

不同坡位杉木林土壤物理性质和养分的时空变化

侯晓丽¹, 薛 晔², 薛 立¹, 卢广超¹, 邵仪若¹

(1. 华南农业大学林学院, 广州 510642; 2. 浙江工业大学, 杭州 310023)

摘 要: 对不同坡位杉木林土壤物理性质和养分的时空变化进行了研究。与 2004 年相比, 2007 年土壤容重在上坡减少, 在中坡和下坡略增, 各坡位的土壤毛管孔隙增加, 土壤自然含水量显著增加; 上坡和下坡的土壤非毛管孔隙、总孔隙和毛管持水量增加, 而中坡相反。除了 2004 年的土壤非毛管孔隙和 2007 年的毛管持水量外, 各坡位的土壤物理性质没有显著差异。与 2004 年相比, 2007 年各坡位的土壤 pH 几乎没有变化, 各坡位的土壤有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷和速效钾含量均显著增加。2004 年和 2007 年各坡位的土壤 pH 相近, 土壤有机质和全氮、全磷、全钾、碱解氮和 2007 年的速效钾含量均为下坡和中坡大于上坡。2004 年各坡位的速效磷含量相近, 2007 年为下坡>上坡>中坡, 2004 年的速效钾含量为上坡>中坡>下坡。各坡位间的有机质和大多数养分存在显著差异。

关键词: 杉木; 坡位; 土壤物理性质; 土壤养分

中图分类号: S714

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2013)05-0721-05

Spatiotemporal variations of soil physical property and nutrient in *Cunninghamia lanceolata* stands with different slope positions

HOU Xiao-li¹, XUE Ye², XUE Li¹, LU Guang-chao¹, SHAO Yi-ruo¹

(1. College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642; 2. Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023)

Abstract: The study on temporal and spatial variations of soil physical property and nutrient was conducted in *Cunninghamia lanceolata* stands with different slope positions in 2004 and 2007. Compared with those in 2004, the soil bulk density decreased in the upper-slope and slightly increased in the middle-slope and lower-slope; capillary porosity increased and natural water content significantly increased in the three slope; non-capillary porosity, total porosity and capillary moisture increased in the upper-slope and lower-slope and decreased in the middle-slope. There were no significant difference in soil physical property among the three slopes, except for non-capillary porosity in 2004 and capillary moisture in 2007. Compared with those in 2004, the pH value of the three slopes was almost not changed, whereas contents of the soil organic matter, total N, total P, total K, hydrolyzable N, available P and available K significantly increased in 2007; the pH value of the three slopes was closed to each other, whereas soil organic matter, total N, total P, total K and hydrolyzable N in the lower-slope and middle-slope were greater than those in the upper-slope in 2004 and 2007. The contents of available P of the three slopes were closed to each other in 2004 and was ordered by the lower-slope>the upper-slope > the middle-slope in 2007. Available K was ranked in order of the upper-slope > the middle-slope > the lower-slope in 2004, while it was greater in the lower-slope and middle-slope than in the upper-slope in 2007. There were significant differences in soil organic matter and most nutrients among the three slopes.

Key words: *Cunninghamia lanceolata*; slope position; soil physical property; soil nutrient

土壤是树木生存的物质基础。土壤物理性质, 如土壤水分、容重和孔隙影响着土壤的持水和溶解

矿物质元素的性能, 影响着植物根系呼吸和生长^[1-2]。土壤有机质是森林生长所需养分的来源^[3], 土壤氮、

收稿日期: 2012-12-26

基金项目: 广东省林业局资助项目 (F09054) 资助。

作者简介: 侯晓丽, 女, 硕士研究生。

* 通信作者: 薛 立, 男, 博士, 教授, 博士生导师。E-mail: forxue@scau.edu.cn

磷、钾是林木生长最关键的三大养分和反映土壤生产力的主要指标,因此,林地土壤理化性质引起了研究者的广泛关注。杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)分布于我国南方17个省区^[4],是我国重要的速生生产用材树种之一,面积达1 239.1万 hm^2 ,占全国人工林面积26.55%^[5]。长期以来国内学者对杉木人工林土壤的理化性质进行了大量的研究,如杉木纯林^[6-7]和混交林的土壤肥力^[8-10],杉木林采伐迹地的土壤养分的变化^[4,11-12],冰雪灾害对杉木林土壤特性的影响^[13],杉木林和其他人工林土壤理化性质的对比研究^[14-15]等,但是尚未见到不同坡位杉木林土壤肥力时空变化的报道。作者对这一内容进行研究,有助于了解坡位影响杉木林土壤肥力的机

制,可以为杉木人工林经营管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于广东省佛山市高明区的云勇林场,东经 $112^{\circ}40'$,北纬 $22^{\circ}43'$ 。属于亚热带季风气候,年平均温度为 22°C ,年最高和最低气温分别为 34.5°C 和 3.5°C ,年平均降水量2 000 mm,主要集中在4~8月份。土壤为花岗岩发育的酸性赤红壤,土层深厚。试验地设在 27° 坡地上,坡向南偏西 70° 。试验林的前茬林分是杉木人工林,2003年秋季皆伐林分后,将伐倒木的茎干运走,而将枝叶保留在林地。2007年的试验林分概况见表1。

表1 试验林分概况

Table 1 General characteristics of the experimental stands

坡位 Slope Position	地径/cm Ground diameter	树高/m Tree height	冠幅/m Crown diameter	密度/trees· hm^{-2} Density
上坡 Upper-slope	5.39	3.47	1.52	1 649
中坡 Middle-slope	4.48	3.30	1.36	1 649
下坡 Lower-slope	4.39	3.53	1.41	1 649

1.2 试验样地设置

2003年秋季对采伐迹地进行穴状整地。2004年春季栽植杉木苗木后,在杉木林上、中、下坡各建立3个面积为 400 m^2 的样地。2004年3月和2007年3月调查土壤理化性质。在每个样地内选有代表性的点,在20 cm土层处取3个环刀,带回实验室测定土壤容重、毛管孔隙、非毛管孔隙、总毛管孔隙、毛管持水量和自然含水量。在每个样地内用5点取样法取0~40 cm处的土样,将5个土样充分混合后带回实验室测定土壤的pH、有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷,和速效钾含量。将样品以2.5:1水土比混合后,用pH计测定土壤pH;有机质用重铬酸钾法,全氮用半微量凯氏法,全磷用钼蓝比色法,全钾用火焰光度计法,碱解氮用碱解扩散法测定,速效钾用火焰光度计法测定。氟化铵-盐酸液浸提土壤后,用钼蓝比色法测定速效磷^[16]。每个样品做3个重复,取平均值。

土壤理化性质图在Excel 2003中完成,用T-test检验不同年份的土壤理化性质间的差异,用Duncan多重比较检验不同坡位的土壤理化性质间的差异。

2 结果与分析

2.1 土壤物理性质

2.1.1 土壤物理性质的时间变化

与2004年相比,2007年上坡的土壤容重减少了7%,中坡和下坡分别增加了6%和3%,上坡、中坡和下坡的土壤毛管孔隙分别增加了5%、4%和7%,上坡和下坡的土壤非毛管孔隙分别增加了13%和29%,而中坡减少10%,总孔隙和毛管持水量在上坡和下坡呈现增加,而在中坡减少,2004年与2007年各坡位的以上各项土壤物理性质之间均无显著差异;3个坡位的土壤自然含水量比2004年显著增加34%~55% ($P<0.05$) (图1)。

2.1.2 土壤物理性质的空间变化 2004年中坡和下坡的土壤容重比上坡减少2%,2007年分别增加11%和8%;2004年和2007年中坡和下坡的土壤毛管孔隙均比上坡略有减少,幅度在3%~5%之间(图2)。2004年和2007年土壤非毛管孔隙均为中坡>上坡>下坡。2004年和2007年各坡位的总孔隙相近;2004年的3个坡位的毛管持水量相近,2007年为上坡>下坡>中坡。2004年,3个坡位的土壤自然含水量均为下坡>中坡>上坡,2007年则相反。

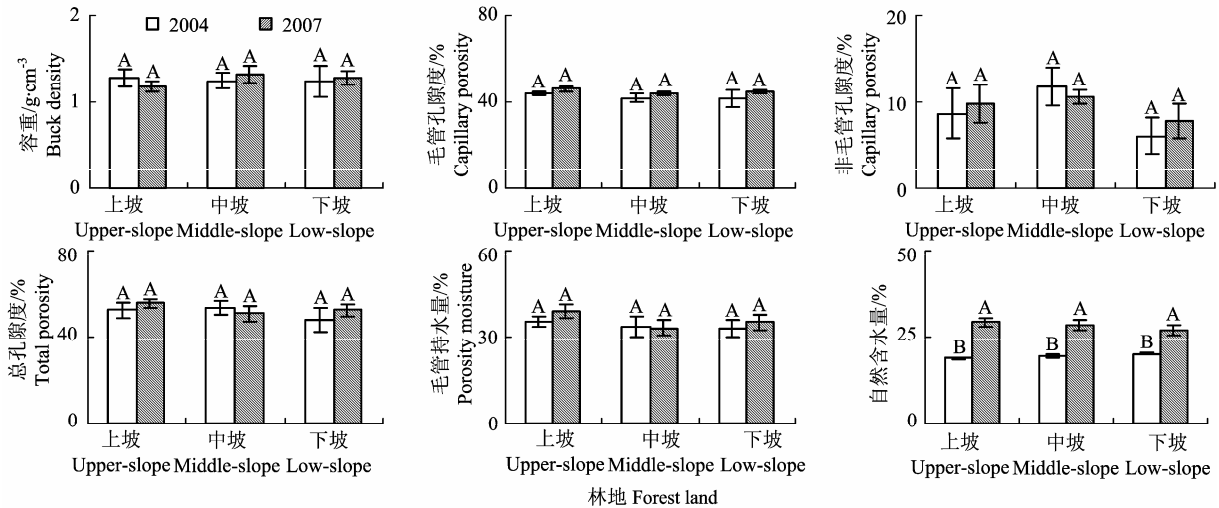
2.2 土壤化学性质

2.2.1 土壤化学性质的时间变化 与2004年相比,2007年3个坡位的土壤pH均略有减少或没有变化,上坡、中坡和下坡的土壤有机质分别显著增加37%、13%和3% ($P<0.05$),各坡位全氮、全磷和全钾含量分别显著增加34%~46%、9%~20%和10%~24%

($P < 0.05$) (图 3)。2007 年上坡、中坡和下坡的碱解氮、速效磷和速效钾分别显著增加了 33%~39%、7~29% 和 4~86% ($P < 0.05$)。

2.2.2 土壤化学性质的空间变化 2004 年和 2007 年, 3 个坡位的 pH 相近, 土壤有机质、全氮和全钾含量均为下坡>中坡>上坡, 各坡位间存在显著差异 ($P < 0.05$) (图 4)。2004 年和 2007 年上坡的全磷含

量显著小于中坡和下坡 ($P < 0.05$), 后二者相近。2004 年上坡的土壤碱解氮含量分别比中坡和下坡小 9% 和 4%, 2007 年分别比小 4% 和 7%。2004 年 3 个坡位的速效磷含量几乎相等, 而 2007 年下坡的速效磷含量显著大于上坡和中坡 ($P < 0.05$)。2004 年各坡位速效钾含量为上坡>中坡>下坡, 2007 年则相反。



采用邓肯氏新复极差检验法 (DMRT 法) 进行多重比较, 不同字母表示差异显著, 检验的显著性水平为 $P = 0.05$ 。下同 DMRT method was used for multiple comparison, and different letters represent significant difference at the level of 0.05. The same below

图 1 土壤物理性质的时间变化

Figure 1 Temporal variation of soil physical property

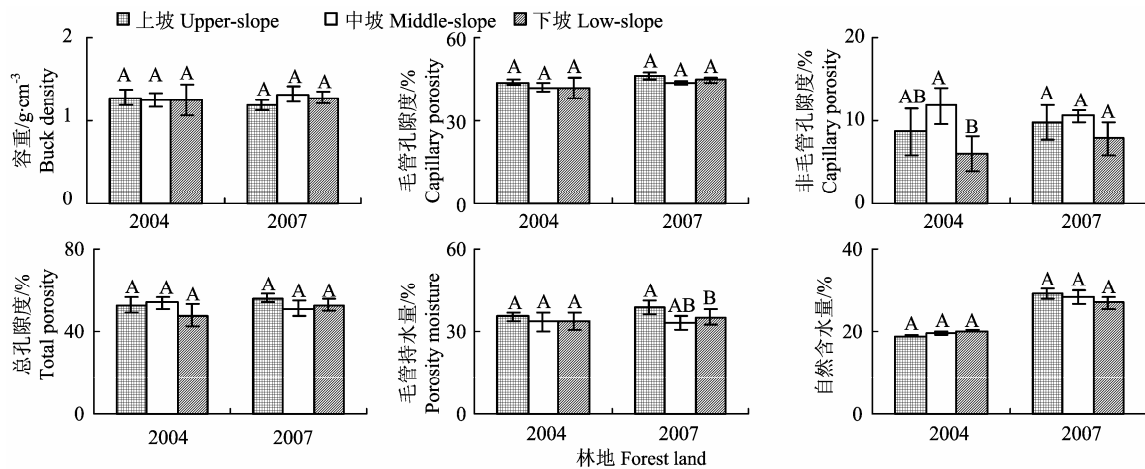


图 2 土壤物理性质的空间变化

Figure 2 Spatial variation of soil physical property

3 讨论

杉木幼林生长 3 年后, 孔隙度和土壤水分多呈现增加, 不同坡位的土壤物理性质通常没有显著差异。林分皆伐后, 采伐木的枝叶覆盖在林地表面, 可以减少土壤水分的蒸发, 有利于保持水分, 加上

幼林消耗的水分少, 导致 2007 年的土壤自然含水量增加。采伐剩余物的分解可以增加有机质, 有利于土壤孔隙度的增加, 故各坡位土壤孔隙多为增加。另一方面, 森林改良土壤物理性质的过程漫长, 幼林的凋落物少, 根系较浅, 对土壤的改良作用有限, 所以不同年份和坡位的土壤物理性质多数没有

发生显著变化。

幼林生长3年后,土壤有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷和速效钾含量均显著增加。幼林林冠小,林分没有郁闭,林地接受光照较多,地表温度升高较快,有利于林木的采伐剩余物和凋落物的分解,加上伐木残根的逐渐腐烂^[4],致使土壤有机质增加^[17]。另外,幼林地的林下植物茂盛,归

还林地的凋落物多^[18],加强了地表积累的凋落物腐殖化作用以及淋淀作用,促进了土壤中腐殖质的形成,加快了矿化速率^[13],有利于全氮含量增加^[19],也提高了土壤磷和钾的含量。杉木幼林的生物量较小,养分需求量小,从而造成土壤速效氮、磷、钾的积累。

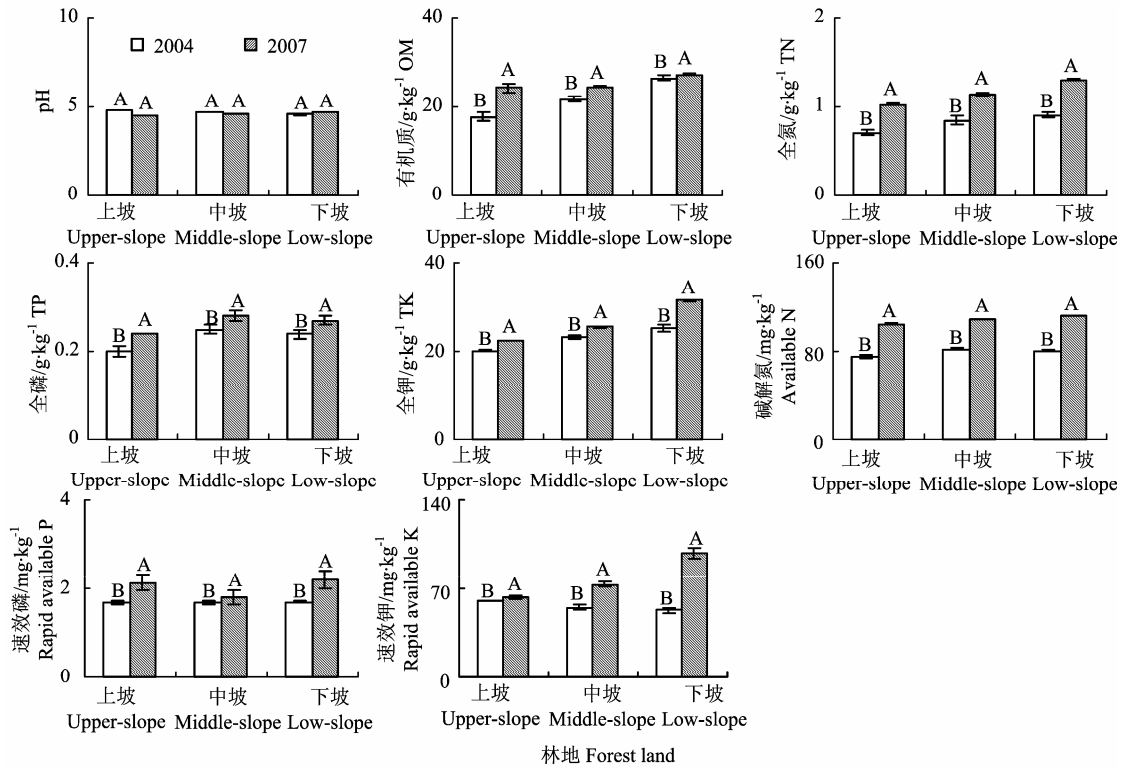


图 3 土壤化学性质的时间变化
Figure 3 Temporal variation of soil chemical property

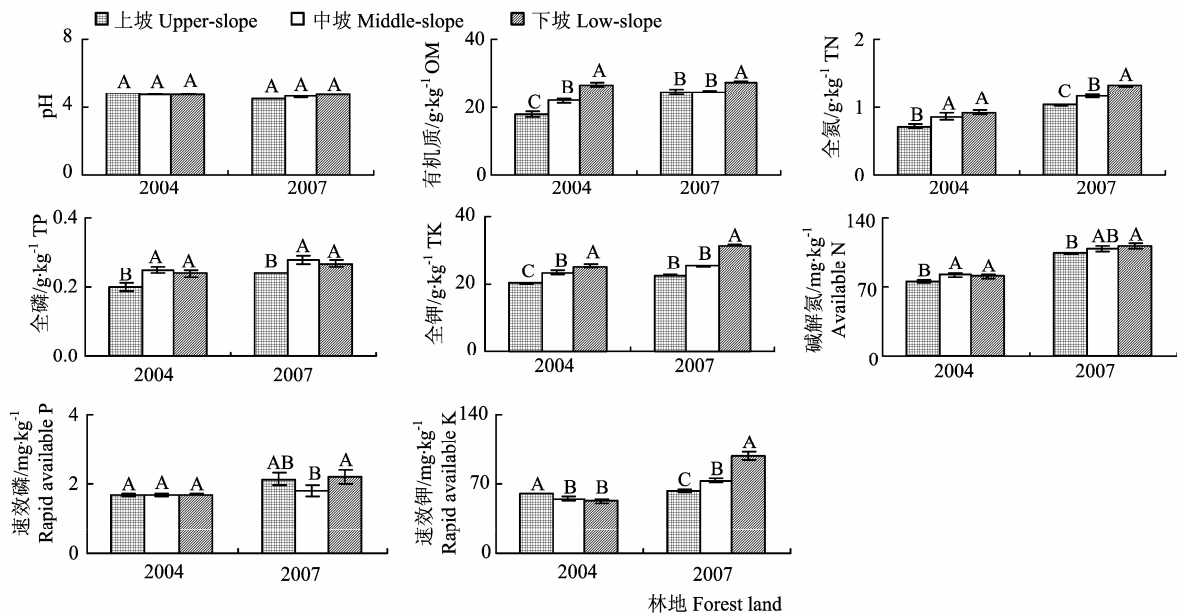


图 4 土壤化学性质的空间变化
Figure 4 Spatial variation of soil chemical property

在一定的海拔范围内, 坡位直接影响着土壤养分的再分配。由于受重力影响, 一般上坡水土流失较为严重, 从上坡到下坡, 土壤逐渐由剥蚀过渡为堆积, 有机质和养分增加^[20-21], 所以, 土壤有机质和氮、磷和钾含量一般呈现上坡<中坡<下坡。

参考文献:

- [1] Boix-Fayos C, Calvo-Cases A, Imeson A C, et al. Influence of soil properties on the aggregation of some Mediterranean soils and the use of aggregate size and stability as land degradation indicators[J]. *Catena*, 2001, 44: 47-67.
- [2] 曹鹤, 薛立, 谢腾芳, 等. 华南 8 种人工林的土壤物理性质研究[J]. *生态学杂志*, 2009, 28(4): 620-625.
- [3] 陆耀东, 薛立, 曹鹤, 等. 去除地面枯落物对加勒比松林土壤特性的影响[J]. *生态学报*, 2008, 28(7): 3205-3211.
- [4] 薛立, 向文静, 何跃君, 等. 不同林地清理方式对杉木林土壤肥力的影响[J]. *应用生态学报*, 2005, 16(8): 1417-1421.
- [5] 方晰, 田大伦, 项文化, 等. 杉木人工林林地土壤 CO₂ 释放量及其影响因子的研究[J]. *林业科学*, 2005, 41(2): 1-7.
- [6] 王清奎, 汪思龙, 冯宗炜. 杉木人工林土壤可溶性有机质及其与土壤养分的关系[J]. *生态学报*, 2005, 25(6): 1299-1305.
- [7] 周德明, 马玉莹, 梅杰. 不同林龄杉木林地土壤特性分析[J]. *土壤通报*, 2012, 43(2): 353-356.
- [8] 罗云建, 张小全. 杉木(*Cunninghamia lanceolata*)连栽地力退化和杉阔混交林的土壤改良作用[J]. *生态学报*, 2007, 27(2): 715-724.
- [9] 林英华, 汪来发, 田晓堃, 等. 三峡库区杉木马尾松混交林土壤 C、N 空间特征[J]. *生态学报*, 2011, 31(23): 7311-7319.
- [10] 张鼎华, 林开森, 李宝福. 杉木、马尾松及其混交林根际土壤磷素特征[J]. *应用生态学报*, 2011, 22(11): 2815-2821.
- [11] 方晰, 田大伦, 秦国宣, 等. 杉木林采伐迹地连栽和撂荒对林地土壤养分与酶活性的影响[J]. *林业科学*, 2009, 45(12): 65-71.
- [12] 李燕, 薛立, 曹鹤, 等. 杉木林皆伐后土壤养分的变化[J]. *土壤通报*, 2009, 40(5): 1076-1080.
- [13] 陈凤霞, 许松葵, 薛立, 等. 冰雪灾害对杉木林土壤特性的影响[J]. *生态学报*, 2010, 30(20): 5466-5474.
- [14] 薛立, 吴敏, 徐燕, 等. 几个典型华南人工林土壤的养分状况和微生物特性研究[J]. *土壤学报*, 2005, 42(6): 1017-1023.
- [15] 薛立, 梁丽丽, 任向荣, 等. 华南典型人工林的土壤物理性质及其水源涵养功能[J]. *土壤通报*, 2008, 39(5): 986-989.
- [16] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 30-106.
- [17] 薛立, 薛晔, 李燕, 等. 皆伐对杉木林土壤养分的短期影响[J]. *水土保持通报*, 2009, 29(5): 73-75, 89.
- [18] 史振华, 何宗明, 谢建闽, 等. 5-7 年生杉木幼林凋落物数量与月动态[J]. *福建农林大学学报: 自然科学版*, 2006, 35(3): 278-282.
- [19] 薛敬意, 唐建维, 沙丽清, 等. 西双版纳望天树林土壤养分含量及其季节变化[J]. *植物生态学报*, 2003, 27(3): 373-379.
- [20] 薛立, 赖日石, 陈红跃, 等. 不同坡位造林地酶活性与土壤养分的关系[J]. *土壤通报*, 2002, 32(4): 278-280.
- [21] 薛立, 赖日石, 陈红跃, 等. 深圳宝安区生态风景林典型造林地土壤养分、微生物和酶活性的研究[J]. *林业科学研究*, 2002, 15(2): 242-246.