

文章编号: 1001-1498(2009)01-0001-06

不同经营方式对绿竹地下结构和林分生物量的影响

安艳飞¹, 周本智^{1*}, 温从辉², 王刚¹

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 浙江省平阳县林业局, 浙江 平阳 325400)

摘要: 对不同经营方式的绿竹林根系结构和生物量分布开展了研究, 结果表明: 在粗放经营的绿竹林内, 竹根干质量总量为 $317.61 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 竹根长度总量为 $45304.91 \text{ m} \cdot \text{hm}^{-2}$, 竹根表面积总量为 $98.65 \text{ m}^2 \cdot \text{hm}^{-2}$, 竹根体积总量为 $0.0181 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$; 在集约经营的绿竹林内, 竹根干质量总量为 $1333.12 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 竹根长度总量为 $143338.46 \text{ m} \cdot \text{hm}^{-2}$, 竹根表面积总量为 $3089.15 \text{ m}^2 \cdot \text{hm}^{-2}$, 竹根体积总量为 $0.5831 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。无论是粗放经营的绿竹林, 还是集约经营的绿竹林, $0 \sim 40 \text{ cm}$ 土层都是竹根干质量、长度、表面积、体积 4 项指标集中分布的区域。在粗放经营的绿竹林中, $0 \sim 20 \text{ cm}$ 土层竹根干质量、长度、表面积、体积 4 项指标所占比例最高; 而在集约经营的样地中, $20 \sim 40 \text{ cm}$ 土层 4 项指标所占比例最大。在粗放经营的绿竹林中, 总生物量干质量为 $14537.34 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 其中地上部分为 $12575.34 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 地下部分为 $1962.00 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$; 而在集约经营的绿竹林中, 总生物量干质量为 $39267.27 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 其中地上部分为 $31518.27 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 地下部分为 $7749.00 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。比较集约经营、粗放经营的绿竹林各组分生物量, 发现集约经营绿竹林远大于粗放经营绿竹林, 其中差异最大的是叶, 集约经营绿竹林是粗放经营绿竹林的 5.68 倍, 其次是根, 为 4.23 倍, 差异最小的是秆, 为 2.03 倍, 生物量差异大小的顺序为: 叶 > 根 > 枝 > 笋 > 秆。在各组分生物量所占的比例中, 集约经营、粗放经营绿竹林表现出相同的特征, 即各组分生物量所占比例的大小为: 秆 > 枝 > 笋 > 叶 > 根。

关键词: 经营方式; 绿竹; 生物量; 根系分布

中图分类号: S795.5

文献标识码: A

Effects of Different Management Patterns on Root System Structure and Biomass of *Bambusa oldhami*

AN Yan-fei¹, ZHOU Ben-zhi^{1*}, WEN Cong-hui², WANG Gang¹

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China;

2. Forestry Bureau of Pingyang County, Zhejiang Province, Pingyang 325400, Zhejiang, China)

Abstract: The effects of different management patterns on root system structure and biomass of *Bambusa oldhami* was studied. The results are as follows: for the extensively managed *Bambusa oldhami* stand, the dry weight, length, surface area and volume of roots were $317.61 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, $45304.91 \text{ m} \cdot \text{hm}^{-2}$, $98.65 \text{ m}^2 \cdot \text{hm}^{-2}$, and $0.0181 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ respectively. For the intensively managed *Bambusa oldhami* stand, the dry weight, length, surface area and volume of roots were $1333.12 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, $143338.46 \text{ m} \cdot \text{hm}^{-2}$, $3089.15 \text{ m}^2 \cdot \text{hm}^{-2}$ and $0.5831 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ respectively. Under both extensive or intensive management, the root distributed mostly in the soil layer of $0 \sim 40 \text{ cm}$, in extensively managed stand, the highest proportion of the four indicators occurred in the soil layer of $0 \sim 20 \text{ cm}$ while the highest proportion occurred in the soil layer of $20 \sim 40 \text{ cm}$ in intensively managed stands. For extensively managed stand, the total dry weight of biomass was $14537.34 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, with the aboveground being $12575.34 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,

收稿日期: 2008-06-25

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目 (30300273); 国家自然科学基金项目 (30840064); 浙江省自然科学基金项目 (Y505251)

作者简介: 安艳飞 (1983—), 男, 河北张家口人, 在读硕士生。

* 通讯作者。

and underground being $1\ 962\ 00\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, while for the intensively managed, the total dry weight of biomass was $39\ 267.27\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, with the aboveground being $31\ 518.27\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, and underground being $7\ 749.00\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$. Comparing each component between intensively managed and the extensively managed stands, it was found that the biomass of the intensively managed stand was far more than that of the extensively managed stand, and the biggest difference was leaf. The leaf biomass for intensively managed bamboo stand was 5.68 times as that for extensively managed stand, followed by root, with 4.23 times, the smallest was the culm, with 2.03 times. The difference was in the order of: leaf > root > branch > rhizome > culm. The percentage of different components showed a similar order between the intensively, and the extensively managed stands, with the order being culm > branch > rhizome > leaf > root.

Key words: management patterns; *Bambusa oldhami*; biomass; root distribution

绿竹 (*Bambusa oldhami* (Munro) Keng f.)^[1]是隶属禾本科 (Gramineae) 竹亚科 (Bambusoideae) 的一个竹种, 分布于浙江南部、福建、台湾、广西及广东等地, 其中在浙江、福建、台湾三省普遍栽培。绿竹既是优良的笋用丛生竹类, 笋味甘美, 秆材可作为造纸原料, 而且其中层竹材可入药, 有清热解暑之效^[2]; 同时, 绿竹又是优良的庭院绿化、固堤护岸的竹种。因此, 很多学者在绿竹生物量结构方面开展过研究^[3-7], 其研究重点主要集中在绿竹地上部分, 对于其地下部分的研究相对较少。本文通过对绿竹林根系结构和生物量分布的调查测定, 研究不同经营方式对绿竹根系结构及生物量的影响, 以期今后的绿竹生产经营和绿竹生态学研究提供科学依据。

1 试验地自然条件概况

绿竹林的试验样地位于浙江省平阳县山门林场, 地理位置 $27^{\circ}21' \sim 27^{\circ}46' \text{N}$, $120^{\circ}24' \sim 121^{\circ}08' \text{E}$, 地处浙江省东南沿海, 属中亚热带海洋性季风气候, 年平均气温 $17 \sim 20$, 年平均降水量为 $1\ 674.3\ \text{mm}$ 。

试验林为 2002 年人工母竹造林, 造林密度 $600 \sim 750\ \text{丛} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。粗放经营的绿竹林, 经营管理较为粗放, 几乎不进行施肥, 也很少除草和松土, 每 2~3 年砍伐老竹一次。而集约经营的绿竹林, 每年施肥 2~3 次, 且施肥量较大, 施肥量由绿竹丛的大小以及年出笋量的多少决定; 每年松土、除草 2~3 次, 和施肥同时进行; 每年砍伐老竹和病残竹一次。粗放经营的绿竹林分平均胸径 $2.73\ \text{cm}$, 平均竹高 $5.58\ \text{m}$, 立竹度平均 $1\ 200\ \text{丛} \cdot \text{hm}^{-2}$, 每丛 15~23 株, 以 3 年生竹为主。集约经营的绿竹林分平均胸径 $4.76\ \text{cm}$, 平均竹高 $6.24\ \text{m}$, 立竹度平均 $1\ 000\ \text{丛} \cdot \text{hm}^{-2}$, 每丛 9~13 株, 以 2 年生竹为主。

2 研究方法

2.1 地下结构和生物量调查

2008 年 3 月分别在粗放经营绿竹林和集约经营绿竹林内设立 $10\ \text{m} \times 10\ \text{m}$ 的样地各 3 块, 对样地内立竹进行每竹检尺, 调查立竹胸径、年龄, 根据调查结果计算立竹林内密度和丛内密度。根据林分资料, 在每块样地内选取 3 丛竹丛, 分别进行地下结构调查。调查方法: 选取一丛绿竹, 分别在距离竹丛边缘 $20\ \text{cm}$ 处, 从土表开始每 $20\ \text{cm}$ 为一层, 每层挖取长 $40\ \text{cm}$ 、宽 $20\ \text{cm}$ 、深 $20\ \text{cm}$ 的长方体土块, 一直挖到没有根系为止。将挖出的土块过筛, 细心挑出每一条竹根。挑出的竹根用清水冲洗干净, 风干, 编号后带回实验室进行数量指标的测定。

根据林分平均胸径、丛内密度, 兼顾年龄结构, 分别在集约经营和粗放经营的绿竹样地各选取 2 丛竹丛作为标准丛。将选定标准丛的立竹全部砍倒, 地上部分按竹秆、竹枝、竹叶分别称质量, 地下部分全部挖出, 小心从土中拣出竹根和竹兜, 用清水冲洗干净, 风干表面的水珠, 称质量, 选取样品带回实验室。

2.2 绿竹干质量的测定

将绿竹各组分样品置于 105 的烘箱中, 烘至恒质量, 计算各样品的含水率, 进而推算出干质量。

2.3 竹根数量指标测定

采用加拿大 Regent 公司 (Regent Instruments Inc.) 的 STD1600+、双光源专用扫描仪, 以透射光源 (TPU) 对竹根进行扫描, 扫描分辨率 $400\ \text{ppi}$ 。采用根系图像分析软件 WinRHIZO Pro 2005b 对图像进行分析, 获取竹根长度、表面积、体积等指标。

3 结果与分析

3.1 绿竹根系的垂直分布特征

3.1.1 粗放经营绿竹林根系的垂直分布特征 通过对 3 块粗放经营的绿竹样地的调查分析,得出粗放经营绿竹林根系的垂直分布特征(表 1、图 1)。通过分析,可以看到无论是竹根干质量、表面积,还是竹根长度和体积,其垂直分布都表现出相似的特点(图 1),大部分都集中在 0~40 cm 的土层内。在

0~40 cm 的土层中竹根干质量、长度、表面积、体积分别占了其总量的 88.31%、93.90%、93.73%、93.81%。其中在所分析的 4 项指标中,0~20 cm 土层所占比例最高,竹根干质量、长度、表面积、体积分别为 59.91%、64.79%、61.16%、58.28%;20~40 cm 次之,所占比例分别为 28.40%、29.10%、32.57%、35.54%;40~60 cm 土层所占比例最少,分别为 11.69%、6.10%、6.27%、6.19%。

表 1 不同经营方式下绿竹林根系的垂直分布特征

项目	粗放经营			集约经营			
	土壤层次/cm	0~20	20~40	40~60	0~20	20~40	40~60
竹根干质量/(kg·hm ⁻²)		190.57	88.93	38.11	510.43	656.06	166.62
竹根长度/(m·hm ⁻²)		29354.26	13185.8	2764.95	59565.22	70045.62	13727.62
竹根表面积/(m ² ·hm ⁻²)		60.33	32.13	6.19	1280.26	1471.75	337.15
竹根体积/(m ³ ·hm ⁻²)		0.0105	0.0064	0.0011	0.2486	0.2658	0.0687

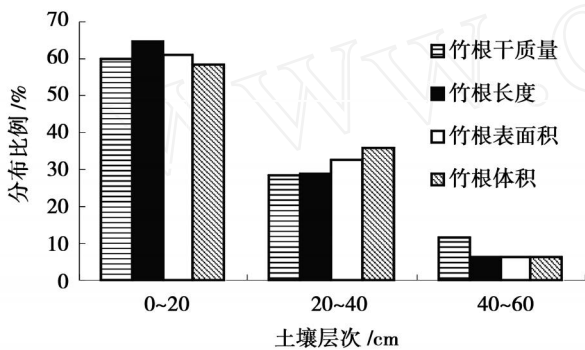


图 1 粗放经营绿竹林根系的垂直分布

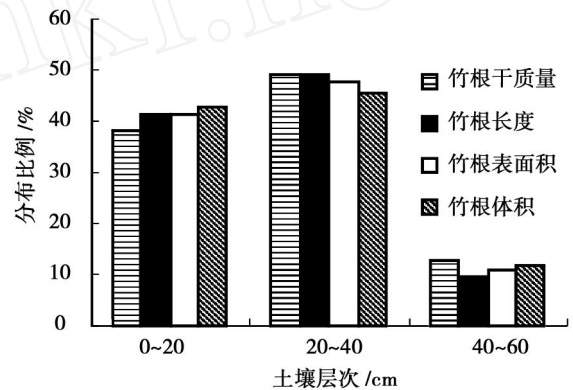


图 2 集约经营绿竹林根系的垂直分布

3.1.2 集约经营绿竹林根系的垂直分布特征 通过对 3 块集约经营的绿竹样地的调查分析,得出其竹林根系的垂直分布特征(表 1、图 2)。由图 2 可以看出,集约经营绿竹林竹根干质量、长度、表面积、体积 4 项指标在土层的分布中表现出一致的特征,即绝大部分分布在 0~40 cm 的土层中,而 40 cm 以下的土层分布很少。在 0~40 cm 的土层中,竹根干质量、长度、表面积、体积 4 项指标分别占各自总量的 87.50%、90.43%、89.08%和 88.22%。在 0~20、20~40、40~60 cm 3 个土层中,竹根干质量、长度、表面积、体积 4 项指标的分布比例差异也很大,其中在 20~40 cm 的土层中,4 项指标所占比例最大,分别为 49.21%、48.87%、47.64%、45.59%;其次为 0~20 cm 的土层,其所占比例分别为 38.29%、41.56%、41.44%、42.63%;最少的是 40~60 cm,所占比例分别为 12.5%、9.58%、10.91%、11.78%。

3.1.3 粗放经营、集约经营绿竹林根系分布的比较分析 粗放经营的绿竹林和集约经营的绿竹林在根系分布上差异很大,其主要表现在两个方面。一是在分布的量上,集约经营绿竹林根系远远多于粗放经营绿竹林根系(表 1),集约经营绿竹林竹根干质量、长度、表面积以及体积分别是粗放经营绿竹林的 4.20、3.16、31.31 和 32.22 倍。而且其在各个层次中的差异也很大,在集约经营绿竹林中(表 1),0~20 cm 土层中各项指标分别是粗放经营绿竹林的 2.68、2.03、21.22、23.68 倍;20~40 cm 土层中,各项指标分别是粗放经营绿竹林的 7.38、5.31、45.81、41.53 倍;40~60 cm 土层中,各项指标分别是粗放经营绿竹林的 4.37、4.96、54.47、62.45 倍。

二是在分布的比例上(图 1、2),在粗放经营的绿竹林内,无论是竹根干质量、长度,还是竹根表面积和体积,0~20 cm 的土层所占的比例最大,分别

占 59.91%、64.79%、61.16%、58.28%；20~40 cm 土层次之，40~60 cm 土层最小。而在集约经营的绿竹林内，20~40 cm 的土层 4 项指标所占比例最大，分别占 49.21%、48.87%、47.64%、45.59%；0~20 cm 土层次之，40~60 cm 土层最小。

两种经营方式的绿竹林地下结构也有类似的特征，即无论是粗放经营的绿竹林，还是集约经营的绿竹林，0~40 cm 土层都是根系集中分布的区域。由此可见，0~40 cm 土层是绿竹根系活动的主要层次，该层次的土壤理化性质以及养分状况对于绿竹的生长具有重要的影响，同时，该土层也是林地土壤管理、土壤改良的重要层次。

3.2 绿竹生物量的分布

3.2.1 粗放经营绿竹林生物量分布规律 通过对粗放经营绿竹林的调查分析(表 2)，可以得出，在粗放经营的绿竹林中，其总生物量干质量为 $14\,537.34\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，其中地上部分为 $12\,575.34\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，地下部分为 $1\,962.00\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。由图 3 可以看出，粗放经营的绿竹林中，地上部分生物量占绝大部分，占到了 86.50%，地下部分仅占 13.50%。在所有的组分中，秆生物量所占比例最大，占到 69.66%，枝次之，占了 11.70%，根生物量所占比例最小，为 2.17%。各组分生物量所占比例从大到小的顺序为：秆 > 枝 > 莛 > 叶 > 根。

表 2 粗放经营、集约经营绿竹林各组分生物量 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$

组分	粗放经营 绿竹林	集约经营 绿竹林	集约经营绿竹林 / 粗放经营绿竹林
叶	747.54	4243.95	5.68
秆	10126.44	20551.95	2.03
枝	1701.36	6722.37	3.95
地上部分	12575.34	31518.27	2.51
莛	1647.00	6147.00	3.90
根	315.00	1332.00	4.23
地下部分	1962.00	7749.00	3.95
总生物量	14537.34	39267.27	2.70

3.2.2 集约经营绿竹林生物量分布规律 在集约经营的绿竹林中(表 2)，总生物量干质量为 $39\,267.27\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，其中地上部分为 $31\,518.27\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，地下部分为 $7\,749.00\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。如图 4 显示，在集约经营的绿竹林中，地上部分生物量所占比例达 80.27%，地下部分仅占 19.73%。在所有的组分中，秆生物量所占比例最大，达 52.34%，枝次之，占 17.12%，根生物量所占比例最小，为 3.39%。各组分生物量所占比例的大小关系为：秆 > 枝 > 莛 > 叶 > 根。

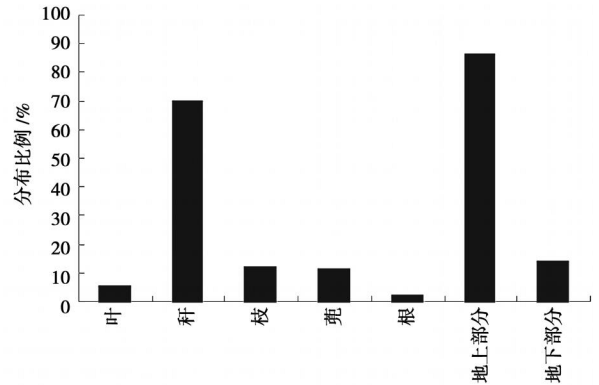


图 3 粗放经营绿竹林各组分生物量分布

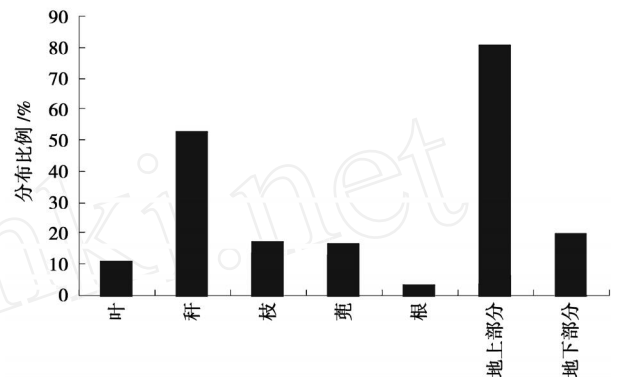


图 4 集约经营绿竹林各组分生物量分布

3.2.3 粗放经营、集约经营绿竹林生物量的比较分析 集约经营绿竹林的总生物量为 $39\,267.27\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，而粗放经营绿竹林的总生物量仅为 $14\,537.34\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，集约经营绿竹林总生物量是粗放经营绿竹林的 2.70 倍。生物量差异在各组分上也表现出一致性，其中差异最大的是叶，集约经营绿竹林是粗放经营绿竹林的 5.68 倍，其次是根，为 4.23 倍，差异最小的是秆，为 2.03 倍。各组分生物量差异大小的顺序为：叶 > 根 > 枝 > 莛 > 秆。

分析集约经营、粗放经营绿竹林的各组分生物量所占比例关系(图 5)，可以得出集约经营绿竹林地下部分所占生物量比例略高于粗放经营绿竹林地下部分所占比例。在各组分生物量中，粗放经营绿竹林秆生物量占 69.66%，而在集约经营情况下，这

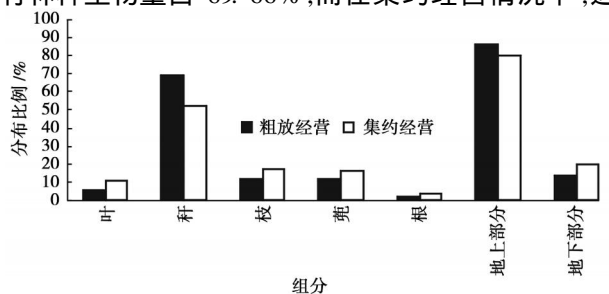


图 5 粗放经营、集约经营绿竹林各组分生物量分布

一比例下降到 52.34%。粗放经营、集约经营绿竹林各组分生物量所占比例的大小都表现出了相同的特征,即秆 > 枝 > 莛 > 叶 > 根。

4 结论与讨论

4.1 绿竹根系的垂直分布

对集约经营、粗放经营的绿竹林根系干质量、长度、表面积和体积垂直分布的分析表明,0~40 cm 土层是根系集中分布的区域。在粗放经营的绿竹林中,0~40 cm 土层中竹根干质量、长度、表面积、体积 4 项指标分别占了其总量的 88.31%、93.90%、93.73%、93.81%;在集约经营的绿竹林中,4 项指标分别占到了各自总量的 87.50%、90.43%、89.08% 和 88.22%。在粗放经营的绿竹林中,0~20 cm 土层 4 项指标所占比例最高,竹根干质量、长度、表面积、体积分别为 59.91%、64.79%、61.16%、58.28%;而在集约经营的绿竹林中,20~40 cm 土层竹根干质量、长度、表面积、体积所占比例最大,分别为 49.21%、48.87%、47.64%、45.59%。

植物根系是植物赖以生存的根本,竹子的根系也不例外,竹根是提供竹林水分、养分的主要器官,也是固竹保土的主要力量,因此,有些学者把竹子鞭根作为了研究重点^[8-11]。汪奎宏等^[8]通过对毛竹 (*Phyllostachys edulis* (Carr.) H. de Leai) 笋用丰产林的地下根系的调查研究,得出毛竹笋用林竹鞭的生物量与竹鞭的长度都以 10~30 cm 深的土层中为最高。廖世水^[10]通过对低产毛竹林的鞭根研究也得出,毛竹低产林鞭根主要分布在 0~40 cm 土层,其中 0~20 cm 范围内最多。此结论与本文所研究的粗放经营的绿竹林的根系分布非常相似。以上研究都认为,对于竹林地下根系来说,0~40 cm 的土层是其主要分布区域。

4.2 绿竹生物量的分布

对绿竹林生物量的研究表明,粗放经营绿竹林和集约经营绿竹林生物量分布既表现出一致性,又有一定的差异。各组分生物量差异最大的是叶,集约经营绿竹林是粗放经营绿竹林的 5.68 倍,其次是根,为 4.23 倍,差异最小的是秆,为 2.03 倍,生物量差异大小的顺序为:叶 > 根 > 枝 > 莛 > 秆。在各组分生物量所占的比例中,集约经营、粗放经营绿竹林都表现出相同的特征,即各组分生物量的大小为:秆 > 枝 > 莛 > 叶 > 根。

生物量是竹林生态学研究的重要内容,许多学者在这方面开展了大量的研究工作^[6,12-18]。尽管研究方法、研究区域和竹种存在着差异,但是研究结论有相似性:地上部分的生物量远大于地下部分的生物量。刘庆等^[13]的研究表明,斑苦竹 (*Pleioblastus maculatus* (McClure) C. D. Chu et C. S. Chao) 各构件单位的生物量分配为:秆 (62.23%) > 枝 (16.37%) > 根茎 (8.50%) > 莛 (6.19%) > 叶 (5.50%) > 根 (1.11%);地上部分占有相对较大的比例,为 84.2%,地下部分占 15.8%。林新春等^[12]的研究表明,巴山木竹 (*A. nundinaria fargesii* E. G. Camus) 种群生物量在各构件单位的分配为秆 55.56%,叶 3.40%,枝 9.51%,鞭 8.70%,莛 20.77%,根 2.06%。而陈礼光等^[6]的研究与本研究结论差异最大,他们通过对沿海沙地新造绿竹生物量的研究表明,新造绿竹单株和林分各器官生物量分配规律基本上遵循为:秆 > 根 > 莛 > 枝 > 叶。造成以上研究结果差异的原因可能是由于研究区域或者竹种之间的不同,但有待于以后进一步的研究。

粗放经营、集约经营的绿竹林的根系分布规律以及生物量分布存在着很大的差异,导致这种差异的原因可解释为经营强度的不同,如不同的松土强度及次数导致土壤空气、含水量、土壤空隙度等的不同,从而影响竹林的生长;通过施肥改变土壤化学性质,从而影响竹林生物量积累和根系分布状况。建议在绿竹的生产实践中,根据实际情况制定相应的施肥、除草、中耕、松土等经营措施,这对提高绿竹林的根系数量和质量以及生物量具有重要的作用。

参考文献:

- [1] Wu Zhengyi, Raven P H, Hong Deyuan. Flora of China, volume 22: Poaceae[M]. Beijing: Science Press, 2006
- [2] 郑清芳,林益明. 禾本科竹亚科 [M]//福建省科学技术委员会《福建植物志》编写组. 福建植物志. 福州:福建科学技术出版社, 1995: 29 - 96
- [3] 林益明,林 鹏. 华安县绿竹林能量的研究 [J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 1998, 37 (6): 908 - 914
- [4] 郑郁善,梁 鸿,游兴早. 绿竹生物量模型研究 [J]. 竹子研究汇刊, 1997, 16 (4): 43 - 46
- [5] 郑郁善,陈 辉,张炜银. 绿竹生物量优化模型建立研究 [J]. 经济林研究, 1998, 16 (3): 4 - 7
- [6] 陈礼光,郑郁善,姚庆端,等. 沿海沙地新造绿竹林生物量结构 [J]. 福建林学院学报, 2002, 22 (3): 249 - 252
- [7] 林益明,林 鹏,叶 勇. 绿竹种群生物量结构研究 [J]. 竹子研究汇刊, 1998, 17 (2): 9 - 13

- [8] 汪奎宏,何奇江,翁甫金,等.毛竹笋用丰产林地下鞭根系统调查分析[J].竹子研究汇刊,2000,19(1):38-43
- [9] 何奇江,汪奎宏,吴蓉,等.不同经营类型毛竹笋用林的地下鞭根系统调查研究[J].浙江林业科技,2000,20(3):31-34
- [10] 廖世水.毛竹低产林地下结构特点调查与改造技术探讨[J].福建林业科技,1996,23(3):49-53
- [11] 周本智,傅懋毅.粗放经营毛竹林鞭系和根系结构研究[J].林业科学研究,2008,21(2):217-221
- [12] 王太鑫,丁雨龙,李继清,等.巴山木竹种群生物量结构研究[J].竹子研究汇刊,2005,24(1):19-24
- [13] 刘庆,钟章成.斑苦竹无性系种群生物量结构与动态研究[J].竹类研究,1996(1):51-56
- [14] 周玉卿.井冈寒竹种群生物量结构初步研究[J].西北农业学报,2004,13(4):120-123
- [15] 林新春,方伟,李贤海,等.苦竹种群生物量结构研究[J].竹子研究汇刊,2001,23(2):26-29
- [16] 林益明,李惠聪,林鹏,等.麻竹种群生物量结构和能量分布[J].竹子研究汇刊,2000,19(4):36-41
- [17] 徐道旺,陈少红,杨金满.毛环竹笋用林生物量结构调查分析[J].福建林业科技,2004,31(1):67-70
- [18] 尤志达.山地麻竹笋用林单株生物量结构研究[J].江西农业大学学报:自然科学版,2002,24(6):806-809

www.cnki.net