

文章编号: 1001-1498(2001)06-0648-05

毛竹竹根区土壤微生物数量与酶活性研究

徐秋芳, 姜培坤

(浙江林学院 资源与环境系, 浙江 临安 311300)

摘要: 采样分析了毛竹竹根区土壤微生物数量和酶活性。结果表明: 毛竹竹根区土壤细菌数量明显多于林间土, 其 R/S 值(土壤酶活性比值)平均为 1.53; 从不同年龄竹来看, I、II 度竹竹根区细菌数量多于 III 度竹。毛竹竹根区土壤真菌数量也明显多于林间土, R/S 值平均为 2.05; 其中 II 度竹竹根区真菌数量显著多于 I、III 度竹根区, 差异达显著水平。放线菌数量无论是毛竹竹根区与林间土之间还是不同年龄毛竹竹根区土之间均无明显不同。毛竹竹根区土壤过氧化氢酶、脲酶和蔗糖酶的活性明显高于林间土, R/S 值分别平均为 1.28、1.48 和 1.94, 但在 I、II、III 度竹竹根区之间这 3 类酶的活性无明显差异。毛竹竹根区土壤蛋白酶和磷酸酶的活性也明显高于林间土, 其 R/S 值分别平均为 2.00 和 1.82, 并且蛋白酶活性 II 度竹竹根区明显高于 I、III 度竹竹根区, 磷酸酶活性 II 度竹竹根区也显著高于 III 度竹竹根区, 差异均达显著水平。

关键词: 毛竹; 竹根区土壤; 微生物数量; 酶活性

中图分类号: S718.8 **文献标识码:** A

根际区是植物体与土壤物质、能量交换的场所。一方面植物体通过呼吸、分泌有机物质影响根际土壤性质^[1]; 另一方面, 土壤又通过根际区以各种方式向植物体提供营养物质。农作物上有关根际的研究已十分深入^[2~4], 并都针对根表几个毫米的根面土(rhizoplane soil)和根际土(rhizosphere soil), 而林木上的研究相对滞后。一方面林木立地条件差异较大, 另一方面, 对林木而言, 确定几个毫米的根际有很大难度。虽目前国内外有关林木根际土壤研究有零星报道^[5~8], 但研究都较农作物上粗放。由于林木根形态的特殊性, 有些研究只对林木根际附近一个较大的区域即根区展开^[9]。

毛竹(*Phyllostachys pubescens* Mazel ex H. de Lahaie)作为禾木科(Gramineae)植物与农作物玉米(*Zea mays* L.)、小麦(*Triticum aestivum* L.)和水稻(*Oryza sativa* L.)一样, 在根际区也具有联合固氮微生物^[10, 11], 因而开展毛竹根际区土壤的研究显得十分重要。但迄今为止, 未见毛竹根际区土壤生物化学性质方面的系统研究报道。为此, 作者采集了不同年龄毛竹竹根区土样, 旨在这方面作些探讨。

1 样地与方法

1.1 采样地概况

采样地设在浙江省临安市郊青山镇。该区属亚热带季风气候, 地理座标为 119°42' E, 30°14' N, 属丘陵地区, 年平均气温 15.9℃, 最高气温 41.3℃, 最低气温 -13.3℃, 年降水量

收稿日期: 2001-03-09

基金项目: 浙江省教育厅基金项目(981177)

作者简介: 徐秋芳(1963-), 女, 浙江东阳人, 副教授, 博士

1 424 mm, 无霜期 236 d。土壤成土以富铝化和生物富集化同时进行, 土壤为发育于花岗岩的红壤。土壤 pH 值 4.5~ 5.5, 有机质含量 $20.00 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 左右, 全氮含量 $0.8 \sim 1.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 土壤水解氮、有效磷和速效钾分别平均为 93.23、10.96 和 $77.26 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。采样地海拔高度为 100~ 120 m。竹林密度 $4 100 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$, I、II、III 度竹分别占 35.5%、31.2% 和 33.3% (I、II、III 度竹龄分别为 1~ 2 a、3~ 4 a 和 5~ 6 a), 毛竹平均直径为 8.5 cm。

1.2 采样方法

在 0.33 hm^2 左右的采样区域内, 按 $15 \text{ m} \times 15 \text{ m}$ 的面积划分为 12 个样方。1998 年 6 月在每个样方中分别确定生长水平中等的 I 度(1 年生)、II 度(3 年生)、III 度(5 年生)竹各 3 株, 分别在毛竹基部挖开, 顺竹篔取连在根上粒径小于 1 cm 土壤作为竹根根区土壤, 并分别将 I、II、III 度各 3 株竹的竹根根区土样混合成一个样品, 作为该样方 I、II、III 度竹的根区土样。同时, 在每个样方的竹林中多点采集和竹根根区土深度一致的林间土样 1 个(采集时尽量避开竹鞭, 各点均离竹鞭 5 cm 以上)。

1.3 分析方法

土样带回室内后分成两份, 一份鲜样分析土壤微生物三大类, 另一份风干、去杂、过筛后测定土壤各类酶活性。土壤微生物计数采用平板法^[12], 细菌采用牛肉蛋白胨培养基; 真菌采用马丁氏琼脂培养基; 放线菌采用高泽 1 号琼脂培养基。土壤过氧化氢酶采用容量法; 蔗糖酶采用二硝基水杨酸比色法; 脲酶采用苯酚一次氯酸比色法; 蛋白酶采用茚三酮比色法; 磷酸酶采用磷酸苯二钠比色法^[13]。

2 结果与分析

2.1 毛竹竹根区与林间土壤微生物数量比较

从表 1 可以看到, I、II、III 度毛竹竹根区土壤细菌数量平均为每克土 4.07×10^6 个, 是林间土壤的 1.53 倍。方差分析显示, 不同部位土壤细菌数量存在显著差异, 由 LSD 法多重比较可知, I、II 度竹竹根区土壤

表 1 毛竹竹根区土壤微生物数量比较

土样部位	细菌数/ (10^6 个 \cdot g^{-1})	放线菌数/ (10^5 个 \cdot g^{-1})	真菌数/ (10^4 个 \cdot g^{-1})	微生物总数/ (10^6 个 \cdot g^{-1})
I 度竹竹根区	4.02 a	5.12 a	4.24 b	4.57 a
II 度竹竹根区	4.38 a	5.15 a	5.31 a	4.95 a
III 度竹竹根区	3.81 b	5.06 a	4.20 b	4.36 a
林 间	2.66 b	5.19 a	2.23 c	3.20 b
F 值	3.21 *	0.13	3.75 *	3.56 *

注: 表中数据为 12 个样地的平均值; 同列中不同英文字母表示差异达显著性水平 ($P < 0.05$); $F_{0.05}(3, 33) = 2.90$, $F_{0.01}(3, 33) = 4.46$, 表 2 同。

细菌数量显著高于林间土壤, 而 III 度竹竹根区土壤细菌数量虽是林间土的 1.43 倍, 但两者差异不显著。从不同年龄毛竹竹根区土壤比较来看, III 度竹根区细菌数量明显低于 I、II 度竹, 差异达到显著水平。放线菌数量 I、II、III 度竹竹根区土壤平均为每克土 5.11×10^5 个, 和林间土壤的数量十分接近, 方差分析也显示不同部位土壤间无显著差异。而真菌数量林间土壤与根际土壤间差异明显, I、II、III 度竹竹根区真菌的平均数量为每克土 4.58×10^4 个, 是林间土壤的 2.05 倍。方差分析显示, 不同部位土壤存在显著差异, 通过 LSD 法多重比较发现, I、II、III 度竹竹根区土壤真菌数量均明显多于林间土壤, 而其中 II 度竹竹根区又显著多于 I、III 度竹竹根区。综合细菌、真菌、放线菌可以看到, 土壤微生物总数根际土壤显著多于林间土壤。

根际区承接了大量根系分泌物和根表脱落物, 给微生物生长、繁衍提供了丰富的养分和能

源物质,因而根际区土壤微生物数量一般都比林间土高^[5],毛竹也不例外。根际区土壤微生物数量增加,有利于土壤养分的有效性,也明显刺激了植物体生长。而根际并没有刺激放线菌而使根际放线菌明显增加^[12]。从 Paravizas 等对蓝羽扁豆 (*lupinus hirsutus* L.) 根际微生物的研究来看,当离开根表 3~6 mm 时,放线菌的数量就和非根际土壤没有多大差异了^[12]。文中毛竹竹根区土壤放线菌数量和林间土无明显差异,一方面说明了毛竹竹根区放线菌刺激作用也不明显,另一方面也说明了这种林木根区土采样方法从某种程度上淡化了根际效应。

2.2 毛竹竹根区与林间土壤酶活性分析

表 2 显示,过氧化氢酶、蔗糖酶、脲酶、蛋白酶和磷酸酶的活性不同部位土壤间存在显著性差异。通过 LSD 法多重比较发现过氧化氢酶、蔗糖酶和脲酶活性 I、II、III 度竹竹根区均显著高于林间土壤,而不同年龄竹竹根区土之间无明显不同。蛋白酶和磷酸酶活性 I、II、III 度竹竹根区土明显高于林间土,并且不同年龄竹竹根区土之间也存在差异,主要表现在 II 度竹竹根区活性较强。

从上面分析可以看到,毛竹竹根区土壤过氧化氢酶、蔗糖酶、脲酶、蛋白酶和磷酸酶的活性均明显高于林间土壤, I、II、III 度竹竹根区各类酶活性平均分别是非竹根区的 1.28、1.94、1.48、2.00 和 1.82 倍。根际区土壤酶活性高是土壤研究者一再证明了的事实^[14,15]。根区有大量根系分泌的粘液和根表脱落物质,其上都附着各种植物分泌的酶,其次,根区土壤微生物数量较多,这些微生物也常释放出酶类^[13],从而使根区土壤酶活性高于林间土壤。土壤中养分转化离不开酶的催化作用,因而,毛竹根区土壤酶活性高有利于根区土壤养分的有效化,对毛竹生长极为有利。

值得一提的是,比较不同年龄毛竹的竹根区土壤,就可发现 II 度毛竹竹根区土壤微生物数量较多、酶活性较强,虽然像细菌数量、过氧化氢酶、蔗糖酶、脲酶活性等多重比较后并未显示 II 度竹竹根区显著高于 I、III 度竹竹根区,但从不同年龄毛竹土壤 R/S 值(表 3)仍可看到这些性质总体上 II 度竹竹根区土较强。这一事实说明随着毛竹新竹长成,根系逐渐发育,根系分泌物、根表脱落物逐渐增多,到了第 3、4 年根际区的微生物数量和酶活性达到最高水平,以后随着竹子变老根系代谢能力又逐渐下降,根区土壤生物学活性又有一定的回落。毛竹这种随着年龄不同,根区土壤生物学性质发生较快变化的情况在其它林木上很少发现,这也从一个方面启示人们在研究不同土地及不同人为措施对毛竹竹根区土壤影响时,一定要选择相同年龄的竹子作为研究对象,才具有说服力。

表 3 不同年龄毛竹竹根区土壤 R/S 值

竹子年龄	细菌数	放线菌数	真菌数	过氧化氢酶	蔗糖酶	脲酶	蛋白酶	磷酸酶
I 度	1.51	0.99	1.90	1.28	1.92	1.40	1.75	1.77
II 度	1.65	0.99	2.39	1.30	1.87	1.65	2.50	2.01
III 度	1.43	0.97	1.88	1.26	2.04	1.35	1.67	1.71

注: R 代表竹根区, S 代表林间土的土壤酶活性。

表 2 毛竹竹根区与林间土壤酶活性比较

土样部位	过氧化氢酶	蔗糖酶	脲酶	蛋白酶	磷酸酶
I 度竹竹根区	0.150 a	3.12 a	0.56 a	0.21 b	24.26 ab
II 度竹竹根区	0.153 a	3.03 a	0.66 a	0.30 a	27.58 a
III 度竹竹根区	0.148 a	3.31 a	0.54 a	0.20 b	23.30 b
林间	0.118 b	1.62 b	0.40 b	0.12 c	13.73 c
F 值	2.93*	4.17*	3.01*	3.35*	3.17*

注: 酶活性单位: 过氧化氢酶/ $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} (\text{KMnO}_4) \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; 蔗糖酶/ $\text{mg} (\text{葡萄糖}) \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$; 脲酶/ $\text{mg} (\text{NH}_3\text{-N}) \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$; 蛋白酶/ $\text{mg} (\text{NH}_2\text{-N}) \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$; 磷酸酶/ $\text{mg} (\text{P}_2\text{O}_5) \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

3 结 论

毛竹竹根区土壤细菌数量明显多于林间土, 从不同年龄来看, I、II 度竹竹根区细菌数量较多, 它们和林间土达到了显著性差异, III 度竹竹根区相对较少。无论是不同年龄毛竹竹根区之间还是竹根区与林间土之间土壤放线菌数量均无明显差异。I、II、III 度竹竹根区土壤真菌数量都显著多于林间土, II 度竹竹根区又显著多于 I、III 度竹竹根区, 并都达差异显著水平。毛竹竹根区土壤的过氧化氢酶、脲酶和蔗糖酶活性显著高于林间土壤, 但 I、II、III 度竹之间这 3 类酶活性均无明显不同。II 度竹竹根区土壤蛋白酶、磷酸酶活性显著高于林间土和 III 度竹竹根区土, 差异达显著水平; 蛋白酶活性 II 度竹竹根区还显著高于 I 度竹竹根区, 差异同样达到显著水平。

值得指出的是, 在农作物上研究根际土壤微生物时常常是针对根表几个毫米的区域, 因而研究所得的“根际效应”(R/S 值)也都较大, R/S 值一般为 5~ 20, 有的甚至更大^[12], 而本文中毛竹竹根区是指竹子根区粘于根表 1 cm 之内的土壤, “根区”范围要大得多, 因而 R/S 值相对较小。

参考文献

- [1] 施卫明 根系分泌物与养分有效性[J]. 土壤, 1993, 25(5): 263~ 265
- [2] 张福锁 环境胁迫与植物根际营养[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998
- [3] Zhang F S, Treeby M, Romheld V, et al Mobilization of iron by phyto siderophores as affected by other micronutrients [J]. Plant and Soil, 1990, 130: 173~ 178
- [4] Zhang Fusuo Mobilization of iron and manganese by plant borne and synthetic metal chelators[J]. Plant and Soil, 1993, 155/156: 111~ 114
- [5] 蒋秋怡 杉木根际土壤微生物和酶活性初探[J]. 土壤, 1993, 25(5): 271~ 273
- [6] 贾黎明 杨树刺槐混交林生长树种内营养关系的研究[D]. 北京: 北京林业大学资源与环境学院, 1996
- [7] 杨承栋, 焦如珍 杉木人工林根际土壤性质变化的研究[J]. 林业科学, 1999, 35(6): 2~ 9
- [8] Ichio N, Akane M. Compare of Yezo spruce roots in the healthy and deleterious forests[J]. Japanese Journal of Forest Environment, 1994, 36(1): 51~ 56
- [9] 姜培坤, 徐秋芳, 钱新标, 等 矿质肥料对杉木苗根区土壤生化性的影响[J]. 浙江林学院学报, 1996, 13(1): 10~ 14
- [10] 顾小平, 吴晓丽 毛竹根际分离的多粘芽孢杆菌固氮特性研究[J]. 林业科学研究, 1998, 11(4): 377~ 381
- [11] 顾小平, 吴晓丽 接种联合固氮菌对毛竹实生苗生长的影响[J]. 林业科学研究, 1999, 12(1): 7~ 12
- [12] 陈华葵 土壤微生物学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1981
- [13] 关松荫 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1986
- [14] Robert L. Enzymatic and microbial interactions in response to pitch pine root growth[J]. Soil Sci Soc of Am J, 1991, 55: 998~ 1004
- [15] 姜培坤, 蒋秋怡, 董林根, 等 杉木、樟树根际土壤生化特性比较研究[J]. 浙江林学院学报, 1995, 12(1): 1~ 5

Study on the Microbe Quantity and Enzymatic Activity in Rhizospheric and Non-rhizospheric Soil under *Phyllostachys pubescens* Forest

XU Qiu-fang, JIAN G Pei-kun

(Faculty of Resources and Environment, Zhejiang Forestry College, Linan 311300, Zhejiang, China)

Abstract: The sampling method was used to analyze the microbe quantity and enzymatic activity in rhizospheric soil of *Phyllostachys pubescens*. The results showed that the quantity of bacteria in rhizosphere was more than that in non-rhizosphere, the R/S value was 1.53 in average. For the bamboo stand with different age, the quantity of microbe and enzymatic activity in rhizosphere under 1- and 3- year- old stand was higher than that under 5- year- old stand. The quantity of fungi followed the same pattern (R/S 2.05), but the quantity of fungi in rhizosphere under 3- year- old stand was more than that under 1- year- old stand. No distinct difference was found about the quantity of actinomycetes between rhizosphere and non-rhizosphere or among stands with different ages. The activities of hydrogen peroxidase, urease and sucrase were higher in rhizosphere than in non-rhizosphere, and the R/S values were 1.28, 1.48 and 1.94 respectively. However, no significant difference was found among various ages of bamboo stand. The activities of protease and phosphatase were also higher in rhizosphere than in non-rhizosphere, and the R/S values were 2.00 and 1.82 respectively. Protease activity of rhizosphere under 3- year- old stand was higher than that under 1- and 5- year- old stand. The difference of phosphatase activity in rhizosphere and non-rhizosphere also existed for both 3- and 5- year- old stands.

Key words: *Phyllostachys pubescens*; rhizosphere; microbe; enzyme