

土壤微生物对不同植被类型土壤呼吸速率影响的研究

屈冉^{1,2} 李俊生¹ 肖能文¹ 胡理乐¹ 罗建武¹ 范俊韬¹

(1. 中国环境科学研究院,北京 100012; 2. 环境保护部卫星环境应用中心,北京 100029)

摘要: 土壤呼吸速率与土壤微生物密切联系。研究了太白山北坡植被土壤微生物对土壤呼吸速率的影响。不同植被类型土壤呼吸速率大小顺序是:阔叶栎林($5.5 \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$) > 桦木林($4.25 \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$) > 落叶阔叶林($4.62 \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$) > 杨树林($3.09 \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$) > 太白红杉林($1.77 \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$) > 秦岭冷杉林($1.73 \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$) > 高山草甸($1.63 \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$)。不同植被类型土壤除真菌数量随海拔升高而增多之外,放线菌、细菌都是随海拔升高呈单峰变化趋势。土壤呼吸速率与土壤细菌、放线菌呈极显著正相关性($P < 0.01$),与真菌则呈极显著负相关($P < 0.01$),而与海拔梯度呈显著相关($P < 0.05$),表明土壤呼吸受土壤微生物群落影响较大。

关键词: 土壤呼吸速率; 细菌; 放线菌; 真菌

中图分类号: S154.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2010)03-0196-04

Study on the Influence of Soil Microbial on Soil Respiration at Various Vegetations

QU Ran^{1,2} LI Jun-sheng¹ XIAO Neng-wen¹ HU Li-le¹ LUO Jian-wu¹ FAN Jun-tao¹

(1. Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China; 2. Satellite Application Centre for Environmentation Protection, Ministry of Environment Protection, Beijing 100029, China)

Abstract: Soil respiration is closely related with soil microbe. It has been researched the effect of soil microbe on the soil respiration rate of various vegetations in the northern slope of Taibai Mountain. The results showed that the order of mean soil respiration rate of various vegetations was as following: broad-leaved oak vegetation($5.5 \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$) > birch vegetation($4.25 \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$) > deciduous broad-leaved vegetation($4.62 \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$) > poplar vegetation($3.09 \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$) > *Larix chinensi* vegetation($1.77 \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$) > *Abies chensiensis* vegetation($1.73 \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$) > alpine meadow($1.63 \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$). With the increase of altitude, the quantity of fungi increased, but the quantity of bacteria and actinomycosis had showed single-peak trend. Soil respiration rate were highly significantly positive to bacterial and actinomycetes($P < 0.01$), and soil respiration rate was highly significant negative to fungi($P < 0.01$). However altitude was only positive to soil respiration rate. Microbe community had strong effect on soil respiration.

Key words: Soil respiration rate; Bacteria; Actinomycetes; Fungi

土壤呼吸是地球化学循环的重要组成部分,并对土壤碳释放及大气中碳平衡起着至关重要的作用,因此受到学术界的普遍关注。土壤微生物包括土壤细菌、真菌、放线菌和病毒,超过10万余种,每克土壤的微生物数以亿计^[1],在土壤中组成一个复

杂食物网系统^[2,3],是土壤活性酶的重要来源^[4-6],直接参与土壤呼吸等各种地球化学循环过程,支配着50%~70%的土壤呼吸速率^[7]。因此,微生物对土壤呼吸起着重要作用。

有关土壤微生物与土壤呼吸的关系目前已开展一些研究,主要包括比较了植物根系呼吸和土壤微

收稿日期: 2010-03-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(30770306); 中央级公益性科研院所基本科研业务专项重点资助项目(2007KYYW04)

作者简介: 屈冉(1978-),女,河南潢川人,博士,主要从事环境生态与气候变化研究。

通讯作者: 李俊生(1968-),男,安徽巢湖人,研究员,主要从事生态系统效应及气候变化研究。

生物呼吸的相互关系^[8]及其在土壤呼吸过程中的贡献率^[9-11],分析了同一种植被类型条件下土壤微生物呼吸速率的变化规律^[12]及其影响因子^[13,14]。有关不同环境梯度条件下微生物三大类群与土壤呼吸速率之间的关系尚未见报道。本研究拟以山地森林土壤微生物为研究对象,探讨不同海拔梯度植被类型中土壤微生物对土壤呼吸速率的影响,以期为进一步了解土壤呼吸机制以及土壤碳汇功能估算提供基础资料。

1 研究区概况

本次野外研究在秦岭主峰太白山进行。秦岭山系是我国南北自然环境和暖温带半湿润季风气候与北亚热带湿润季风气候的分界线,是我国物种最丰富的地区之一。目前,秦岭山区森林覆盖率达 52.6%,是一个以森林生态系统为主的自然综合区域,其碳源碳汇功能在我国森林生态系统中占有举足轻重的作用。

太白山海拔高达 3 767 m,植被类型垂直分布明显。太白山北坡有落叶阔叶林带(700~1 300 m)、阔叶栎林带(1 300~2 300 m)、桦木林带(2 300~2 800 m)、秦岭冷杉林带(2 800~3 300 m)、太白红杉林带(3 300~3 400 m)、高山灌丛草甸带(3 400~3 767 m) 6 个植被类型。

2 材料和方法

采用 GPS 定位,并结合海拔表,沿海拔梯度方向每隔约 150 m 的海拔梯度设置样地,样地覆盖太白山北坡 6 个植被类型。落叶阔叶林、阔叶栎林、桦木林、冷杉林、太白红杉林、高山灌丛草甸的样地代号依次是 LY、LL、HM、LS、HS、CD。此外,在太白山山下的人工林(林龄分别是 3 年和 5 年的杨树林)设置监测点,代号是 YS。在 2008 年 6~7 月期间(夏季土壤呼吸速率比其他季节的高,所以就选择了具有代表性的夏季),根据远红外气体分析原理,采用便携式土壤呼吸仪 ACE 测定土壤呼吸速率。将呼吸仪放置在离树干约 1 m 的地方,逐日从高海拔到低海拔测定土壤呼吸,测定时间是从 8:00~18:00,每 30 min 测定一次。一个样地测定完之后,再测定下一个样地,一个样地每日多个时段观测的平均值为土壤日平均呼吸速率,同一植被类型的 3 个海拔(YS、HS 和 CD 的是 2 个海拔)的土壤日平均呼吸速率再取平均值,为该植被类型的土壤呼吸速率,并用于数据分析。

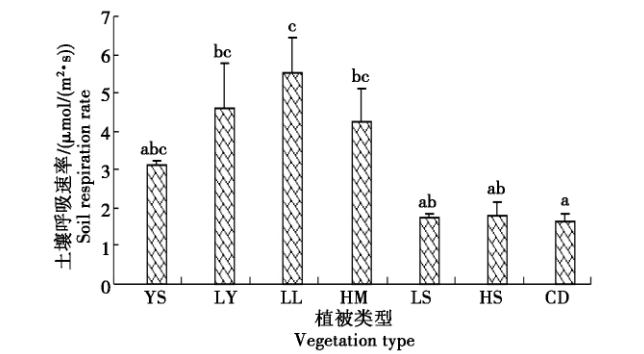
每样地土壤呼吸速率测定之后,设置 3 个样点,

每个样点采集土壤表层 0~30 cm 处土壤装入牛皮纸袋里,然后将牛皮纸袋放入保温箱(4℃)。样品带回室内之后,将牛皮纸袋从保温箱取出,放入冰箱(4℃)保存。采用牛肉膏蛋白胨培养基、改良高氏一号培养基和马丁-孟加拉红培养基对细菌、放线菌和真菌进行分离,并进行计数^[15]。

3 结果与分析

3.1 不同植被类型土壤呼吸速率比较

从图 1 可以看出,土壤呼吸速率的大小顺序是: LL>HM>LY>YS>HS>LS>CD,呼吸速率分别是 5.50, 4.62, 4.25, 3.10, 1.77, 1.74 和 1.63 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。CD、LS、HS 和 YS 之间彼此差异不显著($P>0.05$),LY、HM 和 LL 彼此差异不显著($P>0.05$),YS 和其他植被类型之间差异都不显著($P>0.05$),但 LL、LY 和 HM 与 CD 的差异显著($P<0.05$)。



图中字母表示差异显著 $P<0.05$ 。下同。
Different letter means the difference is significant at the 0.05 level. The same below.

图 1 不同植被类型土壤呼吸速率

Fig. 1 Mean soil respiration rate at various vegetations

3.2 不同植被类型土壤微生物数量

从图 2 看出,不同植被类型土壤细菌数量大小顺序是: HM>LY>LL>LS>HS>YS>CD,CD、YS、HS 和 LS 彼此差异不显著($P>0.05$);LS 与 LL 差异显著($P<0.05$),LL、LY 差异不显著($P>0.05$),HM 与其他植被类型差异都显著($P<0.05$)。不同植被类型放线菌数量大小顺序是: HM>LL>LY>LS>YS>HS>CD,CD、HS、YS 和 LS 相互差异不显著($P>0.05$),LY、LL 和 HM 彼此差异不显著($P>0.05$),但是低海拔植被类型(LY、LL 和 HM)与高海拔植被类型(LS、HS 和 CD)之间的差异显著($P<0.05$),不同植被类型土壤真菌数量随海拔的升高而增多,YS 与 LY 之间差异显著($P<0.05$),LY、LL 和 HM 彼此差异不显著($P>0.05$),HM 与 LS 差异显著($P<0.05$),而 LS、HS 和 CD 间差异不显著($P>0.05$)。

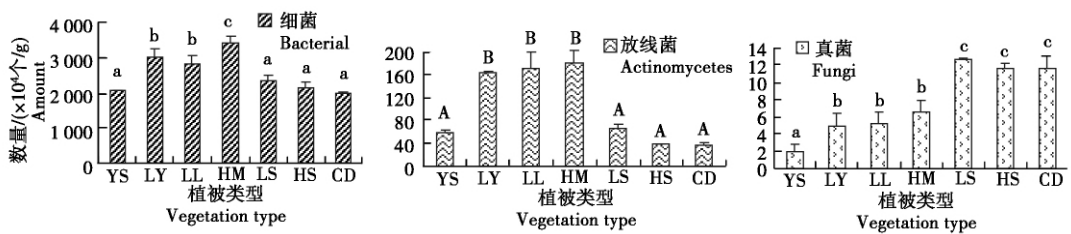


图2 不同植被类型土壤细菌、放线菌和真菌数量

Fig.2 The amount of bacterial actinomycetes and fungi at various vegetations

3.3 土壤呼吸速率与海拔和微生物数量之间的相关性

表1显示 细菌、放线菌数量与土壤呼吸速率呈极显著正相关性 相关系数分别是 0.788 0.844 ,真

菌数量与呼吸速率相关系数是 -0.615 ,呈极显著负相关性。海拔与呼吸速率之间的相关系数为 -0.591 ,低于微生物与呼吸速率的相关系数。

表1 微生物数量与土壤呼吸速率之间的相关性

Tab.1 Correlation between quantity of microbe and soil respiration rate

	细菌 Bacterial	放线菌 Actinomycetes	真菌 Fungi	海拔 Altitude	呼吸速率 Soil respiration
细菌 Bacterial	1	0.921 **	-0.386	-0.728	0.723 **
放线菌 Actinomycetes	0.954 **	1	-0.502 *	-0.408	0.844 **
真菌 Fungi	-0.349	-0.502 *	1	0.891 **	-0.615 **
海拔 Altitude	-0.251	-0.408	0.891 **	1	-0.591 *
呼吸速率 Soil respiration	0.788 **	0.844 **	-0.615 **	-0.591	1

注: * . $P < 0.05$, ** . $P < 0.01$.

4 讨论

土壤微生物是土壤有机质和土壤养分(C、N、P、S 等) 转化和循环的动力 [17] ,微生物一定程度上支配着通过土壤呼吸所进行的 C 释放。通常是真菌首先分解植物残余物 ,随着细菌数量的增加 ,细菌开始分解某些植物成分 ,也分解真菌死亡的菌丝 ,而放线菌则对土壤中腐殖酸的形成起着重要作用。土壤微生物的数量受土壤质地、土壤类型、温度、湿度等影响 [16] 。长白山不同植被类型土壤微生物数量和组成比例是不同的 ,总体上是低海拔(2 800 m 以下) 阔叶林的细菌和放线菌比高海拔(2 800 m 以上) 的针叶林和高山草甸多 ,且差异显著($P < 0.05$) ,不同植被类型土壤真菌数量随海拔升高而增多。由于低海拔植被温度高 ,植物残余物分解的快 ,所剩残余物少 ,使得分解残余物的真菌数量少 ,而细菌和放线菌数量多。高海拔地带的针叶林和高山草甸温度比较低 ,未分解的凋落物较多 ,所以凋落物的主要分解者真菌相对较多 ,但总体上微生物数量少。这与祁连山的类似 ,即针叶林土壤微生物数量比阔叶林少 [18] 。另一方面 ,不同林型的凋落物质量也有差异 ,从而影响分解速率 [19 20] ,造成微生物数量不同。不同植被类型的根际环境对细菌、放线菌和真菌有不同影响 ,对根际微生物总量具有根际效益明显 [21] 。太白山海拔 2 800 m 以下是 3 种不同类型的阔叶林 2 800 m 以上是针叶林和高山草甸 ,这些林型的

根际效应可能是影响微生物数量和组成比例的原因之一 ,这还有待于进一步的深入研究。

通过相关性分析表明 ,太白山不同植被类型土壤呼吸速率与海拔梯度的相关系数最低($R = -0.591$, $P < 0.05$) ,呈显著负相关 ,而植被里的土壤细菌、放线菌数量与土壤呼吸速率呈极显著正相关性 ,真菌数量与呼吸速率呈极显著负相关性。这表明 ,土壤呼吸受海拔的影响较小 ,细菌、放线菌则对土壤呼吸影响很大。低海拔的落叶阔叶林、阔叶栎林和桦木林温度高 ,凋落物分解的较快 ,细菌和放线菌数量多 ,所以土壤呼吸速率高。而高海拔的太白红杉林、秦岭冷杉林和高山草甸植被类型的细菌和放线菌数量相对较低 ,温度低 ,所以土壤呼吸速率低。就杨树林而言 ,虽然其细菌、放线菌与太白红杉林、秦岭冷杉林和高山草甸植被类型没有差异($P > 0.05$) ,但是由于杨树林所处海拔低 ,温度高 ,微生物活性没有受到抑制 ,所以其呼吸速率比太白红杉林、秦岭冷杉林和高山草甸高。

参考文献:

- [1] Fitter A H ,Gilligan C A. Biodiversity and ecosystem function in soil [J]. Functional Ecology 2005 ,19: 369 - 377.
- [2] Artursson V ,Finlay R D ,Jansson J K. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth [J]. Environmental Microbiology 2006 8(1) : 1 - 10.
- [3] Wolfe B E ,Husband B C ,Klironomos J N. Effects of a be-

- lowground mutualism on an aboveground mutualisms [J]. Ecology Letters 2005 8(2): 218 – 223.
- [4] Nasby C, Pascual J A, Laynch J M. Effect of biocontrol strains of *Trichoderma* on plant growth, *Pythium ultimum* populations, soil microbial communities and soil enzyme activities [J]. Applied Microbiology 2000 88: 161 – 169.
- [5] Vazquez M M, Cesar S, Azcon R, *et al.* Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi, other microbial inoculants (*Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Trichoderma*) and their effects on microbial population and enzyme activities in the rhizosphere of maize plants [J]. Applied Soil Ecology 2000 15: 261 – 272.
- [6] Aon M A, Colaneri A C. Temporal and spatial evolution of enzymatic activities and physico-chemical properties in an agricultural soil [J]. Applied Soil Ecology 2001 18: 255 – 270.
- [7] Bowden C C G. Proc. 23rd Int. Cosmic-Ray Conf. (Calgary) ,1993 1: 294.
- [8] Scott-Denton L E, Sparks K L, Monson R K. Spatial and temporal controls of soil respiration rate in a high-elevation, subalpine forest [J]. Soil Biology & Biochemistry, 2003 35: 525 – 534.
- [9] Thierron V, Laudelout H. Contribution of root respiration to total CO₂ flux from the soil of a deciduous forest [J]. Canadian Journal of Forest Research, 1996 26: 1142 – 1148.
- [10] Kelting D L, Burger J A, Edwards G S. Estimating root respiration, microbial respiration in the rhizosphere, and root-free soil respiration in forest soils [J]. Soil Biology and Biochemistry, 1998 30: 961 – 968.
- [11] Lin G, Ehleringer J R, Rygielwicz P T, *et al.* Elevated CO₂ and temperature impacts on different components of soil CO₂ efflux in Douglas-fir terracosms [J]. Global Change Biology, 1999 5: 157 – 168.
- [12] Jia B R, Zhou G S, Wang F Y, *et al.* Partitioning root and microbial contributions to soil respiration in *Leymus chinensis* populations [J]. Soil Biology & Biochemistry, 2006 38: 653 – 660.
- [13] Buchmann N. Biotic and abiotic factors controlling soil respiration rates in *Picea abies* stands [J]. Soil Biology and Biochemistry 2000 32: 1625 – 1635.
- [14] 李凌浩, 王其兵, 白永飞, 等. 锡林河流域羊草草原群落土壤呼吸及其影响因子的研究 [J]. 植物生态学报 2000 24(6): 680 – 686.
- [15] 许光辉, 郑洪元. 土壤微生物分析方法 [M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [16] 丁玲玲, 祁彪, 尚占环, 等. 东祁连山不同高寒草地型土壤微生物数量分布特征研究 [J]. 农业环境科学学报 2007 26(6): 2104 – 2111.
- [17] 马冬云, 郭天财, 查菲娜, 等. 不同种植密度对小麦根际土壤微生物数量及土壤酶活性的影响 [J]. 华北农学报 2008 23(3): 154 – 157.
- [18] 孟好军, 刘贤德, 金铭, 等. 祁连山不同森林植被类型对土壤微生物影响的研究 [J]. 土壤通报 2007 38(6): 1127 – 1130.
- [19] Pandey S, Singh D K. Total bacterial and fungal population after chlorpyrifos and quinalphos treatments in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) soil [J]. Chemosphere 2004 55: 197 – 205.
- [20] 王希华, 黄建军, 闰思荣. 天童国家森林公园常见植物凋落叶分解的研究 [J]. 植物生态学报, 2004 28(4): 457 – 467.
- [21] 章家恩, 刘文高, 王伟胜. 南亚热带不同植被根际微生物数量与根际土壤养分状况 [J]. 土壤与环境, 2002 11(3): 279 – 282.