

文章编号: 1001-1498(2008)02-0217-05

# 粗放经营毛竹林鞭系和根系结构研究

周本智, 傅懋毅

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400)

**摘要:**对中国林科院亚热带林业研究所所部大垅粗放经营毛竹林地下鞭系和根系结构进行了研究,采用 WinRHIZO 根系分析系统,分析了竹根、鞭根各项数量指标。结果表明:粗放经营毛竹林鞭系总干质量、体积、长度和表面积分别为  $6\,179.44\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $24.57\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $84\,872.99\text{ m}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和  $5\,066.10\text{ m}^2\cdot\text{hm}^{-2}$ ,竹鞭集中分布在 0~30 cm 土层中。粗放经营毛竹林竹鞭以 3~4 年生最多,各项指标均占 40%左右,1~2 年生竹鞭比例很小,占 10%左右,且主要分布在 0~30 cm 土层,占该年龄竹鞭总质量的 92.65%。粗放经营毛竹林竹根、鞭根干质量分别为  $3\,564.92$ 、 $5\,506.28\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,长度分别为  $2.24\times 10^7$ 、 $6.40\times 10^7\text{ m}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,鞭根数量大于竹根量,鞭根干质量、长度、体积和表面积分别是竹根的 1.55、2.86、1.80 和 2.52 倍。在竹林地下系统中,鞭系干质量占 40.52%,体积占 67.56%,根系总长度约是鞭系总长度的 1 000 倍,根系的总表面积也是鞭系的 20 多倍。

**关键词:**毛竹;鞭系;根系;结构;粗放经营

中图分类号: S795.7

文献标识码: A

## Rhizome and Root System Structure of *Phyllostachys edulis* Stand under Extensive Management

ZHOU Ben-zhi, FU Mao-yi

(Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China)

**Abstract:** The rhizome and root system structure of *Phyllostachys edulis* stand under extensive management was studied in this paper, and with the root analysis system, WinRHIZO, the morphological characteristics of basal root and rhizome root of *Phyllostachys edulis* were analyzed. The results showed that the total dry weight, volume, length and surface area of rhizome of *Phyllostachys edulis* stand under extensive management were  $6\,179.44\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,  $24.57\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ ,  $84\,872.99\text{ m}\cdot\text{hm}^{-2}$  and  $5\,066.10\text{ m}^2\cdot\text{hm}^{-2}$  respectively. Most of the rhizomes were located in 0~30 cm soil layer. The 3~4 years old rhizomes took the biggest share in terms of the age structure, accounting for about 40%, and 1~2 years old rhizomes took a minor share, accounting for about 10%, and most of them were located in the soil layer of 0~30 cm, accounting of 92.65% of the total dry weight at this age class. The dry weights of the basal root and rhizome root of *Phyllostachys edulis* stand under extensive management were  $3\,564.92\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  and  $5\,506.28\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  respectively and their lengths were  $2.24\times 10^7\text{ m}\cdot\text{hm}^{-2}$  and  $6.40\times 10^7\text{ m}\cdot\text{hm}^{-2}$  respectively. The amount of rhizome root was more than that of basal root with the dry weight, length, volume and surface area of rhizome root being 1.55, 2.86, 1.80 and 2.52 times as much as those of basal root. Within the underground system of bamboo stand, the dry weight of rhizome accounted for 40.52% with its volume accounting for 67.56%. The total length and volume of root were about 1 000 and more than 20 times as much as those of rhizome respectively.

收稿日期: 2007-04-19

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目“利用小观察窗技术监测竹林地下系统动态”(30300273);浙江省自然科学基金项目“竹林地下系统生物力学与坡面稳定研究”(Y505251)

作者简介: 周本智(1969—),男,安徽宿松人,博士,副研究员,主要从事森林生态和森林培育学研究。

**Key words:** *hyllostachys edulis*; rhizome; root; structure; extensive management

竹林的地下系统是指竹林地下的整个部分,包括秆基、竹鞭、竹根、鞭根和各级支根,以及着生于鞭节处的笋芽或鞭芽。散生竹林的地下系统是一个相互连接的成网络结构的有机系统,不仅是支撑竹林地上部分的结构基础,而且具有养分、水分吸收、运输、储存的功能,同时,在竹林生态系统的生物地球化学循环方面发挥着重要作用<sup>[1]</sup>。竹林地下系统的结构是指竹林鞭系、根系在土壤中的空间分布格局,竹林鞭系既是营养和水分的运输、贮存器官,同时还是竹林赖以更新、发展的繁殖器官,是影响竹林生产力形成以及竹林发展的重要因子;竹林根系是竹林地下系统和土壤的动态界面,肩负着吸收土壤水分和矿质营养的重要使命,是竹林和土壤之间资源和信息交流的唯一通道。

毛竹 (*Phyllostachys edulis* (Carr.) H. de Lehaie) 林是我国一种重要的森林资源类型,现有面积  $420 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。目前 50% 左右的毛竹林处于粗放经营的状态下,属于低产竹林<sup>[2]</sup>。鉴于竹林地下系统对于竹林生态系统生产力和生态功能的重要影响,竹类研究者对其开展了一些研究,但大多以丰产竹林为对象<sup>[3-7]</sup>,而对于占绝大多数的人为干扰少的粗放经营低产竹林地下系统的研究鲜有报道。本文以粗放经营的低产毛竹林为对象,研究其地下系统结构,对探讨粗放经营竹林鞭根系统在土壤中的分布格局及其对营养和水分吸收的影响具有理论意义,对指导毛竹低产林改造生态林经营具有实践意义。

## 1 研究方法

### 1.1 竹鞭、竹根系取样

竹林地下系统调查在中国林科院亚热带林业研究所所部(浙江富阳)大垅毛竹试验林进行。样地土壤为砂质壤土,土层厚度 1m 左右,腐殖质层 2~4 cm,石砾含量 15% 左右。毛竹林经营较粗放,林分平均胸径 8.48 cm,平均立竹度  $1800 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。于 2004 年冬季设立  $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$  样地 4 块,在各样地内选择有代表性地点 2 处,分别挖取  $1 \text{ m} \times 2 \text{ m}$  的小样方<sup>[5-6]</sup>,从土表开始,每 10 cm 向下挖取所有土壤和竹鞭、根系,直到无竹鞭和根为止。从挖出的土壤中小心分拣出竹根系和竹鞭,用清水冲洗干净,风干,留待数量指标的测定。

### 1.2 竹鞭年龄的鉴定

主要根据竹鞭色泽、质地以及鞭根多少确定竹

鞭年龄。年龄较小的竹鞭颜色较浅,呈浅黄色至金黄色,有光泽,年龄较大的竹鞭颜色较深,呈深黄色至褐色,较暗,而且鞭根相对较少。

### 1.3 竹鞭各数量指标测定

将竹鞭样品置于 105℃ 烘箱中,烘至恒质量,计算竹鞭样品含水率,进而得出干质量。将鲜竹鞭样品剪成小段,置于带刻度烧杯中,根据排开水体积计算竹鞭体积。竹鞭长度通过软尺直接量测获得。竹鞭表面积则通过体积、长度以及测定的平均直径通过下列公式计算得出。

$$a = \frac{4V}{d}$$

式中:  $a$  为竹鞭表面积,  $V$  为竹鞭体积,  $d$  为竹鞭平均直径。

### 1.4 竹根、鞭根数量指标测定

采用加拿大 Regent 公司 (Regent Instruments Inc) 的 SID1600+, 双光源专用扫描仪,以透射光源 (TPU) 对竹根、鞭根进行扫描,扫描分辨率 400ppi,采用根系图像分析软件 WinRHIZO Pro 2005b 对图像进行分析,获得竹根、鞭根长度、表面积、体积等指标。根系样品经烘干,求算含水率和干质量。

## 2 结果与分析

### 2.1 竹林鞭系结构特点

2.1.1 鞭系的空间分布 根据对 4 块样地的调查分析,粗放经营毛竹林地下竹鞭现存总干质量为  $6179.44 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,竹鞭长度、表面积和体积总量分别为  $84872.99 \text{ m} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $5066.10 \text{ m}^2 \cdot \text{hm}^{-2}$  和  $24.57 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。无论是根据毛竹鞭系的干质量、体积,还是竹鞭长度、表面积,其垂直分布具有相似的特征(图 1),大部分集中分布在 0~30 cm 的土层内,这一层次的竹鞭干质量、长度、体积和表面积分别占竹鞭总量的 77.44%、80.29%、77.78% 和 78.64%,其中又以 10~20 cm 和 20~30 cm 层次鞭系数最多,两个层次所占有的鞭系干质量、体积、长度和表面积等指标均达到 60% 以上。由此可见,土壤层次 10~30 cm 是竹鞭主要活动层次,该层次土壤物理条件以及水分、营养供应状况对于竹林的生长以及竹林产量具有重要影响,也是竹林土壤管理的重要层次。竹鞭在 40 cm 以下土壤中各数量指标仅占到 7.88%~8.92%。

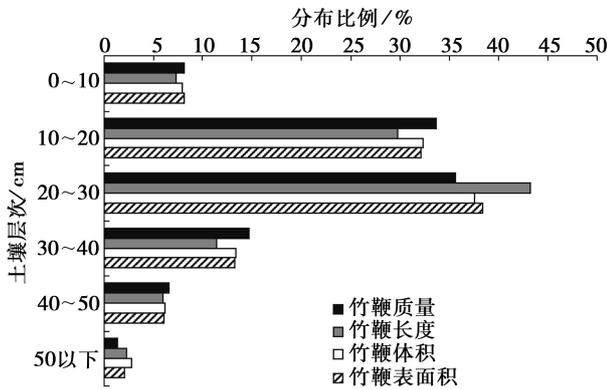


图 1 粗放经营毛竹林鞭系的垂直分布

2.1.2 鞭系的年龄结构 粗放经营毛竹林鞭系年龄组成差异较大,无论是从竹鞭质量、长度指标,还是从竹鞭表面积、体积指标来看,均以 3~4 年生竹鞭所占比例最多,4 项指标均达到 40% 左右,其次是 5~6 年生,4 项指标均超过 30%,所以,3~6 年生竹鞭其竹鞭质量、长度、表面积和体积均超过 70%,是该地区粗放经营毛竹林竹鞭的主要年龄层次。1~2 年生幼鞭比例很小,4 项指标仅占 10.43%~14.54%,7 年生以上的老鞭所占比例基本与 1~2 年生幼鞭相仿(图 2)。

粗放经营毛竹林中,不仅各年龄竹鞭所占比例不同,而且各年龄竹鞭随着土层深度的变化也是不同的(图 3)。3~4 年生竹鞭所占质量比例最大,其中又以分布在 20~30 cm 土层最多,占该年龄竹鞭总质量的 42.49%,其次是 10~20 cm 土层,占 32.19%。5~6 年生竹鞭以 10~20 cm 土层居多,占该年龄竹鞭总质量的 40.71%,其次是 20~30 cm 土层,占 29.74%。3~6 年生竹鞭主要分布在 10~30 cm 土层,占全部竹鞭质量的 51.64%。1~2 年生的幼鞭主要分布在 0~30 cm 土层,占该年龄竹鞭总质量的 92.65%,7 年生以上的老鞭分布深度较深一些,30 cm 以下土层占 49.24%,明显高于其它年龄的竹鞭。可见,不同年龄的竹鞭在土壤中的分布深度相差较大,幼鞭倾向于分布在土壤表层,而老鞭则在深层土壤分布较多。

### 2.2 竹林根系结构特点

毛竹根系由竹根和鞭根共同组成。竹根和鞭根是整个竹林吸收养分和水分的器官,对竹林生长发育起着极其重要的作用,因而根系结构的好坏直接影响着竹林的产量和质量。

2.2.1 竹根结构特点 对大垅粗放经营毛竹林的调查表明,该试验林竹根干质量为 3 564.92 kg·

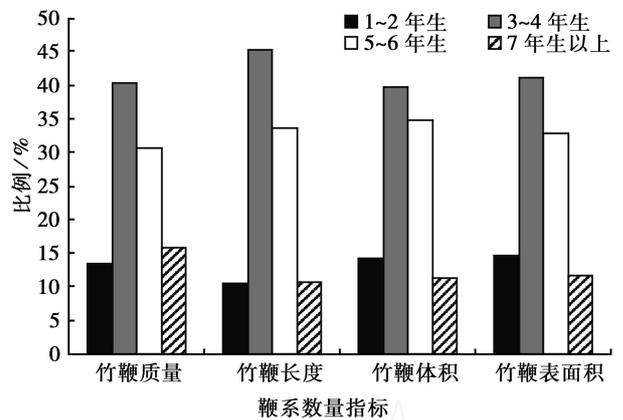


图 2 粗放经营毛竹林鞭系的年龄结构

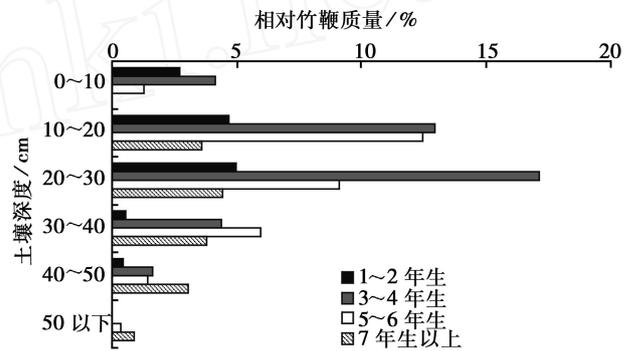


图 3 各土壤深度不同年龄毛竹鞭系的相对质量

$\text{hm}^{-2}$ ,竹根长度、体积和表面积分别为  $22\ 396.05\ \text{km} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $4.21\ \text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 和  $30\ 769.48\ \text{m}^2 \cdot \text{hm}^{-2}$ ,可见,地下竹根的数量是非常庞大的。

从竹根的垂直分布来看(图 4),竹根分布在 20~30 cm 土层最多,4 项指标均占 40% 左右,其次是 10~20 cm 土层,占近 20%,10~30 cm 土层是竹根分布的主要层次,这一层次竹根干质量占竹根总干质量的 58.6%,竹根长度占总长度的 58.49%,表面积和体积也分别占近 60%,40 cm 以下竹根分布很少,仅占总量的 13.65%~17.57%。

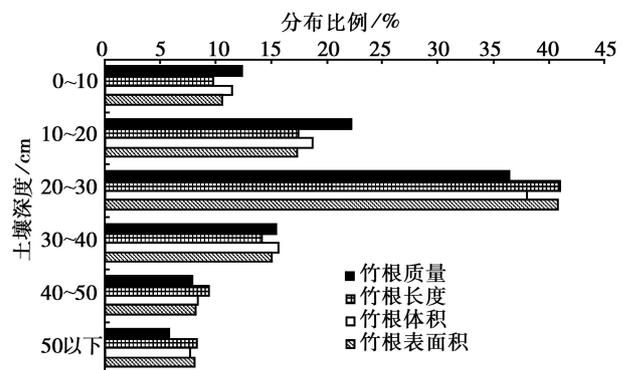


图 4 粗放经营毛竹林竹根的垂直分布

2.2.2 鞭根结构特点 对大垅粗放经营毛竹林的调查表明,该林分单位面积鞭根干质量为  $5\,506.28\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,鞭根长度为  $63\,966.42\text{ km}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,体积为  $7.59\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ ,表面积为  $77\,551.77\text{ m}^2\cdot\text{hm}^{-2}$ ,4项指标均高于竹根。对鞭根垂直分布的调查表明(图 5),粗放经营毛竹林鞭根分布最多的层次是 20~30 cm 土层,4项指标均达 30%以上,其次是 10~20 cm 土层,也超过 25%。10~30 cm 土层中,鞭根干质量占鞭根总干质量的 60.93%,鞭根长度占 60.4%,体积占 60.07%,表面积为 62.05%,10~30 cm 土层是鞭根集中分布的层次。40 cm 以下土层鞭根分布很少,仅占 14.47%~16.3%。

### 2.3 竹林地下系统构成

粗放经营毛竹林地下系统中,从不同的统计指标看,鞭系和根系的相对组成相差悬殊,能够进行相对组成比较的只有干质量和体积指标(表 1)。就干

质量而言,鞭系占鞭根系统总量的 40.52%,根系占 59.48%,根系干质量大于鞭系,其中鞭根的干质量比竹根大,占整个鞭根系统总量的三分之一以上。就体积而言,鞭系体积占三分之二以上,根系体积少于三分之一。

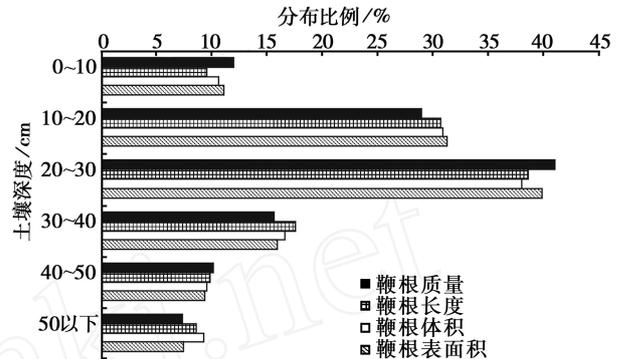


图 5 粗放经营毛竹林鞭根的垂直分布

表 1 粗放经营毛竹林地下系统鞭系、根系组成

地下系统组成	干质量		长度 / ( $\text{m}\cdot\text{hm}^{-2}$ )	体积		表面积 / ( $\text{m}^2\cdot\text{hm}^{-2}$ )
	( $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )	%		( $\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ )	%	
鞭系	$6.18 \times 10^3$	40.52	$8.49 \times 10^4$	24.57	67.56	$5.07 \times 10^3$
竹根	$3.56 \times 10^3$	23.35	$2.24 \times 10^7$	4.21	11.58	$3.08 \times 10^4$
根系	$5.51 \times 10^3$	36.13	$6.40 \times 10^7$	7.59	20.86	$7.76 \times 10^4$
小计	$9.07 \times 10^3$	59.48	$8.64 \times 10^7$	11.80	32.44	$10.84 \times 10^4$
合计	$15.25 \times 10^3$	100.00		36.37	100.00	

鞭系和根系的长度和表面积指标不具可比性,根系总长度约是鞭系总长度的 1 000 倍,根系总表面积也是鞭系的 20 多倍(表 1)。在竹林根系的组成中,鞭根数量大于竹根,鞭根干质量、长度、体积和表面积分别占竹林根系总量的 60.75%、74.07%、64.32%和 71.59%,分别是竹根的 1.55、2.86、1.80 和 2.52 倍。庞大的根系长度和表面积正是竹林吸收利用水分、养分等土壤资源的根本保证,也是竹林生产力形成的重要基础。

## 3 小结与讨论

### 3.1 竹鞭的结构与分布

中国林科院亚热带林业研究所所部大垅粗放经营毛竹林地下竹鞭现存总干质量为  $6\,179.44\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,竹鞭长度、表面积和体积总量分别为  $84\,872.99\text{ m}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $5\,066.10\text{ m}^2\cdot\text{hm}^{-2}$ 和  $24.57\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ 。竹鞭集中分布在 0~30 cm 土层中,各项指标均接近或者超过 80%,其中 10~30 cm 土层中占 60%以上。

竹林鞭系结构和分布的研究是竹林地下系统中研究相对较多的部分,尤其是对毛竹、雷竹(*Phytlostachys praecox* C. D. Chu et C. S. Chao)等开发较好、经济价值较高的竹种,由于地下鞭系是竹林孕笋长竹的重要器官,直接影响到笋竹产量,所以受到更多的重视,许多学者对其开展过研究<sup>[3-11]</sup>。尤其注重对丰产竹林地下鞭系的研究,汪奎宏等<sup>[5]</sup>在浙江 3 个地区的调查表明,毛竹丰产笋用林单位面积竹鞭质量为  $7\,918.85\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,竹鞭长度为  $161\,910.15\text{ m}\cdot\text{hm}^{-2}$ ;郝郁善等<sup>[7]</sup>在福建的研究表明,材用、笋材两用和笋用毛竹林竹鞭长度为  $26\,843\sim 34\,421\text{ m}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,竹鞭质量为  $8.04\sim 13.32\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,粗放经营的毛竹林竹鞭干质量显著低于丰产材用或者笋用毛竹林,竹鞭长度也远低于浙江的毛竹丰产笋用林,竹鞭体积、表面积也可作为地下竹鞭数量的数量指标。可见,地上部分的高产丰产是以地下部分大量生物量作为支撑的。

对于竹鞭的垂直分布和年龄结构,众多的研究得出的结论都比较一致,竹鞭的大部分分布在 0~

30 cm 土层,一般占 80%左右,幼鞭分布较浅,老鞭分布较深。本研究的结论也与此相似。这主要是表层土壤物理性质、水热条件相对优越,以及竹鞭生长特性所共同决定的;所以,从培育目的出发,应该加强对 0~30 cm 土层竹林土壤的管理。

### 3.2 竹林根系结构

竹林根系由竹根和鞭根及其支根组成。大垅粗放经营毛竹竹根单位面积干质量为  $3\ 564.92\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,占竹林根系总量的 39.25%,占整个地下系统的 23.35%;鞭根单位面积干质量为  $5\ 506.28\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,占根系总质量的 60.75%,占整个地下系统的 36.13%。竹林根系的总长度为  $8\ 64 \times 10^7\ \text{m} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,其中竹根长度为  $2\ 24 \times 10^7\ \text{m} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,占根系总长度的 25.93%;鞭根长度为  $6\ 40 \times 10^7\ \text{m} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,占 74.07%。在竹林根系的组成中,鞭根数量大于竹根,鞭根干质量、长度、体积和表面积分别是竹根的 1.55、2.86、1.80 和 2.52 倍。在整个竹林地下系统中,鞭系干质量占 40.52%,体积占 67.56%,而从长度和表面积指标看鞭系和根系就不具有可比性,根系总长度是鞭系总长度的约 1000 倍,根系的总表面积也是鞭系的 20 多倍。庞大的根系长度和表面积正是竹林吸收利用水分、养分等土壤资源的根本保证,也是竹林生产力形成的基础。

竹根和鞭根的垂直分布具有共同的特点,分布在 20~30 cm 土层最多,占 30%以上,其次是 10~20 cm 土层,占 20%以上,10~30 cm 土层是竹林根系分布的主要层次,鞭根和竹根在这一层次的分布 4 项指标均接近或超过 60%,40 cm 以下土层竹根和鞭根都很少。

据翁甫金等<sup>[12]</sup>的调查,浙江毛竹丰产笋用林单位面积竹根质量为  $4\ 594.0\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,鞭根质量为  $6\ 417.4\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,根系总质量为  $11\ 011.4\ \text{kg} \cdot$

$\text{hm}^{-2}$ ,大于粗放经营毛竹林,这与竹鞭的质量是相适应的,也说明人工经营措施对地下系统有重要影响,同时,地下系统的数量又深刻地影响着地上笋材产量。毛竹林林地内分布着丰富的根系,要获得毛竹笋材的高产量,首先应重视鞭根的作用,做好鞭根肥水管理;同时,也不能忽视竹根,由于竹根生长相对集中,根系吸收表面积也相对集中,对竹根施肥利用率高,投入效益较为显著,实际竹林经营中也易于操作。

### 参考文献:

- [1] 周本智,傅懋毅. 竹林地下鞭根系统研究进展 [J]. 林业科学研究, 2004, 17(4): 533 - 540
- [2] 江泽慧. 世界竹藤 [M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2002
- [3] 周建夷, 胡超宗, 杨廉颇. 笋用毛竹丰产林地下竹鞭调查 [J]. 竹子研究汇刊, 1985, 4(1): 57 - 65
- [4] 吴炳生. 毛竹林地下结构与产量分析 [J]. 竹子研究汇刊, 1984, 3(1): 49 - 58
- [5] 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
- [6] 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(2): 31 - 34
- [7] 郑郁善, 洪伟, 陈礼光, 等. 毛竹丰产林竹鞭结构特征研究 [J]. 林业科学, 1998, 34(专刊 1): 52 - 59
- [8] 萧江华. 散生竹林地下系统研究的概况与展望 [J]. 竹类研究, 1986, 5(1): 26 - 36
- [9] 萧江华. 材用毛竹林的地下系统结构 [J]. 竹类研究, 1983, 2(1): 114 - 119
- [10] 胡超宗, 金爱武, 郑建新. 雷竹地下鞭的系统结构 [J]. 浙江林学院学报, 1994, 11(3): 264 - 268
- [11] 何钧潮, 方伟, 卢学可. 雷竹双季高产高效笋用林的地下结构 [J]. 浙江林学院学报, 1995, 12(3): 247 - 252
- [12] 翁甫金, 汪奎宏, 何奇江, 等. 不同年龄毛竹笋用林竹鞭根系吸收能力 [J]. 浙江林学院学报, 2001, 18(2): 136 - 138