

文章编号: 1000-5692(2001)02-0123-04

# 杉木迹地土壤养分与酶活性变化及利用

顾志康<sup>1</sup>, 潘文贤<sup>1</sup>, 蒋小凡<sup>1</sup>, 钱银才<sup>1</sup>, 王白坡<sup>2</sup>, 钱轶毅<sup>3</sup>, 王正加<sup>2</sup>

(1. 浙江省湖州市林业科学研究所, 浙江 湖州 313000; 2. 浙江林学院 资源与环境系, 浙江 临安 3113000;

3. 浙江省湖州市林业局, 浙江 湖州 313000)

**摘要:** 研究了杉木迹地和非迹地重新造林后一些树种生长结果的情况和土壤养分与酶活性的变化。结果表明, 杉木迹地土壤有机质、全氮和水解氮平均分别下降了 35.59%, 55.55% 和 33.94%; 脲酶和蛋白酶分别平均下降 43.06% 和 22.63%。杉木迹地上林木早期生长受到一定的影响, 特别是速生树种。但利用杉木迹地时采取深翻改土和施基肥加强土壤管理等措施, 青梅、板栗和银杏早期产量分别达到  $24.5 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,  $1.2 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$  和  $0.3 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 同样能取得早果丰产。表 5 参 6

**关键词:** 杉木迹地; 土壤成分; 土壤酶; 经济林; 用材林

**中图分类号:** S714.2      **文献标识码:** A

杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 是我国南方主要用材树种。70 年代以来各地营造了大面积基地, 有的已进入采伐期。杉木长期生长林地土壤许多生化特性变劣<sup>[1~4]</sup>, 土壤肥力下降, 因此迹地的利用问题已引起广泛的重视。为此选择有可比性的杉木迹地和非迹地造林, 调查分析林地土壤养分含量和酶活性变化及树木生长表现, 对探索杉木迹地可持续利用和林种结构调整等均有一定的意义。

## 1 材料与方方法

试验地位于浙北的湖州、长兴和德清等地林区。1993 年开始陆续在地势较为平缓, 土层较深厚肥沃的杉木迹地上建立青梅 (*Vatica astrotricha*)、板栗 (*Castanea mollissima*) 和银杏 (*Ginkgo biloba*) 等经济林早果丰产试验园, 同时在迹地上种植黄花梨、猕猴桃 (*Actinidia chinensis*) 和营造毛竹 (*Phyllostachys pubescens*)、国外松、水曲柳 (*Fraxinus mandshurica*) 和杉木等树种, 以有可比性非杉木迹地营造相应树种为对照。林地土壤调查采用 3 点斜线取样, 每点取地表 0~40 cm 土样混合后供分析。分别测定各林地土壤养分含量和酶活性, 土壤养分分析采用森林土壤国家标准方法<sup>[5]</sup>, 土壤酶分析采用关松荫等方法<sup>[6]</sup>。树种造林后, 调查统计各树种成活率, 幼树地上部生长指标, 每树种 30~40 株; 经济林则分别记载结果始期和产量等相关项目。

## 2 结果与分析

### 2.1 林地土壤养分含量分析

杉木迹地重新造林时, 由于土壤翻耕、施肥以及以后林地土壤管理和树种生长特性等不同, 林地土壤养分状况与未造林的原迹地以及林地之间存在着一定的差异 (表 1)。表 1 显示, 杉木迹地重新

收稿日期: 2000-11-30; 修回日期: 2000-12-23

作者简介: 顾志康(1965—), 男, 浙江海宁人, 工程师, 从事经济林研究。

©1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

植树造林后,林地土壤pH值比未造林的原迹地有所提高,表明重垦后土壤酸性趋弱。银杏园由于施肥等土壤管理,林地土壤平均有机质含量、全氮、水解氮和有效磷分别比原迹地增加5.89%,1.69%,244.91%和127.27%。水曲柳林地土壤水解氮比迹地低,可能是土壤开垦后氮素流失造成。毛竹园毛竹生物量较大,施肥不足,消耗了原有的土壤养分,林地土壤有机质、全氮、水解氮和有效磷比对照分别减少31.71%,23.92%,31.14%和14.49%。上述表明,林地施肥水平和土壤管理,对提高杉木迹地土壤肥力有一定的作用。

表1 杉木迹地造林后土壤养分变化

Table 1 A comparison in soil nutrients after reforestation on Chinese-fir clear-cutting land

园地类型	土层/ cm	pH	有机质/ (g·kg <sup>-1</sup> )	全氮/ (g·kg <sup>-1</sup> )	水解氮/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	有效磷/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾/ (mg·kg <sup>-1</sup> )
迹地银杏园	0~40	5.11	15.58	1.200	203.36	5.20	82.05
原杉木迹地	0~40	4.54	14.81	1.180	58.96	2.29	99.16
迹地毛竹园	0~40	4.68	20.45	1.240	100.40	2.95	89.90
原杉木迹地	0~40	4.67	29.95	1.630	145.81	3.45	69.99
迹地水曲柳林地	0~40	5.29	62.66	3.970	214.45	8.89	76.46
原杉木迹地	0~40	4.41	58.08	3.610	374.08	21.37	160.98
迹地梅园青梅	0~40	4.36	17.00	0.156	38.82	痕量	35.00
非迹地梅园青梅	0~40	4.30	29.00	0.886	65.14	8.50	38.33
迹地梨园黄花梨	0~40	4.20	15.40	0.499	43.43	3.20	53.33
非迹地梨园黄花梨	0~40	4.71	18.10	0.700	59.88	7.92	36.66
火烧迹地杉木	0~40	4.66	43.10	1.290	125.02	4.50	83.33
非火烧迹地杉木	0~40	4.62	50.50	1.590	159.89	5.10	73.23

2.1.1 迹地和非迹地种植同一树种土壤养分的比较 杉木迹地和非迹地种植同一树种,在相似施肥和土壤管理条件下土壤分析显示(表1)非杉木迹地上的梅园和梨园土壤中,主要养分含量高于杉木迹地同树种的园土,其中有机质含量分别高68.60%和17.53%,全氮高467.96%和40.28%,水解氮高67.80%和37.87%,有效磷更为显著。种植同一树种在相似的施肥水平和土壤管理条件下,迹地和非迹地间土壤养分含量差异,可能是杉木长期生长摄取大量养分,使迹地土壤养分含量相对较低的结果。杉木迹地连作杉木,土壤中有有机质、水解氮和有效磷含量,火烧比非火烧迹地分别低14.65%,18.87%,21.87%和11.76%。这是由于火烧后,地表大量凋落物被燃尽,造成归还土壤有机物减少的缘故。

表2 迹地与非迹地土壤酶活性比较

Table 2 A comparison in enzyme activities for soil of forestland

林地类型	树种	蔗糖酶	脲酶	磷酸酶	蛋白酶	过氧化氢酶
杉木迹地	青梅	3.513	0.177	17.617	0.056	1.400
非杉木迹地	青梅	2.523	0.368	19.472	0.079	2.050
杉木迹地	黄花梨	4.201	0.146	6.205	0.000	0.870
非杉木迹地	黄花梨	3.304	0.222	11.412	0.119	0.850
杉木迹地	国外松	2.626	0.196	32.510	0.083	1.900
非杉木迹地	国外松	3.087	0.17	20.553	0.099	3.000
火烧杉木迹地	杉木	2.853	0.387	16.869	0.114	0.650
非火烧杉木迹地	杉木	5.583	0.684	35.787	0.075	1900

说明:蔗糖酶(C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>)单位为mg·g<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>;脲酶(NH<sub>3</sub>-N)单位为mg·g<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>;磷酸酶(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)为mg·g<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>;蛋白酶(NH<sub>2</sub>-N)为mg·g<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>;过氧化氢酶为(0.1mol·L<sup>-1</sup>KMnO<sub>4</sub>20min)mL·g<sup>-1</sup>

2.1.2 土壤酶活性分析比较 土壤中一切生化过程都要在酶的作用下进行,因而其活性强弱反映了生化活动的强度。据报道,土壤酶活性与土壤养分有效性有着密切的关系<sup>[9]</sup>。杉木迹地和非迹地种植同一树种,林地土壤酶活性不同(表2)。在青梅、黄花梨和国外松林地土壤中,脲酶和蛋白酶非杉

木迹地分别高 52.05%~107.97% 和 19.27%。脲酶和蛋白酶是表征土壤氮代谢水平的酶类,说明长期种杉造成土壤供氮能力减弱。过氧化氢酶除梨园地无明显差异外,也是非杉木迹地土壤高 46.43%~57.81%。这些酶活性增强,表明杉木迹地土壤生化强度明显比非迹地弱,其结果与表 1 中非迹地青梅和梨林地土壤有机质、全氮、水解氮和有效磷含量明显高于迹地的结果相吻合,说明杉木长期栽种对土壤肥力有一定的影响。

## 2.2 林地树木的表现

2.2.1 经济林早果丰产试验 青梅: 早果丰产试验园位于长兴县太傅乡。1992 年采伐杉木, 1993 年春建青梅园, 面积 3.3 hm<sup>2</sup>, 以邻近非迹地同龄一般青梅生产园为对照。青梅生长和结果表现列表 3。试验园梅树树体生长指标明显优于一般生产园, 建园后第 3 年挂果, 历年产量均高于一般生产园, 4 年累计比一般生产园增产 124.8%, 2000 年即 7 年生林分产量达 24.50 t·hm<sup>-2</sup>, 比一般园地增产 172.9%, 产值达 11.76 万元·hm<sup>-2</sup>。

表 3 杉木迹地梅园青梅生长和结果

Table 3 Growth and yield of *Vatica astrotricha* on Chinese-fir clear-cutting land

园地类型	处理	地上部生长指标 (4 年生)				产量/ (t·hm <sup>-2</sup> )		
		干径/ cm	冠幅/ m	树高/ m	长枝量/ (条·株 <sup>-1</sup> )	4.5 a 平均	6 a	7 a
杉木迹地	试验园	5.19	2.35	2.13	84.30	3.1	7.5	24.5
非杉木迹地	一般生产园	3.90	1.79	1.79	42.30	2.1	5.1	9.0

板栗: 早果丰产试验林位于德清县第二林场杉木迹地, 品种为毛板红和处暑红, 密度 1 245 株·hm<sup>-2</sup>。造林后第 4 年板栗生长和结果表现列表 4。试验林第 4 年开始结果, 平均产量 1.2 t·hm<sup>-2</sup>, 而一般生产园第 4~5 a 单产仅 0.2~0.3 t·hm<sup>-2</sup>。试验林产量比全省平均高 90.85%, 建园后第 4 年产值达 0.72 万元·hm<sup>-2</sup>。

表 4 杉木迹地板栗试验园生长和结果

Table 4 Growth and fruiting of a *Castanea mollissima* trial plantation established on Chinese-fir clear-cutting land

地上部生长指标			长 枝			产 量		
干径/ cm	树高/ m	冠幅/ m	数量/ (条·株 <sup>-1</sup> )	粗/ cm	年均长/ (cm·条 <sup>-1</sup> )	球苞/ (个·株 <sup>-1</sup> )	珠苞质量/ (kg·株 <sup>-1</sup> )	株产/ kg
5.50	2.21	1.97	33.00	0.80	38.00	57.30	2.53	0.96

银杏: 试验地位于长兴县太傅乡。1973 年种杉木, 1992 年采伐, 1993 年春建银杏园。品种为大梅核, 造林成活率为 95%。2000 年秋末调查, 平均树高 2.06 m, 平均冠幅 2.05 m, 干径 4.34 cm, 结果株率为 55%, 平均产量 0.3 t·hm<sup>-2</sup>, 产值 0.60 万元·hm<sup>-2</sup>, 而同样的嫁接苗, 一般 7~8 年才开始少量挂果。

上述 3 个树种试验园在建园时, 均采取全面整地, 拔除树桩杂木, 土壤深翻, 修成水平带, 挖大穴施足基肥, 种植后加强土壤和树体管理等措施。林地土壤虽然为杉木迹地, 但 3 个树种生长结果表现良好。此外, 在海拔 500 m 处杉木迹地种植海沃德猕猴桃等果树, 生长结果也正常。可见杉木迹地经人工适当改良, 种植经济林照常能达到早果丰产目的。

2.2.2 不同迹地土壤对同一树种的影响 试验地位于德清县第二林场。在杉木迹地和附近荒山各全垦, 建园质量一般, 分别种植黄花梨和青梅, 树种早期生长列表 5。杉木迹地和荒山建成的梨园, 梨树地上部生长无明显差别。青梅则不同, 荒山建成的梅园, 地上部生长指标则优于杉木迹地。表明建园时定值穴较小, 施少量基肥, 杉木迹地土壤对梨树早期生长无明显影响; 而梅则有一定的反应。这可能与树种生长快慢和生物量大小有关。梅树生长快, 枝叶茂密, 生物量大, 其根系已扩展到穴外, 受到杉木迹地土壤的一定影响; 梨树 1~2 年生, 生长缓慢, 树少叶稀, 其根系大部分仍在穴内, 穴

外迹地土壤对它影响甚小。

2.2.3 用材林生长表现 在杉木迹地上采用浅翻耕, 小穴, 不施或少施基肥的粗放方法, 营造国外松、毛竹等用材林。结果显示, 荒山土壤上的国外松胸径和树高分别比杉木迹地上同龄树增加41.13%和39.22%。毛竹园也存在同样情况, 种竹后3 a 平均新竹仅增加80%, 平均胸径3.4 cm, 出笋率和粗度均不理想。

表5 不同迹地土壤黄花梨和梅生长比较

Table 5 A growth comparison between different types of pear plantations and *Vatica astrotricha* plantations

园地类型	树种	平均地径/cm	平均树高/m	平均冠幅/m
杉木迹地	黄花梨(3年生)	4.62	2.17	2.47
荒山	黄花梨(3年生)	4.48	2.09	2.38
杉木迹地	青梅(4年生)	6.33	1.97	2.41
荒山	青梅(4年生)	7.01	2.08	2.71

### 3 讨论

杉木生长时间长生物量大, 从土壤中吸收大量养分, 使土壤中缺失养分得不到补充, 有机质、全氮、水解氮和有效磷等含量下降; 同时杉木生长过程中根系分泌的代谢产物及凋落物特殊的分解使土壤脲酶、蛋白酶和过氧化氢酶活性有不同程度降低, 导致土壤肥力下降。在此前提下, 杉木迹地采用粗放经营, 林地上树木早期生长会受到一定的影响, 特别是生长快、生物量大的青梅和毛竹较为明显。但杉木迹地再利用时, 如能深翻改土整地, 挖大穴或定植沟, 施足基肥, 逐年扩穴, 重视施肥和土壤管理, 提高土壤肥力, 照样能取得经济林早实丰产和较丰厚的早期经济效益, 使迹地得以持续利用。

### 参考文献:

- [1] 俞新妥, 张其水. 杉木连栽林地土壤生化特性及土壤肥力的研究[J]. 福建林学院学报, 1989, 9(3): 263-271.
- [2] 盛炜彤. 关于提高杉木生产力的几个问题[J]. 浙江林业科技, 1986, 6(1): 9-15.
- [3] 何光训. 杉木连栽林地土壤酚类物质降解受阻的内外因[J]. 浙江林学院学报, 1995, 12(4): 434-439.
- [4] 方奇. 湖南林区杉木连栽对土壤肥力及其林木生长的影响[J]. 林业科学, 1987, 23(4): 289.
- [5] 中华人民共和国国家标准局. 森林土壤分析方法: 第3分册·森林土壤养分分析[S]. 北京: 中国标准出版社, 1987.
- [6] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986. 274-330.

## Changes of soil nutrients and enzymes activity on Chinese-fir-clear-cutting land and their utilization

GU Zhi-kang<sup>1</sup>, PAN Wen-xian<sup>1</sup>, JIANG Xiao-fan<sup>1</sup>, QIAN Yin-cai<sup>1</sup>,  
WANG Bai-po<sup>2</sup>, QIAN Yi-yi<sup>3</sup>, WANG Zhen-jia<sup>2</sup>

(1. Forestry Research Institute of Huzhou City, Huzhou 313000, Zhejiang, China; 2. Department of Resources and Environment, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 3. Forest Enterprise of Huzhou City, Huzhou 313000, Zhejiang, China)

**Abstract:** Effects of soil on growth and fruiting of trees and biochemical characteristics of the soil were studied by planting non-timber species on both Chinese-fir-clear-cutting land and non-Chinese-fir-clear-cutting land. It's shown that organic matter, total nitrogen, hydrolysable nitrogen, available phosphate and contents of urease, proteinase, hydrogen peroxidase, etc. decreased to different extents, thus soil fertility declining. As a result, early growth of trees was suppressed to some extent, which was particularly obvious in such fast growing species as *Vatica astrotricha* and *Phyllostachys pubescens*. When Chinese-fir-clear-cutting land was reutilized, measures such as deep scarification and improvement of soil and application of basal manure were taken, with early fruiting, high yield and good quality obtained in *Vatica astrotricha*, *Castanea mollissima*, *Ginkgo biloba*, etc. Thus the sustainable utilization of Chinese-fir-clear-cutting land could be realized.

**Key words:** Chinese-fir-clear-cutting land; soil constituent; non-timber forest; timber forest; soil enzymes