

不同经营模式下毛竹林土壤水分物理性质比较^{*}

丁新新^{1,2}, 洪伟^{1,2}, 陈建忠³, 李键^{1,2}, 林晗^{1,2}, 陈灿^{1,2}, 吴承祯^{1,2}

(1. 福建农林大学 林学院, 福州 350002; 2. 福建省高校森林生态系统过程与经营重点实验室, 福州 350002;
3. 福建省建阳市林业局, 福建 建阳 354200)

摘 要:通过对建阳市黄坑镇毛竹笋用林、毛竹材用林、毛竹油茶混交林、毛竹杉木混交林、毛竹油桐混交林等 5 种林分类型的土壤水分物理性质差异的分析, 结果表明: 毛竹杉木混交林的土壤容重最小, 其次是毛竹材用林、毛竹油茶混交林、毛竹油桐混交林, 而毛竹笋用林的土壤容重最大。5 种经营方式下毛竹林的总孔隙度的范围在 50.80% ~ 69.75%。表层土壤的最大持水量和毛管持水量的平均值呈现出毛竹杉木混交林 > 毛竹油茶混交林 > 毛竹材用林 > 毛竹笋用林 > 毛竹油桐混交林的规律。

关键词: 森林土壤; 毛竹; 土壤水分物理性质

中图分类号: S152.2; S714.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)03-0074-05

Comparison of Soil Water Physical Properties in Different *Phyllostachys Pubescens* Management Model

DING Xin-xin^{1,2}, HONG Wei^{1,2}, CHEN Jian-zhong³, LI Jian^{1,2},
LIN Han^{1,2}, CHEN Can^{1,2}, WU Cheng-zhen^{1,2}

(1. College of Forestry of Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 2. Key Laboratory for Forest Ecological System Process and Management of Fujian Province, Fuzhou 350002, China; 3. Forestry Bureau of Jianyang, Jianyang, Fujian 354200, China)

Abstract: The soil physical properties among *Phyllostachys heterocycla* forests in Huangkeng town of the Jianyang city were analyzed in this paper. The results showed that the bulk densities of the soil were in ascending order as follow: mixed forest of *Phyllostachys heterocycla* and *Cunninghamia lanceolata* < timber - forests of *Phyllostachys heterocycla* < mixed forest of *Phyllostachys heterocycla* and *Camellia oleifera* < mixed forest of *Phyllostachys heterocycla* and *Vernicia fordii* < shoot-use stand of *Phyllostachys heterocycla*. Soil total porosity of 5 different management models from 50.80% ~ 69.75%, and non capillary porosity occupied nearly 1/5 ~ 2/7 of total porosity. The max moisture capacity, the capillary moisture capacity of the soil were in descending order as follows: mixed forest of *Phyllostachys heterocycla* and *Cunninghamia lanceolata* > mixed forest of *Phyllostachys heterocycla* and *Camellia oleifera* > timber - forests of *Phyllostachys heterocycla* > shoot-use stand of *Phyllostachys heterocycla* > mixed forest of *Phyllostachys heterocycla* and *Vernicia fordii*.

Key words: forest soil; *Phyllostachys heterocycla*; soil water-physical properties

森林土壤具有良好的团粒结构, 通透性好, 具有较强的持水能力, 同时具有较高的土壤肥力。由于不同树种具有不同的生物生态学特征, 不同经营方式对土壤物理性质也有不同的影响^[1]。因此研究不同经营方式对土壤性状的影响也就成为土壤肥力与土壤生态学研究的重点, 而水分是土壤肥力诸因素

中最活跃的因素, 它除供给植物直接吸收利用外, 还影响微生物的生命活动、养分转化及土壤生物学过程。森林土壤具有蓄水功能, 使森林表现出能调节流域洪峰流量和延缓径流产生等水源涵养效益^[2]。通过对不同经营森林土壤水分物理性质的研究, 有助于林分合理配置, 提高土壤保水通气的能力。

* 收稿日期: 2008-11-02

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30471385)

作者简介: 丁新新 (1983 -), 男, 山东邹城市人, 硕士研究生, 主要从事水土保持与生态恢复研究。E-mail: dingxin20021160@163.com

通信作者: 洪伟 (1947 -), 男, 福建福州人, 教授, 博士生导师, 主要从事森林生态学与水土保持学研究。E-mail: fjhongwei@126.com

毛竹 (*Phyllostachys heterocycla* cv *pubescens*) 隶属禾本科竹亚科刚竹属, 又名楠竹、茅竹、猫头竹、孟字竹等, 为我国分布最广、面积最大、经济价值最高的竹种之一。目前, 全国毛竹经营面积约占竹林总面积的 68.17%, 竹木混交的天然竹林几乎占资源总量的 50%~60%, 毛竹蓄积量 53 亿株。为了实现毛竹林的可持续经营, 毛竹生态林成为 21 世纪毛竹林的发展模式^[3-4]。从生态学角度上看, 竹阔混交有利于维持生态系统平衡, 增加林地的凋落物, 改善土壤结构, 加速养分循环, 增肥改土, 防止竹林地力下降。赵永艳等^[5]发现毛竹纯林地比竹阔混交林地培肥能力弱, 且阔叶树的不同比例对于土壤肥力有明显的影响。黄启堂^[6]发现改造后的毛竹林比毛竹纯林毛管持水量、田间持水量升高, 林下不同层次土壤有机物和各养分含量均有不同程度的增加。高志勤等^[2]发现竹阔混交林的土壤结构和通透性比毛竹纯林较好, 王艳等^[7]研究发现毛竹林的土壤毛管孔隙度、土壤田间持水量、毛管持水量均比常绿阔叶林和杉木人工林的大。但有关不同经营模式毛竹林土壤水分物理性质的比较研究未见报道, 本文分析毛竹笋用林、毛竹材用林、毛竹油茶混交林、毛竹杉木混交林、毛竹油桐混交林 5 种不同林分的土壤理化性质差异, 为正确选择经营模式提供理论参考。

1 试验地概况

实验地位于建阳市(北纬 27°05' - 27°40'、东经 117°27' - 118°37'), 属中亚热带季风气候, 光热资源丰富。全市年均气温 18.1℃, 最冷月平均气温 6.9℃, 最热月平均气温 28.7℃, 极端最低气温 - 8.7℃, 极端最高气温 41.3℃, 有效积温 2 553℃。年均降水量 1 724 mm, 年均蒸发量 1 362.4 mm, 年均相对湿度为 82%, 年均日照时数 1 838 h, 全年无

霜期 280 d, 林木生长期近 310 d。林地土壤有机质含量较高, 土壤较厚, 质地多为轻、中壤, pH 值 4~6, 土壤肥力较高^[8]。土壤是发育于花岗片麻岩的山地红壤。实验地林内主要灌木有盐肤木 (*Rhus chinensis*)、黄瑞木 (*A. dinandra millettii*)、山胡椒 (*Litsea cubeba*)、毛叶冬青 (*Ilex pubescens*) 等, 主要藤本植物有紫花络石 (*Trachelospermum axillare*)、菝葜 (*Smilax china*) 和玉叶金花 (*Mussaenda pubescens*)、莢蒾 (*Viburnum ditatatum*)、葛藤 (*Pueraria lobata*) 等, 主要草本植物有 30 多个种, 其中种类较多的有禾本科、菊科和茜草科; 优势种有铁芒萁 (*Dicranopteris linearis*)、金毛耳草 (*Hedyotis chrysotricha*)、提灯藓 (*Mium* sp.) 和马唐草 (*Digitaria sanguinalis*) 等。

2 研究方法

2008 年 8 - 9 月, 选取具有代表性的 5 种毛竹林经营模式, 分别为毛竹油茶混交林 (经营种植油茶 30 a, 毛竹扩鞭生长成林 15 a)、毛竹笋用林 (经营种植毛竹扩鞭生长成林 14 a)、毛竹材用林 (经营种植毛竹扩鞭生长成林 18 a)、毛竹杉木混交林 (经营种植杉木 40 a, 毛竹扩鞭生长成林 19 a)、毛竹油桐混交林 (经营种植油桐 36 a, 毛竹扩鞭生长成林 14 a)。选取 5 种不同经营模式林分的中下坡地段分别挖掘 3 个土壤剖面, 用容积 100 cm³ 的环刀按自然发生层次分别取 0 - 10 cm, 10 - 20 cm, 20 - 40 cm, 40 - 60 cm, 60 - 80 cm 原状土样, 同时用铝盒取土, 每层重复 3 个。用烘干法测定土壤含水量, 用环刀法测定土壤的容重、孔隙度、总孔隙度、毛管孔隙度及非毛管孔隙度等物理性质^[9]。根据常规分析方法, 测定并计算 5 种林型土壤的饱和持水量、毛管持水量、非毛管持水量、现有土壤贮水量和饱和贮水量^[10]。

表 1 不同经营方式毛竹林样地基本情况

林分类型	海拔/ m	坡向	坡位	坡度/ (°)	郁闭度	林分密度/ (株·hm ⁻²)	
						毛竹	伴生树种
毛竹材用林	371	东南	中下	24	0.91	2756	56
毛竹笋用林	336	东南	中下	21	0.83	2239	89
毛竹杉木混交林	362	南	中下	17	0.73	2143	269
毛竹油桐混交林	316	南	中下	12	0.89	2058	735
毛竹油茶混交林	386	南	中下	10	0.87	1968	340

3 结果分析

3.1 5 种林型土壤容重随土壤深度的变化

土壤密度作为最基本的土壤物理性质之一, 综合反映了土壤质地、松紧性、孔隙性、通透性和保蓄

性等土壤水文物理性状。非人为干扰下, 土壤密度主要受土粒密度(矿物组成)和孔隙数量两方面内在因素的影响。密度值越大的土壤, 孔隙数量越少, 反之亦然^[11]。本实验研究表明, 5 种林分的土壤容重随着土壤深度的增加而增大, 不同经营模式下毛竹

林的土壤容重为 $0.83 \sim 1.40 \text{ g/cm}^3$, 其中毛竹油桐混交林各个层次的土壤容重均比其他林分同层次的土壤容重大。0 - 10 cm, 10 - 20 cm, 20 - 40 cm 的土层中, 土壤容重是毛竹笋用林 > 毛竹油茶混交林 > 毛竹材用林 > 毛竹杉木混交林。各林分在 0 - 80 cm 土层的平均土壤容重分别为毛竹油桐混交林为 1.22 g/cm^3 , 毛竹笋用林为 1.08 g/cm^3 , 毛竹油茶混交林为 1.05 g/cm^3 , 毛竹材用林为 1.04 g/cm^3 , 毛竹杉木混交林为 0.97 g/cm^3 。不同毛竹林分的土壤容重呈现这种变化趋势, 这与毛竹林的经营方式有关, 以及各种不同混交方式下土壤中根系分布对土壤容重也有十分重要的影响。毛竹油桐混交林林下基本上没有灌木, 草本植物也很少。主要是由于当地居民经常进行劈草清理林下植被造成, 所以林内的土壤表层根系分布很少, 大部分是中下层有毛竹和油桐的根系分布。因此其土壤容重比其余混交方式的大。毛竹油茶混交林林下杂草很多, 且每年林农都会进行土壤的施肥和松土, 有利于土壤孔隙的形成, 其土壤容重较小。

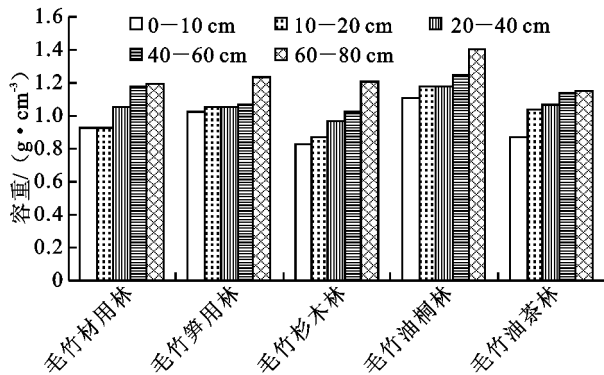


图 1 不同经营方式下毛竹林土壤容重随土壤深度变化

3.2 5 种经营方式土壤孔隙随土壤深度的变化

森林土壤是水分贮存的主要场所, 林地持水和蓄水性能是反映森林保持水分和涵养水源能力的重要特征之一。从土壤的保水能力来看, 毛管孔隙度的水分可以长时间保持在土壤中, 主要用于植物根系吸收和土壤蒸发。从土壤蓄水能力看, 非毛管孔隙能较快容纳降水并及时下渗, 更加有利于涵养水源^[12]。另外, 土壤孔隙的组成直接影响土壤通气透水性和根系穿插的难易程度, 并且对土壤中水、肥、气、热和微生物活性等发挥着不同的调节功能, 是表征土壤结构的重要指标之一。

一般认为, 土壤中大小孔隙同时存在, 若总孔隙度在 50 % 左右, 毛管与非毛管孔隙度的比值在 1.5 ~ 4.1 时, 透水性、通气性和持水能力比较协调^[9-13]。若非毛管孔隙度在 6 % ~ 10 % 时, 林木生长一般; 在 10 % ~ 15 % 时, 林木生长中等; 大于 15 % 时, 林木生

长良好^[14]。土壤毛管孔隙度越大, 土壤贮水能力越强, 土壤非毛管孔隙是土壤重力水移动的主要通道与土壤蓄渗水能力更为密切。5 种经营方式下毛竹林的总孔隙度范围在 50.80 % ~ 69.75 %, 其中毛竹油桐混交林的总孔隙度 49.60 % ~ 57.70 %, 比其它 4 种林分的总孔隙度小 (表 3)。非毛管孔隙/毛管孔隙的比值来看, 毛竹笋用林 (2.26) < 毛竹材用林 (2.59) < 毛竹杉木混交林 (3.23) < 毛竹油茶混交林 (4.02) < 毛竹油桐混交林 (4.38)。说明毛竹笋用林土壤的通气状况最好, 毛竹油桐混交林的最差, 出现上述结果与毛竹笋用林经常有人为的进行竹笋的挖掘, 增加了土壤扰动的程度, 而毛竹材用林主要进行毛竹竹材的收获, 林内更新比较快, 采伐后的毛竹根、根鞭等分解及增加了土壤的有机质, 有利于提高土壤通气的能力。其他的混交林林内各种乔木的根系生长会影响毛竹的扩鞭, 不利于通气性的提高 (表 2)。

3.3 5 种不同经营方式下的土壤水文性能比较

土壤层在森林水分循环中具有重要的作用, 植被群落的土壤蓄水能力是植被群落调节水分循环和涵养水源的重要指标。研究表明, 土壤的蓄水能力决定于土壤的物理性质和土壤自身水分特征。土壤层涵养水分的效能主要取决于土壤的孔隙度、土层厚度等因素, 土壤持水性能直接影响土壤抗水蚀能力, 是反映土壤生态功能的重要指标^[15]。林地土壤的发育直接受森林植被的影响, 森林类型不同, 林地表层的枯落物构成及地下根系的生长发育也各异, 所造成的林地土壤物理性质的差异, 引起了各森林类型土壤蓄水能力上的变化^[16]。

随土壤层深度的增加, 5 种不同经营模式下的土壤最大持水量和毛管持水量均逐渐降低, 比较 5 种经营模式下土壤最大持水量和毛管持水量平均值表明, 毛竹杉木混交林 > 毛竹油茶混交林 > 毛竹材用林 > 毛竹笋用林 > 毛竹油桐混交林 (表 3)。毛管/饱和含水量的比值是衡量土壤水分供应状况的重要指标^[17], 无论是从各个层次还是整个土壤剖面的平均值来看毛竹油桐混交林的比值最大, 其次是毛竹杉木混交林, 最小的是毛竹材用林, 说明毛竹油桐混交林供给植物生长水分的能力最差, 毛竹材用林的供水能力最好, 而前者的保水能力比后者强。田间持水量长期以来被认为是土壤所能稳定保持的最高土壤含水量, 也是土壤中所能保持悬着水的最大量, 是对作物有效的最高土壤水含量。毛竹杉木混交林的田间持水量是 5 种经营模式中最大的, 其 0 - 10 cm 土层的含水量最大为 56.12 %, 而毛竹油

桐混交林在 60 - 80 cm 处的田间持水量最小为 24.87 %。通过方差分析发现毛竹油桐混交林的各层次方差的变异系数最小,毛竹杉木混交林的各层次变异系数最大。毛竹油桐混交林的田间持水量各层次比较均一,受外界影响比较小,其他各林分由于每年有枯落物回归比较多,加上人为的扰动,增加了

各层次机械组成的变异性。0 - 80 cm 的土壤中各种经营模式下土壤田间持水量的平均值比较发现,毛竹油桐混交林 < 毛竹笋用林 < 毛竹材用林 < 毛竹油茶混交林 < 毛竹杉木混交林。由此可以看出毛竹油桐林不利于土壤通气保水能力的改善,其大面积推广有待进一步深入研究而定。

表 2 不同经营方式下毛竹林土壤孔隙组成

林分 类型	土层/ cm	排水能 力/mm	合理灌溉定额		土壤贮水量		非毛管孔隙/ (V/ %)	毛管孔隙/ (V/ %)	总孔隙/ (V/ %)	土壤通气度/ (V/ %)	非毛管孔隙/ 总孔隙
毛竹材 用林	0 - 10	22.40	10.71	107.10	32.80	328.00	22.40	41.90	64.30	31.50	1/3
	10 - 20	21.20	12.57	125.70	36.90	369.00	21.20	44.80	66.00	29.10	1/3
	20 - 40	30.80	24.42	244.20	75.40	754.00	15.40	45.30	60.70	23.00	1/4
	40 - 60	26.40	21.54	215.40	73.60	736.00	13.20	40.30	53.50	16.70	1/4
	60 - 80	35.61	25.30	253.00	78.44	784.36	17.81	42.65	60.46	15.24	2/7
毛竹笋 用林	0 - 10	15.80	11.91	119.10	31.90	319.00	15.80	43.20	59.00	27.10	1/4
	10 - 20	20.00	11.16	111.60	33.60	336.00	20.00	42.70	62.70	29.10	1/3
	20 - 40	49.37	25.47	254.74	64.95	649.47	24.68	44.09	68.77	46.30	1/3
	40 - 60	38.40	20.34	203.40	52.00	520.00	19.20	37.00	56.20	30.20	1/3
	60 - 80	36.60	21.30	213.00	70.00	700.00	18.30	42.40	60.70	25.70	1/3
毛竹 杉木 混交林	0 - 10	38.35	13.96	139.57	39.93	399.34	18.35	51.40	69.75	49.82	1/4
	10 - 20	17.40	12.18	121.80	39.90	399.00	17.40	45.30	62.70	22.80	2/7
	20 - 40	31.00	26.04	260.40	85.80	858.00	15.50	49.90	65.40	22.50	1/4
	40 - 60	35.20	23.16	231.60	81.40	814.00	17.60	44.90	62.50	21.80	2/7
	60 - 80	14.60	26.22	262.20	88.40	884.00	7.30	46.80	54.10	9.90	1/7
毛竹 油桐 混交林	0 - 10	12.70	12.30	123.00	31.70	317.00	12.70	45.00	57.70	26.00	2/9
	10 - 20	11.40	11.70	117.00	32.70	327.00	11.40	43.40	54.80	22.10	1/5
	20 - 40	19.80	21.96	219.60	61.20	612.00	9.90	40.90	50.80	20.20	1/5
	40 - 60	14.00	23.34	233.40	68.00	680.00	7.00	42.60	49.60	15.60	1/7
	60 - 80	19.40	20.82	208.20	70.80	708.00	9.70	42.10	51.80	16.40	1/5
毛竹 油茶 混交林	0 - 10	17.40	14.52	145.20	41.10	411.00	17.40	51.60	69.00	27.90	1/4
	10 - 20	13.20	13.38	133.80	41.80	418.00	13.20	49.50	62.70	20.90	1/5
	20 - 40	27.00	25.14	251.40	86.40	864.00	13.50	48.10	61.60	18.40	2/9
	40 - 60	16.60	28.02	280.20	90.40	904.00	8.30	49.90	58.20	13.00	1/7
	60 - 80	26.82	26.80	267.98	91.86	918.60	13.41	51.10	64.51	18.58	1/5

5 种不同经营模式下土壤的贮水量随着土层深度的增加逐渐增大,主要是随着深度的增加,各土层的厚度也有所增大,且土壤也变得更加紧实,可以贮存大量的水分。土壤各林分的土壤贮水量其大小排列顺序为毛竹油茶混交林的土壤 > 毛竹杉木混交林 > 毛竹油桐混交林 > 毛竹材用林 > 毛竹笋用林,说明混交林的贮水能力比毛竹纯林要大。毛竹笋用林排水能力(32.03) > 毛竹杉木混交林(27.31) > 毛竹材用林(27.28) > 毛竹油茶混交林(20.20) > 毛竹油桐混交林(15.46),由此可以看出土壤排水能力和土

壤贮水量有一定的联系,毛竹笋用林和毛竹材用林的排水能力最大,而其贮水量最小,符合前人的研究成果。

综上所述,毛竹纯林可以提高土壤总孔隙度,改善土壤的通气性,有利于植物根系的伸展,而毛竹混交林可以提高林地贮水量,毛竹的混交林每年可以产生的枯落物比毛竹纯林的多,枯落物分解后可以和土壤结合成更多的团聚体,增加了土壤的贮水能力。混交林中毛竹油茶混交林、毛竹杉木混交林的林下植被丰富,因此比毛竹油桐混交林的贮水量大。

表 3 不同经营方式下毛竹林土壤水分性质

林分类型	土层/cm	最大持水量		毛管持水量		田间持水量		最佳含水量下限	
		%	mm	%	mm	%	mm	%	mm
毛竹材 用林	0 - 10	69.04	58.10	49.02	41.90	38.93	35.70	27.25	24.99
	10 - 20	63.36	63.10	45.69	44.80	45.84	41.90	32.09	29.33
	20 - 40	53.18	112.20	42.94	90.60	38.58	81.40	27.00	56.98
	40 - 60	50.74	98.20	44.55	80.60	30.42	71.80	21.30	50.26
	60 - 80	41.61	119.95	34.15	105.31	35.67	84.33	24.97	59.03
毛竹笋 用林	0 - 10	63.88	55.50	51.46	43.20	38.96	39.70	27.27	27.79
	10 - 20	54.63	57.20	42.39	42.70	35.53	37.20	24.87	26.04
	20 - 40	54.47	134.28	40.78	108.17	40.40	84.91	28.28	59.44
	40 - 60	50.00	106.20	34.84	74.00	31.92	67.80	22.34	47.46
	60 - 80	43.81	107.60	34.53	84.80	28.91	71.00	20.24	49.70
毛竹杉木 混交林	0 - 10	70.38	84.88	62.00	51.40	56.12	46.52	39.28	32.57
	10 - 20	67.21	58.00	52.49	45.30	47.05	40.60	32.93	28.42
	20 - 40	61.10	117.80	51.76	99.80	45.02	86.80	31.51	60.76
	40 - 60	55.04	112.40	43.98	89.80	37.81	77.20	26.46	54.04
	60 - 80	42.18	102.00	38.71	93.60	36.15	87.40	25.30	61.18
毛竹油桐 混交林	0 - 10	48.33	53.70	40.50	45.00	36.90	41.00	25.83	28.70
	10 - 20	42.97	50.40	37.00	43.40	33.25	39.00	23.27	27.30
	20 - 40	39.57	93.00	34.81	81.80	31.15	73.20	21.80	51.24
	40 - 60	36.81	91.80	34.16	85.20	31.19	77.80	21.84	54.46
	60 - 80	31.83	88.80	30.18	84.20	24.87	69.40	17.41	48.58
毛竹油茶 混交林	0 - 10	60.29	65.80	59.04	51.60	55.38	48.40	38.76	33.88
	10 - 20	55.74	57.80	47.73	49.50	43.01	44.60	30.11	31.22
	20 - 40	51.92	110.80	45.08	96.20	39.27	83.80	27.49	58.66
	40 - 60	50.37	110.00	44.32	99.80	41.36	93.40	28.95	65.38
	60 - 80	48.72	116.14	44.20	102.21	38.74	89.33	27.12	62.53

4 小 结

毛竹林森林土壤具有较高的蓄水性能,蓄水量既取决于枯枝落叶层厚度及其分解程度,同时土壤质地、有效土壤厚度、土壤容重和有机质含量也对土壤蓄水量有不可忽视的作用。毛竹纯林改造成不同经营类型的毛竹混交林,土壤的理化性质以及营养特征发生不同的改变。毛竹纯林改造成毛竹混交林后,土壤的毛管持水量、田间持水量有所升高,林下不同层次土壤有机物和各养分含量均有不同程度的增加,很多研究者的研究结果也认为,毛竹混交林可以保持土壤的肥力,防止地力衰退,提高林地生产力,充分利用营养空间,而且可以提高林分质量,减少水土流失,这与前人的研究结果相同^[18-19]。

本次调查发现毛竹笋用林和材用林的总孔隙度比混交林的大,但从非毛管孔隙/毛管孔隙的比值来看,毛竹油桐混交林、毛竹油茶混交林、毛竹杉木混交林的比值要比纯林大的多。这可能是由于毛竹纯

林中毛竹的须根系的伸展生长,及每年大量的竹笋的发育对土壤有明显扰动作用,提高了土壤中大孔隙数目,但混交林中的油桐、油茶、杉木等深根性树木与毛竹进行搭配,有利于土壤毛管孔隙和非毛管孔隙的合理配比,有利于作物通气保水能力的提高。研究发现毛竹油茶混交林、毛竹杉木混交林的土壤田间持水量比毛竹笋用林和材用林的高,这符合前人研究的结论^[6],说明混交林有利于提高土壤保水能力,但毛竹油桐混交林的经营模式在该地区的推广应该进行机一步的验证。

参考文献:

[1] 王树力. 不同经营类型红松林对汤旺河流域土壤性质的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 20(3): 90-93.
[2] 高志勤, 傅懋毅. 不同毛竹林土壤水分物理性质的特征比较[J]. 水土保持学报, 2008, 22(2): 162-165.
[3] 陈存及. 福建毛竹林生态培育与生态系统管理[J]. 竹子研究汇刊, 2004, 23(2): 1-4.

3 结 论

(1) 安徽万佛湖综合营养状态指数为 33.537, 处于中营养水平, 富营养化程度受水期影响较小。
(2) 运用灰色动态模型群法对安徽万佛湖营养盐进行预测, 结果表明 TN 浓度呈显著上升趋势, TP 浓度呈显著下降趋势。

参考文献:

[1] 马登军, 张凤娥, 高云霞, 等. 官厅水库富营养化的评价[J]. 中国环境监测, 2002, 18(1): 41-44.
[2] 孟红明, 张振克. 我国主要水库富营养化现状评价[J]. 河南师范大学学报: 自然科学版, 2007, 35(2): 133-136.
[3] 夏军. 区域水环境及生态环境质量评价: 多级灰关联评估理论与应用[M]. 武汉: 武汉水利电力大学出版社, 1999.
[4] 胥冰, 韩小勇. 淮河干流水环境评价及其趋势分析[J]. 水资源保护, 1998(2): 10-17.
[5] 刘兰芬, 张祥伟, 夏军. 河流水环境容量预测方法研究[J]. 水利学报, 1998(7): 16-20.
[6] 张颖, 白羽军, 白听, 等. 西泉眼水库富营养化状况及浮

游藻类群落分析[J]. 哈尔滨商业大学学报: 自然科学版, 2007, 23(5): 523-525.
[7] 六安环保局. 2001 - 2007 年六安水资源质量报告书[S]. 2007: 111-113.
[8] 李嘉竹, 刘贤赵. 门楼水库营养化现状评价与治理对策[J]. 水土保持研究, 2008, 15(3): 167-170.
[9] 王明翠, 刘雪芹, 张建辉. 湖泊富营养化评价方法及分级标准[J]. 中国环境监测, 2002, 18(5): 47-49.
[10] 宋键, 金秉福, 张云吉. 烟台门楼水库氮磷营养盐的分布及其成因分析[J]. 水土保持研究, 2007, 14(3): 321-324.
[11] 邓国立. 桃山水库富营养化研究[J]. 长春: 吉林大学, 2006.
[12] 刘思峰, 郭天榜, 党耀国, 等. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 109-110.
[13] 李如忠, 汪家权, 钱家忠. 基于灰色动态模型群法的河流水质预测研究[J]. 合肥工业大学学报, 2002, 22(4): 10-12.
[14] 邓聚龙. 灰色系统预测与决策[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1985.
[15] 孙亚敏, 徐得潜. 巢湖营养盐负荷量的预测[J]. 工业用水与废水, 2000, 31(1): 3-5.

(上接第 78 页)

[4] 陈存及. 毛竹林的生态培育[J]. 福建林学院学报, 1996, 16(2): 188-192.
[5] 赵永艳. 竹阔混交林土壤性状与分析[J]. 南京林业大学学报, 2007, 31(1): 81-84.
[6] 黄启堂, 陈爱玲. 不同毛竹林林地土壤理化性质特征比较[J]. 福建林业科技, 2006, 26(4): 299-302.
[7] 王燕. 江西大岗山 3 种林型土壤水分物理性质研究[J]. 水土保持学报, 2008, 22(1): 151-173.
[8] 龚辉. 建阳市森林结构调整的建模及仿真研究[J]. 福建林业科技, 2007, 27(2): 66-69.
[9] 安兴琴, 陈玉春. 浅议西北地区生态环境建设的气候效应[J]. 干旱地区农业研究, 2002, 20(1): 116-119.
[10] 付为国, 李萍萍, 吴沿友. 镇江内江湿地不同演替阶段植物群落小气候日动态[J]. 应用生态学报, 2006, 17(9): 1699-1704.
[11] 郭静, 姚孝友. 不同生态修复措施下鲁中山区土壤的水文特征[J]. 浙江林学院学报, 2008, 25(3): 342-349.
[12] 秦嘉海, 金自学. 祁连山不同林地类型对土壤理化性

质和水源涵养功能的影响[J]. 水土保持学报, 2007, 21(1): 92-94.
[13] 田大伦, 陈书军. 樟树人工林土壤水文 - 物理性质特征分析[J]. 中南林学院学报, 2005, 25(2): 1-6.
[14] 杨弘, 李忠. 长白山北坡阔叶红松林和暗针叶林的土壤水分物理性[J]. 应用生态学报, 2007, 18(2): 272-276.
[15] 张希彪, 上官周平. 人为干扰对黄土高原子午岭油松人工林土壤物理性质的影响[J]. 生态学报, 2006, 26(11): 3685-3695.
[16] 郝占庆, 王力华. 辽东山区主要森林类型林地土壤蓄水性能的研究[J]. 应用生态学报, 1998, 9(3): 237-241.
[17] 杨澄, 刘建军. 桥山森林土壤水分物理性质的分析[J]. 陕西林业科技, 1998(1): 24-27.
[18] 彭九生, 黄小春, 程平, 等. 江西毛竹林土壤肥力变化规律初探[J]. 世界竹藤通讯, 2003, 1(4): 37-42.
[19] 徐秋芳, 姜培坤. 毛竹林地土壤养分动态研究[J]. 竹子研究汇刊, 2000, 19(4): 46-50.