

望天树天然林土壤微生物生物量碳氮垂直分布及相关性分析*

施福军¹ 黄则月² 李 婷¹ 韦秋梅³ 杨 梅³

(1. 广西南宁良凤江国家森林公园, 广西 南宁 530031; 2. 扬州市林业生产技术指导站, 江苏 扬州 225000; 3. 广西大学, 广西 南宁 530004)

摘要 选取广西田阳县望天树 *Parashorea chinensis* 天然林、油茶 *Camellia oleifera* 人工林及桉树 *Eucalyptus robusta* 人工林为研究对象, 通过氯仿熏蒸浸提法对微生物生物量 C、N 以及诸因素的垂直变化进行了研究。研究结果表明: 3 种林分土壤微生物生物量 C、N 均随着土层深度显著下降 ($P<0.05$), 其中不同林地 0~10 cm 土壤微生物生物量 C 差异最大, 20~40 cm 土壤微生物生物量 N 差异最大; 0~10 cm 望天树天然林微生物生物量 C 分别比油茶人工林、桉树人工林高 1.41 倍、1.63 倍, 20~40 cm 微生物生物量 N 分别比油茶人工林、桉树人工林高 1.54 倍、2.87 倍。相关性分析表明, 3 种林分微生物生物量 C、N 均与土壤全氮、速效钾呈极显著 ($P<0.01$) 的正相关。综上所述, 目前, 望天树天然林各土层土壤微生物生物量 C、N 均保持在良好水平, 土壤深度、土壤养分、林分组成等能对土壤微生物生物量碳氮产生显著影响。

关键词 望天树; 天然林; 土壤微生物; 生物量; 相关因素; 垂直分布

中图分类号: S714.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-2053 (2018) 06-0072-05

Vertical Changes of the Soil Microbial Biomass and the Correlation Analysis in *Parashorea chinensis* Natural Forest

SHI Fujun¹ HUANG Zeyue² LI Ting¹ WEI Qiumei³ YANG Mei³

(1. Guangxi Nanning Liangfengjiang National Forest Park, Nanning, Guangxi 530031, China; 2. Yangzhou Forestry Production Technology Guidance Station, Yangzhou, Jiangsu 225000, China; 3. College of Forestry, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530004, China)

Abstract In this paper, the soil microbial biomass and relative factors were studied of a natural forest of *Parashorea chinensis* (PF), planted forest of *Camellia oleifera* (CF) and planted forest of *Eucalyptus robusta* (EF) in Guangxi Tianyang by chloroform fumigation method. The results showed as follows. The microbial biomass C and N of 3 species of soil were significantly decreased with soil depth ($P<0.05$). The difference of soil microbial biomass C of 0-10 cm was the largest in 3 species and soil microbial biomass of 20-40 cm was the most significant difference. The microbial biomass C of 0-10 cm PF was 1.41 times and 1.63 times that of CF, EF. The microbial biomass N of 20-40 cm PF was 1.54 times and 2.87 times that of CF, EF. The correlation analysis showed that the microbial biomass C and N were positively correlated with total N and available K ($P<0.01$). To sum up, at present, the soil microbial biomass C and N of each soil layer in PF were maintained at good level. Soil depth, soil nutrients and forest components had a significant effect on soil microbial biomass C and N.

Key words *P. chinensis*; natural forest; soil microbial; biomass; related factors; vertical changes

* 基金项目: 广西林业科技项目 (桂林科字 [2014] 第 10 号); 中央财政林业科技推广示范项目 ([2015] TG12 号); 广西科技重大专项 (桂科 AA17204087-6)。

第一作者: 施福军 (1973—), 男, 高级工程师, 主要从事林业经营与管理研究工作, E-mail: 13878822268@163.com。

通信作者: 杨梅 (1970—), 女, 教授, 主要从事森林培育领域的科研与教学工作, E-mail: fjiangmei@126.com。

望天树 (*Parashorea chinensis*) 是国家一级保护植物, 为龙脑香科 (*Dipterocarpaceae*) 柳岸属 (*Parashorea*) 高大乔木。主要分布于广西巴马、田阳、那坡、龙州等地季雨林中^[1], 是热带雨林中的标志树种。望天树树干通直圆满、出材率高、被广泛应用与建材、船舶家具等行业, 具有较高的科学价值和经济价值^[2]。自 20 世纪 70 年代望天树被发现以来引起了我国植物界的高度重视, 不少学者都对其进行了研究。但目前主要研究对象为云南西双版纳望天树种群, 对其形态特征、种群结构特征、遗传多样性、种群保护、造林技术、种苗培育等多方面进行了研究^[3-7], 而针对望天树天然种群土壤条件方面的相关研究甚少。广西境内巴马、田阳、那坡、龙州等地望天树天然林虽群落保持较长, 但分布区极其狭窄, 数量稀少, 且近年来人类的生产经营活动频繁, 自然生境破坏等原因, 局部已经受到不同程度的破坏, 亟待进行相关研究以加强保护利用^[8-9]。

土壤微生物生物量是指土壤中体积小于 $5 \times 10^3 \mu\text{m}^3$ 的生物总量, 土壤有机质中最活跃的部分, 是土壤微生物及植物生长可利用养分重要的来源之一^[10], 土壤微生物生物量尽管占土壤养分中很小部分, 但在土壤能量转化和养分循环等各生化过程中具有重要的调控作用^[11]。并且, 土壤微生物生物量具有极高的敏感性, 能敏感的反映出土壤质量、人类干扰和土地利用变化^[12], 是公认的土壤生态系统变化的预警及敏感指标^[13]。目前, 望天树在土壤微生物生物量方面的研究甚少, 因此, 本文以广西田阳县望天树天然林为研究对象, 与相临的桉树人工林和油茶林相比较, 研究望天树天然林下土壤养分及土壤微生物碳氮的特性, 旨在揭示近年来人为活动影响下望天树天然种群下土壤微生态系统现状, 为今后广西望天树天然林种群保护、更新以及恢复提供了一定科学依据。

1 研究方法

1.1 研究地概况

广西田阳县位于广西西部, 地处低纬度, 靠近北回归线, 属南亚热带季风气候。冬暖夏长, 光照充足, 热量丰富。望天树群落居县城北部土山, 海拔 465 m, 年平均气温 21.6℃, 年无霜期为 337 d, 年降水量 1 100 mm, 相对湿度 76%, 土壤为红壤, 发育基质为砂岩。

1.2 土壤样品采集方法

2016 年 8 月, 本研究选取 95 年生望天树天然林、相临的 10 年生油茶林及 5 年生桉树林为研究对象, 在各林分内根据具体地形分别随机设置 $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ 的样地, 每个林分重复 5 次, 每个样地内按“品”字形布采样点, 采样时先去除土壤表层凋落物, 然后按 0~10、10~20、20~40 cm 自下而上采集土壤, 同一样地同一层次混合取样。所有土壤剔除石砾、植物残根等, 过直径 2 mm 筛分两部分, 一部分保存于 4℃ 冰箱用于土壤微生物生物量碳氮测定, 一部分自然风干用于土壤养分的测定。

1.3 土壤养分的测定

土壤氨氮用 0.5 mol/L KCl 提取, 土壤速效磷用 0.05 mol/L HCl-0.025 mol/L $1/2\text{H}_2\text{SO}_4$ 提取, 均用 smart chem200 (全自动间断化学元素仪) 进行测定; 土壤速效钾用 1 mol/L $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 提取, 用火焰分光光度计测定^[14-15]。

1.4 土壤微生物生物量碳氮测定

土壤微生物生物量碳、氮采用氯仿熏蒸浸提法, 用 0.5 mol/L K_2SO_4 溶液浸提, 土水比为 1 : 4, 采用 Multi N/C3100 (德国) 测定, 转化系数均为 0.45。

1.5 数据统计分析

采用 Microsoft Excel 2010、SPSS18.0 对所得结果数据进行整理、方差分析、显著性检验 (Duncan 新复极差法) 及 Pearson 相关性分析。

表 1 样地概况
Table 1 Status of sampling sites

林分类型 Forest types	林龄 /a Forest age	平均树高 /m Average tree height	平均胸径 /cm Average breast diameter	海拔 /m Altitude	坡度 Slope	坡位 Slope position
望天树	95	71.2	80.5	416.1	30°	中坡
油茶	10	4.5	3.5	415.1	25°	中下坡
桉树	5	16.0	13.2	414.9	23°	中坡

2 结果与分析

2.1 望天树天然林土壤养分的变化

从图 1 可得, 3 种林分的土壤氨态氮、速效磷、速效钾含量均随着土壤深度增加呈减小趋势, 0~10 cm 土层的氨态氮、速效钾含量显著高于 20~40 cm 土层 ($P<0.05$)。望天树天然林不同土层的氨态氮、速效磷、速效钾含量均与油茶人工林、桉树人工林有显著差异 ($P<0.05$), 而以 0~10 cm 间差异最大。氨态氮含量不同土层均表现为望天树天然林 > 油茶林 > 桉树人工林, 速效磷、速效钾含量不同土层表现为桉树人工林 > 望天树天然林 > 油茶林或望天树天然林 > 桉树人工林 > 油茶林。

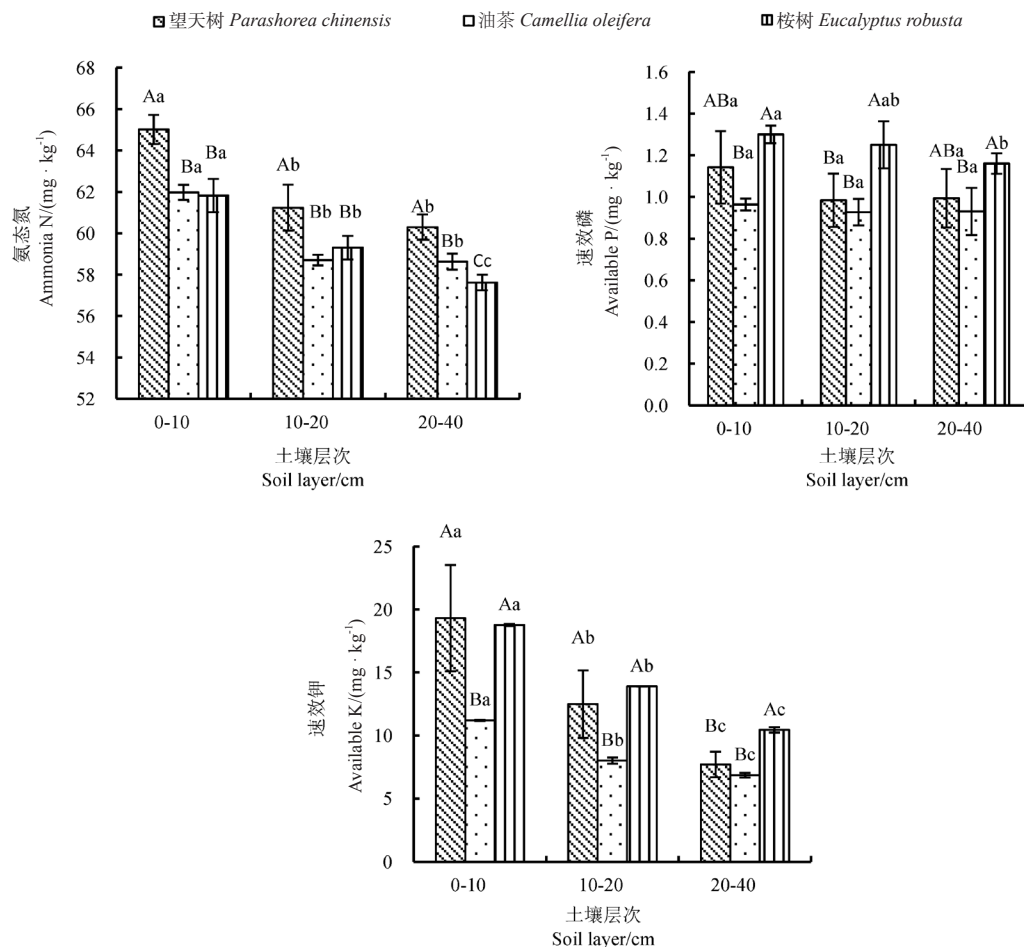
2.2 望天树天然林土壤微生物生物量碳、氮的变化

3 种林分土壤微生物生物量 C、N 含量均随

着土壤深度增加而显著下降 (图 2) ($P<0.05$)。10~20、20~40 cm 微生物量生物量 N 含量、0~10 cm 微生物生物量 C 含量排序均为: 望天树天然林 > 油茶林 > 桉树人工林, 望天树天然林显著高于另两个林分 ($P<0.05$), 0~10 cm 望天树天然林微生物生物量 C 分别比油茶林、人工林高 40.83%、63.30%。10~20、20~40 cm 望天树天然林微生物生物量 C 含量与桉树人工林无显著差异, 0~10 cm 望天树天然林微生物生物量 N 含量与桉树人工林、油茶林无显著差异。

2.3 望天树天然林微生物生物量碳、氮与土壤养分的相关性分析

由表 1 可知, 3 种林分的土壤微生物生物量 C、N 含量均与氨态氮、速效钾有极显著正相关 ($P<0.01$); 且土壤微生物生物量 N 与土壤微



注: 图中不同大写字母表示同一土层不同林分在 0.05 水平差异显著 ($P<0.05$), 不同小写字母表示同一林分不同土层在 0.05 水平差异显著 ($P<0.05$)。

Note: Different capital letters in the figure indicate that there is a significant difference at 0.05 level between different stands in the same soil layer ($P<0.05$), and different capital letters indicate that there is a significant difference at 0.05 level between different soil layers in the same forest layer ($P<0.05$).

图 1 各林分类型各土层氨态氮、速效磷和速效钾的含量

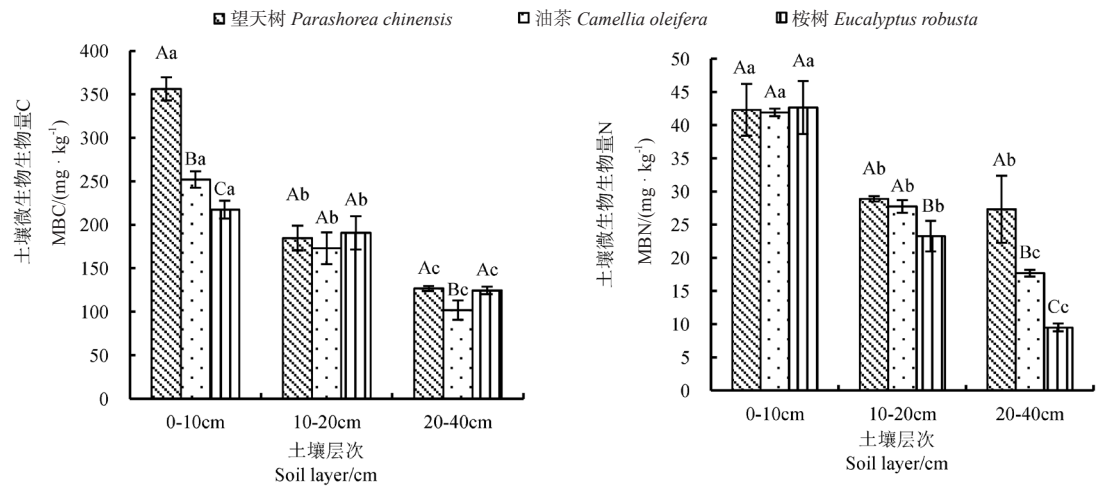
Fig.1 Concentrations of ammonia N, available P and available K under soil layers in different forest types

生物生物量 C 为极显著正相关，相关达 0.89 以上 ($P<0.01$)。望天树天然林、桉树人工林土壤微生物生物量 C、N 与速效磷呈显著 ($P<0.05$) 或极显著 ($P<0.01$) 相关。油茶林土壤微生物生物量 C、N 与速效磷含量无显著相关。

3 结论与讨论

土壤微生物生物量碳氮具有极高的敏感性，可作为土壤质量变化的生物学指标^[16]。不同林分因组成树种不同、人为干扰、凋落物的数量、质量和分解速率不同，使得不同林分土壤微生物碳氮有明显差异^[17]。许多研究显示：土壤表层土壤微生物生物量碳氮均大于下层^[18-19]，因为表层

土壤凋落物的积累、有机质含量较高、水份含量充足、通气状况良好，适宜土壤微生物的生长繁殖^[20]。本研究中望天树天然林、油茶人工林、桉树人工林 0~10 cm 表层土壤微生物生物量碳、氮含量及土壤养分均显著大于下层土壤，说明 3 种林分 0~10 cm 土壤微生物活性强，土壤微生物生物量碳氮丰富，有利于枯枝落叶到土壤的碳氮转化，使得土壤养分含量高，与李灵等^[21]得到 0~10 cm 是微生物生物量的重要集中分布区的结果一致。在各土层中，3 种林分的土壤微生物生物量碳、氮含量均表现为：望天树天然林高于油茶人工林及桉树人工林，可能主要是由于林下凋落物不同。研究显示：不同林分下的植被输入土壤的



注：图中不同大写字母表示同一土层不同林分在 0.05 水平差异显著 ($P<0.05$)，不同小写字母表示同一林分不同土层在 0.05 水平差异显著 ($P<0.05$)。

Note: Different capital letters in the figure indicate that there is a significant difference at 0.05 level between different stands in the same soil layer ($P < 0.05$), and different capital letters indicate that there is a significant difference at 0.05 level between different soil layers in the same forest layer ($P < 0.05$).

图 2 各林分类型各土层土壤微生物生物量碳和氮的含量

Fig.2 Concentrations of soil microbial biomass carbon and nitrogen under soil layers in different forest types

表 1 土壤微生物生物量垂直变化与土壤养分垂直变化的相关性

Table1 Correlation between vertical distribution of microbial biomass and soil nutrients

林分类型 Forest types	生物量 Biomass	微生物生物量 N MBN	氨态氮 Ammonia nitrogen	速效磷 Available P	速效钾 Available K
望天树	微生物 C	0.89**	0.94**	0.89**	0.98**
	微生物 N		0.90**	0.83**	0.83**
油茶	微生物 C	0.99**	0.85**	0.42	0.95**
	微生物 N		0.90**	0.40	0.98**
桉树	微生物 C	0.90**	0.90**	0.91**	0.91**
	微生物 N		0.95**	0.75*	0.99**

注：** 表示差异极显著 ($P<0.01$)，* 表示差异显著 ($P<0.05$)。
Note: ** means significantly different at 0.01level, * means significantly different at 0.05 level.

有机质的数量和质量不同,导致林下土壤微生物量的不同^[22]。望天树天然林相对于油茶人工林及桉树人工林,下表层凋落物丰富、枯枝落叶数量多,有机质输入量丰富,土壤养分较高,油茶及桉树人工林凋落物质量、数量不及望天树天然林,表层有机质输入量较少,从而造成这种差异。

相关性研究发现,望天树天然林、油茶林、桉树人工林的土壤微生物生物量碳氮含量均与土壤养分密切相关,3种林分的土壤微生物生物量碳、氮含量与土壤氨态氮、速效钾含量有极显著的正相关性,土壤微生物生物量碳与微生物生物量氮有极显著的正相关,这与何友军等^[23-24]众多研究者的结果一致。林下凋落物通过微生物的分解将凋落物中的有机质转换到土壤里面成为土壤养分,给植物生长提供营养物质,从而完成碳氮循环过程,土壤微生物活性越高,土壤微生物生物量碳氮越多,则转换到土壤中含N、P、K元素的营养物质越丰富^[25]。因此,土壤微生物生物量能反映土壤肥力的变化,可作为林地土壤肥力指标。

综上所述,与油茶林、桉树人工林相比,望天树天然林0~10、10~20和20~40 cm土层垂直分布的土壤微生物生物量碳、氮含量均较高,保持在较优良水平。望天树天然林土壤微生物生物量碳、氮与土壤氨态氮、速效磷、速效钾呈极显著正相关,因此,土壤微生物生物量碳氮可以作为指示土壤肥力的变化、评价望天树林土壤质量的一个重要生物指标,也为望天树天然林的土壤生态系统变化作为一种预警指标,从而更好地保护望天树天然林。

参考文献

- [1] 陆益新,黄广宾,梁畴芬.广西特有植物的研究(续完)[J]. 广西植物, 1989, 9(3): 201-210.
- [2] 严理,云朝光,秦武明,等.珍稀濒危树种望天树的研究进展[J]. 林业科技, 2014, 39(2): 59-62.
- [3] 梁建平,程飞,吴敏,等.广西田阳望天树天然种群高度级、径级分布及树高-胸径相关生长关系[J]. 广西林业科学, 2017, 46(2): 134-139.
- [4] 王兰新,匡增强,王校海,等.西双版纳望天树群落幼树更新状况调查[J]. 山东林业科技, 2015, 45(4): 88-92.
- [5] 金晓瑾,殷晓松,许毅涛.不同光照和土壤水分对望天树种子发芽的影响[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(2): 168-169.
- [6] 黄承标,陈碧珍,倪建康,等.望天树人工林生长量及土壤理化性质[J]. 林业科技开发, 2013, 27(3): 37-39.
- [7] 张美玲,李巧明.濒危植物望天树SSR-PCR反应体系的优化[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2011, 33(S2): 425-432.
- [8] 雷永烨,郑成刚.拯救开发望天树[J]. 广西林业, 2005(6): 50-52.
- [9] 罗大国.田阳县妥善保护望天树[J]. 广西林业, 1993(3): 28.
- [10] YI ZG, YI WM, ZHOU LX, et al. Soil microbial biomass of the main forests in Dinghushan Biosphere Reserve[J]. Ecology and Environment, 2005, 14(5): 727-729.
- [11] 张成霞,南志标.土壤微生物生物量的研究进展[J]. 草业科学, 2010, 27(6): 50-57.
- [12] 姜培坤,徐秋芳,俞益武.土壤微生物量碳作为林地土壤肥力指标[J]. 浙江林学院学报, 2009, 19(1): 17-19.
- [13] SOMOVA L A, PECHURKIN N S. Functional, regulatory and indicator features of microorganisms in man-made ecosystems[J]. Advanced in Space Research, 2001, 27(9): 1563-1570.
- [14] 李海滨,吴林芳,黄萧洒,等.莲花山白盆珠自然保护区3种森林土壤养分含量比较[J]. 林业与环境科学, 2017, 33(6): 61-64.
- [15] 赵江宁,冯嘉仪,刘露,等.长岗山不同林分类型对土壤理化性质的影响[J]. 林业与环境科学, 2017, 33(3): 48-52.
- [16] RUSHER A, LANVUN I. Evaluating soil management with microbial community-level physiological profiles[J]. Applied Soil Ecology, 2005, 29(1): 59-71.
- [17] QUIDEAU S A, CHADWICK O A, TRUMHORE S E, et al. Vegetation control on soil organic matter dynamics[J]. Organic geochemistry, 2001, 32(2): 247-252.
- [18] 赵彤,蒋跃利,闫浩,等.黄土丘陵区不同坡向对土壤微生物生物量和可溶性有机碳的影响[J]. 环境科学, 2013, 34(8): 3223-3230.
- [19] 杨凯,朱教君,张金鑫,等.不同林龄落叶松人工林土壤微生物生物量碳氮的季节变化[J]. 生态学报, 2009, 29(10): 5500-5507.
- [20] 胡诚,曹志平,叶钟年,等.不同的土壤施肥措施对低肥力农田土壤微生物生物量碳的影响[J]. 生态学报, 2006, 26(3): 808-814.
- [21] 李灵,张玉,王利宝,等.不同林地土壤微生物生物量垂直分布及相关性分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2007(2): 52-56; 60.
- [22] 江玉梅,陈成龙,徐志红,等.退化红壤区人工林土壤的可溶性有机物、微生物生物量和酶活性[J]. 应用生态学报, 2010, 21(9): 2273-2278.
- [23] 何友军,王清奎,汪思龙,等.杉木人工林土壤微生物生物量碳氮特征及其与土壤养分的关系[J]. 应用生态学报, 2006, 17(12): 2292-2296.
- [24] 杨凯,朱教君,张金鑫,等.不同林龄落叶松人工林土壤微生物生物量碳氮的季节变化[J]. 生态学报, 2009, 29(10): 5500-5507.
- [25] 薛菁芳,高艳梅,汪景宽,等.土壤微生物量碳氮作为土壤肥力指标的探讨[J]. 土壤通报, 2007(2): 247-250.