

# 湘中丘陵区不同经营目标 对毛竹林土壤养分库的影响

漆良华<sup>1</sup> 孟勇<sup>2</sup> 岳祥华<sup>1</sup> 范少辉<sup>1</sup>  
艾文胜<sup>2</sup> 刘广路<sup>1</sup> 杜满义<sup>1</sup>

1. 国际竹藤中心, 北京 100102; 2. 湖南省林业科学院, 长沙 410004

**摘要** 以湘中丘陵区毛竹笋用林(I)、笋材兼用林(II)、材用林(III)为研究对象, 考察不同经营目标对毛竹林的土壤养分特征、养分库综合指数以及养分相关关系的影响。结果表明: 毛竹笋用林、笋材兼用林、材用林0~60 cm 土层土壤有机质、全氮、水解氮、全磷、有效磷、全钾和速效钾含量随着土层下降总体呈降低趋势, 变化范围分别为 18.88~40.24 g/kg、1.08~2.19 g/kg、60.00~200.00 mg/kg、0.36~0.52 g/kg、0.84~4.07 mg/kg、11.29~23.46 g/kg 和 31.72~86.70 mg/kg。毛竹笋用林土壤有机质、全氮及速效钾含量较高, 笋材兼用林水解氮、全磷及有效磷含量较高, 毛竹材用林土壤全钾较丰富。土壤养分库综合指数以毛竹笋材兼用林最高, 笋用林次之, 材用林最低, 分别为 3.908 1、3.522 8 和 3.265 0; 湘中丘陵区毛竹林土壤有机质、全氮、水解氮比较丰富, 而土壤普遍缺乏磷素、钾素。土壤有机质与全氮、水解氮、全磷、有效磷和速效钾均呈显著正相关, 全氮与水解氮、全磷与有效磷之间也存在显著正相关。

**关键词** 毛竹; 土壤养分库; 经营目标; 综合指数; 湘中

**中图分类号** S 718.5 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2012)05-0584-05

毛竹(*Phyllostachy edulis*)林是我国南方最重要、最典型的竹林资源类型, 占全国竹林面积的70%左右<sup>[1]</sup>。长期以来, 维持竹林养分良好循环, 保持林地长期生产力一直为众多学者所关注, 并针对毛竹林养分动态及诊断标准<sup>[2-3]</sup>、土壤养分状况及空间变异<sup>[4-5]</sup>、养分平衡<sup>[6]</sup>、施肥效应<sup>[7-8]</sup>和群落特征等<sup>[9]</sup>方面开展了较深入的研究。在目前全球气候变化和毛竹林经营强度不断提高的背景下, 有关毛竹林集约经营导致地力下降、生物多样性降低及可持续经营等研究也日益受到重视<sup>[10]</sup>。湘中丘陵区是我国毛竹集中分布区域之一, 由于经营较粗放, 导致竹林结构不合理、土壤养分含量降低、立地质量退化、低质低效林所占比重较大<sup>[11]</sup>。笔者以毛竹笋用林、笋材兼用林、材用林为研究对象, 探讨不同经营目标下毛竹林土壤养分状况、养分库综合指数的变化规律, 旨在为该区域毛竹林土壤质量保育与可持续经营提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

研究地点位于湖南省益阳市赫山区泥江口镇、新市渡镇(112°30' E~112°43' E, 28°16' N~28°29' N), 属于雪峰山余脉, 中低山地貌, 海拔 300 m, 坡度 5~35°。中亚热带季风湿润气候, 气候温和, 雨量充沛, 年均气温 16.9 °C, 全年最热月为 7 月, 月平均气温 29.2 °C; 最冷月为 1 月, 月平均温度 4.4 °C; 全年无霜期 274 d, 年平均日照时数 1 643 h; 年降水量 1 460 mm, 降水季节为 5—8 月, 年平均相对湿度 81%, 年平均干燥度 0.71。研究区成土母质主要以板页岩为主, 土壤多为红壤。研究区毛竹林成片集中分布, 但因长期缺乏合理经营管护措施导致生产力低下。自 2004 年开始, 根据经营目标、立地条件和竹林生长状况的差异, 综合运用劈山除杂、削山松土、留笋养竹、开沟施肥、采伐勾梢等经营管护措施,

收稿日期: 2011-09-05

基金项目: 林业公益性行业科研专项(201104008)和国际竹藤中心基本业务专项(1632008005)

漆良华, 博士, 副研究员。研究方向: 森林培育与森林生态学。E-mail: qilianghua2008@yahoo.com.cn

通讯作者: 范少辉, 博士, 研究员。研究方向: 森林培育。E-mail: fansh@icbr.ac.cn

实施年度作业,开展了笋用林、材用林以及笋材兼用林的毛竹丰产示范基地建设。

1.2 研究方法

1)样地设置与调查。在研究区内根据竹林经营目标的差异,分别选择有代表性且水肥管理条件一

致的毛竹笋用林(I)、笋材兼用林(II)、材用林(III),每种类型林分别各设置固定样地 3 个,共 9 个,样地面积为 600 m<sup>2</sup>。调查样地所处立地条件,样地内进行每竹检尺,详细记录立竹胸径、全高、冠幅、枝下高、立竹年龄、立竹密度等因子(表 1)。

表 1 样地基本情况<sup>1)</sup>

Table 1 Basic information of sampling plots

类型 Types	坡位 Slope position	坡向 Slope exposure	坡度/ ° Slope degree	海拔/m Elevation	郁闭度 Canopy density	立竹密度/ (株/hm <sup>2</sup> ) Density	平均 胸径/cm DBH	总盖度/% Total coverage	乔层盖度/% Arbor layer coverage	灌层盖度/% Shrub layer coverage	草层盖度/% Herbaceous layer coverage
I	下 Down slope	西北 Northwest	20	153	0.65	1 900	9.95	85	65	70	40
I	中 Middle slope	西 West	20	162	0.80	3 383	9.87	90	80	50	10
I	下 Down slope	东 East	24	160	0.60	2 150	8.16	70	60	80	10
II	下 Down slope	南 South	10	140	0.50	2 450	8.98	75	50	5	30
II	下 Down slope	东 East	25	126	0.80	2 650	9.16	95	80	60	10
II	下 Down slope	西 West	25	182	0.75	2 683	8.82	95	80	60	10
III	下 Down slope	西北 Northwest	30	175	0.70	1 983	8.76	85	70	65	35
III	中 Middle slope	东南 Southeast	25	135	0.80	3 067	9.61	85	80	15	5
III	中 Middle slope	东北 Northeast	35	150	0.60	2 150	8.72	80	60	60	10

1) I、II、III 分别表示毛竹笋用林、笋材兼用林、材用林。I, II, III means *Phyllostachy edulis* shoot utilizing stands, shoot and timber utilizing stands and timber utilizing, respectively. DBH: Diameter at breast height.

2)土壤样品采集与分析。2009 年 10 月 23 至 29 日采集土样,样地内分层(0~20、20~40、40~60 cm)采集分析样品,土壤各层取样分上、中、下坡 3 个取样点,并在每个取样点不同位置取 3 个点的混合样,取样点的分布基本采用 S 形,分层混合采集土壤样品 1 kg 左右,供室内分析测定土壤有机质及各种养分指标。重铬酸钾法测定有机质,扩散吸收法测定全氮,钼锑抗比色法测定全磷,碱解扩散法测定水解氮,双酸浸提剂法测定有效磷,火焰光度计法测定全钾、速效钾<sup>[12]</sup>。

3)基于综合指数法的土壤养分库评价。采用综合指数法<sup>[13]</sup>对不同经营目标毛竹林土壤养分库进行定量评价。选择有机质、全氮、水解氮、全磷、有效磷、全钾、速效钾 7 个养分指标建立评价指标体系。土壤养分含量的临界值,取全国土壤养分分级标准中等级别的下限值<sup>[14]</sup>。

4)统计分析。方差分析(ANOVA)、LSD 多重比较以及土壤养分库单项指数、综合指数等均应用

SPSS、Excel 中的相关程序进行计算和分析。

2 结果与分析

2.1 土壤有机质

由表 2 可知,湘中丘陵区毛竹林不同经营目标下 0~60 cm 土层土壤有机质含量为 18.88~40.24 g/kg,最大值为最小值的 2.13 倍。随着土层下降,毛竹笋用林、笋材兼用林、材用林土壤有机质含量呈降低趋势。0~20、20~40、40~60 cm 同一土层条件下土壤有机质含量方差分析均未达到显著水平,毛竹笋用林由于林下植被、枯落物较多,长期分解、累积,补充到土壤的养分也较多,0~20 cm 表层土壤有机质含量最高,笋材兼用林、材用林因产量输出较多,故表层土壤有机质含量较低。

2.2 土壤氮磷钾含量

1)土壤氮素。全氮是土壤肥力的重要表征参数,水解氮则反映土壤可供氮的水平,0~60 cm 土层两者的变化范围分别为 1.08~2.19 g/kg,

60.00~200.00 mg/kg(表 2),且均呈现土层下降,含量降低的变化规律。不同经营目标毛竹林土壤全氮含量在不同土层差导均未达显著水平( $P>0.05$ ),水解氮含量在 20~40 cm 土层不显著( $P>0.05$ ),但在 0~20、40~60 cm 2 个土层下均达显著水平( $P<0.05$ )。不同土层全氮含量变化没有明显规律,但水解氮含量均以笋材兼用林最高,笋用林次之,材用林最低,排序为 II>I>III。

2)土壤磷素。不同经营目标毛竹林土壤全磷在不同土层差异均不显著( $P>0.05$ ),有效磷含量差异也仅在 20~40 cm 土层达显著水平( $P<0.05$ )。

0~60 cm 土层全磷、有效磷的变化范围分别为 0.36~0.52 g/kg 和 0.84~4.07 mg/kg(表 2)。全磷及有效磷含量总体以笋材兼用林较高,不同经营类型毛竹林全磷含量也表现出随土层下降而下降的规律,有效磷含量表现出 0~20 cm 土层高于 20~40、40~60 cm 土层,不同土层有效磷含量的差异反映了各经营目标下竹株对土壤养分利用上的差异,20~40、40~60 cm 土层是根系分布与活动旺盛空间,笋用林与材用林因挖笋及采伐输出导致土壤磷素流失较多,而枯枝落叶腐解归还到土壤的有效磷含量主要集中在 0~20 cm 土层。

表 2 土壤养分含量、方差分析及多重比较<sup>1)</sup>

Table 2 ANOVA and ANOVA-LSD of soil nutrient contents

土层/cm Soil layers	林分类型 Types	OM/(g/kg)	TN/(g/kg)	AN/(mg/kg)	TP/(g/kg)	AP/(mg/kg)	TK/(g/kg)	AK/(mg/kg)
0~20	I	40.24 a	2.19 a	14.00 b	0.47 a	1.75 a	17.57 b	86.70 a
	II	39.37 a	1.83 a	200.00 a	0.51 a	4.07 a	21.67 a	63.08 a
	III	36.23 a	1.69 a	120.00 b	0.52 a	2.00 a	23.46 a	57.54 a
	F	0.200 1	1.129 4	4.101 6	0.203 2	3.342 6	6.536 5	0.724 9 a
	P	0.823 9	0.383 4	0.075 4*	0.821 5	0.105 8	0.031 1*	0.522 4 a
20~40	I	25.66 a	1.44 a	100.00 a	0.38 a	1.56 b	15.21 b	48.85 a
	II	24.07 a	1.28 a	130.00 a	0.50 a	2.22 a	14.90 b	41.04 a
	III	30.30 a	1.51 a	70.00 a	0.42 a	0.84 c	20.30 a	52.16 a
	F	0.451 5	0.305 5	3.188 7	0.593 4	9.330 8	4.413 1	0.278 5
	P	0.656 7	0.747 6	0.113 9	0.581 9	0.014 4*	0.066 3*	0.766 2
40~60	I	18.88 a	1.20 a	60.00 b	0.36 a	1.15 a	12.64 b	46.80 a
	II	21.23 a	1.20 a	90.00 a	0.43 a	2.70 a	11.29 b	40.76 a
	III	20.33 a	1.08 a	70.00 b	0.40 a	1.50 a	18.21 a	31.72 a
	F	0.179 9	0.407 4	6.750 0	0.330 4	3.369 6	11.556 2	0.383 9
	P	0.839 7	0.682 5	0.029 1*	0.730 9	0.104 5	0.008 8**	0.696 8

1) \*:  $P<0.1$ ; \*\*:  $P<0.01$ ; 不同字母分别表示差异达 0.05 显著水平 Different small letters meant significant difference at 0.05 level; OM:有机质 Organic matter; TN:全氮 Total nitrogen; AN:水解氮 Available nitrogen; TP:全磷 Total phosphorus; AP:有效磷 Available phosphorus; TK:全钾 Total potassium; AK:速效钾 Available potassium;下同 The same as below.

3)土壤钾素。不同经营目标下毛竹林 0~60 cm 土层土壤全钾、速效钾含量变化范围分别为 11.29~23.46 g/kg 和 31.72~86.70 mg/kg(表 2)。不同土层土壤全钾含量差异均达显著水平,0~20、20~40、40~60 cm 土层的 P 值分别为 0.031 1、0.066 3 和 0.008 8,速效钾含量在不同土层差异均不显著( $P>0.05$ )。土壤全钾、速效钾含量变化均以 0~20 cm 土层最高,表现出随土层下降

而降低的规律。不同土层全钾含量均以毛竹材用林最高,速效钾以毛竹笋用林较高。

### 2.3 土壤养分库综合指数

土壤养分库综合指数越高,表明不同经营目标条件下毛竹林土壤肥力水平越高,可供毛竹生长发育的养分越丰富。根据 0~60 cm 土层土壤养分平均值 X 及土壤养分含量临界值 M(表 3),从而得到各养分指标的单项指数 y(表 4)。

表 3 土壤养分含量临界值

Table 3 The critical value of soil nutrient contents

土壤养分指标 Soil nutrient indices		OM/(g/kg)	TN/(g/kg)	AN/(mg/kg)	TP/(g/kg)	AP/(mg/kg)	TK/(g/kg)	AK/(mg/kg)
平均值 X	I	28.26	1.61	100.00	0.40	1.49	15.14	60.78
Average	II	28.22	1.44	140.00	0.48	3.00	15.95	48.29
	III	28.95	1.43	90.00	0.45	1.45	20.66	47.14
临界值 M	Critical values	20.00	1.00	100.00	1.50	10.00	20.00	100.00

表4 土壤养分指标单项与综合指数

Table 4 Monomial and integration indexes of soil nutrients contents

林分类型 Types	单项指数 Monomial index							综合指数 I Integration index
	OM	TN	AN	TP	AP	TK	AK	
I	1.413 0	1.610 0	1.000 0	0.266 7	0.149 0	0.757 0	0.607 8	3.522 8
II	1.411 0	1.440 0	1.400 0	0.320 0	0.300 0	0.797 5	0.482 9	3.908 1
III	1.447 5	1.430 0	0.900 0	0.300 0	0.145 0	1.033 0	0.471 4	3.265 0

单项指数大于1,表明土壤养分含量丰富;单项指数小于1,表明土壤养分含量缺乏。由表4可知,不同经营目标下毛竹林土壤有机质、全氮含量均很丰富,水解氮除毛竹材用林略显不足外(0.900 0),笋用林及笋材兼用林也较丰富。土壤磷素、钾素普遍缺乏,仅材用林土壤全钾较丰富(1.033 0)外,其余单项指数均小于1,含量低于临界值。根据综合指数法的计算方法,得到土壤养分库综合指数 I (表4)。土壤养分库综合指数以毛竹笋材兼用林最高,笋用林次之,材用林最低,分别为3.908 1、3.522 8和3.265 0。

## 2.4 土壤养分相关性分析

对不同经营目标下毛竹林土壤有机质、全氮、水解氮、全磷、有效磷、全钾及速效钾7种养分要素进行相关性分析,Pearson相关系数矩阵见表5。相关性结果表明,土壤有机质与全氮、水解氮、全磷、有效磷和速效钾均呈显著相关关系,表明有机质的积累和分解速率对土壤氮磷钾的分布具有重要影响。全氮与水解氮、全磷与有效磷均呈正相关,这反映了土壤中可供作物吸收利用的氮、磷含量在一定程度上受土壤总氮、磷制约的基本规律,尤以磷元素更明显,全磷与速效磷的正相关关系达显著水平。

表5 土壤养分指标的 Pearson 相关系数

Table 5 Pearson correlation coefficients among soil nutrient indices

指标 Indices	OM	TN	AN	TP	AP	TK	AK
OM	1.000 0						
TN	0.916 1**	1.000 0					
AN	0.627 4**	0.566 8**	1.000 0				
TP	0.429 5**	0.419 4**	0.289 2	1.000 0			
AP	0.336 0*	0.297 8*	0.669 1**	0.333 8*	1.000 0		
TK	0.158 8	0.012 1	0.092 3	-0.030 9	-0.153 6	1.000 0	
AK	0.474 9**	0.581 9**	0.487 8**	0.157 9	0.186 0	0.188 8	1.000 0

## 3 讨论

自然条件下矿物质的风化是土壤养分库的重要来源之一,不同经营目标与经营措施对土壤养分库的调控作用也存在差异<sup>[15]</sup>。湘中丘陵区毛竹林不同经营目标下笋用林、笋材兼用林、材用林0~60 cm土层土壤有机质、全氮、水解氮、全磷、有效磷、全钾和速效钾含量分别为18.88~40.24 g/kg、1.08~2.19 g/kg、60.00~200.00 mg/kg、0.36~0.52 g/kg、0.84~4.07 mg/kg、11.29~23.46 g/kg和31.72~86.70 mg/kg。随着土层下降,不同类型毛竹林土壤有机质及氮磷钾含量总体呈降低趋势,土壤养分库具有明显的表聚效应,这与湘西北、黄土丘陵侵蚀区等区域的森林土壤养分分布规律的研究结果一致<sup>[16-17]</sup>,这主要是在自然条件及人为干扰下,死地被物积累与分解、土壤-植被系统互作效应对土壤养分库分布格局产生的影响。

土壤养分元素含量的差异反映了各经营目标下竹林对土壤养分利用上的差异。不同经营目标下,

毛竹笋用林土壤有机质、全氮及速效钾含量较高,笋材兼用林水解氮、全磷及有效磷含量较高,毛竹材用林土壤全钾较丰富。然而,土壤养分库综合指数表明,湘中丘陵区毛竹林土壤有机质、全氮、水解氮比较丰富,而土壤普遍缺乏磷素、钾素,在以后的经营过程中,应增施磷肥、钾肥,以保证毛竹林正常生长经营所需的养分,提高竹林生产力。土壤养分库综合指数以毛竹笋材兼用林最高,笋用林次之,材用林最低,分别为3.908 1、3.522 8和3.265 0,这可能由于经营方式的差异影响了养分的输入输出,材用林杆材输出多,归还土壤养分少<sup>[10]</sup>。土壤有机质与全氮、水解氮、全磷、有效磷和速效钾均呈显著相关关系,表明有机质的积累和分解速率对土壤氮磷钾的分布具有重要影响<sup>[15]</sup>。

## 参 考 文 献

- [1] 漆良华,刘广路,范少辉,等.不同抚育措施对闽西毛竹林碳密度、碳贮量与碳格局的影响[J].生态学杂志,2009,28(8): 1482-1488.

- [2] 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.
- [3] 陈卫文,罗治建,陈防,等.鄂南毛竹林的养分状况与营养诊断标准[J].东北林业大学学报,2004,32(2):41-44.
- [4] 徐秋芳,姜培坤,董敦,等.毛竹林地土壤养分动态研究[J].竹子研究汇刊,2000,19(4):46-49.
- [5] 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.
- [6] SHANMUGHAREL P, FRANCIS K. The balance and diversion of nutriment with difference age term in the growth process of bamboo [J]. Biological Fertilization Soil, 1997, 25 (1): 69-74.
- [7] 郭晓敏,牛德奎,杜天真,等.毛竹林平衡施肥持续效应研究初报[J].江西农业大学学报,2002,24(6):786-790.
- [8] 胡冬南,陈立新,李发凯,等.配方施肥对毛竹笋竹的影响[J].江西农业大学学报,2004,26(2):196-199.
- [9] 颜玉娟,赵虎,杨倩,等.湖南阳明山毛竹林群落特征[J].华中农业大学学报,2010,29(3):375-378.
- [10] 蒋俊明,刘大雷,范少辉,等.川南毛竹林生态系统养分动态分析[J].南京林业大学学报:自然科学版,2010,34(2):31-36.
- [11] 艾文胜,彭小兰,李典军,等.湖南毛竹生态地理研究[J].湖南林业科技,2009,36(2):1-6.
- [12] 中华人民共和国林业行业标准.森林土壤分析方法[S].北京:国家林业局,1999.
- [13] 杜栋,庞庆华,吴炎.现代综合评价方法与案例精选[M].北京:清华大学出版社,2008.
- [14] 全国土壤普查办公室.中国土壤[M].北京:中国农业出版社,1998.
- [15] 高志勤,傅懋毅.不同毛竹林土壤碳氮养分的季节变化特征[J].浙江林学院学报,2006,22(3):248-254.
- [16] 漆良华,周金星,张旭东,等.湘西北小流域不同植被恢复模式土壤养分库效应[J].东北林业大学学报,2010,38(2):38-41.
- [17] 魏孝荣,邵明安.黄土高原沟壑区小流域坡地土壤养分分布特征[J].生态学报,2007,27(2):603-612.

## Influence of different managing targets on soil nutrient pools of *Phyllostachy edulis* forests in hilly region, central Hunan

QI Liang-hua<sup>1</sup> MENG Yong<sup>2</sup> YUE Xiang-hua<sup>1</sup> FAN Shao-hui<sup>1</sup>  
AI Wen-sheng<sup>2</sup> LIU Guang-lu<sup>1</sup> DU Man-yi<sup>1</sup>

1. International Center for Bamboo and Rattan, Beijing 100102, China;  
2. Hunan Academy of Forestry, Changsha 410004, China

**Abstract** Based upon the case of the hilly region in central Hunan, soil nutrient pool contents, integration indexes and Pearson coefficients among nutrient elements were studied for three typical managing target patterns, which included shoot utilizing stands (Ⅰ), shoot and timber utilizing stands (Ⅱ) and timber utilizing (Ⅲ) of *Phyllostachy edulis* forests. It was found that soil nutrient pool contents decreased obviously in the profiles within 0~60 cm. In different patterns and soil layers, the contents of organic matter (OM), total nitrogen (TN), available nitrogen (AN), total phosphorus (TP), available phosphorus (AP), total potassium (TK) and available potassium (AK) were 18.88-40.24 g/kg, 1.08-2.19 g/kg, 60.00-200.00 mg/kg, 0.36-0.52 g/kg, 0.84-4.07 mg/kg, 11.29-23.46 g/kg and 31.72-86.70 mg/kg, respectively. In type Ⅰ, the contents of OM, TN and AK were relatively high, and the contents of AN, TP and AP were higher in type Ⅱ, the contents of TK were higher in type Ⅲ. Soil nutrient pool integration indexes was the highest in type Ⅱ, followed by type Ⅰ and Ⅲ, with score of 3.908 1, 3.522 8 and 3.265 0. For the hilly region in central Hunan, the contents of soil OM, TN and AN were plentiful and phosphorus and potassium elements were in short universally in *P. edulis* forests. The contents of soil OM were positively correlated with TN, AN, TP, AP and AK, and there also existed Pearson coefficients between TN and AN, TP and AP.

**Key words** *Phyllostachy edulis*; soil nutrient pool; managing targets; integration index; central Hunan

(责任编辑:陆文昌)