

施用磷肥对杉木幼林土壤养分和磷组分的影响*

陈 竣 巫流民 纪建书 李贻铨 陈道东 张 瑛

关键词 杉木幼林 磷肥 磷组分 土壤养分

杉木[*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.]人工林土壤立地大多供P不足,杉木幼林施用磷肥肥效显著。李贻铨等认为施P、K肥能促进杉木幼林生长^[1,2];叶仲节认为幼林施P肥初期有效,施N无效,施K还会出现负效应^[3]。作者研究了杉木人工林土壤无机P素形态、含量、比重及其分布的规律,提出Fe-P是杉木人工林土壤有效P的一个重要来源^[4]。由于不同土壤P素含量的不均一性和形态复杂性,目前对森林土壤中磷肥作用机理还不很清楚。本文旨在通过研究杉木幼林施用P肥对土壤磷组分、养分的影响,探讨磷肥在土壤中的变化规律。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验地位于江西省分宜县中国林业科学研究院亚热带林业实验中心长埠林场(114°30'N, 27°30'E)。土壤为黄红壤,母质为花岗岩残积物,表土厚约18cm,土层深度大于1m,属于杉木一般产区。先前林地为杉杂疏林地。1991年3月造林建立施肥试验林,苗木采用广西融水种源,选用一级苗,炼山后全垦整地,密度3600株/hm²,造林穴为50cm×40cm×40cm。按生产常规进行抚育管理。土壤本底化学性质见表1。

表1 试验地0~30cm土壤化学性质

重 复	pH		有机质	全 N	全 P	全 K	速效 N	速效 P	速效 K
	H ₂ O	KCl							
1	4.4	3.9	46.53	1.74	0.43	13.5	222.5	2.25	64.4
2	4.6	3.9	43.73	1.80	0.28	11.7	229.5	1.62	77.2
3	4.5	3.9	43.91	1.91	0.37	13.3	322.9	1.74	113.6

1.2 试验设计与施肥方法

试验处理和施肥量见表2。设3次重复,随机区组排列,每小区40株树,按10m×10m排列,中间16株为量测株。施肥时,将各处理每株所需的肥料称入塑料袋中,基肥在造林时施入,并与表土混均匀后定植;造林后第3年的4月施追肥,在每株树靠上坡一侧的树冠投影处挖一弧形沟,施入肥料后覆土。

1.3 土壤采样和分析方法

1991年3月造林前采集造林地0~30cm本底土壤样品。1994年6月,在每个处理中用多点混合法在株行间采集0~30cm土层土壤样品,室内风干,供土壤化学分析之用。土壤化学分

1997—11—07 收稿。

陈 竣助理研究员,李贻铨,陈道东,张瑛(中国林业科学研究院林业研究所 北京 100091);巫流民,纪建书(中国林业科学研究院亚热带林业实验中心)。

* 本文是1994年中国林业科学研究院基金项目“杉木幼林土壤磷素形态与磷肥效应”的部分内容。

表2 杉木幼林各处理施肥量及施肥时间

处 理	(单位: kg/hm ²)	
	N—P ₂ O ₅ —K ₂ O	
	基肥(1991- 03)	追肥(1993- 04)
1 (P ₁)	0- 25- 0	0- 25- 0
2 (P ₂)	0- 50- 0	0- 50- 0
3 (P ₃)	0- 100- 0	0- 100- 0
4 (NP ₁)	50- 25- 0	50- 25- 0
5 (NP ₂)	50- 50- 0	50- 50- 0
6 (NP ₂ K ₁)	50- 50- 50	50- 50- 50
7 (CK)	0- 0- 0	0- 0- 0

注: P 肥为钙镁磷肥, N 肥为尿素, K 肥为氯化钾。

析采用常规分析方法^[5]。土壤无机 P 形态分级采用 Chang 和 Jackson 改进法^[6,7], 首先用 0.05 mol/L NH₄F 溶液浸提, 测定 Al-P(磷酸铝盐); 用 0.1 mol/L NaOH 溶液浸提, 测定 Fe-P(磷酸铁盐); 用 0.3 mol/L 柠檬酸钠和连二亚硫酸钠溶液浸提 O-P(闭蓄态磷); 最后用 1.0 mol/L H₂SO₄ 溶液, 测定 Ca-P(磷酸钙盐)。I-P(无机磷)为 Al-P、Fe-P、O-P 和 Ca-P 之和, O_r-P(有机磷)为全 P 和 I-P 之差。

2 结果与分析

杉木幼林施磷肥效应十分显著, 以 50 kg/hm² P₂O₅ 分两次于造林时作基肥和造林后第 3 年作追肥施入, 其肥效最大, 蓄积增幅为 66%^[8]。

2.1 施肥对土壤养分的影响

4 a 的研究结果(表 3)表明, 施肥后对土壤 pH 值无明显影响, 但对土壤 N 和 P 养分水平有明显的影。有机质、全 N、全 P、速效 N 和速效 P 含量有显著提高, 其中处理 5 和 6 对有机质、全 N 和速效 N 含量的影响最明显, 分别比对照提高 43%、27% 和 32%; 处理 5 对土壤全 P 和速效 P 含量的影响最明显, 分别比对照提高 70% 和 356%。可见施肥是提高土壤肥力的一个有力措施。

表3 施肥对 0~30 cm 土壤养分含量的影响

(采样时间: 1994 年)

处 理	pH		有机质	全 N	全 P	速效 N	速效 P
	H ₂ O	KCl					
				(g/kg)		(mg/kg)	
1 (P ₁)	4.3	4.0	34.36	1.53	0.685	148.8	1.52
2 (P ₂)	4.5	4.1	29.35	1.39	0.511	128.3	1.28
3 (P ₃)	4.6	4.1	31.78	1.45	0.655	134.4	7.02
4 (NP ₁)	4.5	4.0	31.99	1.48	0.659	147.8	2.86
5 (NP ₂)	4.7	4.5	39.96	1.69	0.580	172.0	5.20
6 (NP ₂ K ₁)	4.4	4.0	37.18	1.93	0.620	164.9	4.14
7 对照	4.5	4.0	27.00	1.43	0.598	127.9	1.54

表 3 表明, 施用 P 肥可以大幅度提高土壤全 P 水平, 但对土壤速效 P 含量的影响却不尽然, 这里涉及到肥料添加的种类和数量, 林木利用养分和土壤营养元素相互作用等几个方面的平衡。从处理小区 1、2 和 3 土壤速效 P 的变化可以看出 P 肥用量的影响, 而 P 肥用量相同的处理 1 和 4, 处理 2、5 和 6 速效 P 的变化反映土壤营养元素 P 与 N、K 的相互作用; 施用 P 肥降低了土壤有机质、全 N 和速效 N 含量, 说明施用 P 肥促进了林木对土壤 N 素的吸收利用。刘寿坡等^[9]在黄泛平原研究了 I-214 杨[*Populus × euramericana* (Dode) Guineir cv. 'I-214'] 施用 NPK 和有机绿肥对土壤养分消长变化的影响, 认为施肥能够提高土壤有机质、全 N 和速效 N 养分水平, 对土壤 P、K 养分的影响与施肥量有关。

2.2 施肥对土壤磷组分的影响

表 4 表明, 施用 P 肥对土壤磷组分分布有明显的影响。施肥对土壤 Al-P 含量影响不大, 同对照相比, 除处理 2 外, 其它处理小区土壤 Al-P 含量变化幅度不到 1 mg/kg, 其中处理 4~6 小区 Al-P 占无机 P 百分数比对照提高 1%~2%, 处理 1~3 对 Al-P 占无机 P 百分数的影响也不大。

除处理 1 外, 施肥能够增加土壤中 Fe-P 含量, 增加幅度为 2.5~13.9 mg/kg。在不同处理

中, Fe-P 占无机 P 百分数的变化不尽相同, 处理2、4、5和6的增减变化不到1%, 处理1和3中, Fe-P 占无机 P 的百分数分别比对照降低1.5%和提高2.7%。Fe-P 作为杉木人工林土壤的一种有效 P 的重要来源, 在大多数施肥小区呈明显增加, 仅在最佳处理1中有相反的变化, 同对照相比下降6 mg/kg, 反映了造林后第4年生长优良幼龄杉木可能对 Fe-P 的需求量很大。

不同施肥处理对土壤 O-P 含量影响各异, 处理3小区 O-P 比对照减少31 mg/kg, 处理1增加最小, 为6 mg/kg, 处理6增加最大(73 mg/kg)。与对照相比, O-P 占无机 P 百分数的变幅为 -2.0% ~ 5.5%。土壤 O-P 组分有效性低, 林木难以吸收利用。

施肥降低了土壤中 Ca-P 含量, 其下降幅度为 0.3 ~ 9.0 mg/kg, Ca-P 占无机 P 的百分数比对照下降 1.5% ~ 3.8%。在所有处理中 Ca-P 含量, 同对照相比都显著下降, 可见幼龄杉木对 Ca-P 的需求量也较大, 施用钙镁磷肥可能会增加幼龄杉木对土壤 Ca-P 的吸收量, 同时也反映 Ca-P 是幼龄杉木可以直接利用的一种有效磷源。由于幼龄杉木根系的吸收利用, 杉木幼林根圈 Ca-P 水平显著低于根圈外土壤, 同样说明杉木可以直接利用 Ca-P 这一磷源^[10]。

施肥降低了处理 2、5 和 6 小区土壤中 Or-P 含量, 下降幅度为 87 ~ 128 mg/kg, 而使处理 1、3 和 4 小区土壤中 Or-P 含量有所提高, 增加幅度为 21 ~ 97 mg/kg。

表 4 施肥对土壤磷组分的影响

(采样时间: 1994 年)

处 理	(mg/kg)						占无机 P 的百分数(%)			
	Al-P	Fe-P	O-P	Ca-P	I-P	Or-P	Al-P	Fe-P	O-P	Ca-P
1(P ₁)	32.7	37.1	226	17.9	313	372	10.4	11.9	72.2	5.7
2(P ₂)	37.8	45.7	259	19.3	362	147	10.4	12.6	71.5	5.3
3(P ₃)	32.3	46.0	189	18.8	286	369	11.3	16.1	66.1	6.6
4(NP ₁)	34.3	49.9	258	21.2	363	296	9.4	13.7	71.1	5.8
5(NP ₂)	32.6	57.1	283	26.0	398	182	8.2	14.3	71.1	6.5
6(NP ₂ K ₁)	34.0	53.9	293	17.3	398	188	8.5	13.5	73.6	4.3
7(CK)	33.4	43.2	220	26.3	323	275	10.3	13.4	68.1	8.1

3 问题与讨论

施肥对土壤 P 组分的影响是一个复杂的物理化学过程。在施入的最初阶段, P 的变化最活跃, 有效性最高, 特别是在林木根区的弱酸性环境下。在随后的一个缓慢的过程中逐步趋于稳定, 土壤中各种 P 素形态和组分逐渐趋于一个动态平衡, 在这一过程中 P 素的有效性逐渐降低, 可以用指数方程来表示: $Y = (1 + kt) - b$, Y 为 P 肥残效, t 为施肥后经历的时间, k 和 b 为方程常数^[11]。本研究表明, 在施肥的头两年, P 肥效应随时间变化而增加, 尽管在第 2 年没有 P 肥添加, 林木生长效应仍优于第 1 年; 在第 3 年至第 4 年, P 肥效应随时间变化而下降, 幼龄杉木生长量低于前一年^[8]。这种不同的变化规律可能与幼龄杉木生长变化规律及其对土壤养分吸收利用状况有关。在施肥的头两年, 幼龄杉木对 P 素营养的需求量较小, P 素营养过剩, 而在第 3 到第 4 年期间随着林木生物量急剧增加, 对 P 素营养的需求量也随之有较大的增加, P 肥效应变化与这一生长规律十分吻合。

热带、亚热带地区森林土壤中有机 P 是林木生长发育的一个重要的磷源^[4], 目前国内这方面的研究还是一个空白领域。总的看来, 要通过一个试验对 P 肥在杉木林地土壤中的变化规律进行定论是很困难的, 因此还有待于通过进一步的研究来阐明其规律性。

参 考 文 献

- 1 李贻铨,徐清彦,刘仲君,等.杉木幼林前5年施肥效应研究.土壤通报,1991,22(1):28~32,7.
- 2 杉木施肥试验课题协作组.杉木幼林施肥效应研究.见:盛炜彤主编.人工林地力衰退研究.北京:中国科学技术出版社,1992.198~211.
- 3 叶仲节.浅谈杉木育苗造林中的施肥问题.浙江林学院学报,1985,(1):13~20.
- 4 陈 竣,李贻铨,陈道东,等.杉木人工林土壤P素形态及其有效性研究.林业科学研究,1996,9(2):121~126.
- 5 李酉开.土壤农业化学常规分析方法.北京:科学出版社,1983.1~243.
- 6 Chang S C, Jackson M L. Fractionation of soil phosphorus. Soil Science, 1957, 84: 133~144.
- 7 Peterson G W, Gorey R B. A modified Chang and Jackson procedure for routine fraction of inorganic soil phosphate. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1960, 30(5): 563~565.
- 8 陈道东,李贻铨,张瑛,等.花岗岩立地上杉木幼林施肥效应研究.林业科学研究,1996,9(MEM):34~40.
- 9 陈 竣,李传涵.杉木幼林根圈土壤磷酸酶活性和磷组分.林业科学研究,1997,10(5):458~463.
- 10 史瑞和.植物营养原理.南京:江苏科学技术出版社,1989.296~304.
- 11 刘寿坡,张瑛,朱占学,等.杨树林地施肥对土壤营养元素消长的研究.见:盛炜彤主编.人工林地力衰退研究.北京:中国科学技术出版社,1992.303~311.

Effects of Applying Ca Mg Phosphate on Nutrition and P Fraction in Yellow-red Soil of Young Chinese-fir Plantation

*Chen Hongjun Wu Liumin Ji Jianshu
Li Yiquan Chen Daodong Zhang Ying*

Abstract The effects of applying P fertilizer on nutrition and P fraction in yellow-red soil of young Chinese-fir plantation were studied in Jiangxi Province in 1991~1994. Fertilization increased the contents of organic matter, total N and P, available N and P, Fe-P and O-P in soil. Compared with the control, the contents of organic matter, total N and available N were increased by 43%, 27% and 32% in treatment 5 (N₁₀₀P₁₀₀/ha) and 6 (N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀/ha), total P and available P were increased by 70% and 356% in treatment 5, respectively. The increased Fe-P (except for treatment 1) and O-P (except for treatment 3) ranged 2.5~13.9 mg/kg and 6~73 mg/kg, respectively. Ca-P in soil was reduced by 0.3~9.0 mg/kg in fertilized plots. There were different changes in organic P in various fertilized plots. Organic P was reduced by 87~128 mg/kg in treatment 2, 5 and 6 while it was increased by 21~97 mg/kg in treatment 1, 3 and 4. Compared with the control, there was no significance in the effects of fertilization on pH value and Al-P in soils.

Key words young Chinese-fir plantation calcium magnesium phosphate P fractions soil nutrition