

安徽岳西头陀镇毛竹林生产力 与土壤养分特征比较

葛萍¹, 王伟波¹, 许俊丽¹, 崔易翀¹, 达良俊^{1,2,3}

(1.华东师范大学生态与环境科学学院, 上海 200241;

2.华东师范大学城市化生态过程与生态恢复重点实验室, 上海 200241;

3.浙江天童森林生态系统国家野外科学观测研究站, 浙江 宁波 315114)

摘要: 为了解土壤养分与毛竹生长的相关性, 对安徽头陀镇的垦复毛竹纯林、未垦复毛竹纯林和竹阔混交林进行调查研究。结果表明: 不同毛竹林生长及其生产力差异明显, 平均胸径 10.02~12.35 cm, 立竹度 0.28~0.49, 该区的生产力属中等偏低, 总生物量大小依次为: 垦复毛竹纯林 (96.50 t/hm²) > 竹阔混交林 (81.39 t/hm²) > 未垦复毛竹纯林 (78.17 t/hm²)。垦复毛竹纯林和竹阔混交林的各组分生物量大小依次为: 竹秆 > 竹鞭 > 竹根 > 竹叶 > 竹枝; 而未垦复毛竹纯林为: 竹秆 > 竹枝 > 竹鞭 > 竹根 > 竹叶。不同林分下, 各样地土壤有机质、全氮、速效磷和速效钾含量均随土层深度的加深而降低, 同一土层中养分含量差异显著。相关分析显示, 不同毛竹林总生物量与土壤有机质、全氮和速效磷存在不同程度的正相关; 平均胸径与 0~20 cm 土层有机质和速效磷呈显著正相关; 立竹度仅与 0~20 cm 土层有机质呈正相关。说明土壤有机质含量是影响毛竹生产力的关键因素。

关键词: 生物量; 相关性; 毛竹林; 土壤肥力; 林分结构

中图分类号: S714.8

文献标识码: A

文章编号: 1004-874X(2014)12-0063-04

Characteristics comparison of productivity and soil nutrient of *Phyllostachys pubescens* forest in Toutuo of Yuexi county, Anhui

GE Ping¹, WANG Wei-bo¹, XU Jun-li¹, CUI Yi-chong¹, DA Liang-jun^{1,2,3}

(1.Department of Ecological and Environmental Science, East China Normal University,

Shanghai 200241, China; 2.Key Laboratory for Ecology of Urbanization Process and

Eco-restoration, East China Normal University, Shanghai 200241, China;

3.Tiantong Forest Ecosystem National Research Station, Ningbo 315114, China)

Abstract: In order to understand the relationship between soil nutrient and growth of *Phyllostachys pubescens*, an investigation was conducted to study the tending, non-tending pure *P. pubescens* stands, and *P. pubescens* and broadleaved mixed stand in Toutuo of Yuexi county, Anhui province of China. The results showed that there existed significant differences in growth and productivity of *P. pubescens* among the different stands. The mean diameter at the breast height (DBH) was from 10.02 to 12.35 cm. The mean stand density indices were ranged from 0.28 to 0.49. The productivity of *P. pubescens* stands in Toutuo was medium to low. The total biomass of the tending stand (96.50 t/hm²) was the highest, followed by the mixed stand (81.39 t/hm²) and non tending stand (78.17 t/hm²). The biomass partition of both the mixed stand and the tending stand were ordered as stem>rhizome>root>foliage>branch, while the non-tending stand was ordered as stem>branch>rhizome>root>foliage. The concentrations of organic matter, total nitrogen, available phosphorus and potassium in the different stands decreased with soil depth increasing. There was significant difference in nutrient concentrations in the same soil layer among the different stands. Correlation analysis demonstrated that the total biomass of different stands was positively correlated with soil organic matter content, total N, and available phosphorus. The mean DBH had a significant and positive correlation with organic matter content and available phosphorus in 0-

20cm soil layer, and mean stand density indices had a significant and positive correlation with organic matter in 0-20 cm soil layer. This suggests that soil organic matter content is the key factor affecting bamboo *P. pubescens* stand productivity.

Key words: biomass; correlation; *Phyllostachys pubescens* forest; soil fertility; stand structures

收稿日期: 2014-03-18

基金项目: 国家自然科学基金(40971041); 上海市科学技术委员会科研计划项目(08DZ1203102)

作者简介: 葛萍(1982-), 女, 在读博士生, E-mail: geping2010@126.com

通讯作者: 达良俊(1962-), 男, 博士, 教授, E-mail: daliangjun@126.com

毛竹(*Phyllostachys pubescens*)属禾本科竹亚科刚竹属植物,具有产量高、利用率高、经济价值大等特点,是我国南方集约经营程度很高的林种之一^[1]。据统计,我国现有毛竹林面积约为400万hm²,安徽省毛竹林面积约为15.2万hm²,其栽培面积和产量在我国毛竹生产主要省份中居第5位^[2],竹产业已成为山区经济的支柱,是山区竹农致富奔小康的有效途径^[3]。毛竹林是重要的森林资源,也是特殊的生态系统,尽管全球的森林面积在下降,而竹林面积则以每年3%左右的速度递增^[4],因此,竹林在固碳增汇中可能起着不可估量的作用。土壤是维持林木健康生长的基质,是衡量林地生产力高低的重要技术指标,其肥力特征影响并控制着林木的生长和健康状态^[5],如土壤肥力下降,生产力必然很难维持^[6],而优质适产的土壤肥力可持续供给林木养分可抵御病虫害^[7]。当今经营也面临着提高生产力和可持续发展的问題^[8],对林木土壤进行肥力质量的评价将有利于林木生产力的提高和可持续经营。土壤养分是构成毛竹林土壤肥力的最关键因素,是毛竹林生长发育的必要条件,速效N、P、K供应较好,有利于竹鞭伸展和养分吸收,促进毛竹生长健壮、高产^[9-10]。

近年来,尽管研究者对毛竹林土壤养分动态及空间变异、栽培技术、施肥效益和经营管理等方面已有较多报道^[11-13],但目前的经营状态离可持续发展的目标仍存在一定差距,毛竹林土壤肥力或生产力的维持与提高一直是学术界关注的热点。为此,我们对安徽岳西头陀镇毛竹林生产力及其土壤养分的特点进行调查分析,探讨毛竹林生长与土壤肥力的相关性,旨在为提高毛竹林经营水平和促进安徽竹林产业可持续发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于安徽省岳西县头陀镇毛竹林区,其地理位置为31°06.387'N、116°26.382'E。属亚热带北缘,年均气温11~14℃,最冷月(1月)均温2℃左右,最热月(7~8月)均温22~25℃,无霜期约为220d。降雨量受季风影响较大,年降水量为1200~1400mm,季节分配不均匀,夏季降雨量最多,冬季最少。年日照时数约为1580~1950h,年辐射总量约为4200~4650MJ/m²。在海拔400m以下的坡地分布着大量毛竹林,森林覆盖率达90%。研究区域内其他主要树种为杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、苦槠(*Castanopsis sclerophylla* Schott.)、青冈(*Cyclobalanopsis glauca* Oerst.)等。调查地海拔268~322m,地带性土壤为黄棕壤,均呈酸性,土层厚度一般为50~90cm。该区的主要岩层是寒武纪前的变质岩,燕山期侵入的花岗岩及下古代的砂岩。

1.2 标准地设置与样品采集

根据林分经营措施的不同,分别选择垦复毛竹纯林(P1)、未垦复毛竹纯林(P2)和毛竹阔叶混交林(P3)。垦复时间为2012年10月,且在春季对其施适量的氮肥。未垦复毛竹纯林和竹阔混交林未曾施肥。混交林中的阔叶树主要有苦槠、青冈等。每种类型共设置3个20m×20m的标准样地,每个样方至少间隔50m。对固定样地进行每木调查,实测其胸径、竹高。在标准地内以“S”型随机布置5个点,采样时先去除枯枝落叶层,采用土壤剖面法取0~20cm和20~40cm的土壤样品。土样带回室内拣去石砾、植物根系和碎屑,过2mm土壤筛,进行土壤理化分析。各标准样地的基本情况见表1。

表1 毛竹林各标准地基本情况

样地	林分类型	坡度	坡向	海拔 (m)	含水量 (%)	pH值
P1	垦复毛竹纯林	8°	西南15°	307	20.3	4.5
P2	未垦复毛竹纯林	10°	西北10°	255	18.7	4.3
P3	竹阔混交林	12°	北10°	275	18.5	4.7

1.3 样品分析

土壤理化性质测定按常规分析方法进行^[14]。土壤全氮含量采用元素分析仪(Isoprime-EuroEA3000,意大利)测定;土壤含水量采用烘干法测定;土壤pH值按1:2.5的水土比充分混合、摇匀后,用Extech pH计测定;速效钾采用NH₄OAc浸提火焰光度法测;速效P采用盐酸-氟化铵法测定;有机质采用重铬酸钾法测定。

1.4 数据处理

数据统计分析在SPSS 17.0软件下完成,采用单因素方差(One-way ANOVA)分析不同林地间土壤养分差异,采用最小显著差数法(LSD)比较不同参数间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 毛竹林生长状况

胸径和立竹度是衡量毛竹林生长状况及竹林结构的重要指标。由表2可知,不同毛竹林的平均胸径都在10cm以上,依据毛竹林生长级划分标准级^[15],可得出调查林分均属Ⅱ级毛竹林。温太辉的研究表明,立竹度在0.8以上的毛竹林属高产林分,0.3~0.8的属中产林分,0.3以下的属低产林分^[15]。就毛竹胸径指标而言,头陀镇不同经营措施的毛竹林均具有较高的生产力潜能。本研究中,垦复毛竹纯林(P1)的立竹度最大(0.49),但远低于立竹度在0.8以上的高产毛竹林分,竹阔混交林(P3)属中产林分;未垦复毛竹纯林均属低产林分。

2.2 不同毛竹林现存生物量比较

表 2 不同毛竹林生长状况

样地	密度(株/hm ²)	平均高度(m)	平均胸径(cm)	立竹度
P1	3268	15.82	12.35	0.49
P2	2615	10.05	10.02	0.28
P3	2960(1750)	10.36(11.43)	9.52(11.52)	0.31

注:括号内数据表示毛竹的相应指标。

由表 3 可知,安徽岳西头陀镇不同林分生物量差异明显。总生物量大小依次为:垦复毛竹纯林(96.50 t/hm²)>竹阔混交林(81.39 t/hm²)>未垦复毛竹纯林(78.17 t/hm²)。从不同毛竹林的生物量分配来看,竹叶、竹枝、竹秆、竹根和竹鞭分别占总生物量的 5.8%~6.9%、1.2%~4.7%、61.7%~70.5%、7.5%~10.2%和 10.6%~11.6%。垦复毛竹纯林的竹叶、竹秆、竹鞭生物量均显著高于其他两林分,未垦复毛竹纯林的竹枝生物量含量最大(9.07 t/hm²)。垦复毛竹纯林和竹阔混交林的生物量各组分生物量大小依次为:竹秆>竹鞭>竹根>竹叶>竹枝;而未垦复毛竹纯林为:竹秆>竹枝>竹鞭>竹根>竹叶。

表 3 不同毛竹林分生物量及其分配

样地	竹叶 (t/hm ²)	竹枝 (t/hm ²)	竹秆 (t/hm ²)	竹根 (t/hm ²)	竹鞭 (t/hm ²)	总生物量 (t/hm ²)
P1	6.75	4.51	66.78	7.31	11.15	96.50
P2	4.57	9.07	48.26	8.01	8.26	78.17
P3	5.08	3.84	57.35	6.09	9.03	81.39

2.3 不同毛竹林土壤养分特征

不同毛竹林土壤有机质、全氮、速效磷和速效钾含

量均表现为随土层深度的增加而减少,同一土层中养分含量差异显著(表 4)。竹阔混交林 0~20 cm 土层有机质含量分别是垦复毛竹纯林、未垦复毛竹纯林的 1.12、1.31 倍,全氮含量是 1.34、1.93 倍,速效磷含量是 1.38、1.69 倍。竹阔混交林 20~40 cm 土层内有机质、全氮和速效磷含量分别为 36.70 g/kg、1.36 g/kg 和 4.28 mg/kg,分别是垦复毛竹纯林的 1.14、1.20、1.04 倍,是未垦复毛竹纯林的 1.52、1.46、1.35 倍。经差异显著性检验可知,各林分和土层内土壤有机质、全氮和速效磷差异显著,垦复毛竹纯林土壤速效钾含量显著高于其他两林分。

表 4 不同毛竹林土壤(0~40 cm)养分含量变化

样地	土层 (cm)	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
P1	0~20	36.15(1.71)b	2.12(0.32)b	7.33(0.01)b	120.12(1.34)a
	20~40	32.20(0.89)c	1.13(0.11)de	4.11(0.02)e	63.12(1.72)d
P2	0~20	30.80(1.43)c	1.47(0.08)c	5.99(0.15)c	87.07(1.64)c
	20~40	24.19(1.04)d	0.93(0.03)e	3.17(0.03)f	41.02(2.05)f
P3	0~20	45.23(2.14)a	2.84(0.01)a	10.15(0.01)a	107.87(2.01)b
	20~40	36.70(1.12)b	1.36(0.06)cd	4.28(0.02)d	58.11(1.78)e

注:表中同列数据后小写英文字母不同者表示差异显著,括号内数据为标准偏差。

2.4 不同毛竹林生长指标与土壤养分含量相关分析

相关分析结果(表 5)表明,不同毛竹林的总生物量与土壤有机质呈极显著正相关($r=0.87$),与全氮和速效磷含量呈不同程度的显著正相关。平均胸径分别与 0~20 cm 土层有机质和速效磷呈显著的正相关。立竹度仅与 0~20 cm 土层有机质达显著的正相关($r=0.82$)。

表 5 不同毛竹林生长指标与土壤养分之间相关分析结果

指标	有机质		全氮		速效磷		速效钾	
	0~20cm	20~40cm	0~20cm	20~40cm	0~20cm	20~40cm	0~20cm	20~40m
平均胸径	0.79*	0.64	0.68	0.32	0.70*	0.89	0.83	-0.56
立竹度	0.82*	0.63	0.82	0.53	0.49	-0.24	-0.56	-0.12
总生物量	0.87**	0.72*	0.80*	0.82*	0.79*	0.53	0.08	-0.24

注:*表示显著相关,**表示极显著相关。

3 结论与讨论

林分结构对林木的生长发育有着重要影响。由于毛竹纯林“自肥”能力差,土壤肥力衰退,必然导致林分产量减少,使得质量下降。调整竹林的群体结构和改善竹林的生长条件,是提高毛竹产量的两个重要方面。其中,立竹度与胸径是群落结构的两个重要指标。头陀镇毛竹试验林区的平均胸径都在 10 cm 以上,属Ⅱ级毛竹林,具有较高的生产潜力。但从立竹度来看,垦复毛竹纯林和竹阔混交林的立竹度分别为 0.4 和 0.31,均属中产林

分,说明竹阔混交林的立竹密度较为合理,林分的长势较好;而未垦复毛竹纯林的立竹度为 0.28,属低产林分。可见,单一指标来衡量毛竹林的生产力是片面的。头陀镇试验毛竹林区的生产力属中等偏低,这可能是由于在森林经营中人为干扰频繁,造成土壤较紧实、结构差、通透性不佳,引起土壤的渗透性能降低^[16]。适度的垦复林地可以改善土壤的理化性质,有利于调整地下竹鞭结构,增强对土壤养分的吸收。通常认为竹阔混交林能够充分利用光能,改善竹林的生态环境,增强能量流动与物质循环。本研究结果显示,不同毛竹林分总生物量依次为:

垦复毛竹纯林(96.50 t/hm²)>竹阔混交林(81.39 t/hm²)>未垦复毛竹纯林(78.17 t/hm²),且各生物量组分差异较明显。尽管竹阔混交林的总生物量低于垦复毛竹纯林的,但从较高的生产力和显著的经济效益考虑,竹阔混交是发展毛竹生产的有效手段,竹阔混交的优越性只有在合理的混交结构中才能体现出来。

土壤养分状况与植物产量密切相关。土壤养分状况是土壤内部物理、化学、生物等因素耦合的结果^[17-18]。土壤有机质是土壤养分的主要来源,是评价土壤肥力的重要指标之一。本研究中,竹阔混交林的土壤有机质含量显著高于垦复毛竹纯林和未垦复毛竹纯林。这与竹阔混交林的凋落物养分相对较高有关,凋落层是土壤有机质的主要补给者,调节着林木生态系统的结构、功能和过程^[19]。土壤速效磷、钾含量在一定程度上反映了土壤中养分的贮量和供应能力。垦复毛竹纯林土壤全氮、速效磷和速效钾含量显著高于未垦复毛竹纯林。这可能是垦复毛竹纯林土壤的水热通气状况得到了改善,有利于土壤微生物活动,加速凋落物养分的释放。土壤全氮是土壤氮素养分的储备指标,在一定程度上说明土壤氮的供应能力,较高的含氮量常标志较高的氮素供应水平^[20]。不同毛竹林土壤全氮差异显著,竹阔混交林土壤全氮含量最大。相关分析表明,不同毛竹林的总生物量与土壤有机质、全氮和速效磷含量呈不同程度的显著正相关。因此,在今后的竹林栽培管理过程中,应以氮磷为主,提高竹林的生产力和经济效益。

参考文献:

- [1] 陈志龙,李冰洁.武夷山黄红壤带毛竹林土壤环境及其改良[J].吉林师范大学学报(自然科学版),2008(3):127-129.
- [2] 孙刚,邓文鑫,王陆军,等.安徽肖坑天然毛竹林生产力及其土壤养分特点[J].经济林研究,2009,27(3):28-32.
- [3] 骆爱琴,曾玲梅,王勤.安徽铜陵毛竹林生长与土壤特点分析[J].山东林业科技,2010(2):40-41.
- [4] 王兵,魏文俊,邢兆凯,等.中国竹林生态系统的碳储量[J].生态环境,2008,17(4):1680-1684.
- [5] 葛萍,尹维彬,王雷,等.合肥蜀山森林公园马尾松林松材线虫病危害后土壤溶解性有机碳氮与养分的变化[J].安徽农业大学学报,2011,38(4):511-516.
- [6] Powers J S, Haggard J P, Fisher R F. The effect of overstory composition on understory wood regeneration and species richness in 7-year-old plantations in Costa Rica[J]. Forest Ecology and Management, 1997,99:43-54.
- [7] Huang T, Yue X J, Ge X Z, et al. Evaluation of soil quality on gully region of loess plateau based on principal component analysis[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2010,28(3):141-147.
- [8] Schoenholtz S H, Miegroet H V, Burger J A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality challenges and opportunities[J]. Forest Ecology and Management, 2000,138(1-3):335-356.
- [9] 山西农学院土壤农化专业.土壤学[M].北京:人民教育出版社,1975.
- [10] 吴家森.毛竹生长与土壤环境[J].竹子研究汇刊,2006,25(2):3-6.
- [11] 吴家森,周国模,徐秋芳,等.不同年份毛竹营养元素的空间分布及与土壤养分的关系[J].林业科学,2005,141(13):171-173.
- [12] 郭晓敏,牛德奎,郭熙,等.奉新毛竹林土壤养分空间变异性研究[J].植物营养与肥料学报,2006,12(3):420-425.
- [13] 周早弘.毛竹四季笋开发技术[J].广东农业科学,2007(12):107-108.
- [14] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:上海科学技术出版社,1978.
- [15] 温太辉.竹林生产力因子的评价[J].竹子研究会刊,1990,9(2):1-10.
- [16] 张昌顺,范少辉,官凤英,等.闽北毛竹林的土壤渗透性及其影响因子[J].林业科学,2009,45(1):36-42.
- [17] Huggett R J. Soil chronosequences, soil development and soil evolution: a critical review[J]. Catena, 1998,32:155-172.
- [18] Bautista-Cruz A, Del Castillo R F, Etchevers-Barra J D, et al. Selection and interpretation of soil quality indicators for forest recovery after clearing of a tropical montane cloud forest in Mexico[J]. Forest Ecology and Management, 2012,277:74-80.
- [19] Xu X N, Hirata E. Forest floor mass and litterfall in Pinus luchuensis plantations with and without broad-leaved trees[J]. Forest Floor Mass and Ecology and Management, 2002,157:165-173.
- [20] 林德喜,樊后保,苏兵强,等.马尾松林下套种阔叶树土壤理化性质的研究[J].土壤学报,2004,41(4):655-659.

(责任编辑 杨贤智)

更正:

本刊 2014 年第 8 期第 8 页《2013 年广东对虾产业发展形势与对策建议》一文通讯作者:万忠(1963-),男,博士,研究员,E-mail:wanzhong2005@21cn.com,应为曹俊明(1962-),男,博士,研究员,E-mail:junmcao@163.com