

矿质肥料对杉木苗根区 土壤生化性的影响*

姜培坤 徐秋芳 钱新标 沈锡康 俞欢群

(浙江林学院, 临安 311300)

(浙江省临安县林业局)

摘 要 矿质肥料的施用显著地增加了杉木苗根区土壤的微生物数量。微生物总数 3 个处理氮、磷钾、氮磷钾分别是对照的 2.29 倍、1.41 倍和 2.89 倍。其中细菌增加幅度最大, 其次是真菌。矿质肥料对非根区土的微生物数量无明显影响。矿质肥料对杉木苗根区土壤酶活性影响较复杂。脲酶和蔗糖酶的活性不受矿质肥料影响。磷钾和氮磷钾处理均能显著提高蛋白酶活性。单施氮肥能很好激活磷酸酶, 而氮磷钾混施特别是磷钾混施不仅不能增强其活性, 反而对磷酸酶起到抑制作用。施用矿质肥料还能有效地降低杉木苗根区土壤多酚氧化酶的活性。同时矿质肥料在一定程度上降低了非根区土各类酶的活性。

关键词 杉木; 实生苗; 化学肥料; 土壤微生物; 根际微生物; 酶

中图分类号 S714.8; S723.7

研究表明, 施用有机肥料可增加土壤微生物数量, 提高土壤酶活性, 而施用矿质肥料一般不能对土壤微生物和酶起促进作用, 有时反而会使土壤微生物减少, 酶活性下降^[1,2]。然而, 施肥对根区土壤生化性影响的研究很少, 特别是矿质肥料对林木根区土生化性影响的研究更是缺乏。林木根区生化性很大程度上制约了根区养分的有效性, 它又与非根区土具有较大的差别^[3,4]。目前林业生产上杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 施肥特别是杉木的幼林施肥已十分普遍, 矿质肥料对幼林生长效果明显^[5]。为摸索矿质肥料施用对杉木幼苗根区土壤生化性产生的影响, 作者在苗圃采用人工苗床和根系隔离法作了一些初步研究。

1 样品与方法

客土苗床修筑在浙江林学院苗圃地。具体做法是, 1994年2月中旬, 在苗圃地挖长3.00 m, 宽0.50 m, 深0.35 m的土坑, 在土坑中加入充分混匀的客土, 把客土用硬塑料板分成4个小区(0.5 m × 0.5 m) A, B, C, D。每个小区之间留0.3 m的保护带。这样每个小区土壤干重控制在90 kg左右。使用的客土取自浙江省临安县牧家桥。土壤属花岗红壤, 重壤质, 基本肥力状况见表1。在3月中旬未栽苗木前施1次矿质肥料。A区, 空白不施肥, B区, 施

收稿日期: 1995-05-31

*国家自然科学基金资助项目

用30.0 g 硫酸(N); C区, 施用20.0 g 磷酸二氢钾(PK); D区, 施用30.0 g 硫酸和 20.0 g 磷酸二氢钾(NPK)。肥料全部配成溶液浇施。3月24日等肥料充分分配均匀后, 选取生长一致的杉木1年生幼苗。每个处理栽幼苗4株。每株苗木的根系用直径10 cm, 长25 cm的200目尼龙布圆筒垂直隔离。待苗木生长到1994年5月5日再补施1次。A区, 不施肥; B区施20.0 g 硫酸; C区施用10.0 g 磷酸二氢钾; D区施用20.0 g 硫酸和10.0 g 磷酸二氢钾。同样配成溶液浇施。1994年8月中旬取苗木和土样分析。取样时连苗木小心取出尼龙布圆筒, 把圆筒中土样作为根区土样。同时在离开圆筒以外10 cm多点取混合样作为非根区土样。本次试验没有出现根系穿出25 cm深的圆筒下的情况, 说明得到的所有根区土样均理想。土壤的基本肥力状况见表2。杉木苗生物量见表3。测定项目和方法如下: 细菌采用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基, 真菌、细菌分离采用混菌法, 放线菌采用培养基表面涂抹法^[6]; 土壤酶分析全部采用关松荫等方法^[7]。

表1 供试土壤基本肥力状况

Table 1 The original fertility situations of soil used

pH	有机质/g·kg ⁻¹	全氮/g·kg ⁻¹	水解氮/mg·kg ⁻¹	交换性钾/mg·kg ⁻¹	速效磷/mg·kg ⁻¹
5.38	11.59	0.59	86.75	85.00	7.80

注: pH, 酸度计法, 水土比5:1; 有机质, 重铬酸钾外加热法; 全氮, 开氏法; 交换性钾, 火焰光度计法; 速效磷, 双酸法^[8]

表2 土壤基本肥力状况

Table 2 The present fertility situations of soil used

处 理 样 品	pH	有 机 质 /g·kg ⁻¹	全 氮 /g·kg ⁻¹	C/N	水 解 氮 /mg·kg ⁻¹	交 换 性 钾 /mg·kg ⁻¹	速 效 磷 /mg·kg ⁻¹	
A(CK)	根 区	5.26 a	11.88 c	0.60	11.48	102.25	95.02	7.37
	非 根 区	5.35	11.44	0.58	11.44	94.20	90.01	7.90
B(N)	根 区	4.88 b	12.08 b	0.62	11.30	132.52	82.08	6.65
	非 根 区	5.10	11.50	0.61	10.94	167.00	97.50	6.90
C(PK)	根 区	5.38 a	12.30 a	0.54	13.21	88.42	183.75	91.28
	非 根 区	5.35	11.40	0.51	12.96	87.11	315.00	137.20
D(NPK)	根 区	4.97 b	12.50 a	0.63	11.51	128.58	123.43	60.90
	非 根 区	5.08	11.51	0.62	10.77	137.60	155.00	78.20

注: 表中各处理根区土样的数值为4个样品的平均值; 同列中标有不同英文字母表系差异达5%水平显著

表3 杉木苗生物量

Table 3 The biomass of Chinese fir seedling

处 理	茎、叶重/g	根重/g	总重/g	根/茎叶
A(CK)	5.70 c	1.80 b	7.50 c	0.316
B(N)	12.01 a	2.46 a	14.47 a	0.205
C(PK)	7.62 b	2.81 a	10.43 b	0.369
D(NPK)	12.50 a	2.90 a	15.40 a	0.232

注: 表中各数据为4株苗木干重的平均值; 同列中标有不同英文字母表示差异达5%水平显著

2 结果与分析

2.1 根区土壤养分分析

从表2, 4可知, 各处理杉木苗根区土壤养分状况都和非根区土有显著差异, 表现在矿质肥料的施用造成了水解氮、交换性钾和速效磷的根区相对亏缺。其中单施氮肥根区水解氮亏缺最大; 施磷钾根区速效磷和交

换性钾亏缺最大,而空白处理水解氮和交换钾都无亏缺,只有磷稍亏缺,说明施用矿质肥料后增加了土壤供肥强度,而供肥强度大一般根区土的养分相对亏缺也大。这和农作物上结果一致^[9]。施用矿质肥料降低了根区 pH。从本试验来看,单施氮肥处理根区 pH 最低,其次是氮磷钾混合处理,而磷钾处理根区 pH 不仅不比非根区土低,反而高出非根区土 0.03 个单位。一般情况下施用铵态氮肥可降低根区土壤的 pH,缺磷亦可使根区酸度增大^[10]。施用矿质肥料促进了林木和根的生长,增强了苗木的生理代谢,从而促使苗木根系分泌物、脱落物的增多,因而施用矿质肥料可使根区土全碳量增加,使根区土碳氮比(C/N)比其非根区土有增高的趋势。

表 4 各处理养分 R/B 值

Table 4 The R/B value of nutrient under different treatments

处 理	pH	有 机 质	全 氮	C/N	水 解 氮	交 换 性 钾	速 效 磷
A(CK)	0.98	1.04	1.03	1.003	1.08	1.06	0.93
B(N)	0.96	1.05	1.02	1.030	0.79	0.84	0.96
C(PK)	1.01	1.08	1.06	1.020	1.02	0.58	0.66
D(NPK)	0.98	1.09	1.02	1.070	0.93	0.80	0.78

注: R/B 值指根区土平均值与非根区土值的比值,以下类同

2.2 根区土壤微生物分析

从表 5~6 来看,施用矿质肥料能显著增加根区土壤的细菌、真菌和放线菌数量。其中以氮磷钾混施效果最好,其次是单施氮肥,磷钾混施从本试验来看反而降低了根区土放线菌的数量。这原因值得进一步研究。施用矿质肥料使苗木生物量增加,生理代谢旺盛,根区碳源增加,从而微生物得以繁衍。但是,从本试验来看施用矿质肥料对非根区土微生物数量基本上无影响。这和农作物上试验结果相符^[1]。

2.3 根区土壤酶活性分析

从表 7 可以看到,除了单施氮肥能一定程度上提高非根区土多酚氧化酶和磷酸酶活性外,其余各处理非根区土各种酶的活性都稍有降低,说明矿质肥料对非根区土的酶活性反而有一

表 5 根区土壤微生物分析

Table 5 Analysis of microbial number under different treatments 10^6 个/g 土

处 理	样 品	细 菌	真 菌	放 线 菌	总 数
A(CK)	根 区	2.29 c	0.026 9c	0.249 b	2.566 c
	非 根 区	1.89	0.024 2	0.167	2.081
B(N)	根 区	5.57 a	0.049 4b	0.259 b	5.878 a
	非 根 区	2.07	0.022 2	0.112	2.204
C(PK)	根 区	3.43 b	0.037 6b	0.151 c	3.618 b
	非 根 区	1.86	0.025 3	0.148	2.033
D(NPK)	根 区	6.59 a	0.066 8a	0.753 a	7.410 a
	非 根 区	2.10	0.028 1	0.119	2.247

注:表中根区样品数值为 4 个样品平均值,同列中标有不同英文字母者表示差异达 5% 水平显著

表 6 各处理生化性R/B值汇总

Table 6 The gathering table of bio-chemical properties R/B

处 理	细 菌	真 菌	放 线 菌	蔗 糖 酶	多 酚 氧 化 酶	蛋 白 酶	脲 酶	磷 酸 酶
A(CK)	1.21	1.11	1.49	0.90	1.45	1.01	1.10	1.09
B(N)	2.69	2.22	2.31	1.25	1.02	2.01	1.15	1.07
C(PK)	1.84	1.49	1.02	1.29	1.07	1.31	1.04	1.19
D(NPK)	3.14	2.38	6.33	1.30	1.14	1.22	1.05	1.14

表 7 根区土壤酶活性分析

Table 7 Analysis of enzymatic activities in root region soil

处 理	样 品	蔗 糖 酶	多 酚 氧 化 酶	蛋 白 酶	脲 酶	磷 酸 酶
A(CK)	根 区	2.51 a	5.04 a	99.75 b	255.00 a	170.10 b
	非 根 区	2.78	3.48	91.00	230.00	155.94
B(N)	根 区	2.58 a	4.01 b	86.33 b	256.80 a	296.78 a
	非 根 区	2.06	3.93	43.00	224.00	184.08
C(PK)	根 区	2.58 a	3.81 b	116.83 a	223.00 a	127.99 c
	非 根 区	2.00	3.54	89.01	214.00	107.28
D(NPK)	根 区	2.62 a	3.64 b	105.25 a	225.00 a	160.29 b
	非 根 区	2.02	3.19	86.00	214.00	140.69

注 1：酶活性单位：蔗糖酶， $C_6H_{12}O_6 \cdot mg \cdot g^{-1} \cdot 24h^{-1}$ ，多酚氧化酶， $0.01 mol \cdot L^{-1} I_2 \cdot ml \cdot g^{-1} \cdot 2min^{-1}$ ，蛋白酶， $NH_2 \cdot N \cdot mg \cdot g^{-1}$ ，脲酶， $NH_4^+ \cdot N \cdot mg \cdot g^{-1} \cdot 24h^{-1}$ ，磷酸酶， $P_2O_5 \cdot mg \cdot kg^{-1} \cdot 2h^{-1}$

注 2：表中根区土样的数值为 4 个样品的平均值；同一列中标有不同英文字母者表示差异达 5% 水平显著

定的抑制作用。矿质肥料对根区蔗糖酶和脲酶的活性无实质性影响。施用磷钾和氮磷钾两处理根区的蛋白酶活性明显增加，单施氮肥则和对照无差异。这可能是由于单施氮肥情况下，土壤氮素供应比例偏高，从而削弱了根区土壤中有机氮酶解过程，而氮磷钾处理特别是磷钾处理氮素供应相对缺乏，致使根区土壤中蛋白质酶解作用增强。从根区土磷酸酶活性来看，单施氮肥可使其活性显著上升，而磷钾、氮磷钾处理反而有降低的趋势。一般情况下，施用不含磷的肥料可提高磷酸酶活性，而土壤中磷的含量太高时磷酸酶的活性会降低^[11]。从本试验来看无论是非根区土还是根区土，施用不含磷的矿质肥(即单施氮)后，磷酸酶活性就上升；而施了磷后其活性就有一定程度的降低。施用矿质肥料还普遍降低了杉木苗根区土多酚氧化酶活性。多酚氧化酶活性高会导致土壤积累过多毒害物质。多酚氧化酶活性高对土壤腐殖质品质也不利^[12]。因而从本试验来看，杉木苗施用矿质肥料不仅促进其生长，而且对消除毒害物质、改良根区土壤的腐殖质品质也十分有利。

从上述分析还可以看到一点，杉木苗的各项生化性根区效应都较明显，即 R/B 都大于 1.0 (表 6)，并且施用矿质肥料在一定程度上激发了这种效应。特别是三大类微生物，施用矿质肥料后，根区效应增加显著。这显然是由于施肥促进了幼苗生长，促进了苗木的生理代谢，使苗木根系的分泌物、根表脱落物明显增多，从而给微生物的生长繁殖提供了更多的碳源，使根区生化性得以增强。

参 考 文 献

- 1 蒋和, 翁文钰, 林增泉. 施肥10年后的水稻土微生物学特性和酶活性研究. 土壤通报, 1990, 21(6): 265~268
- 2 马志勤, 张先婉. 有机物料对紫色土壤酶活性的影响. 土壤通报, 1992, 23(1): 25~27
- 3 蒋秋怡, 叶仲节, 钱新标等. 杉木根际土壤特性的研究(II)杉木根际的生物化学特性. 浙江林学院学报, 1991, 8(4): 450~456
- 4 姜培坤, 蒋秋怡, 董林根等. 杉木桉树根际土壤生化特性比较分析. 浙江林学院学报, 1995, 12(1): 1~5
- 5 李贻全, 徐清彦, 刘仲君. 杉木幼林前5年施肥效应研究. 土壤通报, 1991, 22(1): 28~37
- 6 许光辉, 郑元洪. 土壤微生物分析方法手册. 北京: 农业出版社, 1986. 91~110
- 7 关松荫. 土壤酶及其研究法. 北京: 农业出版社, 1986. 274~330
- 8 中华人民共和国国家标准局. GB 7848-7858-1987. 森林土壤分析法. 北京: 中国标准出版社, 1987
- 9 李晓林, 曹一平. 菌根和非菌根三叶草根际土壤磷钾养分变化. 土壤通报, 1992, 23(4): 180~182
- 10 范晓晖, 刘芷宇. 根际pH环境与磷素利用研究进展. 土壤通报, 1992, 23(5): 238~240
- 11 周礼恺. 土壤酶学. 北京: 科学出版社, 1987. 257~260
- 12 张其水, 俞新妥. 杉木连栽林地混交林土壤酶的分布特征的研究. 福建林学院学报, 1989, 9(3): 256~262

Jiang Peikun(Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, PRC), Xu Qiufang, Qian Xinbiao, Shen Xikang, and Yu huanqun. **Effect of Mineral Fertilizer on Biochemical Properties of Root Region Soil under Chinese Fir Seedling. / Zhejiang For Coll, 1996, 13(1): 10~14**

Abstract: Microbial number at the root region soil under Chinese fir seedling was greatly increased after applying mineral fertilizer. Under N, PK and NPK treatments, the total microbial number was 2.29, 1.41 and 2.89 times that of check, respectively. Bacteria number increased was the most, and then fungi. On the contrary, mineral fertilizers not had a remarkable effect on the microbial number at the nonroot region soil as a whole. Mineral fertilizers were responsible for the complex changes of enzymitic activities of soil. For instance, urease and sucrase were not affected by fertilizers. Under PK and NPK treatments, protease was greatly activited. Phosphatase could be prominently activited only applying N. Under PK, espectively NPK, however, phosphatase was not activited but unactivited. After using mineral fertilizers, polyphenol oxidase at the root region soil became more unactive, and every kinds of enzyme was unactivited at the nonroot region soil in some extent.

Key words: *Cunninghamia lanceolata* (Chinese fir); seedling; chemical fertilizers; soil microorganism; rhizosphere microorganisms; enzymes