

文章编号: 1008-2786-(2008)2-180-05

天然林择伐 10 a后林地土壤理化性质研究

巫志龙¹, 周新年¹, 郑丽凤¹, 高山¹, 罗积长², 蔡瑞添², 方万春¹, 王秀明¹

(1 福建农林大学, 福建 福州 350002 2 福建省建瓯市林业局, 福建 建瓯 353100)

摘要: 对天然针阔混交林弱度和中度择伐 10 a后林地土壤的理化性质进行分析, 结果表明: 土壤密度和结构体破坏率均下降, 而最大持水量和总孔隙度均上升; 土壤有机质、全氮、水解氮和全磷的含量均上升, 而全钾、速效钾和速效磷的含量均略有下降。说明弱度和中度择伐 10 a后林地土壤结构稳定性、水分、孔隙状况和养分含量基本得到恢复, 并有所改善。

关键词: 天然林; 针阔混交林; 择伐; 土壤理化性质

中图分类号: S752

文献标识码: A

森林采伐是人类经营森林的主要手段, 合理采伐可以促进森林的恢复、演替和更新, 保持森林资源的持续。森林采伐后土体结构及各种环境因子发生了改变, 从而影响有机质的循环过程, 导致水、热等各种物质的再分配, 土壤内部养分也必然发生一系列变化^[1-3]。卢伟等^[4]认为择伐对采伐迹地土壤物理性质存在一定程度的影响, 但不显著, 对化学性质的影响比较显著。邱仁辉等^[5]对常绿阔叶林中度择伐作业 4 a后林地土壤物理性质的分析表明, 土壤结构稳定性、水分和孔隙状况均得到一定程度的改善。山地森林作业关系到森林生态系的组成、结构、功能和效益, 对山地天然林的利用应提倡择伐^[6], 如何持久地维持和提高山地土壤肥力, 已成为山地森林生态系统稳定和林业持续发展的关键之一。因此, 研究针阔混交林弱度和中度择伐 10 a后林地土壤理化性质的变化, 对探求适合山地针阔混交林可持续经营的生态采运模式, 建立山地针阔混交林生态采运理论具有重要的现实意义。

1 试验地概况

试验地位于福建省建瓯大源林业采育场 (117°58'45"~118°57'11"E, 26°38'54"~27°20'26"N), 地处武夷山脉的东南部, 鹫峰山脉的西北侧。该区属中亚热带海洋性季风气候, 年平均气温 15~17℃, 年均降水量 1 890 mm 左右, 年蒸发量为 1 327.3~1 605.4mm, 年均相对湿度 83%。伐区位于该场 84 林班 17、18 小班, 属低山丘陵地形, 海拔 600~800 m, 坡度 28°~35°, 土壤为花岗片麻岩发育而成的山地黄红壤, 土层厚度中, 疏松, 质地为轻壤土或重壤土。试验林前茬为多树种针阔混交的天然次生林 (1 杉 2 马 7 阔), 伐前立地条件基本相同, 于 1996-03 进行弱度和中度择伐作业 (择伐强度分别为: 13.0% 和 29.1%)。按采坏留好、采老留壮、采大留小和采密留稀的原则, 弱度以采伐马尾松、木荷为主; 中度以采伐马尾松为主。伐后林分以常绿阔叶

收稿日期 (Received date): 2007-09-10; 改回日期 (Accepted): 2007-12-30.

基金项目 (Foundation item): 福建省自然科学基金资助项目 (2006J0301); 福建省科技厅科学基金资助项目 (2006F5006); 福建省林业厅科学基金资助项目 (闽林科[2006]7号第 14 项)。[Supported by the Natural Science Foundation of Fujian Province (No. 2006J0301), the Science Foundation of Science Technology of Fujian Province (No. 2006F5006), the Science Foundation of Forestry Committee of Fujian Province (Forestry Science of Fujian[2006] No. 7, No. 14)]

作者简介 (Biography): 巫志龙 (1982-), 男, 福建龙岩人, 硕士研究生, 从事生态采运和森林经理等研究; 通讯作者: 周新年 (1951-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事生态采运、工程索道和森林经理等研究。[Wu Zhibong (1982-), male born in Longyan of Fujian, master candidate, studying in forest ecological harvesting and forest management et al. Corresponding author: Zhou Xinnian, male, professor, supervisor of Ph.D., studying in forest ecological harvesting, engineering cableway and forest management et al.]

林为主体, 天然恢复植被, 另外设有未采伐的样地进行对照。择伐作业按照单株择伐的技术要求进行, 对采伐木单独记录并挂号。作业措施为: 油锯采伐, 林内打枝造材, 人力肩驮集材, > 5 cm 以上的枝桠全部收集利用, 其余归堆清理。之后于 2006– 07 对试验林进行复查。自然植被中, 乔木层主要优势树种为甜槠 (*Castanopsis eyrei* (Champ ex Benth) Tutch)、米槠 (*Castanopsis carlesii*)、虎皮楠 (*Daphniphyllum oldhamii* (Hemsl) Rosenth)、木荷 (*Schinusuperba* Gardn et Champ) 等; 灌木主要有: 黄瑞木 (*Adinandramillettii* (Hook et Am) Benth et Hook f)、石栎 (*Lithocarpus glaber* (Thunb.) Na-

kai)、少叶黄杞 (*Engelhardtia fenzelii* Merr)、密花山矾 (*Symplocos congesta* Benth) 等; 草本及藤本主要有: 芒萁 (*Dicranopteris pedata* (Houtt) Nakake)、菝葜 (*Smilax china* Linn)、狗脊 (*Woodwardia japonica* (L f) Sm.)、华里白 (*Hicriopteris chinensis* (Ros) Ching)、黑莎草 (*Gahnia tristis* Nees)、矩形叶鼠刺 (*Itea chinensis* Hook et Am var oblonga (Hand – Mazz) Wu)、细齿叶柃 (*Eurya nitida* Korthals)、石斑木 (*Rhaphiolepis indica* (L) Lindl)、流苏子 (*Coptosapelta diffusa* (Champ. Ex Benth) van steenis) 等。弱度和中度择伐 10 a 后的林地主要立地和林分因子, 见表 1。

表 1 不同作业类型林地 10 a 后的林分主要特征

Table 1 The main characteristic of the stand in different cutting operation site after 10 years

| 采伐类型 | 林班 – 小班 | 坡度 (°) | 坡形 | 坡向 | 林分密度 (株 /hm ²) | 林分蓄积量 (m ³ /hm ²) | 平均胸径 (cm) | 平均树高 (m) |
|------|---------|--------|----|----|----------------------------|--|-----------|----------|
| 未采伐 | 84– 18 | 34 | 直 | 南 | 1 400 | 270 74 | 16 8 | 11 1 |
| 弱度 | 84– 17 | 30 | 直 | 东 | 2 500 | 280 29 | 15 4 | 10 9 |
| 中度 | 84– 18 | 29 | 直 | 南 | 2 800 | 280 24 | 12 9 | 10 5 |

2 研究方法

2007– 07 对试验林地进行复查, 并采集土样。土壤取样方法按森林土壤样品采集与制备国家标准 (GB7830– 87) 的规定执行^[7], 具体如下: 对对照地 (现未采伐林地), 在选定的林地上、中、下坡, 按同一坡向、同一坡位 (同一等高线) 挖一主剖面和一辅剖面, 共 3 个主剖面 and 3 个辅剖面, 每一剖面同一土层以多点 (3 点) 取样法, 同一剖面不同样点按 0~ 20 cm 土层 (考虑到采伐作业对林地土壤的影响主要在表土层, 故只取 0~ 10 cm 或 0~ 20 cm 的表层土样进行分析) 取样, 供室内分析。土壤水稳定性团聚体结构样品的采集, 是在土壤湿度不粘铲的情况下每个剖面在 0~ 10 cm 土层取 1 个样品, 保留原状土样, 并将其放入铝盒中, 使其不受挤压而变形; 土壤水分物理性质样品的采集用环刀 (环刀容积为 200 cm³), 每个剖面在 0~ 10 cm 和 10~ 20 cm 土层用环刀取土样, 每个样点分别取 3 个原状土样; 土壤化学性质样品的采集是在每个剖面的 0~ 20 cm 土层中均匀采集, 并将样品放入塑料袋内, 贴上标签, 室内分析前将上、中、下坡不同剖面风干土样混合均

匀后, 再用 4 分法对土样进行分样处理^[8]。弱度和中度择伐 10 a 后的林地, 在对应的相同坡位与坡向的采伐迹地上, 距伐根 3 m 的无人破坏过的地段, 采用同样方法取土, 进行对照比较。

土壤理化分析按森林土壤分析方法国家标准 (GB7830– 87~ GB7857– 87) 规定执行^[7], 其中土壤水稳性团聚体测定用机械筛分法 (GB7847– 87); 水分 – 物理性质测定用环刀法 (GB7835– 87); 土壤有机质用重铬酸钾氧化 – 外加热法 (GB7857– 87); 土壤全磷用高氯酸 – 硫酸酸溶 – 钼锑抗比色法 (GB7852– 87); 土壤速效磷用盐酸 – 氟化铵浸提法 (GB7853– 87); 土壤全氮用高氯酸 – 硫酸消化扩散吸收法 (GB7848– 87); 土壤水解性氮用碱解 – 扩散吸收法 (GB7849– 87); 土壤全钾采用氢氧化钠碱熔 – 火焰光度法 (GB7854– 87); 土壤速效钾采用乙酸铵浸提 – 火焰光度法 (GB7856– 87)^[6]; 土壤理化分析数据为同一处理分析结果的平均值^[9 10]。

3 结果与分析

3.1 土壤物理性质

3.1.1 土壤结构稳定性

土壤结构稳定性是影响土壤通透及抗蚀等性能的主要因子之一。分析结果(表 2)表明,类型 B(弱度择伐 10 a后迹地土壤)、类型 C(中度择伐 10 a后迹地土壤)与类型 A(未采伐林地土壤)相比,表层土壤 > 5 mm 团聚体含量(干筛值)分别上升 3.74%和 7.06%, > 5 mm 水稳性团聚体含量(湿筛值)分别上升 0.06%和 1.43%; > 0.25 mm 水稳性团聚体

含量分别上升 11.52%和 7.51%, 1~ 0.5 mm 的水稳性团聚体占优势;结构体破坏率则分别降低 1.96%和 0.40%。可见,经过弱度和中度择伐 10 a 后林地土壤的团粒结构稳定性已恢复到伐前水平,并得到一定程度的改善。这说明弱度和中度择伐有利于改善土壤结构。

表 2 不同作业类型林地 10 a 后土壤团聚体组成变化 (0~ 10 cm 土层) (%)

Table 2 Change of soil aggregate composition in different cutting operation site after 10 years (%)

| 土样 类型 | 粒 径 (mm) | | | | | | 结构体 破坏率 |
|----------|----------|-------|-------|--------|-----------|--------|------------|
| | > 5 | 5~ 2 | 2~ 1 | 1~ 0.5 | 0.5~ 0.25 | > 0.25 | |
| A (未伐) | 8.68 | 17.50 | 13.56 | 28.87 | 14.42 | 83.03 | 12.44 |
| | 6.13 | 12.84 | 14.36 | 26.90 | 12.47 | 72.70 | |
| B (弱度) | 12.42 | 19.46 | 12.70 | 34.31 | 15.19 | 94.08 | 10.48 |
| | 6.19 | 14.26 | 15.94 | 33.98 | 13.85 | 84.22 | |
| C (中度) | 15.74 | 18.92 | 12.92 | 28.21 | 15.40 | 91.19 | 12.04 |
| | 7.56 | 12.91 | 15.60 | 30.63 | 13.51 | 80.21 | |

注:表中分子为团聚体干筛值(%),分母为团聚体湿筛值(%);

结构体破坏率 (%) = $\frac{> 0.25\text{mm 团聚体} - > 0.25\text{mm 水稳性团聚体}}{> 0.25\text{mm 团聚体}} \times 100\%$ 。

表 3 不同作业类型林地 10 a 后的土壤水分与孔隙状况

Table 3 Soilmoisture properties and porosity in different cutting operation site after 10 years

| 土样 类型 | 土层 (cm) | 土壤密度 (g/cm ³) | 最大持 水量 (g/kg) | 最小持 水量 (g/kg) | 毛管持 水量 (g/kg) | 最佳含水 量下限 (g/kg) | 非毛管 孔隙度 (%) | 毛管孔 隙度 (%) | 总孔 隙度 (%) | 非毛管孔隙 度 —— 毛管孔隙 |
|----------|------------|------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|------------------|-----------------|--------------------------|
| A | 0~ 10 | 1.113 | 531.9 | 307.8 | 403.0 | 21.55 | 14.35 | 44.85 | 59.20 | 0.320 |
| | 10~ 20 | 1.341 | 375.3 | 278.6 | 285.0 | 19.50 | 12.11 | 38.22 | 50.33 | 0.317 |
| B | 0~ 10 | 0.981 | 648.5 | 397.9 | 462.5 | 27.85 | 18.25 | 45.37 | 63.62 | 0.402 |
| | 10~ 20 | 1.136 | 536.1 | 387.4 | 397.9 | 27.12 | 15.70 | 45.20 | 60.90 | 0.347 |
| C | 0~ 10 | 1.052 | 564.7 | 329.8 | 423.4 | 23.09 | 14.86 | 44.54 | 59.41 | 0.334 |
| | 10~ 20 | 1.314 | 461.7 | 326.9 | 350.3 | 22.88 | 14.64 | 46.03 | 60.67 | 0.318 |

3.1.2 土壤水分与孔隙状况

土壤水分积极参与了土壤中物质的转化和代谢过程,是土壤肥力的主要因子之一。土壤孔隙状况影响土壤通气、透水及根系穿插等,是土体构造的重要指标之一。由表 3 可见,类型 B、类型 C 与类型 A 相比,表层(0~ 10 cm)土壤密度分别降低 0.132 g/cm³和 0.061 g/cm³,最大持水量分别上升 116.6 g/kg和 32.8 g/kg 毛管持水量分别上升 59.5 g/kg和 20.4 g/kg 说明弱度和中度择伐后林地土壤水分向好的方向发展;总孔隙度分别上升 4.42% 和

0.21%,非毛管孔隙度分别上升 3.09%和 0.51%,非毛管孔隙与毛管孔隙比率分别上升 0.082 和 0.014 表明弱度和中度择伐后林地表层土壤的孔隙状况已恢复到伐前状态,并得到一定程度的改善。10~ 20 cm 土层土壤水分与空隙状况与 0~ 10 cm 土层,具有相同的变化趋势。

3.2 土壤化学性质

土样化学分析结果表明(表 4),土壤类型 B、类型 C 与类型 A 相比,类型 B 有机质、全氮、水解性氮、全磷和的含量分别上升 0.5 g/kg 0.04 g/kg

7. 17 mg/kg 和 0. 014 g/kg 而全钾、速效钾和速效磷的含量分别下降 1. 27 g/kg, 19. 03 mg/kg 和 0. 29 mg/kg 类型 C 有机质、全氮、水解性氮和全磷的含量分别上升 0. 1 g/kg, 0. 02 g/kg, 6. 33 mg/kg 和 0. 016g/kg 而全钾、速效钾和速效磷的含量分别下降 4. 59 g/kg, 38. 23 mg/kg 和 0. 47 mg/kg 森林择伐后, 迹地的水、热条件均有利于凋落物的分解及有机质的矿化作用, 初期 (2~ 3 a) 土壤养分有一定程度的增加, 这些增加的养分不能及时被迹地植物吸收和利用^[11]。弱度和中度择伐择伐后虽会产生林窗, 但伐后林地仍然保存较多乔木、亚乔木和林下灌

木, 原林分结构没有发生明显变化, 所受干扰程度较小。因此, 只有少量养分会被雨水冲刷而流失, 从而使土壤养分降低但仍可能高于原来的水平。试验表明, 类型 B 和类型 C 有机质、全氮、水解性氮、全磷和速效磷的含量略大于类型 A, 而全钾、速效钾和速效磷的含量略有些下降。说明弱度择伐和中度择伐 10 a 后, 土壤养分含量基本恢复到伐前水平, 且大部分主要养分的含量得到一定程度的改善, 中度择伐后林地土壤与伐前土壤养分含量较为接近, 弱度择伐后林地土壤养分含量改善较为明显。

表 4 不同作业类型林地 10 a 后的土壤主要养分含量 (0~ 20 cm 土层)
Table 4 Contents of soil nutrients in different cutting operation site after 10 years

| 土样 类型 | 主要养分含量 | | | | | | |
|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------|-----------------|-----------------|
| | 有机质 (g/kg) | 全 N (g/kg) | 全 P (g/kg) | 全 K (g/kg) | 水解性 N (mg/kg) | 速效 P (mg/kg) | 速效 K (mg/kg) |
| A | 25. 1 | 0. 95 | 0. 092 | 54. 29 | 86. 81 | 3. 52 | 124. 36 |
| B | 25. 6 | 0. 99 | 0. 106 | 53. 02 | 93. 98 | 3. 23 | 105. 33 |
| C | 25. 2 | 0. 97 | 0. 108 | 49. 70 | 93. 14 | 3. 05 | 86. 13 |

4 结论

通过上述测定结果的分析, 得出如下结论:

- 1. 弱度和中度择伐后林地土壤密度和结构体破坏率均降低, 而最大持水量、毛管持水量、非毛管孔隙与毛管孔隙比率均上升, 说明择伐后土壤的团粒结构稳定性、水分和孔隙状况均恢复并得到改善。
- 2. 弱度和中度择伐后林地土壤有机质、全氮、水解氮和全磷的含量均上升, 而全钾、速效钾和速效 P 的含量均降低, 说明择伐后土壤养分含量基本恢复, 部分主要养分含量得到一定程度的改善。

此外, 从林地土壤理化性质来看, 弱度择伐后林地土壤理化性质改善明显, 中度择伐后林地土壤理化性质与未采伐林地比较接近, 说明进行弱度和中度择伐在一定程度上有利于维持和提高土壤肥力。

参考文献 (References)

[1] Zhang Zhengxiang, Zhou Xin-nian, Chen Yufeng. Effect of different skidding ways on the trail soil of artificial forest cutting area [J]. *Journal of Mountain Science*, 2007, 25(2): 212~ 217 [张正雄, 周新年, 陈玉凤. 人工林伐区不同集材方式对林地土壤的影响 [J]. *山地学报*, 2007, 25(2): 212~ 217]

[2] Chen Shao-shuan, Chen Shu-rong. Functions of the mixed forest of *Cunninghamia lanceolata* and *Shima Superba* in water conservation and soil fertility buildup [J]. *Acta Palologica Sinica*, 2002, 39(4): 599~ 603 [陈绍栓, 陈淑容. 杉木木荷混交林涵养水源功能和土壤肥力 [J]. *土壤学报*, 2002, 39(4): 599~ 603]

[3] Tian Da-lin, Fang Xi Kang, Wen-xing. Effects of different regeneration patterns to the deforested lands of Chinese Fir Plantation on the physical and chemical properties of soil [J]. *Journal of Central South Forestry University*, 2003, 23(2): 1~ 5 [田大伦, 方晰, 康文星. 杉木林不同更新方式对林地土壤性质的影响 [J]. *中南林业学院学报*, 2003, 23(2): 1~ 5]

[4] Lu Wei, Gao Feng, Zhou Ze-min. Effect of cutting ways on the physical and chemical properties of soil [J]. *Forest Engineering*, 2001, 17(3): 17~ 18 [卢伟, 高峰, 周泽民. 采伐方式对森林土壤理化性质的影响 [J]. *森林工程*, 2001, 17(3): 17~ 18]

[5] Qiu Ren-hui, Zhou Xin-nian, Yang Yu-sheng. Impact on soil physical properties by selective cutting and logging operation technology [J]. *Journal of Fujian College of Forestry*, 2001, 21(4): 301~ 303 [邱仁辉, 周新年, 杨玉盛. 择伐对林地土壤物理性质影响及作业技术 [J]. *福建林学院学报*, 2001, 21(4): 301~ 303]

[6] Zhou Xin-nian, Qiu Ren-hui. A study on the selection felling of natural forests in Fujian Province [J]. *Journal of Fujian Forestry Science and Technology*, 1992, 19(4): 56~ 60 [周新年, 邱仁辉. 福建省天然林择伐研究 [J]. *福建林业科技*, 1992, 19(4): 56~ 60]

[7] Science and Technology Department of Forestry Ministry of China. A Collection of Forestry Standard (3) [S]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1991: 87~ 230 [中华人民共和国林业部科技司. 林

- 业标准汇编(三) [S]. 北京: 中国林业出版社, 1991: 87~230]
- [8] Zhang W an-nu. Methods of Soil Location Study of Forestry [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1984: 17~117 [张万儒. 森林土壤定位研究方法 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1984: 17~117]
- [9] Zhang Zheng-xiong, Zhou X in-nian, Liu A i-qin, *et al*. Effect of farm truck skidding on the trail soil of artificial mixed forest of *Pinus massoniana* and *Cunninghamia lanceolata* [J]. *Journal of Fujian college of Forestry*, 2004, 24(1): 5~7 [张正雄, 周新年, 刘爱琴, 等. 农用车辆对马杉混交林迹地土壤影响的研究 [J]. 福建林学院学报, 2004, 24(1): 5~7]
- [10] Zhou X in-nian, Shen Bao-gui, You Ming-xing, *et al*. Evaluation on the comprehensive benefits of harvesting and skidding operation in cutting area [J]. *Journal of Mountain Science*, 2002, 20(3): 331~337 [周新年, 沈宝贵, 游明兴, 等. 伐区采集作业综合效益评价 [J]. 山地学报, 2002, 20(3): 331~337]
- [11] Ma n X i-ling, Qu Y i-chun, Cai T i-jiu, *et al*. Effect of forest harvesting and afforestation on chemical property of soil [J]. *Journal of Northeast Forestry University*, 1998, 26(4): 14~16 [满秀玲, 屈宜春, 蔡体久, 等. 森林采伐与造林对土壤化学性质的影响 [J]. 东北林业大学学报, 1998, 26(4): 14~16]

Study on Soil Physio-chemical Properties in Natural Forest Selective Cutting Area after 10 years

WU Zh ilong¹, ZHOU X innian¹, ZHENG L ifeng¹, GAO Shan¹,
LUO J izhang², CAI Ru itian², FANG W anchun¹, WANG X ium ing¹

(1. Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 2. Jian'ou Forestry Bureau, Jian'ou 353100, Fujian, China)

Abstract The soil physio-chemical properties of natural mixed stand of conifer and broad-leaved trees in low and medium intensity cutting operation site after 10 years were quantitatively analyzed. The results showed that the bulk density of soil and the damage rate of soil structure decreased, while the maximal saturated water retention of soil and the total porosity of soil increased. As for organic matter in soil, total N, hydrolytic N and total P increased, but total K, available K and available P reduced. That is to say, the soil aggregate stability, soil moisture property, soil porosity and soil nutrient were basically recovered and partly improved after 10 years.

Key words natural forest, mixed stand of coniferous and broad-leaved trees, selective cutting, soil physio-chemical properties