

# Distribution of Microbial Biomass Carbon and Nitrogen in Forest Soil of Laojun Mountain in Qinling Mountains\*

Xiaoxiao Tong, Zhaoyong Shi<sup>#</sup>, Le Li, Zhenzhou He, Yue Yin, Shaolin Huang, Ailing Zhang

College of Agriculture, Henan University of Science and Technology, Luoyang  
Email: <sup>#</sup>shizy1116@126.com

Received: Jan. 13<sup>th</sup>, 2013; revised: Feb. 6<sup>th</sup>, 2013; accepted: Feb. 16<sup>th</sup>, 2013

**Abstract:** Soil microbial biomass, as an important portion of terrestrial ecological carbon budget, plays a key role in material cycles and energy transformation in forest ecosystems. The distribution of soil microbial biomass carbon (SMBC) and nitrogen (SMBN) along the variations of elevation and soil depth was studied in forest soils of Laojun Mountain, the highest peak of Funiu Mountain in Qin Mountains. The concentrations of SMBC were 501.68, 861.75 and 980.93 mg/kg at elevations of 1300 m, 1600 m, and 1900 m, respectively. The concentrations of SMBN were 5.50, 5.94 and 7.07 mg/kg at elevations 1300 m, 1600 m, and 1900 m, respectively. The SMBC increased with soil depth regardless of elevations: the SMBC concentration was the highest at 30 - 45 cm depth at elevations of 1300 and 1900 m. The highest SMBC concentration was present at 45 - 60 cm depth at the elevation of 1900 m. The tendency of SMBN was accordant at three sites of different elevations, which increased with soil depth. In summary, the SMBC and SMBN increased with the elevation, and the SMBC and SMBN were higher at the depth of 30 - 60 cm than the 0 - 30 cm depth.

**Keywords:** Soil Microbial Biomass Carbon; Soil Microbial Biomass Nitrogen; Soil Depth; Elevation

## 秦岭老君山森林土壤微生物量碳氮的分布\*

童笑笑, 石兆勇<sup>#</sup>, 李 乐, 贺振洲, 尹 越, 黄绍琳, 张爱玲

河南科技大学农学院, 洛阳  
Email: <sup>#</sup>shizy1116@126.com

收稿日期: 2013年1月13日; 修回日期: 2013年2月6日; 录用日期: 2013年2月16日

**摘 要:** 土壤微生物量是陆地生态系统碳循环的重要组成部分, 在森林生态系统物质循环和能量转化中占有非常重要的地位。本研究以秦岭余脉八百里伏牛山的主峰老君山为研究对象, 探讨了森林土壤中微生物量碳、氮含量随着海拔与土壤深度变化的分布状况。结果表明, 海拔 1300 m、1600 m、1900 m 土壤微生物量碳含量分别是 501.68 mg/kg、861.75 mg/kg、980.93 mg/kg; 其土壤微生物量氮含量分别是 5.50 mg/kg、5.94 mg/kg、7.07 mg/kg。土壤微生物碳随土层深度的变化, 则是在每个海拔的规律则是一致的, 都随土壤层的加深而增加。在海拔 1300 m 和 1900 m 时, 30~45 cm 土层土壤微生物量氮含量显著高于其它 3 土层; 而在海拔 1600 m 时, 则是 45~60 cm 土层最高, 且显著高于其它土层。总体而言, 土壤微生物量碳、氮含量随着海拔的增高而增加; 下层土壤(30~60 cm)微生物碳、氮含量高于上层土壤(0~30 cm)。

**关键词:** 土壤微生物量碳; 土壤微生物量氮; 土壤深度; 海拔高度

\*资助信息: 河南科技大学大学生研究训练计划(SRTP)项目(2012232)的资助。

<sup>#</sup>通讯作者。

## 1. 引言

土壤微生物是所有进入土壤中有有机物质的分解者和转化者,在维持生物圈生态平衡和为人类提供广泛的、大量的未开发资源方面起着重要的作用<sup>[1]</sup>。土壤微生物又是陆地生态系统中最活跃的组分,担负着分解动植物残体的重要使命,推动着生态系统的能量流动和物质循环,维持生态系统正常运转<sup>[1,2]</sup>。

土壤微生物生物量是土壤养分的储存库和植物生长可利用养分的重要来源,与微生物个体数量指标相比,更能反映微生物在土壤中的实际含量和作用潜力,因而具有更加灵敏、准确的优点,因而成为近年来国内外土壤学和生态学研究的热点之一<sup>[2-4]</sup>。特别是微生物随海拔和土壤深度变化方面的研究更引起了重视<sup>[5-7]</sup>。

本研究以亚热带与暖温带分界线的秦岭老君山不同海拔的森林土壤为研究对象,旨在说明土壤微生物量在不同海拔高度和土壤深度上的分布规律,进而为进一步阐明不同海拔森林土壤生态系统碳循环规律及其调控机理提供理论基础。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 研究地点的描述

研究地点选定为地处温带项亚热带过渡区的秦岭余脉八百里伏牛山的主峰老君山,老君山位于秦岭山脉在河南的延脉伏牛山系中,北纬 33°42'40"至 33°44'25",东径 111°32'45"至 111°37'40"。伏牛山是中国北亚热带和暖温带的气候分区线和中国动物区划古北界和东洋界的分界线,也是华北、华中、西南植物的镶嵌地带,属暖温带落叶阔叶林向北亚热带常绿落叶混交林的过渡区。区内森林植被保存完好,森林覆盖率达 88%,是北亚热带和暖温带地区天然阔叶林保存较完整的地段。特殊的地理位置和复杂多样的生态环境条件,加之人为干扰较小,使本区保存了丰富的生物多样性资源。

### 2.2. 土壤样品采集与测定

分别在每个海拔梯度(1300 m、1600 m、1900 m)选择 3 个 10 m × 10 m 样地,每个样地设置 3 个的样方。在每个样方中采用棋盘式取样,每层取 25 个点,用土钻在每个样点以 15 cm 深度为 1 层,取 4 层土壤,

每份土取大约 100 g 左右,然后把每层的 25 个土钻样品混匀,代表每个样方的 1 层土壤。新鲜土壤带回实验室,仔细除去土壤中可见植物残体(如根、茎和叶)及土壤动物(蚯蚓等),过 2 mm 筛,处理过程应尽量避免破坏土壤结构,含水量太高应在室内适当风干,以手感湿润疏松但不结块为宜(大约为 40%的饱和持水量),土壤湿度不够用蒸馏水调节至饱和持水量 40%。土壤微生物量碳、氮的测定采用氯仿熏蒸-浸提法,分别按 Wu 等<sup>[8]</sup>和 Brookes 等<sup>[9]</sup>描述的步骤进行操作。

### 2.3. 土壤样品采集与测定

采用 Excel 处理土壤微生物生物量数据,初步计算结果进一步采用 SPSS 15.0 进行统计分析并作图。

## 3. 结果分析

### 3.1. 不同海拔森林土壤微生物量碳随土壤层变化的分布

秦岭老君山 3 个海拔高度森林中,不同土层(0~15 cm, 15~30 cm, 30~45 cm 和 45~60 cm)微生物量碳的分布状况列于图 1。从图 1 可以看出,因土层的不同,土壤微生物量的变异要远远大于因海拔高度的变化引起的变异。综合所有的海拔和土壤层的变化,土壤微生物量碳最低值是 72.46 mg/kg,出现在 1300 m 海拔的 15~30 cm 土层和 1600 m 处的 0~15 cm 土层中;而最高值则出现在 1900 m 处的 45~60 cm 的土层中,达到 1590.34 mg/kg。

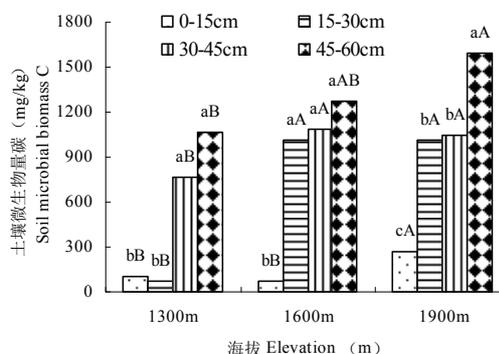


Figure 1. The distribution of soil microbial biomass C in different soil layers in forests grown in different elevation. Note: The little and big letters above each column mean the different significance at the level of  $p = 0.05$  among the same elevation and soil layers, respectively

图 1. 不同海拔森林不同土壤层中微生物量碳的分布。注: 柱子上面的小写和大写字母分别表示同一海拔内不同土层间和相同土层不同海拔间,在  $p = 0.05$  水平上的差异显著性

从土壤微生物量随海拔的变化可以看出其分布规律是,基本随海拔高度的升高而增加(图 1)。虽然各层土壤中微生物量碳随海拔而变化的趋势相同,但其变化强度却存在较大的不同,其中以 15~30 cm 土层因海拔的变化而增加的幅度最大,达到了 945.88 mg/kg;而以 0~15 cm 土层中随海拔的增加增幅最小,也达到了 192.79。

相对于海拔的变化,土壤层次对土壤微生物量碳的影响幅度则更大(图 1)。因土壤层的变化,土壤微生物量变化最大的发生在海拔 1900 m 处的森林土壤中,从 0~15 cm 土层中的 265.24 mg/kg 增加到 45~60 cm 土层的 1590.34 mg/kg,增加了 1325.10 mg/kg;而变幅最低的为在 1300 m 处,其变化幅度也达到了 994.98 mg/kg。

### 3.2. 不同海拔森林土壤微生物量氮随土壤层变化的分布

图 2 表明了不同海拔不同土层微生物量氮含量的分布状况。可以看出,在秦岭老君山 3 个不同海拔,4 个土层中,土壤微生物量氮从 1300 m 处 0~15 cm 土层的 3.13 mg/kg 变化 1900 m 处 30~45 cm 土层的 10.53 mg/kg。到就同一海拔内土壤微生物量氮的分布表现为,在海拔 1300 m 和 1900 m 处,不同土层深度土壤微生物量氮含量的分布规律是一致的,都表现为随土层深度的增加先增加再降低,即 30~45 cm > 45~60 cm > 15~30 cm > 0~15 cm。而在海拔 1600 m 处的分布则是随土层的增加而增加,即 45~60 cm > 30~45 cm > 15~30 cm > 0~15 cm。可见,不同海拔森林土壤微生物量氮含量均呈现出下层(30~60 cm)土壤高于上层(0~30 cm)土壤。

对于不同海拔的相同土层而言,0~15 cm 和 15~30 cm 土层中土壤微生物氮含量随海拔变化而变化的趋势基本相同,都是在 1300 m 和 1600 m 处差异不显著,而到 1900 m 处则相对于 1300 和 1600 m 处有显著的增加;30~45 cm 土层中的含量随海拔的增加则是先有略微的降低,而后到 1900 m 处则有相处的上升;45~60 cm 土层微生物氮含量则是在 1600 m 处最高,显著高于 1300 m 和 1900 m 处土壤中的含量(图 2)。

## 4. 讨论

土壤微生物是陆地生态系统中最活跃的成分,担

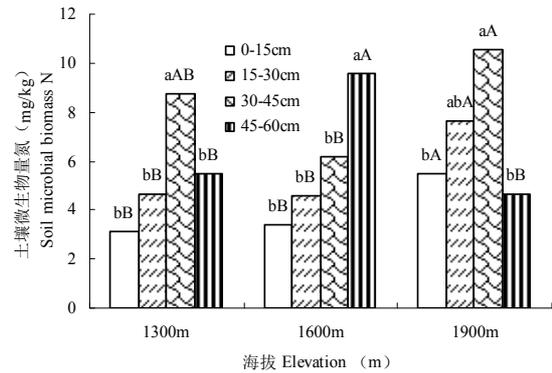


Figure 2. The distribution of soil microbial biomass N in different soil layers in forests grown in deferent elevation. Note: The little and big letters above each column mean the different significance at the level of  $p = 0.05$  among the same elevation and soil layers, respectively

图 2. 不同海拔森林不同土壤层中微生物量氮的分布。注: 柱子上面的小写和大写字母分别表示同一海拔内不同土层间和相同土层不同海拔间, 在  $p = 0.05$  水平上的差异显著性

负着分解动植物残体的重要作用,并且是植物养分转化,有机碳代谢及污染物降解的驱动力,在土壤能量循环和养分转移与运输中具有重要意义<sup>[10]</sup>。其中土壤微生物量 C 和微生物量 N 是 2 种最重要的土壤微生物量,微生物量的变化在一定程度上可以反应外来化合物对土壤的影响程度。

本研究的微生物量 C 表明,其在各海拔土层的分布为 72.46~1590.34 mg/kg,可见其变化范围较大,这一结论与以往的一些研究类似,如王丰等<sup>[7]</sup>在武夷山常绿阔叶林中的不同土层测定值范围为 122.76~602.02 mg/kg;而余彬彬等<sup>[11]</sup>在浙江天台山常绿阔叶林 0~20 cm 土层中的测定值则为 54.81 mg/kg;王晖等<sup>[12]</sup>鼎湖山 0~10 cm 土层中的微生物 C 含量则随不同的森林类型从 408.26 变化到 583.76 mg/kg;由此可见,虽然本研究中的测定值随海拔和土层的变化土壤微生物 C 量有着较大的变异,但其测定值的范围与前人的研究近似。但其随土壤层的分布规律,则是随土层的加深而增高,这与绝大多数研究的结论有所出入<sup>[5,7]</sup>。其随海拔的变化规律与已有的研究类似,都是随海拔的而升高。

本研究的微生物 N 量随海拔和土层的变化则从 3.13~10.53 mg/kg,低于王丰等<sup>[7]</sup>在武夷山常绿阔叶林中的测定值 15.93~59.63 mg/kg,而与余彬彬等<sup>[8]</sup>在浙江天台山常绿阔叶林 0~20 cm 土层中的测定值则为 3.25 mg/kg 相当。其随海拔的变化也与前人的结论类似,但随土壤层的分布则相反<sup>[7]</sup>。

至于本研究中,土壤微生物量 C、N 随土层的变化规律与前人已有研究不一致的原因,可能与土壤微生物 C、N 收到诸多因素的影响有关,如温度、降水和有机碳的输入等<sup>[13]</sup>;还可能与测定季节有关,因为研究表明,测定季节的不同对其测定结果有着显著的影响<sup>[14]</sup>。至于具体的原因还有待进一步探讨。

## 5. 结论

- 1) 秦岭老君山土壤微生物 C、N 含量随海拔的升高呈增加的趋势;
- 2) 秦岭老君山土壤微生物 C、N 含量在不同土层中的分布规律为: 下层土壤高于上层土壤含量。

## 参考文献 (References)

- [1] J. L. Smith, E. A. Paul. The significance of soil microbial biomass estimation. In: J. M. Bollag, G. Stotzky. Soil biochemistry. New York: Marcel Dekker, Inc., 1991: 359-396.
- [2] 何振立. 土壤微生物量及其在养分循环和环境质量评价中的意义[J]. 土壤, 1997, 29(2): 61-69.
- [3] 陈国潮, 何振立, 姚槐应. 红壤微生物量的季节性变化研究[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 1999, 25(4): 387-388.
- [4] H. H. Ruan, X. M. Zou, J. K. Zimmerman, et al. Asynchronous fluctuation of soil microbial biomass and plant litter fall in a tropical wet forest. *Plant and Soil*, 2004, 260(1-2): 147-154.
- [5] 何容, 汪家社, 施政等. 武夷山植被带土壤微生物量沿海拔梯度的变化. *生态学报*, 2009, 29(9): 5138-5144.
- [6] 何容. 武夷山亚热带森林土壤微生物量沿海拔高度的变化[D]. 南京林业大学, 2007.
- [7] 王丰. 武夷山不同海拔植被带土壤微生物量碳、氮、磷研究[D]. 南京林业大学, 2008.
- [8] J. Wu, R. G. Joergensen, B. Pommerening, et al. Measurement of soil microbial biomass C by fumigation-extraction—An automated procedure. *Soil Biology & Biochemistry*, 1990, 22(8): 1167-1169.
- [9] P. C. Brookes, A. Landman, G. Pruden, et al. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology & Biochemistry*, 1985, 17(6): 837-842.
- [10] 汪杏芬, 李世仪, 白克智等. CO<sub>2</sub> 倍增对植物生长和土壤微生物生物量碳、氮的影响[J]. *植物学报*, 1998, 40(12): 1169-1172.
- [11] 余彬彬, 金则新, 李钧敏. 常绿阔叶林次生演替系列群落土壤微生物生物量及酶活性[J]. *西北林学院学报*, 2008, 23(5): 30-33.
- [12] 王晖, 莫江明, 鲁显楷, 薛璟花, 李炯, 方运霆. 南亚热带森林土壤微生物量碳对氮沉降的响应[J]. *生态学报*, 2008, 28(2): 470-478.
- [13] N. B. Devi, P. S. Yadava. Seasonal dynamics in soil microbial biomass C, N and P in a mixed-oak forest ecosystem of Manipur, North-East India. *Applied Soil Ecology*, 2006, 31(3): 220-227.
- [14] D. A. Wardle. Controls of temporal variability of the soil microbial biomass: A global synthesis. *Soil Biology & Biochemistry*, 1998, 30(13): 1627-1637.