

## 川南毛竹林土壤肥力研究

蒋俊明<sup>1</sup>, 朱维双<sup>2</sup>, 刘国华<sup>3</sup>, 费世民<sup>1</sup>, 陈秀明<sup>1</sup>

(1. 四川省林业科学研究院, 四川 成都 610081; 2. 四川省长宁县林业局, 四川 长宁 614000;  
3. 中国林业科学研究院 林业研究所, 北京 100091;)

摘要: 从土壤剖面特征、土壤水物理性质、土壤氮磷钾养分和土壤酸化状况等方面分析了川南毛竹 *Phyllostachys pubescens* 林土壤的肥力状况和存在的主要问题。结果显示: 毛竹林根系活动层(60 cm)土壤结构较好, 土壤水源涵养功能的大小和土壤的有机质质量分数随毛竹林成林时间和海拔高度的增加而增加; 但土壤黄化、酸化特征较明显, 土壤酸性调节主要以施用石灰为主, 其中谷底毛竹林改造需石灰量为 10.625 t·hm<sup>2</sup>, 坡面的里白毛竹林为 14.811 t·hm<sup>2</sup>, 岗地毛竹林需石灰量为 12.558 t·hm<sup>2</sup>; 在氮磷钾 3 种元素中, 氮素供应总体上良好, 但要获得高产, 氮肥的补充也是必需的。毛竹林土壤的钾素供应位于缺乏和很缺乏范围, 而土壤中的磷极度缺乏, 因此, 目前川南毛竹林地磷和钾肥施用是提高毛竹林产量最重要也是最迫切的技术措施。表 3 参 22

关键词: 土壤学; 毛竹; 竹林; 土壤肥力; 土壤酸化; 经营技术

中图分类号: S714.8 文献标志码: A 文章编号: 1000-5692(2008)04-0486-05

## Soil fertility in a *Phyllostachys pubescens* forest of southern Sichuan

JIANG Jun-ming<sup>1</sup>, ZHU Wei-shuang<sup>2</sup>, LIU Guo-hua<sup>3</sup>, FEI Shi-ming<sup>1</sup>, CHEN Xiu-ming<sup>1</sup>

(1. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, Sichuan, China; 2. Forest Enterprise of Changning County, Sichuan Province, Changning 614000, Sichuan, China; 3. Research Institute of Forestry, The Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Growing altitude and bamboo growth history were used to analyze the status and the evolution of soil fertility according to four aspects, namely 1) water-holding capacity, 2) soil acidification in four *Phyllostachys pubescens* bamboo stands (on a valley bottom, middle slope, upside slope and a valley top) of southern Sichuan, and nutrient status, and profile characteristics of soil. Results showed that 1) soil structure in the rhizosphere was very high; water-holding capacity and organism count in the soil increased with altitude and duration of bamboo growth. However, soil etiolation and soil acidification was obvious. 2) Soil acidity was adjusted with lime; best applications were 10.625 t·hm<sup>2</sup> on the valley bottom, 14.811 t·hm<sup>2</sup> for the middle slope, and 12.558 t·hm<sup>2</sup> on the valley top. 3) In all the soils, N for attaining high yield was insufficient; K was insufficient or very insufficient; and P was extremely insufficient. Therefore, at present, N and P fertilization is the best way to increase yield of *Phyllostachys pubescens* bamboo stands in southern Sichuan. [Ch, 3 tab. 22 ref.]

Key words: pedology; *Phyllostachys pubescens*; bamboo forest; soil fertilization; soil acidity; management techniques

毛竹 *Phyllostachys pubescens* 主要分布于秦岭、汉水和长江流域以南的各省区, 海拔多为 400 ~ 900 m, 四川则以长宁、江安和兴文等县面积最大。国内在毛竹林土壤养分动态及诊断标准<sup>[1,2]</sup>, 土壤养分的状况及空间变异<sup>[3,4]</sup>, 平衡施肥<sup>[5-7]</sup>, 毛竹林区降水的养分输入<sup>[8]</sup>, 毛竹林的水源涵养功能<sup>[9-12]</sup>,

收稿日期: 2007-09-03; 修回日期: 2007-11-26

基金项目: “十一五”国家林业科技支撑项目(2006BAD03A15; 2006BAD19B0302)

作者简介: 蒋俊明, 副研究员, 从事森林生态和土壤水分研究。E-mail: jiang109@163.com

毛竹纯林的地力下降原因<sup>[13-15]</sup>等方面的研究甚多。目前, 毛竹林地力下降和可持续经营成为关注的热点。川南的长宁县毛竹林的地力衰退已成为影响该区毛竹产业生产的瓶颈(年均产量仅为 $13.5 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ), 20 世纪 80 年代末, 蜀南竹海景区毛竹林成片死亡, 是该区林地土壤退化的明显标志<sup>[17,18]</sup>。虽然对毛竹林的地力培育的研究较多, 但对施肥数量和种类、理论依据还未形成共识<sup>[19]</sup>。本文从毛竹林的土壤剖面特征、土壤水分性质、土壤的营养状况以及老竹林的酸化等问题入手, 评价了川南毛竹林土壤肥力及施肥建议。

## 1 基本情况

### 1.1 试验区的概况

研究区位于四川长宁县的万林和梅桐(28°28' N, 105°00' E), 属典型的中亚热带湿润性季风气候。年平均气温为 18.3℃, 年极端最高气温 40.7℃, 极端最低气温-4.2℃, 年均降水量 1 104 mm, 主要集中在 6 - 9 月, 年均日照时间为 1 112 h, 年平均相对湿度 83%, 10℃ 的积温为 6 000℃ 左右。植被覆盖率达 42%。主要的林分类型有毛竹林、苦竹 *Pleioblastus amarus* 林、黄竹 *Bambusa rigida* 林和杉木 *Cunninghamia lanceolata* 林等。其中毛竹林面积最大, 目前已达 1.33 万  $\text{hm}^2$ , 可见毛竹林在该县经济、生态和旅游产业中的重要地位, 但由于长期对竹林采取粗放式经营, 因酸化、黄化而导致的土地退化现象在长宁竹海竹林经营区特别严重。

### 1.2 样地概况

根据川南毛竹林特点, 样地主要按海拔梯度设置, 同时在低海拔设置成林时间相对较短的毛竹林作对照, 拟探讨海拔和成林时间对毛竹林地肥力的影响。各样地情况见表 1。

表 1 毛竹样地概况

Table 1 The general situation of different *Phyllostachys pubescens* sampling sites

样号	地点	海拔/m	坡位	坡度/(°)	坡向/(°)	郁闭度	胸径/cm
1	梅桐镇	347	谷底	平台	254	0.8	9.00 ±1.17
2	万岭白羊村	475	中部	25	240	0.6	10.84 ±1.23
3	万岭农林村	875	上部	29	245	0.6	10.60 ±1.35
4	万岭农林村	906	坡顶	5	245	0.7	9.63 ±1.15

## 2 研究方法

### 2.1 野外调查方法

样地布设与植被调查: 选择 20 世纪 70 年代初在海桐镇营造的毛竹林样地 1 个, 在蜀南竹海(万岭)选择老竹林样地 3 个, 分别位于坡脚、坡中部和坡顶部; 4 个类型分别做 4 个 20 m × 20 m 样方, 调查乔灌木、枯落物和地形基本情况。

### 2.2 土壤样品采集、水分物理性质测定和养分分析

在标准地内选择有代表性的样点 3 个, 挖土壤剖面, 记载剖面特征, 用环刀按土壤发生层分层取样。用环刀法测定土壤容重、毛管持水率、饱和持水率, 计算总孔隙度和非毛管孔隙度, 并根据总孔隙度和非毛管孔隙度计算总孔隙和非毛管孔隙储水量。pH 值用电位法测定, 有机质用重铬酸钾氧化外加热法, 全磷用碱溶钼锑抗比色法, 全钾用碱熔原子吸收分光光度法, 碱解氮用碱解扩散法, 有效磷用钼锑抗比色法; 速效钾用  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  乙酸铵浸提-火焰光度计法。

### 2.3 分析与计算

土壤改良的石灰用量 = 阳离子交换量 × 盐基非饱和度 × 土体质量 × 生石灰克当量。

### 3 结果分析

#### 3.1 毛竹林土壤的剖面特征

土壤剖面的形态特征能很好地反映土壤发育进程和土壤肥力状况。毛竹的生长和发育加速了土壤向地带性土壤的发育进程,因此,在毛竹主产区,毛竹林土壤多为地带性土壤(黄壤和红壤),土壤剖面表现出很多共同的特征。根据川南毛竹林分布特点,笔者归纳了谷地草类毛竹林、坡地里白毛竹林、岗地铁芒箕毛竹林土壤剖面共同的特征为:A0层,1~3 cm,主要为竹叶、竹枝枯落物及残体,松软,湿润,pH5.4~5.5。A层,淋溶层,厚度多在20~35 cm,土壤多为暗棕,棕黄色,土壤多为粒状,或团粒结构,质地轻壤或中壤,说明土壤黏粒存在淋溶;土壤结持力适中,或稍紧;湿润,毛竹根、鞭多集中于此层,土壤pH 4.1~4.5,为强酸性土壤。土壤层次分化较明显。B层,厚度可达30~50 cm,多为黄色,或浅黄色,为块状结构,中壤或重壤,土壤结构稍紧或紧实,湿润,根系较多,土壤pH值与A层没有明显差异,pH 4.5~5.0。BC层,厚度在30 cm以上,与B层过渡差异不是太明显,黄色,多为重壤,结持力紧实,湿润,根系少,pH 4.8以上。C层,该层厚度多在20 cm以上,棱块状结构,棕黄色,中壤,或砂壤,结构坚实,pH 4.8。

从剖面形态上看,川南毛竹林地土壤基本色调为黄色,只是中下部土层稍显黏重和紧实,土壤A层和B层分化较为明显,其他层次分化不明显,有机质淋溶和黏粒淋溶较弱,上下层质地无明显差异,毛竹根系多分布于表层50 cm内,土体结构良好,但土壤黄化特征较明显,处在坡中部和底部的毛竹林土壤的结构性能略好岗地毛竹林土壤。

#### 3.2 毛竹林土壤水分物理特性

土壤水分物理性质是评价土壤蓄水和排水能力最重要的指标。4个林地土壤水分物理性质见表2。

表2 川南毛竹林土壤水分物理性质

Table 2 The physical property of soil water with the *Phyllostachys pubescens* forest in southern Sichuan

样地号	层次	土壤容重/ (g·cm <sup>-3</sup> )	总孔隙/%	毛管持水量/%	饱和含水量/%	田间持水量/%	毛管孔隙/%	非毛管孔隙/%
1	A层	0.91	65.62	54.97	65.71	31.35	47.57	18.05
	B层	1.39	47.56	28.84	29.53	23.41	39.74	7.82
2	A层	0.99	61.46	58.14	61.28	48.27	57.26	3.00
	B层	0.99	61.43	54.88	61.28	43.67	54.00	6.25
3	A层	0.66	72.07	98.77	117.67	71.74	65.32	12.10
	B层	0.90	64.34	67.58	72.74	53.95	60.64	4.65
4	A层	0.64	72.82	87.24	110.35	69.71	55.10	14.25
	B层	0.95	62.55	60.42	62.26	50.74	57.44	1.75

据表2可知,1号样地和其他3个老竹林相比,淋溶层和淀积层的土壤的总孔隙、毛管持水量和田间持水量都明显小于老竹林,特别是淀积层差异更为显著,但非毛管孔隙数量又要高于老竹林地。这说明随着毛竹林成林时间的延长,土壤中孔隙数量也随之增多,土壤中的非毛管孔隙数量由多变少,即竹林的生长和发育,促进了土壤非毛管孔隙向毛管孔隙的转化,使土壤的孔隙分布趋于合理,这对维持土壤的肥力有着重要意义,土壤非毛管孔隙的增加虽可增加土壤入渗率,进而减少了地表径流损失,但同时增加了壤中流的数量,使养分向深层的淋溶数量增加,进而使根系层的养分数量降低和表土层的酸化,最终导致地力衰退。

2号样地海拔较3号样地和4号样地低,土壤的水分物理性质在淋溶层的差异表现较明显,2号样地土壤容重为0.986 g·cm<sup>-3</sup>,3号样地和4号样地分别为0.663和0.640 g·cm<sup>-3</sup>,总孔隙、持水量均有类似变化规律,即随海拔的升高,土壤蓄水功能有增强的趋势。这与有机质的分解与积累有关。海

拔越高, 土壤中的微生物活动越弱, 土壤中的有机质分解也越慢, 相应的有机质在土壤中积累数量也越多, 使土壤中的有机复合体数量增加, 从而改善了土壤的结构, 提高了土壤水源涵养功能。这与浙江富阳<sup>[11]</sup>毛竹林土壤水分物理性质的结论一致。从土壤的层次性状看, 上层土壤的水分物理性状明显优于下层, 这与表层的有机质积累和与表层毛竹根系分布数量有关。

### 3.3 土壤养分现状

植物的生长发育与土壤中养分供应的数量和种类有关, 特别是对于经营强度很大, 而管理又粗放的毛竹林, 人工施肥是防止竹林生产力下降和地力衰退的必然措施, 但施肥数量和种类是经营过程中关注的重点, 因此分析土壤的养分状况是科学合理施肥的前提和基础。

3.3.1 土壤的氮、磷、钾状况 氮、磷、钾是毛竹林经营中的主要使用肥料, 其施用数量的多少一方面取决于毛竹的生长量, 另一方面也取决于土壤的可供数量。

表 3 土壤中主要养分

Table 3 The contents of main nutrients in the *Phyllostachys pubescens* forest soil

样地编号	层次	深度/cm	pH	有机质/ (g·kg <sup>-1</sup> )	全氮/ (g·kg <sup>-1</sup> )	全磷/ (g·kg <sup>-1</sup> )	全钾/ (g·kg <sup>-1</sup> )	水解氮/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	有效磷/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾/ (mg·kg <sup>-1</sup> )
1	A	0 ~ 10	3.98	64.78	1.94	1.75	12.51	67.47	2.84	148
	B	10 ~ 100	4.29	13.07	0.39	1.52	12.39	13.56	微量	69
2	A	3 ~ 15	4.77	50.56	2.21	0.47	10.10	76.86	0.76	50
	B	15 ~ 35	4.86	29.99	1.47	0.40	11.70	51.13	0.65	28
3	A	5 ~ 15	4.75	90.69	3.60	0.60	7.40	125.21	0.97	37
	AB	20 ~ 42	5.26	41.66	1.78	0.48	7.80	61.91	0.78	24
4	A	5 ~ 25	4.95	95.87	3.91	0.91	9.50	135.99	1.48	75
	B	30 ~ 55	5.24	21.88	1.22	0.45	10.80	42.43	0.73	30

土壤的有机质积累与分解。据表 3 可知: 海拔影响了土壤中的有机质质量分数, 1 号样地和 2 号样地淋溶层和淀积层的有机质明显小于 3 号样地和 4 号样地, 主要在于海拔的差异所致。随海拔增高年均温降低, 处于低海拔土壤有机质的分解(微生物作用)更为强烈, 因此土壤的有机质积累数量相对要低一些; 4 个类型的毛竹林土壤的淋溶层的有机质均明显高于淀积层(差异均在 1 倍以上), 这表明该区毛竹林土壤在渗透性较强的情况下, 土体中的有机质仍保持了相对的稳定, 同时也说明该土壤中的有机复合体稳定性较高。表 3 还显示, 随着毛竹林生长期的延长, 土壤中有机质也随之增加, 淋溶层和淀积层间的差距也在减少, 进一步说明毛竹林地土壤有机质的积累作用大于分解作用。

土壤中的氮。土壤中的氮表现出与有机质相同的变化规律。川南毛竹林土壤中氮素水平总体要高于浙江富阳<sup>[20]</sup>和奉新<sup>[4]</sup>的毛竹林, 与徐秋芳等<sup>[3]</sup>的高产区毛竹林地土壤的含氮标准相比, 川南毛竹林地氮素仍显不足。土壤中的磷。1 号样地土壤中的全磷和速效磷均明显高于 3 个老竹林样地。根据土壤养分分级指标<sup>[21]</sup>, 该区域老毛竹林土壤的有效磷达到很缺乏标准(小于 2.2 mg·kg<sup>-1</sup>), 也明显低于富阳和奉新两地的磷素水平。土壤中的钾。显然老毛竹林土壤中的钾质量分数要低一些, 这说明毛竹林的生长及经营过程中, 土壤中的全钾有所降低。这也是土壤发育进程的必然趋势, 1 号样地土壤中的全钾达到丰富标准(12.4 ~ 20.7 mg·kg<sup>-1</sup>), 3 号和 4 号样地为中等水平(8.3 ~ 12.4 mg·kg<sup>-1</sup>); 2 号样地为缺乏水平。土壤的淋溶层和淀积层的速效钾差异较大, 说明淋溶层接收了土壤系统外的钾, 即部分来源于大气降水输入, 部分来源于枯落物的分解。与老竹林地相比, 1 号样地的速效钾较为丰富, 但根据张崇国<sup>[21]</sup>对速效钾的分级标准, 毛竹林土壤根系分布区, 4 个林地在淋溶层和淀积层中的速效钾均在缺乏和很缺之间。

3.3.2 土壤酸化及改良 对长宁多处毛竹林土壤分析结果显示: 根系分布范围内(0 ~ 60 cm)大多土壤 pH 4 ~ 5, 少数土样测值低于 4, 说明竹林的土壤酸化现象十分严重。为便于提供相关改良意见, 笔

者引用该区域的相关资料<sup>[18,22]</sup>初步计算改良该类土壤的石灰用量。结合毛竹根系分布状况,毛竹林地改造土层厚度以60 cm较为宜,土壤60 cm土层的平均容重为 $1.0 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。

计算结果表明:草类毛竹林整个土层改良需石灰量为 $10.625 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,里白毛竹林土层改良需石灰量为 $14.811 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,铁芒萁毛竹林土层改良需石灰量为 $12.558 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。为防止石灰一次性施用不匀对竹子根系的伤害,石灰可分年度施用,以达到改良土壤酸碱度,减少活性铝毒害的目的,同时还应重视其他阳离子养分的配合施用,如硅、钾、镁等,以防止养分的拮抗作用。

## 4 结论

川南毛竹林土壤类型为山地黄壤,土层深厚,土壤淋溶层和淀积层分化较明显,质地多为重壤或中壤,毛竹成林土壤紧实度适中或稍紧,竹林根系层(60 cm)土壤结构较好,土壤内毛细管孔隙所占比例较大,土壤透水、透气和水源涵养功能极强,土壤的结构性能主要取决于毛竹成林时间(生长时期)和海拔高度。一般而言,成林时间越长,海拔越高,土壤水分物理性质越好(即水源涵养能力越强);但土壤黄化、酸化特征较明显,土壤pH在强酸性和酸性范围。土壤酸性调节主要以施用石灰为主,但同时也要补充其他阳离子,如硅、钾、镁等。60 cm土层石灰的施用量为:草类毛竹林(位于的坡脚) $10.625 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,里白毛竹林(坡面) $14.811 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,岗地铁芒萁毛竹林(坡顶) $12.558 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。在氮、磷、钾3种元素中,氮素供应总体上良好,但要获得高产,氮肥的补充也是必需的。根据土壤肥力分级,毛竹林土壤的钾素供应达到缺乏和很缺乏标准,而土壤中的磷素极度缺乏,因此,川南毛竹林地磷和钾肥施用是提高毛竹林产量最重要也是最迫切的技术措施。

笔者意在揭示川南毛竹林土壤肥力现状,为该区域毛竹的平衡施肥提供合理化建议,但因条件限制,海拔和时间对毛竹林土壤肥力的影响研究还有待进一步深化研究。

### 参考文献:

- [1] 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,2005,41(3):171-173.
- [2] 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.
- [3] 徐秋芳,姜培坤,董敦义,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.
- [4] 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.
- [5] SHANMUGHAREL P. The balance and diversion of nutriment with difference age term in the growth process of bamboo [J]. Biol Fertil Soil, 1997, 25(1): 69-74.
- [6] 郭晓敏,牛德奎,杜天真.毛竹林平衡施肥持续效应研究初报[J].江西农业大学学报,1999,24(6):786-790.
- [7] 胡冬南,陈立新,李发凯,等.配方施肥对毛竹笋材的影响[J].江西农业大学学报,2004,26(2):196-199.
- [8] 蒋俊明,费世民,魏世军.川南地区森林养分输入量与大气降水的关系[J].浙江林学院学报,2007,24(1):22-27.
- [9] 王生华.福建东牙溪流域毛竹混交林的水源涵养功能[J].中南林业调查规划,2004,23(3):57-60.
- [10] 黄启堂,陈爱玲,贺军.不同毛竹林林地土壤理化性质特征比较[J].福建林学院学报,2006,26(4):299-302.
- [11] 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].林业科技开发,2005,19(6):12-15.
- [12] 蒋俊明,费世民,余英,等.长宁竹海5种林分类型的水文效应评价[J].西部林业科学,2006,35(2):17-22.
- [13] 楼一平,吴良如,邵大方,等.毛竹纯林长期经营对林地土壤肥力的影响[J].林业科学研究,1997,20(2):125-129.
- [14] 张鼎华.人工林地力的衰退与维护[M].北京:中国林业出版社,2001.
- [15] 陈双林,杨伟真.我国毛竹人工林地力衰退成因分析[J].林业科技开发,2002,16(5):3-5.
- [16] 蜀南竹海楠竹材枯问题综合考察组.蜀南竹海楠竹材枯死问题综合考察报告[J].四川林业科技,1987,8(1):69-75.
- [17] 刘德远,吴萌,魏宗华.四川万岭菁楠竹林枯枝(死)状况与原因的研究[J].四川林业科技,1993,14(3):15-22.
- [18] 梁爱荣,杨冬生,江心.楠竹枯黄(死)与土壤营养关系的研究[J].竹子研究汇刊,2000,19(1):68-73.
- [19] 郭起荣,胡芳名.竹林培肥研究50年理论与实践[J].经济林研究,2001,19(3):53-55.
- [20] 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,2006,23(3):248-254.
- [21] 张崇国.土壤肥力诊断[M].成都:四川科学技术出版社,1987.
- [22] 朱鹏飞,李德融.四川森林土壤[M].成都:四川科学技术出版社,1989:73-78.