

不同年龄杉木林 MB-P 的调控因子

邓飘云^{1,7}, 周运超¹, 闫文德^{2,3,4}, 谌小勇^{2,3,5}, 刘明礼⁶, 曹娟², 刘启波⁸

(1. 贵州大学 林学院, 贵阳 550025; 2. 中南林业科技大学 生命科学与技术学院, 长沙 410004;
3. 南方林业生态应用技术国家工程实验室, 长沙 410004; 4. 湖南会同杉木林生态系统国家重点野外科学观测研究站,
湖南 会同 418307; 5. 美国州长州立大学, 伊利诺伊州 60484; 6. 贵州省林业调查规划院, 贵阳 550003;
7. 贵州森林资源资产评估有限公司, 贵阳 550003; 8. 中南大学 地球科学与物理信息学院, 长沙 410083)

摘要:选取会同县不同林龄(3 年生、8 年生、18 年生、26 年生)杉木人工林为研究对象,测定其土壤全磷(TP)、有效磷(Bray 1-P)、微生物量磷(MB-P)、无机磷和有机磷组分,利用逐步回归分析和通径分析揭示各土壤磷素因子和理化因子对 MB-P 影响较大的优势因子。结果显示:(1) 4 种不同林龄杉木林土壤 MB-P 含量的平均值为 6.90 mg/kg。TP 和 Bray 1-P 含量的平均值分别为 320.71 mg/kg, 1.77 mg/kg, 均属低水平。(2) 不同龄林各因子对 MB-P 的影响:3 年生, Bray 1-P, Al-P 对 MB-P 的影响较大;8 年生, N/P, LO-P, 土壤含水率(W)、MRO-P 对 MB-P 影响突出;18 年生, Fe-P, N/P, Al-P, Bray 1-P 对 MB-P 的作用明显;26 年生, Fe-P, TP 对 MB-P 的影响较大, Ca-P, pH, P%, MLO-P 直接或间接地对 MB-P 产生较大影响。综上,不同林龄各因子对 MB-P 的影响程度不同。

关键词:通径分析; 微生物量磷; 速效磷; 无机磷; 有机磷

中图分类号: S714.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2019)01-0260-06

DOI: 10.13869/j.cnki.rswc.2019.01.038

Control Factors of Soil Microbial Biomass Phosphorus in Stands of Chinese Fir Plantations With Different Ages in Huitong, Hunan Province

DENG Piaoyun^{1,7}, ZHOU Yunchao¹, YAN Wende^{2,3,4},
CHEN Xiaoyong^{2,3,5}, LIU Mingli⁶, CAO Juan², LIU Qibo⁸

(1. College of Forestry, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China; 3. National Engineering Lab for Applied Technology of Forestry & Ecology in South China, Changsha 410004, China; 4. National Key Station for Field Scientific Observation & Experiment, Huitong, Hunan 418307, China; 5. Governors State University, Illinois 60484, USA; 6. Guizhou Forestry Survey and Planning Institute, Guiyang 550003, China; 7. Guizhou Forest Resources Assets Appraisal Limited Company, Guiyang 550003, China; 8. College of Earth Sciences and physical information, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: Changes in total P, Bray 1-P, microbial biomass P, inorganic P and organic P fractions in soils were investigated in four aged Chinese fir plantation forests (3, 8, 18 and 26-year-old stands) in Huitong, Hunan Province, China. Stepwise regression analysis and path analysis were used to reveal the dominant factors affecting soil microbial biomass P from phosphorus factors and soil physical and chemical properties. The results showed that: (1) the average value of the microbial biomass P content was 6.90 mg/kg in the four examined aged stands, the average concentrations of total P and Bray 1-P were 320.71 mg/kg, 1.77 mg/kg, respectively, but they were all at the low levels; (2) the influence of factors on MB-P in four aged Chinese fir plantation forests; In 3-year-old stand, Bray 1-P, Al-P were significantly positively correlated with MB-P; in 8-year-old stand, N/P, LO-P, soil water, and MRO-P were positively correlated with MB-P; in 18-year-old stand, Fe-P, N/P, Al-P, Bray 1-P were positively correlated with MB-P; in 26-year-old stand, Fe-P, TP were positively correlated with MB-P. In conclusion, different factors of stands with different ages had different influence on MB-P.

收稿日期: 2018-01-07

修回日期: 2018-02-01

资助项目: 国家林业公益性行业科研专项(201404316); 湖南省科技重点研发计划项目(农业支撑领域)(2015NK3025)

第一作者: 邓飘云(1989—), 女, 湖南邵阳人, 博士研究生, 主要从事森林培育与森林资源资产评估工作。E-mail: dengpiaoyun@163.com

通信作者: 刘明礼(1964—), 男, 贵州贵阳人, 学士, 高级工程师, 主要从事林业调查规划设计工作。E-mail: 330350851@qq.com

Keywords: path analysis; microbial biomass P; Bray 1-P; inorganic phosphorus fraction; organic phosphorus fraction

磷元素对植物的生长发育至关重要,但磷很容易被土壤大量吸附和固定,导致土壤中可溶性磷含量很低,常被认为是林地重要的限制性养分。微生物是土壤有机磷转为有效磷的重要枢纽,对调控土壤磷的植物有效性及循环转化起着重要作用^[1]。土壤中的微生物量磷(Microbial Biomass Phosphorus,简称 MB-P)是土壤中体积 $<5\ 000\ \mu\text{m}^3$ 的所有活体微生物所含有的磷素的总和^[2],它对土壤环境反映灵敏,常被用于衡量土壤肥力和作物生产力的一个重要指标。

杉木是我国南方地区最主要的造林树种之一,由于各种不合理经营和管理,杉木人工林地力日渐衰退^[3]。近年来,对杉木林的研究主要集中在凋落物及其分解、养分内循环与周转利用率、土壤碳储量与归还^[4-6]等方面。在微生物量研究方面,对微生物量碳、氮研究较多^[7],但针对不同林龄杉木林土壤磷素变化特征及其对 MB-P 影响的研究鲜有报道。本研究以湖南会同立地条件基本一致的不同林龄杉木林为研究对象,探讨不同林龄杉木人工林土壤磷素形态及其对 MB-P 的贡献,以及土壤环境因子与 MB-P 的关系,为研究不同林龄杉木林土壤磷素动态及其变化规律提供基础数据,为了解各土壤磷组分对土壤 MB-P 的相对作用,及揭示其主要控制性因子提供理论依据。

1 试验材料与方法

1.1 试验地概况

研究样地位于湖南会同杉木林生态系统国家野外科学观测研究站(109°45'E,26°50'N),海拔 200~500 m,属于亚热带湿润性气候,四季分明,年平均气温 16.8℃,年降水量为 1 000~1 500 mm,年平均相对湿度为 80%以上。地貌类型为低山丘陵,土壤主要以震旦纪板溪系变质页岩和砂岩发育成的中有机

质厚层黄壤,pH 值在 4.9~5.1,适宜的气候、土壤、地形、岩性等为杉木的生长创造有利条件。本试验选取 3 a 生、8 a 生、18 a 生和 26 a 生 4 个年龄的杉木林分建立标准样地,4 种杉木林分样地土壤类型、立地条件一致,每块样地面积为 20 m×20 m,每个年龄设置 3 个重复,共 12 块样地。4 个年龄杉木林均是炼山后用实生苗进行的全垦造林,造林密度 2 500 株/hm²,造林后的 3 a 内每年进行 2 次(6 月、11 月)全林抚育,抚育期后任其自然生长。林下灌木主要是杜茎山(*Maesa japonica*)、菝葜(*Smilax japonica china*)、木姜子(*Litsea pungens*)、冬青(*Ilex chinensis*)和油桐(*Vernicia fordii*),还有铁芒萁(*Dieranopteris linear*)、狗脊蕨(*Woodwardia japonica*)、地念(*Melastoma dodecandrum*)和华南毛蕨(*Cyclosorus parasiticus*)等草本植物。林分的基本特征如表 1 所示。

1.2 土样采集和测定方法

1.2.1 土壤样品的采集 于 2015 年 6 月采样。在 4 个林龄的每块样地内,按照“随机”、“等量”的原则,分别沿上、中、下坡,随机设置 3 个采样点。连续天晴一周后,用土钻按 0—20 cm,20—40 cm 和 40—60 cm 分层采集土壤样品,采集时移去地表枯枝落叶,取土深度及采样量均匀一致,每块样地 3 个采样点各土层的土样约 1 kg,放入无菌塑料袋,共 27×4=108 袋,去掉杂质,并测定样地各层土壤容重。采用对角线法取 300~400 g 经室内通风处自然风干后的土样,用木棍碾压并过 2 mm 孔径筛的土样,用于测定有效磷(Bray 1 P)、有机磷,然后从 2 mm 的土壤样品中取 200 g 左右磨细全部过 0.149 mm 筛,用于全磷(TP)、无机磷的测定。用相同的方法,另取 108 袋鲜土带回实验室,放在 4℃的冰箱中保存,用于 MB-P 的测定。每个土壤样品做 2 个平行样,误差 $<5\%$ 。

表 1 各样地的林分特征和土壤理化性质

| 林龄/ a | 林分密度/ (株·hm ⁻²) | 郁闭度/ % | 平均 胸径/cm | 平均 树高/m | pH | 总孔 隙度/% | 土壤容重/ (g·cm ⁻³) | 含水率/ % | 有机碳/ (g·kg ⁻¹) | 全氮/ (g·kg ⁻¹) |
|----------|--------------------------------|-----------|-------------|------------|------|------------|--------------------------------|-----------|-------------------------------|------------------------------|
| 3 | 2500 | 30 | 3.7 | 2.8 | 4.73 | 47.31 | 1.41 | 21.13 | 12.61 | 1.32 |
| 8 | 2440 | 70 | 6.7 | 5.6 | 4.92 | 51.97 | 1.27 | 23.00 | 14.58 | 1.38 |
| 18 | 1825 | 100 | 13.8 | 14.2 | 4.95 | 52.60 | 1.25 | 22.75 | 13.44 | 1.72 |
| 26 | 1917 | 90 | 17.1 | 16.0 | 4.87 | 50.43 | 1.32 | 24.88 | 14.09 | 1.61 |

1.2.2 土壤指标的测定 土壤 TP:碱熔—钼锑抗比色法^[8];土壤 Bray 1-P:氟化铵—盐酸浸提法^[8];土壤无机磷形态分级测定:张敬守和 Jackson 提出的分

级方法^[9];土壤有机磷的分组测定:采用 Bowman-Cole 法^[10];土壤无机磷、有机磷含量之和为 TP 含量。土壤 MB-P:采用吴金水等^[11]提出的氯仿熏蒸