

文章编号: 1000-5692(2000)04-0364-05

有机肥对毛竹林间及根区土壤生物化学性质的影响

徐秋芳, 姜培坤

(浙江林学院 资源与环境系, 浙江 临安 311300)

摘要: 为研究施肥对毛竹根区土壤生物化学性质的影响, 在浙江省临安市牧家桥毛竹林中布置了施肥试验。研究表明: 施有机肥显著增加了毛竹林间土壤和竹苑根区土壤的细菌和真菌数量, 全有机肥(菜籽饼 $1\ 500\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)和1/2有机肥(菜籽饼 $750\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ +硫酸铵 $168.8\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ +过磷酸钙 $97.5\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ +氯化钾 $16.2\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)处理林间土壤细菌数分别是对照区的2.20倍和1.72倍; 竹苑根区分别是对照区的1.91倍和1.60倍。全有机肥和1/2有机肥处理林间土壤真菌数分别是对照区的1.98倍和1.62倍; 竹苑根区分别是对照区的2.47倍和1.89倍。有机肥对毛竹林间和竹苑根区土壤放线菌数量无明显影响。有机肥显著提高了毛竹林间和竹苑根区土壤过氧化氢酶、脲酶、蛋白酶和磷酸酶的活性。全有机肥和1/2有机肥林间土壤各类酶活性依次是对照区的1.24倍、1.72倍、1.82倍、1.55倍和1.07倍、1.40倍、1.53倍、1.21倍; 竹苑根区土壤各类酶活性分别是对照区的1.75倍、2.10倍、2.42倍、1.61倍和1.46倍、1.67倍、1.92倍、1.07倍。有机肥对毛竹土壤的蔗糖酶活性无明显影响。化肥可提高毛竹竹苑根区脲酶和蛋白酶活性, 但化肥对林间土壤过氧化氢酶和脲酶活性无明显影响, 对林间土壤蛋白酶和磷酸酶活性影响也很小。化肥不能改变毛竹竹苑根区土壤过氧化氢酶和磷酸酶的活性。表9参11

关键词: 毛竹; 饼肥; 化学肥料; 林间土壤; 根区土壤; 酶; 土壤微生物

中图分类号: S7148; S154.2 **文献标识码:** A

有机肥能很好地促进农作物生长, 显著提高农产品的产量和品质^[1~3]。有机肥也能促进植物根系的生长^[4]。对毛竹(*Phyllostachys pubescens*)的试验也表明, 施用有机肥能明显增加毛竹鲜竹材的产量^[5]。

在农地, 有机肥对土壤包括农作物根际土壤生物化学性质的影响的研究已十分广泛^[6], 表现在有机肥能明显增加田间和作物根际土壤微生物数量, 提高土壤酶的活性。在林地上, 也有较多的有关施用有机肥对土壤肥力影响的研究报道。但有机肥对林地特别是林木根际区土壤生物化学性质影响的研究只涉及到杉木和杨树等少数几个树种^[7]。

毛竹施肥已开展多年, 但至今未见施用有机肥对竹子林间特别是根区土壤生物化学性质影响的研究报道。1996年和1997年, 作者在对毛竹林连续2 a施肥的基础上, 采样分析了毛竹林间及其竹苑根区土壤的生物化学性质, 以在这方面作些探讨。

收稿日期: 2000-03-20; 修稿日期: 2000-07-11

基金项目: 浙江省教育厅基金资助项目(981177)

作者简介: 徐秋芳(1963-), 女, 浙江东阳人, 副教授, 硕士, 从事森林土壤学研究。

1 样地与方法

1.1 试验区概况

在浙江省临安市郊牧家桥布置施肥试验。该处年平均气温为 15.9 °C, 最高气温 41.3 °C, 最低气温 -13.3 °C, 年降水量 1 424 mm。土壤为发育于凝灰岩的红壤。海拔 110 m。试验用竹林的立竹密度 3 900 株·hm⁻², I 度竹占 35% 左右, II 度竹占 40% 左右, III 度竹占 25% 左右。竹子平均直径为 8.8 cm。

1.2 试验设置方法

在上述竹林中选择坡度一致 (18° 左右), 坡向一致地块 (2 000 m² 左右), 设置成 20 m × 20 m 4 个小区, 每个小区间留出保护行。1996 年和 1997 年连续 2 a 在春季选择降雨后的第 2 天施用肥料。4 个小区施肥分别是 A 区以 1 500 kg·hm⁻² 量施用菜籽饼, 饼肥磨细后均匀撒于湿润的地表。B 区施 750 kg·hm⁻² 菜饼, 再用硫酸铵、过磷酸钙和氯化钾补足至 A 区一样的氮、磷、钾量 (分别再施硫酸铵 168.85 kg·hm⁻², 过磷酸钙 97.5 kg·hm⁻², 氯化钾 16.2 kg·hm⁻²)。C 区全部施用化肥, 即施硫酸铵 337.5 kg·hm⁻², 过磷酸钙 195.0 kg·hm⁻², 氯化钾 32.6 kg·hm⁻²。D 区为不施肥的空白对照区。本次试验只设 1 个重复。

1.3 样品采集和分析

1998 年春天, 在 4 个小区中分别选择 5 株 II 度竹 (1995 年培养), 挖开基部, 顺竹蔸取毛竹根区土样各 5 个, 并在每个小区中多点采取根区深度一致的林间土样 1 个。样品分成 2 份, 其中一份鲜样测定土壤微生物数量; 另外一份风干, 去杂和过筛后测定土壤酶活性。土壤微生物计数采用稀释平板法^[8]; 细菌采用牛肉蛋白胨培养基; 真菌采用马丁氏琼脂培养基; 放线菌采用高泽一号琼脂培养基; 土壤酶分析全都采用关松荫等方法^[9]。4 个小区林间土壤基本化学性质见表 1。

2 结果分析

表 1 土壤基本化学性质

Table 1 Basic chemical properties of soil

处理	pH 值	有机质/ (g·kg ⁻¹)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	水解氮/ (mg·kg ⁻¹)	有效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)
有机肥	4.95	24.56	1.289	113.95	16.38	93.14
1/2 有机+1/2 无机肥	4.90	24.17	1.273	114.68	12.34	86.14
无机肥	5.03	23.33	1.151	89.73	12.75	88.88
空白	5.15	23.89	1.100	70.14	10.66	70.16

说明: 土壤化学分析采用国家森林土壤标准法^[10]

2.1 有机肥对林间和竹蔸根区土壤微生物数量的影响

从表 2~4 可以看到, 施有机肥能明显增加毛竹林间和竹蔸根区细菌和真菌数量。全有机肥和 1/2 有机肥处理林间土壤细菌数分别是对照区的 2.02 倍和 1.72 倍; 竹蔸根区分别是对照的 1.91 倍和 1.60 倍。全有机肥和 1/2 有机肥处理林间土壤真菌数分别是对照区的 1.98 倍和 1.62 倍; 竹蔸根区分别是对照的 2.47 倍和 1.89 倍。全化肥处理林间土壤细菌和真菌数量与不施肥对照区无大差异, 化肥对竹蔸根区土壤细菌数量也无影响, 但化肥可增加竹蔸根区真菌的数量。施用有机肥对林间和竹蔸根区土壤放线菌数量都无明显影响。

2.2 有机肥对林间和竹蔸根区土壤酶活性的影响

施有机肥明显增加了毛竹林间土壤过氧化氢酶、脲酶、蛋白酶和磷酸酶的活性, 全施有机肥处理各类酶活性依次是对照区的 1.24 倍、1.72 倍、1.82 倍和 1.55 倍 (表 5~9); 1/2 有机肥处理各类酶活性依次是对照区的 1.07 倍、1.40 倍、1.53 倍和 1.21 倍。

施有机肥也明显提高了竹蔸根区土壤各类酶活性。全有机肥处理竹蔸根区土壤过氧化氢酶、脲酶、蛋白酶和磷酸酶的活性分别是不施肥对照区的 1.75 倍、2.10 倍、2.42 倍和 1.61 倍; 分别是全化肥处理的 1.73 倍、1.83 倍、1.78 倍和 1.51 倍。1/2 有机肥处理各类酶活性依次是不施肥对照区的 1.46 倍、1.67 倍、1.92 倍和 1.07 倍, 是全化肥处理的 1.44 倍、1.46 倍、1.41 倍和 1.23 倍。

施用化肥对毛竹林间土壤过氧化氢酶和脲酶活性基本无影响; 对蛋白酶和磷酸酶活性影响也很小。化肥不能改变竹蔸根区土壤过氧化氢酶和磷酸酶的活性, 但化肥可提高竹蔸根区脲酶和蛋白酶的活性。

无论施用有机肥还是无机肥对毛竹林间和竹蔸根区土壤蔗糖酶活性均无明显影响。

3 讨论

从试验分析来看,施用有机肥料明显增加了毛竹林间和竹蔸根区土壤细菌和真菌数量,提高了土壤过氧化氢酶、脲酶、蛋白酶和磷酸酶的活性。总之,施有机肥明显改善了土壤的生物学性质。这和农作物上的研究结果是一致的^[6],也和国内杉木上的施肥研究结果类似^[7]。

有机肥料施入土壤一方面促使林间土壤微生物的更快繁衍和养分转化的改变,从而使林间生物学性质得到改善;另一方面,有机肥使毛竹生长更快,使毛竹根系生长更迅速,从而使毛竹竹蔸根区土壤代谢更加旺盛。有机肥料对林间土和竹蔸根区土的双重激

发效应前人已作过分析,认为施用有机肥更能改善根区土壤的生物学性质,也即施有机肥使作物根际效应更加明显^[9]。值得指出的是施用有机肥后林间和竹蔸根区土壤生物学活性虽均有明显增加,但毛

表2 各处理土壤细菌数

Table 2 Comparison on bacteria numbers between various treatments $\times 10^6$ 个 \cdot g $^{-1}$

处 理	林间	竹蔸根区					\bar{x}	相对值	R/S
		1	2	3	4	5			
全有机肥	3.19	4.35	5.14	4.83	5.66	3.95	4.79	190.8	1.50
1/2 有机+1/2 无机肥	2.72	4.10	3.75	5.03	4.13	3.10	4.02	160.2	1.48
无 机 肥	1.67	3.65	2.11	2.15	1.98	2.74	2.52	100.3	1.51
空 白	1.58	3.13	2.64	1.77	2.84	2.81	2.51	100.0	1.59

表3 各处理土壤放线菌数

Table 3 Comparison on actinomyces numbers between various treatments $\times 10^5$ 个 \cdot g $^{-1}$

处 理	林间	竹蔸根区					\bar{x}	相对值	R/S
		1	2	3	4	5			
全有机肥	3.76	4.17	5.33	4.54	2.65	3.99	4.14	87.9	1.10
1/2 有机+1/2 无机肥	5.23	4.67	4.83	3.14	5.65	4.15	3.66	77.7	0.87
无 机 肥	4.12	5.17	4.15	3.13	2.15	4.93	3.91	83.0	0.95
空 白	4.66	5.66	6.17	4.58	4.13	3.01	4.71	100.0	1.01

表4 各处理土壤真菌数

Table 4 Comparison on fungi number between various treatments $\times 10^4$ 个 \cdot g $^{-1}$

处 理	林间	竹蔸根区					\bar{x}	相对值	R/S
		1	2	3	4	5			
全有机肥	1.84	4.17	4.33	3.12	7.48	6.35	5.09	247.1	2.77
1/2 有机+1/2 无机肥	1.51	3.15	3.46	4.77	5.15	2.98	3.90	189.3	2.58
无 机 肥	0.99	2.14	1.65	3.17	2.15	2.63	2.35	114.1	2.38
空 白	0.93	2.10	1.03	2.11	3.05	2.03	2.06	100.0	2.21

表5 各处理土壤过氧化氢酶活性

Table 5 Comparison on hydrogen peroxidase activity of soil among different treatments $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KMnO}_4 / (\text{g} \cdot \text{min}^{-1})$

处 理	林间	竹蔸根区					\bar{x}	相对值	R/S
		1	2	3	4	5			
全有机肥	0.102	0.117	0.202	0.078	0.188	0.206	0.188	174.9	1.85
1/2 有机+1/2 无机肥	0.088	0.151	0.139	0.190	0.170	0.132	0.156	145.6	1.78
无 机 肥	0.084	0.134	0.138	0.069	0.098	0.104	0.108	100.9	1.29
空 白	0.082	0.139	0.116	0.084	0.100	0.098	0.108	100.0	1.31

表6 各处理土壤脲酶活性

Table 6 Comparison on urease activity of soil among different treatments $\text{NH}_3\text{-N} (\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1})$

处 理	林间	竹蔸根区					\bar{x}	相对值	R/S
		1	2	3	4	5			
全有机肥	0.43	0.88	0.93	0.84	0.85	0.91	0.88	209.5	2.04
1/2 有机+1/2 无机肥	0.35	0.70	0.71	0.66	0.58	0.86	0.70	166.7	1.99
无 机 肥	0.27	0.33	0.61	0.54	0.43	0.48	0.48	114.3	1.75
空 白	0.25	0.43	0.21	0.35	0.56	0.57	0.42	100.0	1.70

竹竹菟根区土壤这种激发效应并没有大大超过林间土, 反之有的性质(例如细菌数)林间土激发效应更大些。这从表 2~9 的 R/S 值中可以清楚看出, 4 个处理各项生物学性质的 R/S 值变化均不大。

这种施有机肥不能明显提高“根际效应”的研究结果说明林木有许多方面不同于农作物。焦如珍等对杉木根际土壤微生物数量的研究表明, 越是贫瘠的土壤细菌的“根际效应”越是明显^[1], 根系可以分泌更多有机物质从而使

根际土壤的生物活性更高, 而施用有机肥后明显改善了林地质量, 反使林木这种“机制”减退。

施有机肥不能增加放线菌数量可能与放线菌发育相对缓慢有关, 当土壤营养水平较高的时候, 它们不是有力的竞争者^[3]。

4 结论

施有机肥能明显增加毛竹林间和竹菟根区土壤细菌和真菌数量, 对林间和竹菟根区土壤放线菌数量无影响。

施有机肥也明显增加了毛竹林间及竹菟根区土壤过氧化氢酶、脲酶、蛋白酶和磷酸酶活性, 有机肥不能改变林间和竹菟根区土壤蔗糖酶活性。

化肥可提高毛竹林间土壤蛋白酶和磷酸酶活性, 也能提高毛竹竹菟根区脲酶和蛋白酶活性, 但化肥不能改变林间土壤过氧化氢酶和脲酶的活性, 也不能改变竹菟根区土过氧化氢酶和磷酸酶的活性。

参考文献:

- [1] 文启孝. 我国土壤有机质和有机肥料研究现状[J]. 土壤学报, 1989, 26(3): 255-260.
- [2] 孙羲. 有机无机肥配施对土壤供钾状况和红麻生长及产量的影响[J]. 土壤通报, 1990, 21(2): 152-154.
- [3] Alexander M. 土壤微生物学导论[M]. 广西农学院农业微生物学教研室, 译. 北京: 科学技术出版社, 1983. 22-31.
- [4] 胡定宇. 渭北旱塬有机肥及磷肥对冬小麦水分生产效率 and 产量的影响[J]. 土壤, 1988, 20(1): 39-42.
- [5] 洪顺山. 毛竹配方施肥研究初报[J]. 竹子研究汇刊, 1987, 6(1): 35-41.

表 7 各处理土壤蛋白酶活性

Table 7 Comparison on protease activity of soil among different treatments $\text{NH}_2\text{N}/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1})$

处 理	林间	竹菟根区					\bar{x}	相对值	R/S
		1	2	3	4	5			
全有机肥	0.28	0.81	0.93	0.75	0.98	0.87	0.87	241.7	3.10
1/2 有机+1/2 无机肥	0.23	0.51	0.73	0.68	0.70	0.82	0.69	191.7	2.99
无机肥	0.20	0.37	0.54	0.41	0.47	0.66	0.49	136.1	2.43
空 白	0.15	0.27	0.39	0.35	0.38	0.42	0.36	100.0	2.41

表 8 各处理土壤磷酸酶活性

Table 8 Comparison on phosphatase activity of soil among different treatments $\text{P}_2\text{O}_5/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$

处 理	林间	竹菟根区					\bar{x}	相对值	R/S
		1	2	3	4	5			
全有机肥	18.51	33.70	35.68	42.34	29.74	39.00	36.09	161.3	1.95
1/2 有机+1/2 无机肥	14.48	30.72	27.99	35.67	25.32	27.28	29.40	131.4	2.03
无机肥	13.21	20.17	26.86	20.80	25.00	26.72	23.91	106.9	1.81
空 白	11.96	16.82	23.96	25.65	21.57	23.84	22.37	100.0	1.87

表 9 各处理土壤蔗糖酶活性

Table 9 Comparison on sucrase activity of soil among different treatments $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1})$

处 理	林间	竹菟根区					\bar{x}	相对值	R/S
		1	2	3	4	5			
全有机肥	1.80	3.14	3.68	3.15	4.03	2.19	3.24	107.3	1.80
1/2 有机+1/2 无机肥	1.75	3.58	2.99	3.17	3.95	2.33	3.20	106.0	1.83
无机肥	1.77	4.14	2.10	3.65	3.07	2.98	3.19	105.6	1.80
空 白	1.70	3.73	2.19	3.13	2.98	3.08	3.02	100.0	1.78

- [6] 王珂. 有机肥对小麦根际环境和生长的影响及其机制[D]. 杭州: 浙江农业大学土化系, 1992.
- [7] 姜培坤, 徐秋芳, 钱新标. 有机肥料对杉木根际土壤生化性质的影响[J]. 热带亚热带土壤科学, 1995, 4(3): 147-150.
- [8] 中国科学院南京土壤研究所微生物室. 土壤微生物研究法[M]. 北京: 科学出版社, 1985. 85-176.
- [9] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1986.
- [10] 中华人民共和国国家标准局 GB7848-7858-87 森林土壤分析方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1987.
- [11] 焦如珍, 杨承栋. 不同代杉木人工林根际及非根际土壤微生物数量及种类的变化[J]. 林业科学研究, 1999, 12(1): 13-18.

Effects of fertilizing on biological properties of root region soil under *Phyllostachys pubescens* forest

XU Qiu-fang, JIANG Pei-kun

(Department of Resources and Environment, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: To understand the effects of fertilizing on biological properties of root region soil under *Phyllostachys pubescens* forest, a trial was done in bamboo forest in Lin'an City of Zhejiang Province. Application of oil cake caused a significant increase in the number of bacteria and fungi in both root region and non-root region soil whether total amount (1 500 kg[·]hm⁻² oil cake) or half the amount of oil cake (750 kg[·]hm⁻² oil cake plus equal amount of mineral N, P, K) being applied. The bacteria numbers of soil applies with total amount and half the amount of oil cake are 2.02 and 1.72 times as that of the check soil in non-root region, 1.91 and 1.60 times in root region respectively. As to fungi numbers, the corresponding times are 1.98 and 1.62 in non-root region, 2.47 and 1.89 in root region, respectively. The same effect does not occur in actinomycetes. Application of oil cake activates enzyme activity such as hydrogen peroxidase, urease, protease and sucrase in both non-root region and root region soil under bamboo forest. The above enzyme activities of soil applied with total amount of oil cake are 1.24, 1.72, 1.82, 1.55 times as that of check soil in non-root region and 1.75, 2.10, 2.42, 1.61 times in root region, respectively. The above enzyme activities of soil applied with half the amount of oil cake are 1.07, 1.40, 1.53, 1.21 times as that of check soil in non-root region and 1.46, 1.67, 1.92, 1.07 times in root region, respectively. The similar case does not appear to sucrase. Application of pure mineral fertilizer has no affirmative effect on enzyme activity in both non-root region and root region soil except urease and protease in root region soil.

Key words: *Phyllostachys pubescens*; cake manures; chemical fertilizers; forest field soil; root region soil; enzymes; soil microorganism