

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

(Shengtai Xuebao)

第 30 卷 第 24 期
Vol.30 No.24
2010



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



生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

中国科学院科学出版基金资助出版

第 30 卷 第 24 期

2010 年 12 月 (半月刊)

目 次

三江平原残存湿地斑块特征及其对物种多样性的影响	施建敏, 马克明, 赵景柱, 等 (6683)
叶片碳同位素对城市大气污染的指示作用	赵德华, 安树青 (6691)
土地利用对崇明岛围垦区土壤有机碳库和土壤呼吸的影响	张容娟, 布乃顺, 崔 军, 等 (6698)
缓/控释复合肥料对土壤氮素库的调控作用	董 燕, 王正银 (6707)
北京海淀公园绿地二氧化碳通量	李 霞, 孙 睿, 李 远, 等 (6715)
三峡库区消落带生态环境脆弱性评价	周永娟, 仇江啸, 王 姣, 等 (6726)
应用碳、氮稳定同位素研究稻田多个物种共存的食物网结构和营养级关系	张 丹, 闵庆文, 成升魁, 等 (6734)
基于弹性系数的江苏省能源生态足迹影响因素分析	杨足膺, 赵 媛, 付伍明 (6741)
中国土地利用多功能性动态的区域分析	甄 霖, 魏云洁, 谢高地, 等 (6749)
遮荫处理对东北铁线莲生长发育和光合特性的影响	王云贺, 韩忠明, 韩 梅, 等 (6762)
臭氧胁迫对冬小麦光响应能力及 PS II 光能吸收与利用的影响	郑有飞, 赵 泽, 吴荣军, 等 (6771)
地表覆草和覆膜对西北旱地土壤有机碳氮和生物活性的影响	谢驾阳, 王朝辉, 李生秀 (6781)
喀斯特峰丛洼地旱季土壤水分的空间变化及主要影响因子	彭晚霞, 宋同清, 曾馥平, 等 (6787)
极干旱区深埋潜水蒸发量的测定	李红寿, 汪万福, 张国彬, 等 (6798)
灌木林土壤古菌群落结构对地表野火的快速响应	徐赢华, 张 涛, 李 智, 等 (6804)
稻田免耕和稻草还田对土壤腐殖质和微生物活性的影响	区惠平, 何明菊, 黄 景, 等 (6812)
造纸废水灌溉对黄河三角洲盐碱地土壤酶活性的影响	董丽洁, 陆兆华, 贾 琼, 等 (6821)
神农宫扁角菌蚊幼虫种群分布及其与环境因子的相关性	顾永征, 李学珍, 牛长缨 (6828)
三亚珊瑚礁水域纤毛虫种类组成和数量分布及与环境因子的关系	谭烨辉, 黄良民, 黄小平, 等 (6835)
淞江鲈在中国地理分布的历史变迁及其原因	王金秋, 成 功 (6845)
黄海中南部小黄鱼生物学特征的变化	张国政, 李显森, 金显仕, 等 (6854)
甲基溴消毒对番茄温室土壤食物网的抑制	陈云峰, 曹志平 (6862)
离子树脂法测定森林穿透雨氮素湿沉降通量——以千烟洲人工针叶林为例	盛文萍, 于贵瑞, 方华军, 等 (6872)
乡土植物芦苇对外来入侵植物加拿大一枝黄花的抑制作用	李愈哲, 尹 昕, 魏 维, 等 (6881)
遂渝铁路边坡草本植物多样性季节动态和空间分布特征	王 倩, 艾应伟, 裴 娟, 等 (6892)
古尔班通古特沙漠原生梭梭树干液流及耗水量	孙鹏飞, 周宏飞, 李 彦, 等 (6901)
碟果虫实种子萌发对策及生态适应性	刘有军, 刘世增, 纪永福, 等 (6910)
原始兴安落叶松林生长季净生态系统 CO ₂ 交换及其光响应特征	周丽艳, 贾丙瑞, 曾 伟, 等 (6919)
五种红树植物通气组织对人工非潮汐生境的响应	伍卡兰, 彭逸生, 郑康振, 等 (6927)
亚高寒草甸不同生境植物群落物种多度分布格局的拟合	刘梦雪, 刘佳佳, 杜晓光, 等 (6935)
内蒙古荒漠草原地表反照率变化特征	张 果, 周广胜, 阳伏林 (6943)
中国沙棘克隆生长对灌水强度的响应	李甜江, 李根前, 徐德兵, 等 (6952)
增温与放牧对矮蒿草甸 4 种植物气孔密度和气孔长度的影响	张立荣, 牛海山, 汪诗平, 等 (6961)
基于 ORYZA2000 模型的北京地区早稻适宜播种期分析	薛昌颖, 杨晓光, 陈怀亮, 等 (6970)
专论与综述	
区域生态安全格局研究进展	刘 洋, 蒙古军, 朱利凯 (6980)
植物功能性状与湿地生态系统土壤碳汇功能	王 平, 盛连喜, 燕 红, 等 (6990)
农田水氮关系及其协同管理	王小彬, 代 快, 赵全胜, 等 (7001)
虫害诱导挥发物的生态调控功能	王国昌, 孙晓玲, 董文霞, 等 (7016)
土壤微生物资源管理、应用技术与学科展望	林先贵, 陈瑞蕊, 胡君利 (7029)
问题讨论	
从演化的角度评价北京市经济系统可持续发展趋势	黄茹莉, 徐中民 (7038)
基于植物多样性特征的武汉市城市湖泊湿地植被分类保护和恢复	郑忠明, 宋广莹, 周志翔, 等 (7045)
濒危兰科植物再引入技术及其应用	陈宝玲, 宋希强, 余文刚, 等 (7055)
研究简报	
实验条件下华北落叶松和白杆苗期生长策略的差异比较	张芸香, 李海波, 郭晋平 (7064)
基于源-库互反馈的温室青椒坐果时空动态模拟	马韞韬, 朱晋宇, 胡包钢, 等 (7072)
西双版纳小磨公路及其周边道路对蛇类活动的影响	孙 戈, 张 立 (7079)
温度变化对藻类光合电子传递与光合放氧关系的影响	张 曼, 曾 波, 张 怡, 等 (7087)
黄土区六种植物凋落物与不同形态氮素对土壤微生物量碳氮含量的影响	王春阳, 周建斌, 董燕婕, 等 (7092)
食细菌线虫 <i>Caenorhabditis elegans</i> 的取食偏好性	肖海峰, 焦加国, 胡 锋, 等 (7101)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 424 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 48 * 2010-12

灌木林土壤古菌群落结构对地表野火的快速响应

徐赢华^{1,2}, 张涛², 李智^{2,3}, 徐建华^{2,3}, 毛培宏⁴, 金湘⁴, 娄恺^{2,*}

(1. 石河子大学生命科学学院, 新疆 石河子 832003; 2. 新疆农业科学院 微生物应用研究所, 新疆 乌鲁木齐 830091;
3. 新疆大学生命科学与技术学院, 新疆 乌鲁木齐 830046; 4. 新疆大学离子束生物技术中心, 新疆 乌鲁木齐 830008)

摘要: 为了评价地表野火对土壤古菌群落结构的即时影响, 在灌木林火发生 18h 后, 于火烧迹地和未烧地采集土壤样品, 通过构建两个土壤古菌 16S rDNA 基因文库, 研究火烧后小时尺度下土壤古菌群落结构的变化。从火烧和对照未烧土壤古菌文库中共得到 19 个古菌的操作分类单元 (Operation taxonomic units, OTUs), 其中对照未烧林地土壤文库中存在 9 个 OTUs 是火烧土壤中缺失的类群, 占克隆总数的 5.91%。未烧林地中 3 个优势古菌克隆 YMar-F25 (GQ304791)、YMar-F32 (GQ304792) 及 YMar-F21 (GQ304789) 系统发育归类为泉古菌门亚群 Group I, 分别占克隆总数的 15.50%, 18.18%, 41.36%; 而在火烧迹地中这 3 个古菌分类群仍为优势群, 分别占克隆总数的 15.59%, 22.58%, 46.24%。多样性指数分析显示对照土壤古菌文库 Shannon-Wiener 指数为 1.87, 而火烧土壤古菌文库为 1.40。结果表明, 在小时尺度上, 高强度灌木林火使土壤古菌多样性立即降低, 低丰度土壤古菌种群对火干扰敏感, 高丰度古菌的种群结构火烧后无明显变化。

关键词: 古菌群落; 野火; 灌木林

Rapid response of shrubbery soil archaeal communities to surface wildfire

XU Yinghua^{1,2}, ZHANG Tao², LI Zhi^{2,3}, XU Jianhua^{2,3}, MAO Peihong⁴, JING Xiang⁴, LOU Kai^{2,*}

1 College of Life Sciences, Shihezi University, Shihezi 832003, Xinjiang China

2 Institute of Microbiology, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, Xinjiang China

3 College of Science and Technology, Xinjiang University, Urumqi 830046, Xinjiang China

4 The Center of Ion Beam Biotechnology, Xinjiang University, Urumqi 830008, Xinjiang China

Abstract: This study was conducted to evaluate the immediate influence of surface wildfire on the soil archaeal community structure in a shrubbery. Burned soils were sampled 18 hours after a shrubbery fire in Yumin county of Xinjiang, Northwest China, and control soils were sampled from a unburned shrubbery next to the fire-impacted areas. Two archaeal 16S rDNA gene clone libraries were generated from total genomic DNA in the two soils. Nineteen archaeal operation taxonomic units (OTUs) were obtained from the two soils clone libraries by restriction fragment length polymorphism (RFLP) analysis, and nine of them were only detected in the unburned soils and accounted for 5.91% of total clones, being absent in the burned soils. Three dominant archaeal taxonomic units YMar-F25 (GQ304791), YMar-F32 (GQ304792) and YMar-F21 (GQ304789) fell into subgroup I of Crenarchaeota, accounting for 15.50%, 18.18% and 41.36% of the total clones respectively in the unburned soil library. Immediately after the fire, the three taxonomic units were still dominant in the burned soil library, accounting for 15.59%, 22.58% and 46.24%. Shannon-Wiener index of unburned soil archaeal 16S rDNA gene clone library was 1.87, and the burned soil library was 1.40. The results suggested when the time after high severity shrubbery fire was at hourly scale, diversity of soil archaea was lower in burned site than the control site, groups of archaea with low abundance were more sensitive to fire disturbance than those with high abundance. Community structure of the groups with high abundance was not altered significantly after fire.

基金项目: 国家 973 计划前期研究专项 (2008CB417214); 新疆特殊环境微生物实验室开放课题 (XJYS0203-2008-03)

收稿日期: 2009-11-21; **修订日期:** 2010-09-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: loukai02@mail.tsinghua.edu.cn

Key Words: archaeal community; wildfire; shrubbery

火对森林生态具有重要的干扰作用,它能改变树木植被的群落组成和结构,可引发新一轮的植物次生演替^[1-2]。森林土壤也会因火烧而发生物理、化学和生物性质的变化,如土壤孔隙度、含水量、有机层、pH,微生物活性和数量等均会受到影响^[3-5]。地表野火能直接杀死土壤微生物或改变土壤理化环境,间接影响其活性和群落结构,前者是一个短暂而快速的过程,而後者的作用可能是长久的^[5]。

火烧迹地土壤微生物多样性及群落结构在不同时间尺度下的变化格局不同。在月尺度上,有研究表明林火发生 2 个月后的土壤微生物多样性和生物量碳降低,丰度增加^[6]; 3 个月后的土壤甲烷氧化菌的活性和群落结构未发生明显变化^[7]。在年际尺度上,西黄松林火烧 1 年零 2 个月后,低、高强度火烧迹地微生物生物量基本与火烧前持平,但群落结构均与对照有明显差别^[8]; 针叶林火烧 6a 和 9a 后的土壤微生物多样性低于火烧后 2—5 个月的,甚至火烧 25a 迹地的微生物多样性、生物量碳和丰度仍未恢复^[6,9]。由于原核生物具有世代时间短、繁殖快及适应性强的特点,且微生物群落结构和活性对热干扰有抵抗和恢复的能力^[10],所以其群落结构对火的扰动能快速响应。因此要更全面了解火对土壤微生物群落的干扰作用,除在火烧后月、年尺度下研究微生物群落的变化外,还需小时尺度下对其进行检测研究。而以小时作为火烧后的时间尺度,研究林火对土壤微生物的即时效应,国内外未有报道。小时尺度下研究微生物群落结构的变化,可进一步帮助了解土壤微生物在火烧后的生态过程,为火烧后其它尺度(月、年)下研究土壤理化环境、植被组成等生物和非生物因素的改变与微生物群落次生演替之间的关系提供科学依据。

古菌(Archaea)遍布于各类生境中,如海洋、淡水及陆地土壤等^[11-13],虽然它们在土壤营养元素循环中的具体作用并不完全清楚,但近年研究发现泉古菌(Crenarchaeota)在土壤氮循环中可能是主要的氨氧化者^[14-15],这表明了古菌在土壤环境中潜在的重要生态地位。本研究在灌木林火发生 18h 后,于火烧迹地采集土样,构建古菌 16S rDNA 基因文库,通过比较火烧和未烧林地古菌多样性及群落结构差异,确定小时尺度上火对土壤古菌群落的干扰情况,完善对火烧干扰土壤古菌群落结构的评价。

1 材料和方法

1.1 主要试剂和仪器

蛋白酶 K (Sigma), PMD18-T vector (TaKaRa), PCR loading dye mix (TaKaRa), 胶回收试剂盒(生工), 柱式腐殖酸清除剂(BIO BASIC INC. BBI), PCR 仪(Eppendorf AG22331 Hamburg), 凝胶成像仪(United-Bio Gk-330C), 引物合成和序列测定由上海生工生物科技有限公司完成。

1.2 采样地介绍

土壤样品采集地点为新疆塔城裕民县内(45°56'33N, 82°30'46E)的野生灌木林山坡。该区属于温带大陆性干旱半干旱气候区,年平均气温 5.3℃,年平均降水量为 600 mm,全年无霜期为 107—130d,土壤类型为亚高山栗钙土。灌木林火发生于 2008 年 7 月 23 日约 23:00,火烧迹地的树木和植被已全部烧毁(图 1)。选择两个采样地:火烧灌木林地和未烧对照林地,两者相邻,具有相似的海拔(约为 1012 m)、坡度和方位。火烧地过火之前和未烧地具有相似的植被组成,主要有金丝桃叶绣线菊(*Spiraea hypericifolia* L.)、黑果小檗(*Berberis heteropoda* Schrenk)、鞑靼忍冬(*Lonicera tatarica* L.)。

1.3 土壤样品的采集和理化测定

过火约 18 h 后,在地表尚有余热的火烧迹地上随机设置长 180 m 的样带,每隔 20 m 设置一个点,共 10 个点。除去表层火烧灰分,每点采集深度 0—5 cm 的土样 100 g;未烧对照地采用同样的方法采集 1 kg 土样,4℃保存。采集的土样充分混合均匀,经 0.2 mm 孔径过筛后,测定土壤理化参数和 DNA 提取等后续工作。土壤理化参数测定参考 DB/6500 B11 的方法:土壤含水量的测定采用重量差法;pH 采用 1:2 土水比,电位测定法;有机质测定用重铬酸钾氧化法;有效氮采用碱解-扩散法测定;有效磷采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定;



图1 灌木林火烧地(左)和对照未烧地(右)

Fig. 1 Burned areas(L) and unburned areas(R) of the shrubbery

有效钾测定采用醋酸氨浸提-火焰光度法。

1.4 土壤样品总 DNA 提取和纯化

采用文献^[16]的方法并作改进:称取 5.00 g 土样置于 5 mL 离心管中,加 13.5 mL DNA 提取液(100 mmol/L Tris-HCl, 100 mmol/L EDTA, 100 mmol/L 磷酸钠, 1.5 mol/L NaCl, 1% CTAB, pH 8.0)混合均匀后,于液氮和 65℃ 水浴锅中 3 冻 3 融;再加入 10 μ L 蛋白酶 K(10 mg/mL), 37℃ 水浴 1 h;然后加入 1.5 mL 20% SDS, 65℃ 水浴 2 h,每隔 15—20 min 轻轻颠倒几下;4℃、5000 r/min 离心 10 min,收集上清,转移到另一无菌离心管中;向土壤沉淀再加入 4.5 mL 提取液和 0.5 mL 20% SDS,涡旋 10 s,65℃ 水浴 10 min;室温 5000 r/min 离心 10 min,收集上清。重复上述操作,收集上清与前两次上清合并。加入与总上清液等体积的酚\氯仿\异戊醇(25:24:1 体积比)混合,4℃、9000 r/min 离心 10 min,吸取水相转移至另一无菌离心管中,加入 0.6 倍体积的异丙醇过夜沉淀;室温下 12000 r/min 离心 20 min,收集核酸沉淀;用预冷的 70% 乙醇洗涤沉淀 2 次后自然风干,重悬于 TE 缓冲液中,然后用柱式腐殖酸清除剂(BBI)纯化所提的 DNA。

1.5 古菌 16S rDNA 序列的扩增和产物切胶回收

采用古菌通用引物 Ar3F(5'-TTCCGGTTGATCCTGCCGGA-3')和 Ar9R(5'-CCCGCCAATTCCTTTAAGTTTC-3')^[13]扩增土壤中古菌 16S rDNA 基因序列,扩增片段长度为 900 bp 左右。扩增体系为 50 μ L,其中上下游引物各 0.5 μ L(10 μ mol/L),TaKaRa PCR loading dye mix 25 μ L,适量模板,加无菌去离子水至 50 μ L。PCR 反应条件:95℃ 预变性 5 min,然后 95℃ 30 s,57℃ 30 s,72℃ 60 s,共 30 个循环;最后 72℃ 延伸 8 min。1% 琼脂糖凝胶电泳检测 PCR 扩增结果。用生工 DNA 片段快速纯化胶回收试剂盒回收纯化目的 PCR 片段。

1.6 土壤古菌 16S rDNA 基因文库的构建和 RFLP 分析及测序

回收的 PCR 产物与克隆载体 PMD18-T(TaKaRa)于 16℃ 连接 10 h,热击转化到 *E. coli* DH5 α 感受态细胞内,用氨苄青霉素(100 μ g/mL)抗性和蓝白斑筛选方法筛选阳性克隆,用载体上的通用引物 M13-47(5'-CGCCAGGGTTTCCCAAGTCACGAC-3'),M13-48(5'-AGCGGATAACAATTTTCACACAGGA-3')进行菌落 PCR 扩增,验证插入片段的大小。菌落 PCR 扩增产物用内切酶 *Rsa* I、37℃、酶切 4 h;然后用 3% 的琼脂糖凝胶进行电泳检测,对不同谱型的克隆进行测序(由上海生工生物技术公司完成)。

1.7 古菌文库多样性和相似性分析

采用 Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数对所建的两个古菌的 16S rDNA 基因文库克隆子多样性进行评估和比较。两文库克隆子的相似性采用 Jaccard 指数和 Bray-Curtis 指数进行评估^[17-18]。文库覆盖率采用文献^[19]方法计算得到,稀有度曲线由 EstimateS (<http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>)软件得到。

Shannon-Wiener 指数:

$$H' = - \sum P_i \ln P_i$$

Simpson 指数:

$$1/D = \sum N_i (N_i - 1) / N (N - 1)$$

Jaccard 指数:

$$S_j = j / a + b - j$$

Bray-Curtis 指数:

$$C_N = 2N_j / N_a + N_b$$

文库覆盖率:

$$C = 1 - N1 / N$$

式中, $P_i = N_i / N$, N_i 为第 i 个 OUT 的数目, N 为文库中总克隆数目, j 为文库 A 和文库 B 共有的 OTU 数目, a, b 分别为文库 A 和文库 B 的 OTU 数目, N_a 和 N_b 分别为文库 A 和文库 B 中的总克隆数目, N_j 为文库 A 和文库 B 共有 OTU 中克隆数目较少者的总和, $N1$ 为文库中仅含有 1 个克隆的 OUT 数目。

1.8 基于古菌 16S rDNA 基因序列的系统发育树构建

在 Ribosomal Database Project II (RDP) 中用 Chimera-Check 程序检测序列的有效性, 剔除人工嵌合序列。将剩余序列(860 bp 左右)在 NCBI 上利用 Blast 搜索 GenBank 数据库, 找出相似序列, 用 CLUSTAL X 进行多序列比对, 用 MEGA 4.0 程序中的邻接法(Neighbor-joining), 采用 Kimura 双参数计算模型构建系统发育树。本研究所得的古菌 16S rDNA 序列中, 序列同源性不小于 99% 的定义为一个 OUT, 取其中一个序列进行系统发育树的构建, 并提交至 GenBank, 所得的序列号为 GQ304787-GQ304805。

2 结果与分析

2.1 火烧及未烧林地土壤的理化性质

土壤理化性质受火烧影响, 发生了较明显的变化(表 1)。过火后林地表层土壤含水量下降了 54%, 有机质减少 35%, pH 提高了 0.5 个单位, 土壤有效氮和有效钾含量分别增加了 139.06 mg/kg 和 130.44 mg/kg, 而土壤有效磷减少了 21.72 mg/kg, 约减少了 59%。

表 1 过火和未过火林地土壤的理化性质

Table 1 Physico-chemical characteristics of burned and unburned soil

项目 Item	含水量 Water content /(g/kg)	pH	有机质 Organic matter /(g/kg)	有效氮 Available N /(mg/kg)	有效磷 Available P /(mg/kg)	有效钾 Available K /(mg/kg)
未烧林地土壤 Unburned soil	105.49	7.25	152.24	440.90	60.23	435.34
火烧林地土壤 Burned soil	48.90	7.75	98.45	579.96	38.51	565.78

2.2 土壤古菌 16S rDNA 基因文库阳性克隆 RFLP 及序列分析

从火烧及对照未烧林地土壤古菌 16S rDNA 基因文库文库中, 分别随机筛选了 186 个和 220 个阳性克隆进行 RFLP 分析与测序。把序列同源性不小于 99% 的定义为一个 OUT, 两个文库共获得 19 个 OTUs, 其中 9 个 OUTs 是对照文库所特有的, 在火烧土壤文库中未检测出(表 2)。这 9 个古菌 OUTs 是相对丰度较低的类群, 它们各自包含的克隆数占对照文库总克隆数的比例小于 1% (除 YMar-C79)。分类群 YMar-F21、YMar-F25 及 YMar-F32 在对照文库中分别占 41.36%、15.50%、18.18%, 是土壤中的优势古菌群; 在火烧土壤文库中, 它们仍为高丰度的优势类群, 分别占文库的 46.24%、15.59%、22.58%。优势古菌群的相对丰度在火烧前后无明显变化, 表明这些古菌群结构受火烧影响不明显。

2.3 两个古菌 16S rDNA 基因文库多样性和相似性分析

包含 186 个克隆的火烧土壤古菌文库及 220 个克隆的对照文库的覆盖率都高于 90% (表 3), 表明其库容都能充分反映土壤古菌微生物多样性。与对照文库相比, 火烧土壤古菌文库的 Shannon-Wiener 指数, Simpson

指数均减小,说明过火土壤中的古菌多样性立即降低,稀有度曲线也支持以上结果并反映了两个土壤古菌文库的差异格局(图2)。两土壤古菌文库的 Jaccard 指数(仅考虑 OUT 的缺失)为 0.53,Bray-Curtis 指数(OTU 的相对丰度及缺失)为 0.90,它们从不同角度反映了文库的相似程度。

表 2 两文库古菌 16S rDNA 基因序列克隆分析
Table 2 Analysis of 16S rDNA gene sequences from two soils clone libraries

OUTs 编号 No. of OTUs	未烧土壤古菌文库 Unburned soil archaeal library		火烧土壤古菌文库 Burned soil archaeal library	
	克隆数目/个 No. of clones	克隆数/% Total clones	克隆数目/个 No. of clones	克隆数/% Total clones
YMar-F10	17	7.73	7	3.76
YMar-F12	18	8.19	16	8.60
YMar-F21	91	41.36	86	46.24
YMar-F22	1	0.45	1	0.54
YMar-F25	34	15.50	29	15.59
YMar-F32	40	18.18	42	22.58
YMar-F41	1	0.45	1	0.54
YMar-F70	2	0.91	2	1.08
YMar-F89	2	0.91	1	0.54
YMar-F176	1	0.45	1	0.54
YMar-C75	1	0.45	—	—
YMar-C79	3	1.36	—	—
YMar-C115	1	0.45	—	—
YMar-C117	1	0.45	—	—
YMar-C141	1	0.45	—	—
YMar-C143	2	0.91	—	—
YMar-C165	1	0.45	—	—
YMar-C198	2	0.91	—	—
YMar-C232	1	0.45	—	—
总计 Total	220	100	186	100

—:未检测出

表 3 火烧和未烧林地古菌克隆文库的多样性和相似性指数
Table 3 Diversity coefficient and similarity coefficient of archaeal clones from burned and unburned soils

项目 Item	C/%	H	1/D	S _J	C _N
对照土壤古菌文库 Unburned soil archaeal clone library	95.91	1.87	4.22	0.53	0.90
火烧土壤古菌文库 Burn soil archaeal clone library	97.85	1.40	1.78		

2.4 基于古菌 16S rDNA 基因序列的系统发育分析

从火烧和对照未烧林地土壤古菌 16S rDNA 基因文库中共得到 19 个古菌的 OTUs,它们分属于泉古菌门(Crenarchaeota)和广古菌门(Euryarchaeota)(图3)。泉古菌门包括 Group I 和 Group II 两个亚群,前者为优势群,含 13 个 OTUs,占对照文库的 96.36%;后者只含 1 个 OUT,占对照文库的 0.45%。此研究中获得 的泉古菌克隆序列均与 Marine Group I 亚群中的代表序列 LMA226(U87517)、芬兰北方森林土壤 clone FFSB2(X96689)及 clone FFSB10(X96695)^[13]亲缘关系相对较远;而与新疆土壤古菌 clone XJ1(DQ225138)亲缘关系接近,系统发育都归为亚群 Group I(除 YMar-F41)。广古菌门克隆数占对照文库的 3.2%,包括盐杆菌目(Halobacteriales)、甲烷微菌目(Methanomicrobiales)以及甲烷八叠球菌目(Methanosarcinales),甲烷八叠球菌目含 3 个 OTUs,其它两个目各包含 1 个 OTU。

系统发育树(图3)中记为 YMar-C 的 9 个 OTUs 是火烧土壤中缺失的类群,其中 6 个 OUT 属于亚群

Group I, 1 个 OUT 个属于广古菌门的甲烷微菌目 (Methanomicrobiales), 2 个属于甲烷八叠球菌目 (Methanosarcinales)。这些土壤过火后缺失的类群没有单独聚成一个或几个进化分支。YMar-F 为火烧土壤文库中存有的类群。亚群 Group I 中的 YMar-F12、YMar-F25、YMar-F32 及 YMar-F21 在火烧前后均为优势群, 它们与不可培养的环境克隆序列有最高同源性 (99%), 包括: 来自于水稻土的 clone 2-4 (FJ481941)、clone 2-7 (FJ481944)、根围 clone Elev_16S_arch_937 (EF023047) 以及铀矿 clone BuhD-Ar100 (FM897352)。克隆 YMar-F22 与来自于高温热液环境的克隆 pYK04-19A-43 (AB464787) 具有 99% 的相似率, 除此之外, 对照中的其它产甲烷菌群克隆均在过火土壤中缺失。

3 讨论

林火对土壤理化性质的影响与土壤本身特性、火烧强度及可燃物类型等有关^[20]。本研究的灌木林火烧迹地植被致死率接近 100%, 属于高强度的灌木林火烧, 过火迹地深度为 0—5 cm 的土壤 pH 升高, 有机质、有效磷含量均减少, 有效氮、有效钾有所增加。有研究表明, 油松林低强度火烧迹地土壤有机质显著增加, 有效磷提高; 中强度火烧后土壤有机质显著减少, 有效磷降低^[21]。针叶林低强度火烧 9d 后土壤的有效磷增加、有效氮减少, 而中、高强度火烧后土壤有效磷含量下降, 有效氮增加^[22]。此外, 灼烧温度低于 200℃ 时, 土壤有效钾含量变化不明显, 在 200—500℃ 时, 土壤有效钾含量增加^[23], 而土壤遭受 200—500℃ 的灼烧温度相当于发生在某些中、高强度乔木林火烧中的情况^[8]。因此, 本研究中的灌木林火对土壤理化性质的影响与乔木林中、高强度火烧对土壤的理化作用结果较一致, 同时也反映此灌木林火烧强度相当于某些乔木林的中火烧强度, 甚至是高火烧强度。

本研究在火烧迹地存有余热的情况下, 立刻采集土壤样品, 通过分析所构建的古菌 16S rDNA 基因文库, 评价土壤古菌群落结构对地表野火的快速响应。与对照相比, 火烧迹地中缺失了 9 个占非优势的古菌种群, 其它优势种群在火烧后仍存在且其群落结构无明显改变, 这与 Jurgens 等人的研究结果不同^[24]。对针叶林用火 1a 后, 他们发现火烧与对照土壤的相同种群只有 2 个, 与对照相比, 缺失了 4 个古菌种群, 出现了 7 个新的古菌种群, 两者的古菌群落结构差别较大。其原因很可能在于采用的时间尺度不同, 在年际尺度上, 火烧土壤的古菌群落结构已发生演替, 而本研究以小时为尺度, 更多体现了火烧产生的热对土壤古菌造成的直接短时影响。其次, 林火产生的热传到土壤中的程度取决于各种因素, 包括火烧强度与滞留时间、土壤有机层性质和厚度等^[5], 这也与两者研究结果不同有关。

火烧产生的热会选择性地使土壤微生物致死, 从而导致其群落结构发生改变^[5]。不同微生物类群的致死温度不同, 一般真菌对热干扰的敏感程度高于细菌, 火烧后真菌与细菌的数量比下降^[25]。某些特殊微生物类群尤其对热敏感, 例如亚硝酸盐氧化菌 (*Nitrobacter* spp.) 99% 的致死温度为 80—90℃^[26]。本研究检测到土壤古菌类群在火烧后消失, 另有类群仍然存活, 尤其是占优势的种群在火烧后大量存在, 说明该土壤古菌类群对热的敏感程度不同, 优势古菌对热干扰的抵抗能力较强。系统发育分析表明, 对照土壤广古菌中含有产甲烷的类群于火烧迹地上缺失, 其原因在于此地年平均气温低 (5.3℃), 全年无霜期短, 并且夏季正午测得未烧样地表层土壤平均温度低于 20℃, 因此该产甲烷古菌可能主要为嗜冷类群, 对高温敏感, 所以易在火烧中消亡。

林火对土壤微生物的影响是一个长期过程, 植被的烧毁、炭灰的覆盖、土壤理化性质的改变等将持续干扰微生物群落结构和生态功能^[5]。因此在不同时间尺度下, 林火对迹地土壤微生物群落的扰动结果不同。本

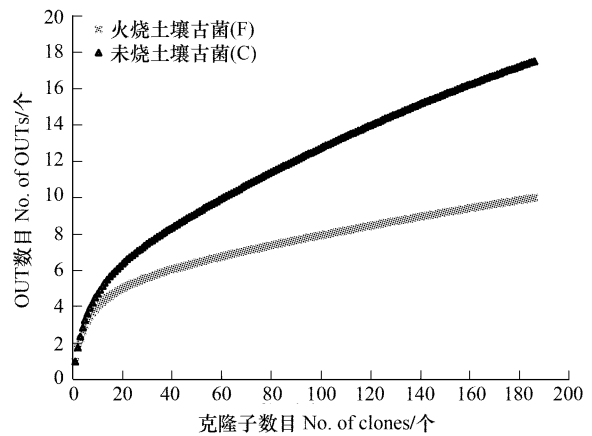


图2 两土壤古菌 16S rDNA 基因文库的稀有度曲线
Fig. 2 Rarefaction curves of archaeal 16S rDNA gene clone libraries from unburned (C) and burned (F) soils

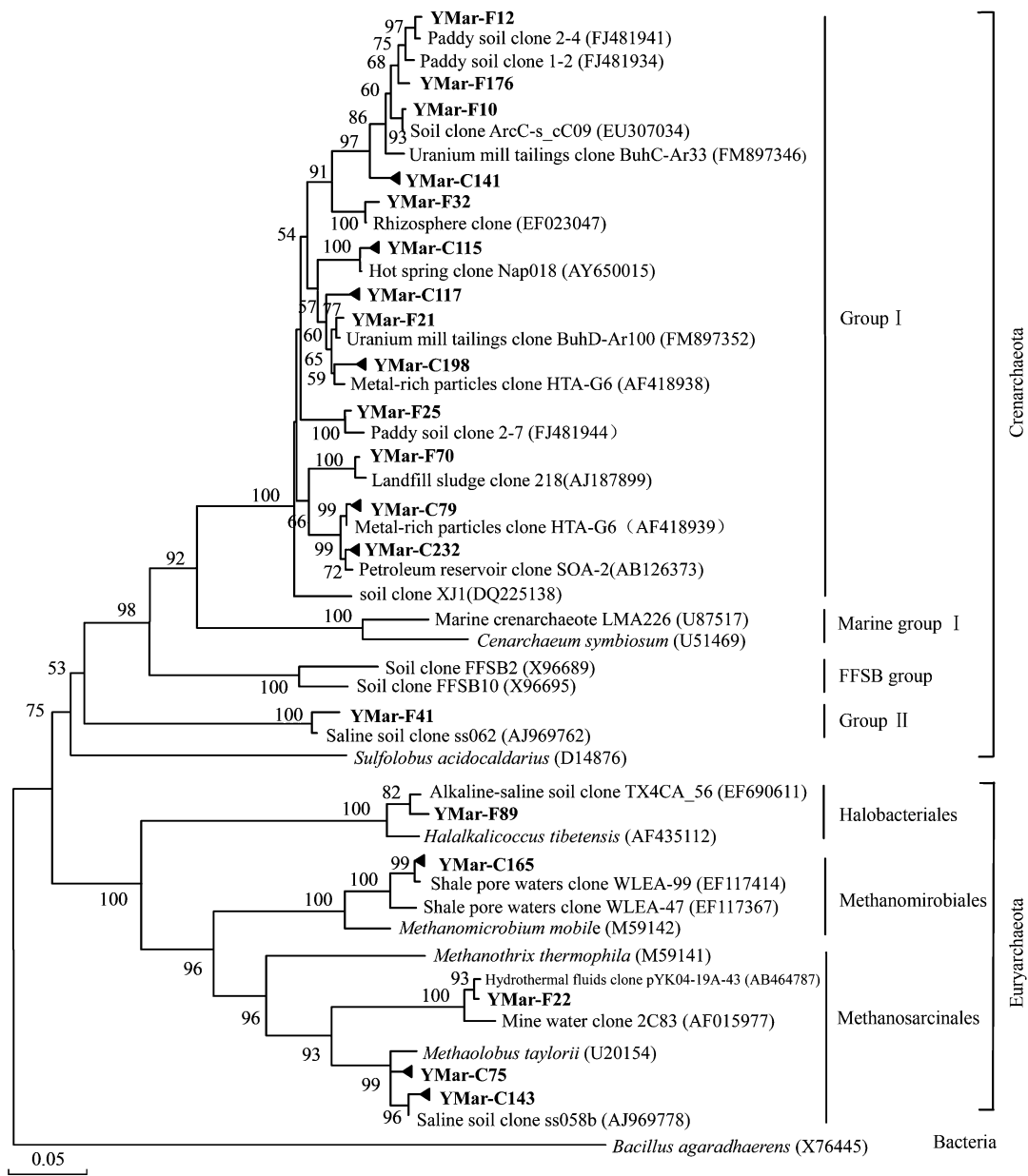


图3 未烧和火烧土壤中古菌 16S rDNA 基因克隆的系统发育树

Fig. 3 A phylogenetic tree showing the phylogenetic relations of the soil clones (bold) based on partial 16S rDNA gene sequences

注:发育树节点处的数字表示拓扑结构自展值/%; YMar-F: 火烧土壤文库中存在的古菌克隆; YMar-C: 火烧土壤文库中缺失的古菌克隆;
尺度条: 0.05 表示 5% 的核苷酸序列差异

文是在高强度火烧后的小时尺度上,揭示灌木林火对土壤古菌群落结构的即时效应。小时尺度上,微生物群落可能未发生演替,因此火烧迹地上可能还未出现新的微生物类群,本研究也未检测到火烧后出现新的古菌种群。而在其它较长时间尺度:如月、年尺度下,由于土壤物理化学性质的改变、迹地植物群落的次生演替,以及其它因素的变化作用于微生物群落,可能会使其发生演替,从而在火烧迹地上会出现新的微生物类群以及出现与对照土壤微生物群落差异较大的情况^[24,27]。因此进一步探索林火对土壤古菌或其它微生物的影响还需在其它时间尺度下(月、年),结合土壤环境,植被组成等其他因素的变化进行系统的观察研究^[5]。

References:

[1] Martínez-Sánchez J J, Ferrandis P, de las Heras J, Herranz J M. Effect of burnt wood removal on the natural regeneration of *Pinus halepensis* after

- fire in a pine forest in Tus valley (SE Spain). *Forest Ecology and Management*, 1999, 123: 1-10.
- [2] Cammeraat L H, Imeson A C. The evolution and significance of soil-vegetation patterns following land abandonment and fire in Spain. The significance of soil, water and landscape processes in banded vegetation patterning. *Catena*, 1999, 37: 107-127.
- [3] Neary D G, Klopatek C C, DeBano L F. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *Forest Ecology and Management*, 1999, 122: 51-71.
- [4] Certini G. Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia*, 2005, 143: 1-10.
- [5] Hart S C, DeLuca T H, Newman G S, MacKenzie M D, Boyle S I. Post-fire vegetative dynamics as drivers of microbial community structure and function in forest soils. *Forest Ecology and Management*, 2005, 220: 166-184.
- [6] Mabuhay J A, Isagi Y, Nakagoshi N. Microbial biomass, abundance and community diversity determined by terminal restriction fragment length polymorphism analysis in soil at varying period after Occurrence of forest fire. *Microbes and Environments*, 2004, 19 (2): 154-162.
- [7] Jaatinen K, Knief C, Dunfield P F, Yrjälä K, Fritze H. Methanotrophic bacteria in boreal forest soil after fire. *FEMS Microbiology Ecology*, 2004, 50: 195-202.
- [8] Hamman S T, Burke I C, Stromberger M E. Relationships between microbial community structure and soil environmental conditions in a recently burned system. *Soil Biology & Biochemistry*, 2007, 39: 1703-1711.
- [9] Mabuhay J A, Isagi Y, Nakagoshi N. Wildfire effects on microbial biomass and diversity in pine forests at three topographic positions. *Ecology Research*, 2006, 21: 54-63.
- [10] Banning N C, Murphy D V. Effect of heat-induced disturbance on microbial biomass and activity in forest soil and the relationship between disturbance effects and microbial community structure. *Applied Soil Ecology*, 2008, 40: 109-119.
- [11] Delong E F. Archaea in coastal marine environments. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1992, 89 (12): 5685-5689.
- [12] Abreu C, Jurgens G, De Marco P, Saano A, Bordalo A A. Crenarchaeota and Euryarchaeota in estuarine sediments. *Journal of Applied Microbiology*, 2001, 90: 713-718.
- [13] Jurgens G, Lindstrom K, Saano A. Novel group within the kingdom Crenarchaeota from boreal forest soil. *Applied and Environmental Microbiology*, 1997, 63: 803-805.
- [14] Nicol G W, Schleper C. Ammonia-oxidising Crenarchaeota: important players in the nitrogen cycle? *Trends Microbiology*, 2006, 14: 207-212.
- [15] Leininger S, Urlich T, Schlöter M, Schwark L, Qi J, Nicol G W, Prosser J I, Schuster S C, Schleper C. Archaea predominate among ammonia oxidizing prokaryotes in soils. *Nature*, 2006, 442 (7104): 806-809.
- [16] Zhou J, Bruns M A, Tiedje J M. DNA recovery from soils of diverse composition. *Applied and Environmental Microbiology*, 1996, 62: 16-322.
- [17] Yohalem D S, Lorbeer J W. Intraspecific metabolic diversity among strains of burkholderia-cepacia isolated from decayed onions, soils, and the clinical environment. *Antonie Van Leeuwenhoek International Journal of General and Molecular Microbiology*, 1994, 65 (2): 111-131.
- [18] Li B. *Ecology*. Beijing: Higher Education Press, 2000: 347.
- [19] Good I J. The population frequencies of species and the estimation of population parameters. *Biometrika*, 1953, 40: 237-264.
- [20] Dikici H, Yilmaz C H. Peat fire effects on some properties of an artificially drained peatland. *Journal of Environmental Quality*, 2006, 35 (3): 866-870.
- [21] Geng Y Q, Zhou R W, Li T, Ren Y M, Wang X H. Influences of forest fire on soil properties in Xishan area of Beijing. *Science of Soil and Water Conservation*, 2007, 5 (5): 66-70.
- [22] Zhang M. *The Effect of forest fire on soil environment*. Harbin: Northeast Forestry University, 2002.
- [23] Liang Y J, Ma W G, Zhang S, Liu W L, Yin Y M. Effects of burning on the chemical properties of soil in protective ground. *Journal of Agricultural Science Yanbian University*, 2006, 28 (3): 177-181.
- [24] Jurgens G, Saano A. Diversity of soil Archaea in boreal forest before, and after clear-cutting and prescribed burning. *FEMS Microbiology Ecology*, 1999, 29: 205-213.
- [25] Guerrero C, Mataix-Solera J, Gómez I, García-Orenes F, Jordán M M. Microbial recolonization and chemical changes in a soil heated at different temperatures. *International Journal of Wildland Fire*, 2005, 14: 385-400.
- [26] Dunn P H, Barro S C, Poth M. Soil moisture affects survival of micro-organisms in heated chaparral fire. *Soil Biology and Biochemistry*, 1985, 17: 143-148.
- [27] Chris M Y, Diana E N, Diana E N, Christy C G, Susan M B, Cheryl R K. Changes in nitrogen-fixing and ammonia-oxidizing bacterial communities in soil of a mixed conifer forest after wildfire. *Applied and Environmental Microbiology*, 2005, 71 (5): 2713-2722.

参考文献:

- [18] 李博. *生态学*. 北京: 高等教育出版社, 2000: 347.
- [21] 耿玉清, 周荣伍, 李涛, 任云卯, 王晓辉. 北京西山地区林火对土壤性质的影响. *中国水土保持科学*, 2007, 5 (5): 66-70.
- [22] 张敏. *林火对土壤环境的影响研究*. 哈尔滨: 东北林业大学, 2002.
- [23] 梁运江, 马文革, 张爽, 刘文利, 尹英敏. 灼烧对保护地土壤化学性质的影响. *延边大学农学学报*, 2006, 28 (3): 177-181.

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 30 卷 第 24 期 (2010 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 30 No. 24 2010

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