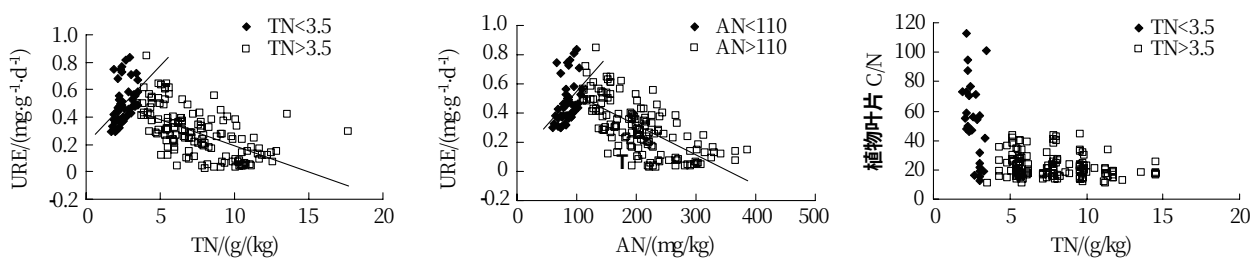


图3 拟定阈值后土壤全氮、碱解氮与脲酶活性及植物叶片 C/N 与土壤全氮的相关分析

Fig.3 The correlation of TN, AN and soil urease activity & leaves C/N and soil total nitrogen

4 结论

综上所述得出以下结论:(1)不同植被演替阶段的土壤脲酶活性存在显著差异,草地最高,次生林次之,灌木林再次,原生林最低;(2)在喀斯特区域,土壤脲酶活性仅与 TK、粘粒含量、容重、C/N、AN/TN 呈正相关 ($P < 0.01$),与其他指标,如 SOC、TN、AN、SMBC、SMBN 等均呈极显著负相关 ($P < 0.01$);(3)本研究认为与脲酶活性关系密切的理化性质有 TN、AN、微生物量、粘粒含量及 C/N、AN/TN 等。另外,根据本研究区域与其他地区比较,本文假设存在一个土壤全氮含量的阈值,低于此阈值则脲酶活性与 TN 呈正相关,高于此阈值则呈

负相关,并且推断此阈值在 3.5 g/kg 左右。

References:

- [1] Wang S P, Zhou G S, Jiang Y M, Jiang Y. Effects of corn residues on component characters of soil organic nitrogen. *Journal of Jilin Agricultural University*, 2003, 25(3): 311-314.
- [2] Zhou L K, Zhang Z M, Cao C M. On the role of the totality of soil enzyme activities in the evaluation of the level of soil fertility. *Acta Pedologica Sinica*, 1983, 20(4): 413-417.
- [3] Zantua M I, Bremner J M. Preservation of soil samples for assay of urease activity. *Soil Biology and Biochemistry*, 1975, 7(4/5): 297-299.
- [4] Yu Y L, Pan Q, Chen A G. Study on the mechanism of cinnamon extracts as an urease inhibitor. *Acta Ecologiae Animalis Domastic*, 2008, 29(4): 47-50.
- [5] Long J, Li J, Deng Q Q, Li Y B, Xiong K N. Soil properties and fractal features in the rocky desertification process of karst regions, Guizhou province. *Chinese Journal of Soil Science*, 2006, 37(4): 635-639.
- [6] Davidson E A, Reis de Carvalho C J, Figueira A M, Ishida F Y, Ometto J P H B, Nardoto G B, Sabá R T, Hayashi S N, Leal E C, Vieira I C G, Martinelli L A. Recuperation of nitrogen cycling in Amazonian forests following agricultural abandonment. *Nature*, 2007, 447(7147): 995-998.
- [7] Guan S Y. *Soil Enzyme and Study Method*. Beijing: Agricultural Press, 1986.
- [8] Bao S D. *Soil and Agricultural Chemistry Analysis*. 3rd ed. Beijing: China Agricultural Press, 2005.
- [9] Liu G S, Jiang N H, Zhang L D, Liu Z L. *Soil Physical and Chemical Analysis & Description of Soil Profiles*. Beijing: Standards Press of China, 1996.
- [10] Liu G S, Xu D M, Xu Z J, Wang H Y, Liu W P. Relationship between hydrolase activity in soils and soil properties in Zhejiang Province. *Acta Pedologica Sinica*, 2003, 40(5): 756-762.
- [11] Wu J S, Lin Q M, Huang Q Y, Xiao H A. *Soil Microbial Biomass-Methods and Application*. Beijing: China Meteorological Press, 2006.
- [12] Liu S J, Zhang W, Wang K L, Chen H S, Wei G F. Spatiotemporal heterogeneity and its formation causes of soil physical properties in karst peak-cluster depression area of northwest Guangxi, China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2010, 21(9): 2249-2256.
- [13] Liu S J, Zhang W, Wang K L, Chen H S, Shu S Y, Tan W N. Spatiotemporal heterogeneity of topsoil nutrients in Karst Peak-Cluster depression area of Northwest Guangxi, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(11): 3036-3043.
- [14] Bai C X, Geng Y Q, Liang W. Studies on soil urease activity of major forest types in Badaling of Beijing. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 2005, 23(4): 424-428.
- [15] Du T Q, Miao G Y. Studies on urease activities of rhizosphere soil of legume. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2007, 15(1): 25-27.
- [16] Chen C H, Ye D B. Study on the relationship between soil enzymes and nutrient of four artificial forests in Changsha urban-rural fringe. *Journal of Central South University of Forestry and Technology*, 2010, 30(6): 64-68.
- [17] Lan X, Dai Q H, Yu L F, Yang Z. Soil enzyme activity of different restoration stages in Karst degenerative forest. *Research of Agricultural Modernization*, 2009, 30(5): 620-624.
- [18] Jiang H Y. *Soil Microorganism and Activities of Soil Enzyme in Larix gmelinii Forest of Daxingan Mountains*. Hohhot: Inner Mongolia Agriculture University, 2010.
- [19] Rao M A, Violante A, Gianfreda L. Interaction of acid phosphatase with clays, organic molecules and organo-mineral complexes: kinetics and stability. *Soil Biology and Biochemistry*, 2000, 32(7): 1007-1014.
- [20] Hoffmann G. Distribution and origin of some enzymes in soil. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 1959, 85: 97-104.
- [21] Dalal R C. Effect of toluene on the energy barriers in urease activity of soils. *Soil Science*, 1975, 120(4): 256-260.
- [22] Paulson K N, Kurtz L T. Michaelis constant of soil urease. *Soil Science Society of American Proceedings*, 1970, 34(1): 70-72.

参考文献:

- [1] 王淑平,周广胜,姜亦梅,姜岩.施用玉米残体对土壤有机氮组分特征的影响. *吉林农业大学学报*, 2003, 25(3): 311-314.
- [2] 周礼恺,张志明,曹承绵.土壤酶活性的总体在评价土壤肥力水平中的作用. *土壤学报*, 1983, 20(4): 413-417.
- [4] 余燕玲,潘倩,陈安国.脲酶抑制剂樟科提取物的作用机理初探. *家畜生态学报*, 2008, 29(4): 47-50.
- [5] 龙健,李娟,邓启琼,李阳冰,熊康宁.贵州喀斯特山区石漠化土壤理化性质及分形特征研究. *土壤通报*, 2006, 37(4): 635-639.
- [7] 关松荫. *土壤酶及其研究法*. 北京:农业出版社, 1986.
- [8] 鲍士旦. *土壤农化分析(第三版)*. 北京:中国农业出版社, 2005.
- [9] 刘光崧,蒋能慧,张连第,刘兆礼. *土壤理化分析与剖面描述*. 北京:中国标准出版社, 1996.
- [10] 刘广深,徐冬梅,许中坚,王红宇,刘维屏.用通径分析法研究土壤水解酶活性与土壤性质的关系. *土壤学报*, 2003, 40(5): 756-762.
- [11] 吴金水,林启美,黄巧云,肖和艾. *土壤微生物生物量测定方法及其应用*. 北京:气象出版社, 2006.
- [12] 刘淑娟,张伟,王克林,陈洪松,韦国富.桂西北喀斯特峰丛洼地土壤物理性质的时空分异及成因. *应用生态学报*, 2010, 21(9): 2249-2256.
- [13] 刘淑娟,张伟,王克林,陈洪松,舒世燕,谭卫宁.桂西北喀斯特峰丛洼地表层土壤养分时空分异特征. *生态学报*, 2011, 31(11): 3036-3043.
- [14] 白翠霞,耿玉清,梁伟.八达岭地区主要森林类型土壤脲酶活性研究. *四川农业大学学报*, 2005, 23(4): 424-428.
- [15] 杜天庆,苗果园.豆科牧草根际土壤脲酶活性的研究. *中国生态农业学报*, 2007, 15(1): 25-27.
- [16] 陈彩虹,叶道碧.4种人工林土壤酶活性与养分的相关性研究. *中南林业科技大学学报*, 2010, 30(6): 64-68.
- [17] 兰雪,戴全厚,喻理飞,杨智.喀斯特退化森林不同恢复阶段土壤酶活性研究. *农业现代化研究*, 2009, 30(5): 620-624.
- [18] 姜海燕.大兴安岭兴安落叶松林土壤微生物与土壤酶活性研究. *呼和浩特:内蒙古农业大学*, 2010.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 19 October, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Ecology research and its effects on social development in China	LI Wenhua (5421)
The current mission of ecology-advancing under the situation of chaos and innovation	JIANG Youxu (5429)
Resilience thinking: development of ecological concept	PENG Shaolin (5433)
A review of research progress and future prospective of forest soil carbon stock and soil carbon process in China	LIU Shirong, WANG Hui, LUAN Junwei (5437)
Research on carbon budget and carbon cycle of terrestrial ecosystems in regional scale: a review	YU Guirui, FANG Huajun, FU Yuling, et al (5449)
Advances in the studying of the relationship between landscape pattern and river water quality at the watershed scale	LIU Lijuan, LI Xiaoyu, HE Xingyuan (5460)
Research on the protection of <i>Davidia involucrata</i> populations, a rare and endangered plant endemic to China	CHEN Yan, SU Zhixian (5466)
Progress on water resources input-output analysis	XIAO Qiang, HU Dan, GUO Zhen, et al (5475)
Research advances of contraception control of rodent pest in China ...	LIU Hanwu, WANG Rongxin, ZHANG Fengqin, et al (5484)
Response of vegetation to climate change and human activity based on NDVI in the Three-River Headwaters region	LI Huixia, LIU Guohua, FU Bojie (5495)
Remediation of blowout pits by clonal plants in Mu Us Sandland	YE Xuehua, DONG Ming (5505)
Precipitation trends during 1961—2010 in the Loess Plateau region of China	WANG Qixiang, FAN Xiaohui, WANG Mengben (5512)
An evaluation method for forest resources sustainability	CUI Guofa, XING Shaohua, JI Wenyuan, et al (5524)
Effects of landscape patterns on soil and water loss in the hilly area of loess plateau in China: landscape-level and comparison at multiscale	WANG Jiping, YANG Lei, WEI Wei, et al (5531)
The impacts of future climatic change on agricultures and eco-environment of Loess Plateau in next decade	E Youhao, SHI Qian, MA Yuping, et al (5542)
Valuation of ecological capital in Shandong coastal waters: standing stock value of biological resources	DU Guoying, CHEN Shang, XIA Tao, et al (5553)
Valuation of ecological capital in Shandong coastal waters: provisioning service value	WANG Min, CHEN Shang, XIA Tao, et al (5561)
The dynamics of the structure and plant species diversity of evergreen broadleaved forests in Damingshan National Nature Reserve after a severe ice storm damage in 2008, China	ZHU Hongguang, LI Yanqun, WEN Yuanguang, et al (5571)
Interactive effects of low phosphorus and drought stress on dry matter accumulation and phosphorus efficiency of soybean plants	QIAO Zhenjiang, CAI Kunzheng, LUO Shiming (5578)
The eco-efficiency evaluation of the model city for environmental protection in China	YIN Ke, WANG Rusong, YAO Liang, et al (5588)
Pollution footprint and its application in regional water pollution pressure assessment: a case study of Huzhou City in the upstream of Taihu Lake Watershed	JIAO Wenjun, MIN Qingwen, CHENG Shengkui, et al (5599)
Ecological effect of green space of Shanghai in different spatial scales in past 20 years	LING Huanran, WANG Wei, FAN Zhengqiu, et al (5607)
Assessing indicators of eco-mobility in the scale of urban communities ...	DAI Xin, ZHOU Chuanbin, WANG Rusong, et al (5616)
Spatial structure of urban ecological land and its dynamic development of ecosystem services: a case study in Changzhou City, China	LI Feng, YE Yaping, SONG Bowen, et al (5623)
The carbon emissions embodied in Chinese household consumption by the driving factors	YAO Liang, LIU Jingru, WANG Rusong (5632)
The research on eco-efficiency and carbon reduction of recycling coal mining solid wastes: a case study of Huabei City, China	ZHANG Haitao, WANG Rusong, HU Dan, et al (5638)
Effects of urban shading on photosynthesis of <i>Euonymus japonicas</i>	YU Yingying, HU Dan, GUO Erhui, et al (5646)

Ecological view of traditional rural settlements: a case study in Yonghan of Guangdong Province	JIANG Xueting, YAN Lijiao, HOU Deqian (5654)
The altitudinal pattern of insect species richness in the Three Gorge Reservoir Region of the Yangtze River: effects of land cover, climate and sampling effort	LIU Ye, SHEN Zehao (5663)
Spatial-temporal patterns of fishing grounds and resource of Chilean jack mackerel (<i>Trachurus murphyi</i>) in the Southeast Pacific Ocean	HUA Chengjun, ZHANG Heng, FAN Wei (5676)
Impacts of <i>Ambrosia artemisiifolia</i> invasion on community structure of soil meso- and micro- fauna	XIE Junfang, QUAN Guoming, ZHANG Jiaen, et al (5682)
Appearance in spring and disappearance in autumn of <i>Bemisia tabaci</i> in China	CHEN Chunli, ZHI Junrui, GE Feng, et al (5691)
Water use strategies of <i>Malus toringoides</i> and its accompanying plant species <i>Berberis aemulans</i>	XU Qing, WANG Haiying, LIU Shirong (5702)
Analysis of vertical profiles of soil CO ₂ efflux in Chinese fir plantation	WANG Chao, HUANG Qunbin, YANG Zhijie, et al (5711)
Eco-toxicological effects of four herbicides on typical aquatic snail <i>Pomacea canaliculata</i> and <i>Crown conchs</i>	ZHAO Lan, LUO Shiming, LI Huashou, et al (5720)
Effects of short-term cold-air outbreak on soil respiration and its components of subtropical urban green spaces	LI Xibo, ZENG Wenjing, LI Jinqian, et al (5728)
Effects of landscape pattern on watershed soil erosion and sediment delivery in hilly and gully region of the Loess Plateau of China: patch class-level	WANG Jiping, YANG Lei, WEI Wei, et al (5739)
Partitioning and mapping the sources of variations in the ensemble forecasting of species distribution under climate change: a case study of <i>Pinus tabulaeformis</i>	ZHANG Lei, LIU Shirong, SUN Pengsen, et al (5749)
Relationship between masson pine tree-ring width and NDVI in North Subtropical Region	WANG Ruili, CHENG Ruimei, XIAO Wenfa, et al (5762)
Effects of species composition on canopy rainfall storage capacity in an alpine meadow, China	YU Kailiang, CHEN Ning, YU Sisheng, et al (5771)
Dynamics of soil water conservation during the degradation process of the Zoigê Alpine Wetland	XIONG Yuanqing, WU Pengfei, ZHANG Hongzhi, et al (5780)
Soil urease activity during different vegetation successions in karst peak-cluster depression area of northwest Guangxi, China	LIU Shujuan, ZHANG Wei, WANG Kelin, et al (5789)
Analysis the effect of region impacting on the biomass of domestic Masson pine using mixed model	FU Liyong, ZENG Weisheng, TANG Shouzheng (5797)
Influence of fire on a <i>Pinus massoniana</i> soil in a karst mountain area at the center of Guizhou Province, China	ZHANG Xi, ZHU Jun, CUI Yingchun, et al (5809)
The growth and distrubution of <i>Platyclusus orientalis</i> Seed-base seedling root in different culture periods	YANG Xitian, DONG Nalin, YAN Dongfeng, et al (5818)
Effects of complex pollution of CTAB and Cd ²⁺ on the growth of Chinese sweetgum seedlings	ZHANG Qin, XUE Jianhui, LIU Chenggang (5824)
The influence of volatiles of three invasive plants on the roots of upland rice seedlings	ZHANG Fengjuan, XU Xingyou, GUO Aiying, et al (5832)
Age structure and regeneration strategy of the dominant species in a <i>Castanopsis carlesii</i> - <i>Schima superba</i> forest	SONG Kun, SUN Wen, DA Liangjun (5839)
A study on application of hepatic microsomal CYP1A biomarkers from <i>Sebastiscus marmoratus</i> to monitoring oil pollution in Xiamen waters	ZHANG Yusheng, ZHENG Ronghui, CHEN Qingfu (5851)
The method of measuring energy flow ϕ and p in ecological networks by input-output flow analysis	LI Zhongcai, XI Xudong, GAO Qin, et al (5860)

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 19 期 (2011 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 19 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