

雷州半岛桉树人工林土壤肥力特征及其成因

钟继洪, 李淑仪, 蓝佩玲, 廖新荣, 廖观荣

(广东省生态环境与土壤研究所, 广东省农业环境综合治理重点实验室, 广东 广州 510650)

摘要: 对雷州林业局桉树人工林地进行了土壤普查, 结果表明, 桉树人工林土壤肥力很低; 其现状肥力特征的形成与桉树人工林生态系统水土流失严重, 人为因素对土壤养分生物积累过程的干扰, 桉树全树利用方式, 耕垦和采后剩余物处理不适当有关。因此, 增加桉树人工林生物多样性、回归林地凋落物于土壤, 应用适当地采伐利用方式和采伐剩余物的处理方式, 是改善桉树人工林土壤肥力必须采取的措施。

关键词: 桉树人工林地; 土壤肥力; 雷州半岛

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2005)03-0044-05

中图分类号: S718.4

Characteristics and Causes of Soil Fertility Under Eucalyptus Plantations in Leizhou Peninsula

ZHONG Ji-hong, LI Shu-yi, LAN Pei-ling, LIAO Xin-rong, LIAO Guan-rong

(Guangdong Key Laboratory of Integrated Control of Agro-environment, Guangdong Institute of Eco-environmental and Soil Sciences, Guangzhou 510650, Guangdong Province, China)

Abstract: The characteristics and causes of soil fertility under eucalyptus plantations on the Leizhou Peninsula are discussed. Investigation indicates that the soil fertility under this vegetation type is characterized by low soil organic matter content and soil nutrient impoverishment. Probable causes include severe soil and water loss, anthropogenic disturbance to the bioaccumulation process of nutrients, clear fallings practices, unsuitable land reclamation and residue management. Increasing the biodiversity characteristics of the eucalyptus plantations, returning litter to the forest floor, adopting sustainable harvesting techniques, as well as improved residue management are likely to improve the status of soil fertility.

Keywords: eucalyptus plantation; soil fertility; Leizhou Peninsula

桉树(eucalyptus)由于具有速生, 干直, 耐旱, 耐瘠和材质好等优良特性, 自 1890 年引入我国后, 在 20 世纪 50 年代初开始大面积种植。地处雷州半岛的雷州林业局是我国最大的桉树工业用材林基地之一, 自 1954 年建场以来至 2000 年, 发展到 4.2×10^4 hm^2 。由于一直经营桉树纯林, 桉树全树利用和土壤管理不善, 导致土壤肥力不断下降, 给林业生产持续发展造成威胁。为了进一步摸清雷州半岛桉树人工林土壤资源的数量和质量, 为桉树人工林地退化防治和桉林的合理经营管理提供科学依据。1999 年 11 月至 2000 年 1 月, 我们对雷州林业局桉树人工林土壤进行了全面调查。

1 材料与方法

雷州半岛包括徐闻、雷州、遂溪、廉江和湛江 5 市、县, 位于东经 $109^\circ 39'$ — $110^\circ 38'$, 北纬 $20^\circ 13'$ — 21°

$55'$ 。属热带北缘, 海洋性季风气候。年平均气温 23.5 , 7 月份平均气温 28.9 , 1 月份平均气温 15.2 。据雷州林业局林科所气象站观测资料, 1987—1996 年 10 a 的平均降雨量为 1610.6 mm, 平均年蒸发量为 1764.9 mm。10 a 中有 6 a 蒸发量大于降雨量。每年 5 月雨季开始, 雨量以 8—9 月最多, 月降雨量达 400 mm 以上; 11 月逐渐转旱, 12 月至翌年 3 月, 甚至 4 月, 月平均降雨量不超过 50 mm。尤其是 2—3 月, 雨量不足, 蒸发量很大, 使植物处于半休眠状态, 迟迟不能萌动^[1]。

雷州半岛地貌沿着纵线中央高, 东西两边低, 南北两端高而中间低。除北部有数个海拔超过 300 m 的低丘外, 地形多为台地, 相对高度一般不超过 10 m。成土母质北部为砂页岩和花岗岩, 中部为浅海沉积物, 南部为玄武岩。土壤有明显的热带土壤特征, 风化强烈, 土层深厚, 高度富铁铝化, 颜色深红, 酸度

收稿日期: 2004-06-03

资助项目: 广东省林业厅重点项目“桉树人工林地力衰退防治研究”(930230)

作者简介: 钟继洪(1956—), 男(汉族), 广东连平人, 研究员。主要从事土壤资源与环境生态研究。电话(020) 87024516, E-mail: jhzhong@soil.gd.cn。

大, 盐量不饱和。土壤类型主要有浅海沉积物砖红壤和玄武岩砖红壤, 其次为砂页岩砖红壤、花岗岩砖红壤。现有植被主要有桉树, 松树(*Phodonyrtus tomentosa*)、银紫(*Aporosa chinensis*)、坡柳(*Dodonaca viscosa*)和鹧鸪草(*Eriuchre pallenscens*)等为常见。

由于人为活动使植被破坏, 加速了土壤侵蚀。广大台地到处可见侵蚀现象, 凡有一定高差的地方, 都有明显的冲沟和崩塌。按土壤调查规范, 对雷州林业局 4.2 × 10⁴ hm² 桉树人工林地进行了土壤普查, 共采集不同母质、不同桉树品种下的土壤农化混合分析样品 363 个。按国家标准局 1987 年发布的“林林土壤分析方法”(GS7848—7858—78)进行。

表1 桉树人工林地土壤有机质含量状况

级别	1	2	3	4	5	6
分级指标/(g·kg ⁻¹)	> 40	30~ 40	20~ 30	10~ 20	6~ 10	< 6.0
级别类型	很丰富	丰富	中等	偏低	缺乏	极缺乏
样本数/个	6	9	38	127	138	45
频率/%	1.65	2.48	10.47	34.98	38.02	12.40

2.1.2 土壤大量元素

(1) 土壤氮素。对 363 个土壤样品 N 素分析结果的统计表明, 桉树人工林土壤全 N 含量在 0.12~ 2.54 g/kg 之间, 平均为 0.51 g/kg; 碱解 N 含量在 6.73~ 231.0 mg/kg 之间, 平均为 43.96 mg/kg。按照全国土壤普查技术标准中土壤 N 素含量分级标准, 桉树人工林土壤 N 素含量属缺乏或极缺乏的比例很高, 其中全 N 极缺乏的占 64.19%, 水解氮为 46.56%(表 2), 说明桉树人工林地土壤的 N 素含量水平很低。桉树人工林地土壤全 N 含量很低, 显然与其土壤有机质含量很低有一定关系。

表2 桉树人工林地土壤氮素含量状况

级别	级别类型	全 N			水解 N		
		指标/(g·kg ⁻¹)	样本数	频率/%	指标/(mg·kg ⁻¹)	样本数	频率/%
1	很丰富	> 2.00	3	0.82	> 150	2	0.55
2	丰富	1.50~ 2.00	2	0.55	120~ 150	7	1.93
3	中等	1.00~ 1.50	23	6.34	90~ 120	17	4.68
4	偏低	0.75~ 1.00	37	10.19	60~ 90	72	19.83
5	缺乏	0.50~ 0.75	65	17.91	30~ 60	96	26.45
6	极缺乏	< 0.50	233	64.19	< 30	169	46.56

(3) 土壤钾素。对 363 个土壤样品 K 素分析结果的统计表明, 桉树人工林地土壤全 K 含量在 0.13~ 21.35 g/kg 范围之内, 平均为 2.06 g/kg; 土壤速效 K 含量在 0.51~ 195.0 mg/kg, 平均为 15.46 mg/kg。按照全国土壤普查技术标准对土壤 K 素含量分级标

2 结果分析

2.1 桉树人工林土壤肥力特征

2.1.1 土壤有机质 根据所选 363 个农化样本分析测定结果统计, 桉树人工林土壤有机质含量范围一般在 1.44~ 46.12 g/kg 之间, 其平均含量为 12.44 g/kg。按照全国土壤普查技术标准中土壤有机质含量的分级标准^[2], 桉树人工林土壤有机质含量以偏低、缺乏(4, 5 级)的为主, 其比例高达 73%, 极缺乏的也占有一定的比例, 其所占比例为 12.40%, 而达到丰富以上水平的样本仅仅占到 4.13%。由此可见, 雷州半岛桉树人工林土壤有机质含量偏低。

(2) 土壤磷素。对 363 个土壤样品 P 素的分析结果的统计表明, 桉树人工林地土壤全 P 含量在 0.02~ 0.91 g/kg 之间, 平均为 0.17 g/kg; 土壤有效 P 含量范围为痕量至 84.75 mg/kg, 平均为 1.89 mg/kg。按照全国土壤普查技术标准对土壤 P 素含量分级标准, 桉树人工林土壤全 P 含量属偏低、缺乏、极缺乏(4 级以下)的比例为 100%, 其中, 属极缺乏(6 级)的比例在 88.98%; 土壤有效 P 含量属偏低、缺乏、极缺乏(4 级以下)的比例为 95.87%, 其中, 属极缺乏(6 级)的比例也达 88.98%。可见, 桉树人工林地土壤 P 素含量水平极低(表 3)。

准, 桉树人工林土壤的 K 元素含量也属极缺乏程度, 无论是全 K 还是速效 K 含量, 属缺乏、极缺乏(5 级以下)的比例均在 95% 以上, 其中, 属极缺乏(6 级)的比例, 全 K 含量为 88.71%, 速效 K 含量达 90.36%(详见表 4)。

2.1.3 土壤中——钙、镁元素 对 363 个土壤样品钙、镁元素分析表明, 桉树人工林地土壤中交换性 Ca, Mg 的含量分别在 0.06~ 15.87 cmol/kg 和 0.015~ 9.05 cmol/kg 之间, 平均值分别为 2.05 cmol/kg 和

0.54 cmol/kg。据谢建昌等^[3]提出的土壤 Ca, Mg 含量的分级标准, 桉树人工林土壤 Ca, Mg 含量很低。只有个别土壤的交换性 Mg 含量达丰富水平, 95% 以上的土壤交换性 Ca, Mg 含量属极缺乏水平(表 5)。

表 3 桉树人工林地土壤磷素含量状况

级别	级别类型	全 P			速效 P		
		指标/(g·kg ⁻¹)	样本数	频率/ %	指标/(mg·kg ⁻¹)	样本数	频率/ %
1	很丰富	> 2.0	0	0.00	> 40	1	0.28
2	丰富	1.5~ 2.0	0	0.00	20~ 40	4	1.10
3	中等	1.0~ 1.5	0	0.00	10~ 20	10	2.75
4	偏低	0.7~ 1.0	10	2.76	5~ 10	12	3.31
5	缺乏	0.4~ 0.7	30	8.26	3~ 5	13	3.58
6	极缺乏	< 0.4	323	88.98	< 3	323	88.98

表 4 桉树人工林地土壤钾素含量状况

级别	级别类型	全 K			速效 K		
		指标/(g·kg ⁻¹)	样本数	频率/ %	指标/(mg·kg ⁻¹)	样本数	频率/ %
1	很丰富	> 30	0	0.00	> 200	0	0.00
2	丰富	20~ 30	2	0.55	150~ 200	2	0.55
3	中等	15~ 20	0	0.00	100~ 150	2	0.55
4	偏低	10~ 15	10	2.75	50~ 100	12	3.31
5	缺乏	5~ 10	29	7.99	30~ 50	19	5.23
6	极缺乏	< 5	322	88.71	< 30	328	90.36

表 5 桉树人工林地土壤有效钙、镁含量状况

级别	级别类型	交换性钙/(cmol·kg ⁻¹)			交换性镁/(cmol·kg ⁻¹)		
		指标	样本数	频率/ %	指标	样本数	频率/ %
1	很丰富	> 25.0	0	0.00	> 12.5	0	0.00
2	丰富	17.5~ 25.0	0	0.00	8.0~ 12.5	3	0.83
3	中等	12.5~ 17.5	2	0.55	4.0~ 8.0	7	1.93
4	缺乏	7.5~ 12.5	7	1.93	2.0~ 4.0	6	1.65
5	极缺乏	< 7.5	354	97.52	< 2.0	347	95.59

2.1.4 土壤微量元素 对所选的 363 个土壤样品中微量元素的分析结果表明, 雷州半岛桉树人工林土壤有效 Cu 含量多在痕量~ 4.5 mg/kg 之间; 有效 Zn 含量多在 0.12~ 6.0 mg/kg 之间; 有效 Mn 含量多在 0.03~ 74.7 mg/kg 之间, 有效 B 含量范围为痕量~ 0.70 mg/kg 之间。

按照全国土壤普查技术标准对土壤微量元素含量分级标准(详见表 6), 桉树人工林土壤有效 B 极缺乏, 属缺乏、极缺乏(4 级以下)的比例达 98.07%; 桉树人工林土壤有效 Mn, 有效 Cu, 有效 Zn 也比较缺乏, 属于缺乏、极缺乏的比例分别为 85.78%, 60.33% 和 59.77% (详见表 7)。这种情况显然与一般南方土壤中的有效 Mn, 有效 Cu, 有效 Zn 缺乏程度较轻的情况不同^[4]。

表 6 土壤微量元素有效含量分级标准 mg/kg

项目	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级
	极丰富	丰富	中等	缺乏	极缺乏
Cu	> 1.8	1.8~ 1.0	1.0~ 0.2	0.2~ 0.1	< 0.1
Zn	> 3.0	3.0~ 1.0	1.0~ 0.5	0.5~ 0.3	< 0.3
Mn	> 30.0	30.0~ 15.0	15.0~ 5.0	5.0~ 1.0	< 1.0
B	> 2.0	2.0~ 1.0	1.0~ 0.5	0.5~ 0.2	< 0.2

2.2 桉树人工林土壤肥力特征的成因分析

综上所述, 雷州半岛桉树人工林土壤肥力很低。这种情况显然是桉树人工林土壤肥力退化的结果。我们将 1996 年 8 月采集的由浅海沉积物发育的砖红壤剖面样品与有关学者 1954 年在同一地点采集的剖面样品的理化分析结果进行的比较表明, 原来自然植

被为稀疏干旱矮草的这一典型土壤, 经过 40 a 余种植桉树以后, 0—20 cm 土层的有机质含量下降了 37.7%, 全 N 含量下降了 50.0%, 全 P 含量下降了 42.0%, 全 K 含量下降了 81.7%。其它土层的有机

质和全量养分, 也有不同程度的下降^[5-6]。桉树人工林土壤肥力下降, 与桉树人工林—土壤生态系统本身因素的影响有关, 也与人类不合理的生产活动的影响分不开。

表7 桉树人工林土壤有效微量元素含量分级状况

mg/kg

项目	1级(极丰富)		2级(丰富)		3级(中等)		4级(缺乏)		5级(极缺乏)	
	样本数	频率/%	样本数	频率/%	样本数	频率/%	样本数	频率/%	样本数	频率/%
Cu	25	6.89	10	2.75	109	30.03	73	20.11	146	40.22
Zn	17	4.69	41	11.30	88	24.24	103	28.37	114	31.40
Mn	27	7.44	10	2.75	11	3.03	25	6.89	290	79.89
B	0	0.00	0	0.00	7	1.93	48	13.22	308	84.85

2.2.1 桉树人工林土壤水土流失严重 桉树人工林生态系统由于植物种群单一, 结构简单, 林冠对降雨的截留、枯落物对降雨的保蓄作用均较弱。根据 1998 年 7—10 月实地测定, 雷州半岛 3 a 生刚果 W_5 桉树人工林的林冠截留雨量仅占降雨量的 2.8%~6.3%; 3 a 生的刚果 W_5 桉树人工林, 枯落物层厚度约 2.4 cm (人为干扰不大的林地), 保蓄的水分较少, 仅占降雨量的 1.3% 左右。因此, 在雨季降雨时容易形成地表径流。据在雷州林业局林科所和迈进林场红旗队的林内径流场的实际观测, 降雨强度在 9.5 mm/h 以上, 便可产生地表径流, 全年地表径流量为 440.7~495.5 mm, 占年降雨量的 27%~29%。雨季地表径流率更高, 一般要超过 30%, 比广州丘陵赤红壤的高^[7-8], 随径流流失的表土达 16.8 t/(hm²·a), 随表土流失的有机质和全量 N, P, K 养分, 相当于尿素 19.3 kg, 过磷酸钙 35.4 kg, 氯化钾 48.7 kg。显然, 在桉树幼龄期的水土流失严重, 是导致桉树人工林土壤肥力退化的重要原因。

2.2.2 人类不合理活动不利 桉树人工林土壤肥力保持 人类不尽合理的生产活动, 对雷州半岛桉树人工林土壤肥力低这一现状特征的形成有深刻的影响, 主要体现在如下方面。

(1) 人们将林下凋落物取走, 干扰了土壤养分的生物积累过程。国内外森林定位试验结果表明, 林木从土壤中吸收的养分, 有相当大部分以凋落物的形式归还土壤^[9]。在完全没有人类干扰的环境中, 森林生态系统可以通过本身的物质循环, 实现养分自给。桉树人工林凋落物的养分蓄积量也是相当可观的。据欧阳育林等调查结果, 4 a 生林分的刚果 W_5 、尾叶桉的年凋落物量的 N, P, K, Ca, Mg 养分的蓄积量总量分别达 62.03 和 125.34 kg/hm²^[10]。在雷州半岛, 由于当地农民不断地取走桉林地表枯枝落叶作为燃料, 相当部分的凋落物养分并不能回归土壤。这就破

坏了系统内的表土养分的生物积累过程, 对桉树人工林土壤养分平衡极为不利。此外, 大部分凋落物被取走, 也将促进水土流失的发生, 从而增加土壤养分的流失。

(2) 桉树全树利用的方式, 增加了桉树人工林系统的养分输出。近年来, 一些国家兴起全树利用的采伐方式。雷州林业局也实行这种采伐方式。树干作木片原料, 剩余物中的树尾和枝桠, 大部分加工成小材作木片原料, 小部分加工成木材作燃料, 树皮、树叶除小部分作工业原料, 用于生产 GLT 和桉油外, 其余大部分用作燃料, 树根大部分用于烧木炭。基本上无剩余物。全树利用提高了木材利用率, 也提高了经济效益, 但也严重影响了下一代林地的土壤肥力。据报导^[11], 全树利用比仅利用杆材取走的生物量多两倍, 取走的营养物质 Ca, K 多近 2 倍, 取走的其它元素也显著增多, 给下一代林地的土壤肥力, 造成难于弥补的损失。

(3) 造林前采用机耕全垦, 促进了水土流失。桉树人工林造林前, 一般采用机耕全垦, 深度达 30 cm, 然后开沟、下基肥、回土、定植; 造林后第 2 a, 机耕抚育 1 次, 深度 20 cm。这种耕垦方式, 可清除杂草, 疏松土层, 为桉树前期生长创造较好的土壤环境。但从土壤肥力考虑, 机耕全垦的负面影响明显。由于机耕全垦, 翻动破碎土层, 不利于形成大团聚体, 在降雨时更容易导致土壤有机质和养分的流失。

(4) 火烧采伐后剩余物, 造成有机物损失。火烧在国内外都是常见的处理办法。我国南方林区历来有造林前“炼山”的习惯。雷州林业局大部分林地, 造林前为方便机耕作业, 也采取火烧办法处理采伐剩余物和地被物, 许多林队工人反映, 火烧后对幼林生长有利。“炼山”可能带来短期的好处, 但从长期看, 由于烧掉大量有机物, 营养元素的丧失, 最终将导致不利的后果。澳大利亚的研究表明, 中等强度的火烧,

地表温度可达 500℃, 引起 N, P, K, Ca, Mg, S, Fe 等营养元素丧失, 其中 N 元素的损失可达 72% (220 kg/hm²)^[11]。

3 结 论

雷州半岛桉树人工林生态系统由于其自身存在的植物种群单一, 结构简单, 加之人类不合理的生产活动(如人为取走林下枯枝落叶、全树利用、造林前全垦机耕), 土壤肥力退化严重, 其结果是现状土壤肥力很低, 无论是土壤有机质含量, 还是土壤养分含量均很低。要实现桉树的速生丰产, 在生产实践中, 必须十分重视有机肥料的施用, 同时, 注意大、中、微量元素肥料的配合。

桉树与固氮树种混交或与豆科绿肥牧草间作, 如桉树与山毛豆(*Tephrosia candida* D. C) 等间种, 可增加桉树人工林生态系统的养分的生物积累, 减少水土流失, 对解决当地有机肥源不足, 改善桉树人工林土壤肥力有良好作用, 值得推广^[12]; 实现林地凋落物回归土壤, 对维持桉树人工林土壤肥力至关重要。为此, 要研究合理的采伐利用和采伐剩余物的处理方式, 国外有将采伐剩余物就地平铺的作法, 取得了良好效果。

雷州林业局根据不同地貌、土壤条件, 在耕作中合理安排带垦而不是全垦; 采伐后合理安排一定面积的萌芽更新而不是全部重新种植, 已被实践证明对减少水土流失有效, 这些措施值得总结和通过研究改进, 以便进一步在生产实践中推广^[12]。

[参 考 文 献]

(上接第 43 页)

- [5] 申元村, 景可. 关于加快黄土高原水保生态建设的研究[J]. 中国水土保持, 2002(12): 22—24.
- [6] 王力, 邵明安. 黄土高原退耕还林条件下的土壤干化问题[J]. 世界林业研究, 2004, 17(4): 57—60.
- [7] Lucas, Frans J M, Wel V D. Accuracy assessment of satellite derived land cover data: a review[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1994, 60(4): 410—432.
- [8] 徐勇, Roy C Sidle. 黄土丘陵区燕沟流域土地利用变化与优化调控[J]. 地理学报, 2001, 56(6): 657—666.
- [9] 李玉山. 黄土高原治理开发之基本经验[J]. 水土保持学报, 1999, 5(2): 51—57.
- [10] 李斌, 张金屯. 黄土高原地区植被与气候的关系[J]. 生态学报, 2003, 23(1): 82—89.
- [1] 张宏达. 雷州半岛的植被[M]. 北京: 科学出版社, 1957.
- [2] 全国土壤普查办公室. 中国土壤普查技术[M]. 北京: 农业出版社, 1992.
- [3] 何电源. 华南热带土壤养分含量状况及肥力评价[J]. 土壤学报, 1983, 20(2): 154—166.
- [4] 沈善敏主编. 中国土壤肥力[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [5] 赵其国, 邹国础. 雷州半岛之土壤及其利用[M]. 土壤专报第 31 号, 北京: 科学出版社, 1958.
- [6] 廖观荣, 林书蓉, 李淑仪, 等. 雷州半岛桉树人工林地力退化的现状和特征[J]. 土壤与环境, 2002, 11(1): 25—28.
- [7] 钟继洪, 郭庆荣, 李淑仪, 等. 雷州半岛桉林砖红壤水分循环特征及其调控[J]. 农业系统科学与综合研究, 2003, 19(3): 199—201.
- [8] 钟继洪, 张秉刚, 唐淑英. 广东农业发展中的土壤物理问题及其管理[J]. 广州: 广东科技出版社, 1998.
- [9] 赵其国, 王明珠. 我国热带森林凋落物及其对土壤的影响[J]. 土壤, 1991, 23(1): 8—15.
- [10] 欧阳育林. 两种桉树林分枯落物的调查研究[A]. 见: 曾天勋主编. 雷州短轮伐期桉树人工林生态系统研究[C]. 北京: 中国林业出版社, 1995. 35—45.
- [11] RAISON R J, CRANE W J R. Nutritional costs of shortened rotation in plantation forestry[A]. in: Forest and Productivity[C]. Martings Nijhoff publishers, 1986.
- [12] 廖观荣, 林书蓉, 李淑仪, 等. 雷州半岛桉树人工林地力退化成因与防治措施[J]. 土壤与环境, 2002, 11(3): 268—273.