

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

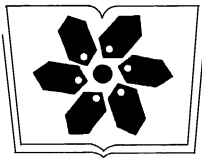
Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 11 期 Vol.31 No.11 **2011**

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 31 卷 第 11 期

2011 年 6 月 (半月刊)

目 次

微生物介导的碳氮循环过程对全球气候变化的响应·····	沈菊培, 贺纪正 (2957)
巢湖蓝藻水华形成原因探索及“优势种光合假说”·····	贾晓会, 施定基, 史绵红, 等 (2968)
我国甜菜夜蛾间歇性暴发的非均衡性循环波动·····	文礼章, 张友军, 朱 亮, 等 (2978)
庞泉沟自然保护区华北落叶松林的自组织特征映射网络分类与排序·····	张钦弟, 张金屯, 苏日古嘎, 等 (2990)
上海大莲湖湖滨带湿地的生态修复·····	吴 迪, 岳 峰, 罗祖奎, 等 (2999)
芦芽山典型植被土壤有机碳剖面分布特征及碳储量·····	武小钢, 郭晋平, 杨秀云, 等 (3009)
土壤微生物群落结构对中亚热带三种典型阔叶树种凋落物分解过程的响应·····	张圣喜, 陈法霖, 郑 华 (3020)
中亚热带几种针、阔叶树种凋落物混合分解对土壤微生物群落碳代谢多样性的影响·····	陈法霖, 郑 华, 阳柏苏, 等 (3027)
桂西北喀斯特峰丛洼地表层土壤养分时空分异特征·····	刘淑娟, 张 伟, 王克林, 等 (3036)
重金属 Cd 胁迫对红树蚬的抗氧化酶、消化酶活性和 MDA 含量的影响·····	赖廷和, 何斌源, 范航清, 等 (3044)
海南霸王岭天然次生林边缘效应下木质藤本与树木的关系·····	乌玉娜, 陶建平, 奚为民, 等 (3054)
半干旱黄土丘陵区不同人工植被恢复土壤水分的相对亏缺·····	杨 磊, 卫 伟, 莫保儒, 等 (3060)
季节性干旱对中亚热带人工林显热和潜热通量日变化的影响·····	贺有为, 王秋兵, 温学发, 等 (3069)
新疆古尔班通古特沙漠南缘多枝桉柳光合作用及水分利用的生态适应性·····	王珊珊, 陈 曦, 王 权, 等 (3082)
利用数字图像估测棉花叶面积指数·····	王方永, 王克如, 李少昆, 等 (3090)
野生大豆和栽培大豆光合机构对 NaCl 胁迫的不同响应·····	薛忠财, 高辉远, 柳 洁 (3101)
水磷耦合对小麦次生根特殊根毛形态与结构的影响·····	张 均, 贺德先, 段增强 (3110)
应用物种指示值法解析昆崙山植物群落类型和植物多样性·····	孙志强, 张星耀, 朱彦鹏, 等 (3120)
基于 MSIASM 方法的中国省级行政区体外能代谢分析·····	刘 晔, 耿 涌, 赵恒心 (3133)
不同生态区烟草的叶面腺毛基因表达·····	崔 红, 冀 浩, 杨惠娟, 等 (3143)
B 型烟粉虱对 23 种寄主植物适应度的评估和聚类分析·····	安新城, 郭 强, 胡琼波 (3150)
杀虫剂啶虫脒和毒死蜱对捕食蜘蛛血细胞 DNA 的损伤作用·····	李 锐, 李生才, 刘 佳 (3156)
杀真菌剂咪鲜安对蓼花臂尾轮虫的影响·····	李大命, 陆正和, 封 琦, 等 (3163)
长、短期连续孤雌生殖对蓼花臂尾轮虫生活史和遗传特征的影响·····	葛雅丽, 席貽龙 (3170)
专论与综述	
区域景观格局与地表水环境质量关系研究进展·····	赵 军, 杨 凯, 邵 俊, 等 (3180)
露水对植物的作用效应研究进展·····	叶有华, 彭少麟 (3190)
葡萄座腔菌科研究进展——鉴定, 系统发育学和分子生态学·····	程燕林, 梁 军, 吕 全, 等 (3197)
人工林生产力年龄效应及衰退机理研究进展·····	毛培利, 曹帮华, 田文侠, 等 (3208)
树木年轮在干扰历史重建中的应用·····	封晓辉, 程瑞梅, 肖文发, 等 (3215)
植物中逆境反应相关的 WRKY 转录因子研究进展·····	李 冉, 娄永根 (3223)
研究简报	
三江源地区高寒草原土壤微生物活性和微生物量·····	任佐华, 张于光, 李迪强, 等 (3232)
3 种黑杨无性系水分利用效率差异性分析及相关 <i>ERECTA</i> 基因的克隆与表达·····	郭 鹏, 夏新莉, 尹伟伦 (3239)
猕猴桃园节肢动物群落重建及主要类群的生态位·····	杜 超, 赵惠燕, 高欢欢, 等 (3246)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 298 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 33 * 2011-06



封面图说: 盘锦市盘山县水稻田——盘锦市位于辽宁省西南部, 自古就有“鱼米之乡”的美称。这里地处温带大陆半湿润季风气候, 有适宜的温度条件和较长的生长期以供水稻生长发育, 农业以种植水稻为主, 年出口大米达 1 亿多公斤, 是国家级水稻高产创建示范区和重要的水稻产区。

彩图提供: 沈菊培博士 中国科学院生态环境研究中心 E-mail: jpshe@reccs.ac.cn

三江源地区高寒草原土壤微生物活性和微生物量

任佐华^{1,2}, 张于光^{1,*}, 李迪强¹, 肖启明², 蔡重阳³

(1. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 国家林业局森林生态环境重点实验室, 北京 100091;

2. 湖南农业大学生物安全科技学院, 长沙 410128; 3. 中南大学资源加工与生物工程学院, 长沙 410083)

摘要: 为了揭示青藏高原高寒草原土壤微生物活性和微生物量碳、氮情况, 同时探讨气候变化对土壤微生物的影响, 以青藏高原腹地三江源自然保护区高寒草原土壤为研究对象, 选择土壤质地、植被类型基本一致, 海拔高度不同(3400—4200m)的4个样地, 分析测定了土壤微生物(细菌、真菌、放线菌和部分生理功能微生物群)数量、土壤微生物量(碳、氮)、土壤酶(纤维素酶、蛋白酶、脲酶、蔗糖酶)活性。结果表明: 研究区域均含有较丰富的土壤有机碳和养分, 微生物数量多少为细菌>放线菌>真菌, 主要功能微生物菌群数量为氨化细菌>好气性固氮菌>硝化细菌>亚硝化细菌, 样地间的微生物生物量碳、氮含量差异显著。相关性分析表明, 除与亚硝酸细菌具有弱正相关性外, 海拔高度与其它因子均具有负相关性, 其中与细菌和氨化细菌具有极显著负相关性, 与好气性固氮菌和硝酸细菌具有显著负相关性。因此, 温度的升高可能明显的影响了三江源地区高寒草原的土壤微生物活性。

关键词: 三江源; 高寒草地; 微生物活性; 气候变化

The soil microbial activities and microbial biomass in Sanjiangyuan Alpine grassland

REN Zuohua^{1,2}, ZHANG Yuguang^{1,*}, LI Diqiang¹, XIAO Qiming², CAI Chongyang³

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

2 College of Biosafety Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China

3 School of Minerals Processing & Bioengineering, Central South University, Changsha 410083, China

Abstract: The global climate has experienced drastic changes in the 20th century, and it has been suggested that even more will take place in the 21st century if the greenhouse gas emission rate remains at or exceeds the current level. More research has been focused on the global warming with a goal to assess the influence of the climate change on ecosystem processes and functions from different aspects. Microorganisms are the most abundant and diverse group of life on our planet and play specific and key functional roles in ecosystems including decomposition, element cycling, decontamination of man-made chemicals, and even maintenance of Earth's atmospheric gases, simultaneity, the microbial communities potential for rapid growth and turnover, means the microbial community is a more sensitive reaction in the terrestrial ecosystem to external stress than plants and animals. Therefore, understanding microbial activities, biomass and its effect of climate change is essential to our understanding of evolution, community formation and sustainability of life on the earth and facilitate better management and protect of nature environments.

In this paper, soil samples of Qinghai-Tibet Plateau alpine grassland in Sanjiangyuan Nature Reserve was chosen to be studied, for revealing the composition of soil microbial activity and the biomass, and exploring the potential effects of climate change on microorganism. Four soil samples from this area with the nearly same texture, vegetation type and different altitude (3400 — 4200 m) were collected. The numbers and physiological functions of different type of

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30700018); 中央公益型科研院所基本科研业务费专项资金项目(CAFRIF200713)

收稿日期: 2009-04-02; **修订日期:** 2010-12-02

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yugzhang@yahoo.com.cn

microorganisms (bacteria, fungi, actinomycetes and some of microorganism), the microbial biomass (microbial biomass carbon and microbial biomass nitrogen) and the enzyme activities (cellulase, protease, urease, and sucrase) were analyzed. According to the analyse, some results were found. Firstly, the soil in this area was rich in organic carbon and the other nutrients; secondly, the sequence of the numbers of different microorganisms was bacteria>actinomycetes>fungi; thirdly, the sequence of the numbers of the main functional microbial was flora ammonifiers> aerobic azotobacteria> nitrate bacteria> nitrobacteria, fourthly, there were significant differences among those samples in microbial biomass. Correlation analysis showed that the altitude had negative correlation with all the factors except nitrite bacteria, and the negative correlations were significant whether with the bacteria and ammonifiers or with the aerobic azotobacteria and nitrate bacteria. Therefore, the increasing temperature may have affected the activity of soil microorganisms in Qinghai-Tibet Plateau alpine grassland in Sanjiangyuan Nature Reserve significantly.

Key Words: Sanjiangyuan Natural Reserve; alpine meadow; microbial activity; climate change

土壤微生物在土壤形成、有机质代谢、植物养分转化和污染物降解以及陆地生态系统元素的生物地球化学循环和能量的流动代谢中都具有不可替代的作用^[1]。土壤微生物活性和微生物量是表征土壤微生物数量和功能的常用指标^[2],土壤微生物生物量碳虽然仅占土壤有机质中的很小比例,但它却是最为活跃的部分,特别是在土壤碳、氮循环中,是活性最强的部分^[1]。土壤微生物活性直接反映了微生物对土壤碳、氮循环的影响。同时,微生物对环境变化很敏感,能够较早地指示生态系统功能的变化,这对于研究全球变化对生态系统的影响及其响应、退化生态系统的恢复和治理以及提高不同植被的生产力等均有重要的理论和实践意义^[3]。目前,土壤微生物生物量和活性分析已经成为土壤碳、氮动态研究中的一项重要内容^[4-5]。

全球气候变化已经成为不争的事实,青藏高原是世界上低纬度冻土集中分布区,作为欧亚大陆最高最大的地貌单元,在亚洲气候乃至全球气候变化中扮演着重要角色。三江源自然保护区位于青海省南部,属于青藏高原腹地,海拔垂直差异明显,具有独特的气候与地理环境,是我国面积最大、海拔最高、生态最敏感,生物多样性保护价值高的国家级自然保护区,为开展全球变化相关研究提供了理想的实验场所^[6]。青藏高原高寒草原生态系统具有十分重要的生态地位,因其所处环境严酷、生态脆弱,在全球变化,特别是在人为干扰等因素的综合影响下,已呈现出严重的退化态势^[7]。本研究以三江源地区典型高寒草原为研究对象,分析土壤微生物的活性和微生物量碳、氮,以期进一步加深了解高寒草地生态系统的土壤生态过程,同时,为认识气候变化对该地区土壤微生物的影响及其响应提供参考。

1 材料和方法

1.1 研究地概况和样品采集

三江源自然保护区地处青藏高原腹地,是长江、黄河、澜沧江的源头,该地区地形复杂,自然环境类型多样,生物多样性丰富,总的气候特征是热量低、年温差小、日温差大、日照时间长,风沙大,植物生长期短。全年平均气温一般在-5.6—3.8℃之间,极端最低气温-48℃,极端最高气温28℃,年平均降水量在262.2—772.8 mm之间,年蒸发量在730—1700 mm之间。高寒草原是三江源地区重要的植被类型之一,以青藏苔草(*Carex moorcroftii*)和紫花针茅(*Stipa purpurea*)为主,植被稀疏、覆盖度小、草丛低矮、层次结构简单^[6, 8]。

于2007年8月,在三江源自然保护区高寒草原选择了4个样地采集土壤样品,样品的具体采集位置、主要植被种类等基本情况见表1。样品采集采用正方形五点取样法,垂直取1—15cm深度的土壤,每个点取样量大体一致(1kg),均匀混合后装入灭菌封口聚乙烯袋,低温保存带回实验室,6个采样点构成一个采样地,样地大小为1000m×1000m。低温保存带回实验室。

1.2 样品分析和数据统计

土壤有机质和理化性质采用常规方法测定^[9],土壤细菌、真菌、放线菌和生理功能微生物类群的计数测定采用稀释平板涂布法^[10],土壤微生物量碳和氮的测定采用氯仿熏蒸浸提法^[9],土壤酶活性采用比色法

测定^[11]。

表 1 样地基本情况

Table 1 Characteristics of the plots

样地名称 Plots	采样地点 Sampling location	植被类型 Vegetation types	经纬度 Longitude and Latitude	海拔 Altitude/m
GH	共和县	高寒草原	35°52.524' N; 99°56.758' E	3400
DR	达日县	高寒草原	33°34.586' N; 99°53.899' E	4077
QML	曲麻莱县	高寒草原	34°03.924' N; 95°49.240' E	4126
MD	玛多县	高寒草原	35°00.799' N; 98°04.019' E	4238

GH: 共和样地, DR: 达日样地, QML: 曲麻莱样地, MD: 玛多样地

用 Excel 和 SPSS 软件进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 土壤有机碳和全氮含量

分别测定了土壤样品的有机碳、全氮、全磷、全钾和 pH 等理化性质指标。4 个土壤样品中均含有较丰富的土壤有机碳和全氮,其中土壤有机碳的含量均在 91 g/kg 以上。不同样地土壤有机碳的含量差异并不明显,处于 91.99—103.99 g/kg 之间,而全氮的含量差异相对明显,处于 1.50—4.90 g/kg 之间,随着海拔的升高而增加,其中样地 GH 的全氮含量分别较样地 DR、QML 和 MD 低了 51.61%、65.11% 和 69.94% (表 2)。土壤碳氮比值(C/N)是衡量土壤 C、N 营养平衡状况的指标,它的演变趋势对土壤碳、氮循环有重要影响,从表 2 可以看出,土壤碳氮含量比随着海拔的升高明显降低。同时,土壤全磷和全钾等的含量在样地之间没有明显的差异,pH 值表明样地 DR 略显酸性,其它 3 个样地略显碱性。实验表明,相对于低海拔样地,高海拔样地由于高寒低温等极端环境胁迫的影响,成土过程中的生物及化学作用弱,生物积累作用明显,微生物的分解活动弱,造成有机质以及氮磷钾含量显著高于低海拔样地。

表 2 不同样地的养分含量

Table 2 Soil property in different plots

样地名称 Plots	有机碳 Organic carbon /(g/kg)	全氮 Total nitrogen /(g/kg)	碳氮比 C/N	全磷 Total phosphorus /(g/kg)	全钾 Total potassium /(g/kg)	pH	含水量 Water content/%
GH	91.99	1.50	61.33	0.59	5.93	7.57	12.09
DR	93.74	3.10	30.24	0.62	6.15	6.09	22.33
QML	103.99	4.30	24.18	0.69	6.97	7.63	27.20
MD	101.50	4.90	20.71	0.74	7.54	7.96	7.52

2.2 土壤微生物区系组成

利用平板计数法测定了 4 个样地土壤的细菌、真菌、放线菌和部分主要生理功能微生物类群,包括氨化细菌、好气性固氮菌、亚硝酸细菌和硝酸细菌等的数量。所有样地中细菌数最多,放线菌次之,真菌数量最少。细菌、放线菌和真菌的数量是 GH、DR、QML 和 MD 样地依次减少,也就是说,随着海拔高度的增加,土壤中的细菌、放线菌和真菌数量明显降低(表 3)。其中,细菌数量在 GH 样地与其它 3 个样地之间差异极显著($P < 0.01$);而 MD 样地的放线菌与其它 3 个样地间差异显著($P < 0.05$);真菌在 GH、DR 和 QML、MD 样地间差异显著($P < 0.05$)。4 个样地中的生理功能微生物菌群数量多少依次为氨化细菌>好气性固氮菌>硝酸细菌>亚硝酸细菌。氨化细菌、好气性固氮菌和硝酸细菌在 GH 样地中数量最多,QML 和 DR 样地次之,MD 样地中最小。亚硝酸细菌在 MD 样地中数量最多,GH 和 DR 样地次之,QML 样地最少,因此,除亚硝酸细菌外,其它 3 类细菌的数量基本上随着海拔的增加而降低。氨化细菌在 GH 样地与其它 3 个样地间差异极显著($P < 0.01$);好气固氮菌、亚硝酸细菌和硝酸细菌均没有显著差异。实验表明,海拔高度的升高明显的影响了土壤

微生物的区系组成。

表 3 土壤微生物群落组成
Table 3 The number of soil microorganisms in the plots

样地名称 Plots	细菌 Bacteria /(10 ⁶ cfu/g)	真菌 Fungi /(10 ⁵ cfu/g)	放线菌 Actinomycete /(10 ⁵ cfu/g)	氨化细菌 Ammonifiers /(10 ⁵ cfu/g)	好气固氮菌 Aerobic azotobacteria /(10 ⁴ cfu/g)	亚硝酸细菌 Nitrite bacteria /(10 ² cfu/g)	硝酸细菌 Nitrate Bacteria /(10 ⁴ cfu/g)
GH	20.95	2.34	10.32	16.69	5.24	0.30	0.70
DR	5.07	1.79	9.39	5.10	2.53	0.18	0.24
QML	3.19	1.94	1.66	6.05	3.04	0.14	0.34
MD	1.92	0.49	1.24	3.92	2.52	0.49	0.04

2.3 土壤酶活性

本研究分别测定了土壤的纤维素酶、蔗糖酶、淀粉酶、蛋白酶和尿酶的活性,测定结果见表 4。5 种土壤酶的活性在 4 个样地中的含量依次为蔗糖酶>脲酶>纤维素酶>淀粉酶>蛋白酶。纤维素酶活性在 4 个样地中的含量处于 0.40—0.42 之间,没有明显的变化(表 4)。除纤维素酶外,在各个样地中的含量均明显沿着海拔梯度的增加而降低,其中 GH 样地中的 4 种酶活性均最高,而 MD 样地的酶活性均最低。4 个样地土壤酶活性都要比农田、森林的土壤酶活性低,这应该与三江源自然保护区独特的地理位置和气候有关,该地区海拔较高,气候寒冷干燥,严酷的生态环境导致土壤中的酶活性降低。

表 4 土壤酶活性测定结果
Table 4 The activities of soil enzyme in different plots

样地名称 Plots	纤维素酶 Cellulase /(mg·g ⁻¹ ·(72h) ⁻¹)	蔗糖酶 Sucrase /(mg·g ⁻¹ ·(72h) ⁻¹)	淀粉酶 Amylase /(mg·g ⁻¹ ·d ⁻¹)	蛋白酶 Protease /(mg·g ⁻¹ ·d ⁻¹)	脲酶 Urease /(mg·g ⁻¹ ·d ⁻¹)
GH	0.42	5.06	0.35	0.14	0.54
DR	0.41	3.41	0.26	0.14	0.54
QML	0.40	3.50	0.27	0.12	0.44
MD	0.42	1.58	0.20	0.06	0.40

2.4 微生物生物量碳、氮含量

GH 样地含有最高的微生物量碳和微生物量氮,而 DR 样地的含量均最低,DR 样地中的微生物量碳含量较 GH、QML 和 MD 样地分别低了 62.74%、25.78% 和 52.06%,而微生物量氮分别低了 69.36%、53.03% 和 8.84%。各样地间的微生物量碳和微生物量氮含量差异极显著($P < 0.01$),均沿着海拔梯度的增加其含量减少(表 5)。同时,微生物量碳和微生物量氮含量所占土壤有机碳和全氮的比例均较低,其中微生物量碳所占有机碳含量的比例处于 0.27%—0.73% 之间,微生物量氮所占土壤全氮含量的比例处于 0.35%—3.41% 之间。

表 5 土壤微生物量碳、氮含量及其与有机碳和全氮的比例
Table 5 The content of microbial biomass carbon and nitrogen and their ratio to soil organic carbon and total nitrogen in the plots

样地名称 Plots	微生物量碳 Microbial biomass carbon	微生物量碳与有机碳比/% Microbial biomass carbon/organic carbon	微生物量氮 Microbial biomass nitrogen	微生物量氮与全氮比/% Microbial biomass nitrogen/total nitrogen
GH	668.18	0.73	51.14	3.41
DR	248.95	0.27	15.67	0.51
QML	335.42	0.32	33.36	0.78
MD	519.34	0.51	17.19	0.35

2.5 土壤微生物活性和微生物量与海拔的分析

将土壤细菌、真菌、放线菌和主要生理功能类群与土壤酶活性、微生物生物量碳、氮和海拔高度之间进行了相关性分析(表6)。从表6可以看出,土壤碳氮比与氨化细菌、好气性固氮菌呈显著正相关,并与真菌、放线菌和硝酸细菌具有较好的正相关性,说明这些微生物类群受土壤中碳氮比影响明显,而亚硝酸细菌则与土壤碳氮比呈负相关。蔗糖酶与真菌和硝酸细菌呈显著正相关,淀粉酶与硝酸细菌呈极显著正相关,蛋白酶与真菌呈显著正相关,脲酶与放线菌呈显著正相关,说明这些土壤酶的活性受相关类群的微生物影响明显。同时,从表6还可以看出,微生物生物量碳与各类群微生物没有显著的相关性,而微生物生物量氮与好气性固氮菌和硝酸细菌之间具有显著的正相关性,与细菌、真菌、放线菌、氨化细菌之间有较好的正相关性,而与亚硝酸细菌之间呈负相关性。除与亚硝酸细菌呈弱正相关外,海拔高度与其它微生物类群均呈负相关性,其中与细菌和氨化细菌呈极显著负相关性,与好气性固氮菌和硝酸细菌呈显著负相关性。同时,海拔高度还与纤维素酶、蔗糖酶、淀粉酶、蛋白酶、脲酶、微生物量碳和微生物量氮等呈较强的负相关性。气温是随着海拔高度的增加而降低的,平均每上升100m,温度约降低0.6℃,本实验利用随海拔梯度存在的自然温度梯度,对三江源保护区4个不同海拔高寒草地的土壤,研究温度变化对草甸草原土壤的可能影响。实验结果可以推断,气候变暖将降低土壤微生物量碳、氮含量,其影响程度的强弱不仅与温度有关,而且还取决于土壤基质与数量、土壤水分等因素。

表6 土壤微生物活性和土壤微生物类群的相关性

Table 6 The correlations between soil microbial activities and soil physical and chemical properties

	细菌 Bacteria	真菌 Fungi	放线菌 Actinomycetes	氨化细菌 Ammonifiers	好气性固氮菌 Aerobic nitrobacter	亚硝酸细菌 Nitrobacteria	硝酸细菌 Nitrate bacteria
碳氮比 C/N ratio	0.998 **	0.693	0.779	0.980 *	0.954 *	-0.056	0.923
纤维素酶 Cellulase	0.467	-0.326	0.304	0.391	0.373	0.825	0.088
蔗糖酶 Sucrase	0.846	0.961 *	0.741	0.859	0.834	-0.543	0.968 *
淀粉酶 Amylase	0.909	0.911	0.716	0.926	0.908	-0.416	0.994 **
蛋白酶 Proteinase	0.557	0.945 *	0.782	0.537	0.482	-0.798	0.733
脲酶 Urease	0.676	0.766	0.978 *	0.597	0.517	-0.477	0.671
微生物量碳 Microbial biomass Carbon	0.708	0.019	0.153	0.728	0.761	0.621	0.498
微生物量氮 Microbial biomass Nitrogen	0.853	0.712	0.364	0.922	0.950 *	-0.168	0.935 *
海拔 Altitude	-0.998 **	-0.706	-0.733	-0.992 **	-0.975 *	0.068	-0.943 *

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

3 讨论

土壤是微生物栖息的重要场所,土壤中微生物的类群、数量、分布和组成直接受植被、土壤水分和养分含量等因素的影响,不同生态环境条件下的土壤微生物区系存在较大的差异。本研究的结果表明,由于高寒低温等极端环境胁迫的影响,成土过程中的生物及化学作用弱,生物积累作用明显,微生物的分解活动弱,造成有机质以及氮磷钾含量显著高于低海拔样地。在三江源地区严酷的生态环境下,草地生态系统仍生存着大量的微生物类群,其中细菌的数量达到 10^6 cfu/g 以上,真菌和放线菌均在 10^5 cfu/g 以上。林超峰等的研究也表明在三江源地区该地区含有丰富的微生物类群,同时表明不同类型植被下土壤微生物区系的特征变化显著^[12]。由于三江源地区特殊的地理位置和生态环境,该土壤生态系统中可能保持着某些具有特殊价值的稀有微生物资源,同时,丰富的微生物资源也将对三江源脆弱的高寒生态系统起到重要作用,包括在维持生态系统营养物质的循环、涵养水源、储藏微生物基因资源等方面起着重要作用。因此,维持三江源地区生态平衡,保护三江源这一高寒草地的微生物资源,显得尤为重要。

土壤酶是土壤中产生的生物催化剂,参与土壤中一切复杂的生化过程,包括腐殖质的合成和分解、动植物

残体的分解、土壤养分的固定与释放,以及氧化还原反应等^[13]。土壤酶不但在土壤物质转化和能量转化过程中起着主要的催化作用,而且通过它对进入土壤的多种有机物质和有机残体产生的生命化学转化,使生态系统的各组分有了功能上的联系,从而保持了土壤生物化学的相对稳衡状态^[14]。本研究测定了与土壤有机碳和氮循环密切相关的 5 种土壤酶活性,土壤酶的活性在 4 个样地中的含量依次为蔗糖酶>尿酶>纤维素酶>淀粉酶>蛋白酶,4 个样地土壤酶的活性明显的低于森林生态系统和农田生态系统^[15-16]。这可能是由于三江源地区常年低温、寒冻条件下,土壤冻结期相对较长,从而抑制了土壤微生物的生命活动。

全球环境变化已经成为全球关注的热点,气候变暖已经成为不争的事实,并有愈演愈烈之势。生态系统中的许多生物学过程随气候条件变化而变化,因此,全球气候变暖无疑将会改变这些生态系统的功能过程,对这些生态系统过程的改变和响应的研究,将为准确预测全球变化趋势提供重要科学依据。目前已有很多不同的实验方法应用于全球气候变化与陆地生态系统关系的研究中,常见的方法包括地理电热线缆^[17]、红外发射器^[18]、开放式空气二氧化碳浓度增高(FACE)^[19]等。由海拔高度变化引起的自然温度梯度作为气候变化的替代实验系统,则是近年来被广泛应用的方法^[20],利用海拔高度变化引起的自然温度梯度作为气候变化的替代实验系统,是一种评价气候变化对陆地生态系统可能影响的经济实用的方法,并能取得颇具说服力的结果^[20-21]。本研究选择了 4 个海拔高度差异较明显的样地,进行了温度变化对土壤微生物活性和微生物量碳、氮影响的研究。结果表明,除与亚硝酸细菌具有弱正相关性外,海拔高度与其它微生物类群均呈负相关性,其中与细菌和氨化细菌呈极显著负相关性,与好气性固氮菌和硝酸细菌呈显著负相关性。同时,海拔高度还与纤维素酶活性、蔗糖酶活性、淀粉酶活性、蛋白酶活性、尿酶活性和微生物量碳氮等具有明显的负相关性,表明温度的升高明显的影响了土壤微生物的区系组成和微生物活性;由此可推断,气候变暖将降低土壤微生物量碳、氮含量,其影响程度的强弱不仅与温度有关,而且还取决于土壤基质与数量、土壤水分等因素。

References:

- [1] Tate R L III. Soil Microbiology. 2nd ed. New York: John Wiley and Sons, Inc, 2000.
- [2] Jenkinson D S, Brookes P C, Powlson D S. Measuring soil microbial biomass. Soil Biology and Biotechnology, 2004, 36(1): 5-7.
- [3] White D, Crosbie J D, Atkinson D, Killham K. Effect of an introduced inoculum on soil microbial diversity. FEMS Microbiology Ecology, 1994, 14(2): 169-178.
- [4] Smith J L, Halvorson J J, Bolton H Jr. Soil properties and microbial activity across a 500 m elevation gradient in a semi-arid environment. Soil Biology and Biochemistry, 2002, 34(11): 1749-1757.
- [5] Wu J G, Ai L. Soil microbial activity and biomass C and N content in three typical ecosystems in Qilian Mountains. Journal of Plant Ecology, 2008, 32(2): 465-476.
- [6] Li D Q, Li J W. Biodiversity in Sanjiangyuan. Beijing: China Science and Technology Press, 2002.
- [7] Cai X B, Zhou J, Qian C. Variation of soil microbial activities in alpine steppes different in degradation intensity in the North Tibet Plateau. Acta Pedologica Sinica, 2008, 45(6): 1110-1118.
- [8] Zhang Y G, Wang H M, Li D Q, Xiao Q M, Liu X R. Molecular diversity of denitrifying bacteria genes in Alp Prairie soil of Sanjiangyuan natural reserve. Chinese Science Bulletin, 2006, 51(6): 715-723.
- [9] Liu G S, Jiang N H, Zhang L D. Soil Analysis and Profile Description. Beijing: The Standards Press of China, 1996.
- [10] Xu G H, Zheng H Y. Soil Microbial Analysis Methods Manual. Beijing: Agriculture Press, 1986.
- [11] Zhou L K. Soil Enzymology. Beijing: Science Press, 1987.
- [12] Lin C F, Chen Z Q, Xue Q H, Lai H X, Chen L S, Zhang D S. Effect of vegetation degradation on soil nutrients and microflora in the Sanjiangyuan Region of Qinghai, China. Application of Environmental Biology, 2007, 13(6): 788-793.
- [13] Yang W Q, Wang K Y. Advances on soil enzymology. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2002, 8(5): 564-570.
- [14] Menyailo O V, Hungate B A, Zech W. The effect of single tree species on soil microbial activities related to C and N cycling in the Siberian artificial afforestation experiment. Plant and Soil, 2002, 242(2): 183-196.
- [15] Fu G, Liu Z W, Cui F F. The feature of soil enzyme activity and quantity of microorganism under artificial forests and their relationships with soil nutrient in Qinling Mountain Area. Journal of Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry: Natural Science Edition, 2008, 36(10): 88-94.

- [16] Li C F, Cao C G, Xu Y H, Wang J P, Zhan M, Yang X W, Pang H D. Dynamics of soil microbial biomass N and soil enzymes activities in rice-duck and rice-fish ecosystems. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(8): 3905-3912.
- [17] Ineson P, Taylor K, Harrison A F, Poskitt J, Benham D G, Woods C. Effects of climate change on nitrogen dynamics in upland soils. 2. A soil warming study. *Global Change Biology*, 1998, 4(2): 153-161.
- [18] Herte J, Torn M S, Chang F R, Feifarek B, Kinzig A P, Shaw R, Shen K. Global warming and soil microclimate: results from a meadow-warming experiment. *Ecological Applications*, 1995, 5(1): 132-150.
- [19] Pang J, Zhu J G, Xie Z B, Liu G, Chen G P. Root activity and nitrogen assimilation of rice (*Oryza sativa*) under Free-Air CO₂ Enrichment. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(8): 1482-1486.
- [20] Wang Q B, Li L H. Field experimental studieon the effects of clemate change on nitrogen mineralization of meadow steppe soil. *Acta Phytoecologica Sinica*, 2000, 24(6): 687-692.
- [21] Hart S C, Perry D A. Transferring soils from high- to low-elevation forests increases nitrogen cycling rates: climate change implications. *Global Change Biology*, 1999, 5(1): 23-32.

参考文献:

- [5] 吴建国, 艾丽. 祁连山 3 种典型生态系统土壤微生物活性和生物量碳氮含量. *植物生态学报*, 2008, 32(2): 465-476.
- [6] 李迪强, 李建文. 三江源生物多样性. 北京: 中国科学技术出版社, 2002.
- [7] 蔡晓布, 周进, 钱成. 不同退化程度高寒草原土壤微生物活性变化特征研究. *土壤学报*, 2008, 45(6): 1110-1118.
- [8] 张于光, 王慧敏, 李迪强, 肖启明, 刘学端. 青藏高原三江源地区高寒草甸土反硝化细菌多样性的初步研究. *科学通报*, 2006, 51(6): 715-723.
- [9] 刘光菘, 蒋能慧, 张连第. 土壤理化分析与剖面描述. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [10] 许光辉, 郑洪元. 土壤微生物分析方法手册. 北京: 农业出版社, 1986.
- [11] 周礼恺. 土壤酶学. 北京: 科学出版社, 1987.
- [12] 林超峰, 陈占全, 薛泉宏, 来航线, 陈来生, 张登山. 青海三江源区植被退化对土壤养分和微生物区系的影响. *应用与环境生物学报*, 2007, 13(6): 788-793.
- [13] 杨万勤, 王开运. 土壤酶研究动态与展望. *应用与环境生物学报*, 2002, 8(5): 564-570.
- [15] 付刚, 刘增文, 崔芳芳. 秦岭山区典型人工林土壤酶活性、微生物及其与土壤养分的关系. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2008, 36(10): 88-94.
- [16] 李成芳, 曹凑贵, 徐拥华, 汪金平, 展茗, 杨学伟, 庞海东. 稻鸭与稻鱼生态系统土壤微生物量 N 和土壤酶活性动态. *生态学报*, 2008, 28(8): 3905-3912.
- [19] 庞静, 朱建国, 谢祖彬, 刘钢, 陈改革. 开放式空气二氧化碳浓度增高 (FACE) 条件下水稻的根系活力和氮同化能力. *应用生态学报*, 2005, 16(8): 1482-1486.
- [20] 王其兵, 李凌浩. 气候变化对草甸草原土壤氮素矿化作用影响的实验研究. *植物生态学报*, 2000, 24(6): 687-692.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 11 June, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Responses of microbes-mediated carbon and nitrogen cycles to global climate change	SHEN Jupei, HE Jizheng (2957)
Formation of cyanobacterial blooms in Lake Chaohu and the photosynthesis of dominant species hypothesis	JIA Xiaohui, SHI Dingji, SHI Mianhong, et al (2968)
Unbalanced cyclical fluctuation pattern of intermittent outbreaks of beet armyworm <i>Spodoptera exigua</i> (Hübner) in China	WEN Lizhang, ZHANG Youjun, ZHU Liang, et al (2978)
Self-organizing feature map classification and ordination of <i>Larix principis-rupprechtii</i> forest in Pangquangou Nature Reserve	ZHANG Qindi, ZHANG Jintun, Suriguga, et al (2990)
Ecological effects of lakeside wetlands restoration in Dalian Lake, Shanghai	WU Di, YUE Feng, LUO Zukui, et al (2999)
Soil organic carbon storage and profile inventory in the different vegetation types of Luya Mountain	WU Xiaogang, GUO Jinping, YANG Xiuyun, et al (3009)
Response of soil microbial community structure to the leaf litter decomposition of three typical broadleaf species in mid-subtropical area, southern China	ZHANG Shengxi, CHEN Falin, ZHENG Hua (3020)
The decomposition of coniferous and broadleaf mixed litters significantly changes the carbon metabolism diversity of soil microbial communities in subtropical area, southern China	CHEN Falin, ZHENG Hua, YANG Bosu, et al (3027)
Spatiotemporal heterogeneity of topsoil nutrients in Karst Peak-Cluster depression area of Northwest Guangxi, China	LIU Shujuan, ZHANG Wei, WANG Kelin, et al (3036)
Effects of cadmium stress on the activities of antioxidant enzymes, digestive enzymes and the membrane lipid peroxidation of the mangrove mud clam <i>Geloina coaxans</i> (Gmelin)	LAI Tinghe, HE Binyuan, FAN Hangqing, et al (3044)
The edge effects on tree-liana relationship in a secondary natural forest in Bawangling Nature Reserve, Hainan Island, China	WU Yuna, TAO Jianping, XI Weimin, et al (3054)
Soilwater deficit under different artificial vegetation restoration in the semi-arid hilly region of the Loess Plateau	YANG Lei, WEI Wei, MO Baoru, et al (3060)
The diurnal trends of sensible and latent heat fluxes of a subtropical evergreen coniferous plantation subjected to seasonal drought	HE Youwei, WANG Qiubing, WEN Xuefa, et al (3069)
Ecological adaptability of photosynthesis and water use for <i>Tamarix ramosissima</i> in the southern periphery of Gurbantungut Desert, Xinjiang	WANG Shanshan, CHEN Xi, WANG Quan, et al (3082)
Estimation of leaf area index of cotton using digital Imaging	WANG Fangyong, WANG Keru, LI Shaokun, et al (3090)
Different response of photosynthetic apparatus between wild soybean (<i>Glycine soja</i>) and cultivated soybean (<i>Glycine max</i>) to NaCl stress	XUE Zhongcai, GAO Huiyuan, LIU Jie (3101)
Effects of water and phosphorus supply on morphology and structure of special root hairs on nodal roots of wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.)	ZHANG Jun, HE Dexian, DUAN Zengqiang (3110)
Applications of species indicator for analyzing plant community types and their biodiversity at Kunyushan National Forest Reserve	SUN Zhiqiang, ZHANG Xingyao, ZHU Yanpeng, et al (3120)
Societal metabolism for chinese provinces based on multi-scale integrated analysis of societal metabolism (MSIASM)	LIU Ye, GENG Yong, ZHAO Hengxin (3133)
Comparative gene expression analysis for leaf trichomes of tobacco grown in two different regions in China	CUI Hong, JI Hao, YANG Huijuan, et al (3143)
Performance evaluation of B biotype whitefly, <i>Bemisia tabaci</i> on 23 host plants	AN Xincheng, GUO Qiang, HU Qiongbo (3150)
Studies of hemocytes DNA damage by two pesticides acetamiprid and chlorpyrifos in predaceous spiders of <i>Pardosa astrigera</i> Koch	LI Rui, LI Shengcai, LIU Jia, (3156)
Effects of the fungicide prochloraz on the rotifer <i>Brachionus calyciflorus</i>	LI Daming, LU Zhenghe, FENG Qi, et al (3163)
Effects of long- and short-term successive parthenogenesis on life history and genetics characteristics of <i>Brachionus calyciflorus</i>	GE Yali, XI Yilong (3170)
Review and Monograph	
Review of the relationship between regional landscape pattern and surface water quality	ZHAO Jun, YANG Kai, TAI Jun, et al (3180)
Review of dew action effect on plants	YE Youhua, PENG Shaolin (3190)
Advances in Botryosphaeriaceae: identification, phylogeny and molecular ecology	CHENG Yanlin, LIANG Jun, LÜ Quan, et al (3197)
Advances in research on the mechanisms of age-related productivity decline of planted forests	MAO Peili, CAO Banghua, TIAN Wenxia, et al (3208)
The application of tree-ring on forest disturbance history reconstruction	FENG Xiaohui, CHENG Ruimei, XIAO Wenfa, et al (3215)
Research advances on stress responsive WRKY transcription factors in plants	LI Ran, LOU Yonggen (3223)
Scientific Note	
The soil microbial activities and microbial biomass in Sanjiangyuan Alpine grassland	REN Zuohua, ZHANG Yuguang, LI Diqiang, et al (3232)
The differences of water use efficiency (WUE) among three <i>Populus deltoids</i> clones, and the cloning and characterization of related gene, <i>PdERECTA</i>	GUO Peng, XIA Xinli, YIN Weilun (3239)
Arthropod community reestablishment and niche of the main groups in kiwifruit orchards	DU Chao, ZHAO Huiyan, GAO Huanhuan, et al (3246)

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 11 期 (2011 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 11 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@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

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元