

## 毛竹鞭根特征及研究现状

路一帆<sup>1,2</sup> 官凤英<sup>1,2\*</sup> 周潇<sup>1,2</sup> 张璇<sup>1,2</sup> 傅大伟<sup>1,2</sup> 厉振<sup>1,2</sup> 黎旻恺<sup>1,2</sup>

(1. 国际竹藤中心 国家林业和草原局/北京市共建竹藤科学与技术重点实验室 中国北京 100102; 2. 江苏宜兴竹林生态系统国家定位观测研究站 宜兴 214200)

**摘要:**毛竹 (*Phyllostachys edulis*), 作为禾本科刚竹属的重要竹类资源, 因其生长速度快、周期短、产量高, 在工业、建筑及制药等领域展现出广泛应用价值, 成为绿色环保材料的优选。近年来, 关于毛竹的研究日益深入, 特别是针对其地下鞭根系统的研究, 对理解毛竹的生长与更新机制具有重要意义。研究表明, 毛竹鞭根是竹笋的主要发生部位, 其发育特征显著影响竹林的生长和更新。鞭根通常分布在土层 0~40cm 以内, 尤以 10~20cm 土层分布最多, 适宜的土壤条件和经营措施能够显著促进鞭根的生长和鞭芽的萌发。传统经营模式与带状采伐模式通过调控立竹密度与采伐带宽, 优化鞭根结构, 增加壮芽数量, 从而提升竹笋产量。同时, 环境因子如降水量、土壤养分含量及 pH 值对鞭根的生长和鞭芽的萌发也产生显著影响。鞭根的健康生长状态对鞭芽的生理活动和生长速率具有决定性调控作用, 不同鞭龄的竹鞭在萌发芽和休眠芽的表现上存在差异, 这些研究为竹林科学管理提供了理论依据。未来研究应进一步探讨鞭根生长发育的微观机制及其对侧芽形成的影响机制, 为毛竹的高产高效栽培提供更为科学的指导。

**关键词:**毛竹笋; 环境因子; 鞭根; 生长发育

## Current Situation of Research on Characteristics of *Phyllostachys edulis* rhizome

**Abstract:** *Phyllostachys edulis* as an important bamboo resource of the gramineous genus, because of its fast growth rate, short cycle and high yield, it has shown wide application value in industry, construction and pharmaceutical fields, and has become the best choice of green environmental protection materials. In recent years, more and more research has been done on *Phyllostachys edulis*, especially on its underground root system, which is of great significance to understand the growth and regeneration mechanism of *Phyllostachys edulis*. The results show that whiplash root is the main part of bamboo shoots, and its development characteristics significantly affect the growth and regeneration of bamboo forest. The results show that whiplash root is the main part of bamboo shoots, and its development characteristics significantly affect the growth and regeneration of bamboo forest. Whiplash roots are usually distributed within 0-40cm soil layer, especially in 10-20cm soil layer. Suitable soil conditions and management measures can significantly promote the growth of whiplash roots and the germination of whiplash buds. Traditional management model and strip cutting model can improve bamboo shoot yield by adjusting bamboo density and cutting bandwidth, optimizing whip root structure and increasing the number of strong shoots. At the same time, environmental factors such as precipitation, soil nutrient content and pH value also had significant effects on the growth of whip root and the germination of whip bud. The healthy growth state of whiplash root plays a decisive role in regulating the physiological activity and growth rate of whiplash bud. There are

基金项目: 十四五国家重点研究计划项目“竹林多目标高效经营技术”(2023YFD2201203)。

\*官凤英为通讯作者。

differences in the performance of germination and dormant bud of different whiplash ages. These studies provide theoretical basis for scientific management of bamboo forest. Future studies should further explore the microscopic mechanism of whiplash root growth and development and its influence on lateral bud formation, so as to provide more scientific guidance for high-yield and efficient cultivation of *Phyllostachys edulis*.

**Key words:** *Phyllostachys edulis* shoots; environmental factor; bamboo rhizome; growth and development

## 1 引言

毛竹 (*Phyllostachys edulis*) 属禾本科刚竹属, 是一种重要的竹类资源, 具有广泛的应用价值。作为林木资源中的一员, 毛竹在工业、建筑、制药等领域都有着重要的应用。其生长速度快、生长周期短、产量高等特点, 使其成为了人们青睐的绿色环保材料。此外, 毛竹还具有较好的经济潜力和生态效益, 对于地方经济发展和生态环境保护都具有积极的意义 (应叶青 等, 2009)。

有关于毛竹的研究目前主要集中于经营措施 (Mao *et al.*, 2016), 毛竹鞭根是竹笋的主要发生部位, 其发育特征对毛竹竹林的生长和更新有着重要的影响。毛竹鞭根通常表现为地下茎状器官, 负责竹笋的生长和营养激励。其在分布位置位于竹鞭一般分布在土层 0~40cm 以内, 其中以 10~20cm 土层中分布最多, 占整个竹林鞭系的 55~65%。竹鞭的垂直分布一般在地表下 0~30cm 处, 个别深可达 80cm 左右 (朱勇 等, 2005)。目前, 关于毛竹地下系统的研究主要集中在鞭根养分含量 (Pregitzer *et al.*, 2002)、生物量 (Kubisch *et al.*, 2015)、竹鞭生长特性 (Wang *et al.*, 2016)、竹鞭分布等 (Sun *et al.*, 2016), 竹鞭结构特征等 (蔡星 等, 2023; 蔡宗明 等, 2023)。但是有关于育笋方面的研究主要集中于覆盖技术对出笋的影响 (周建夷 等, 1985)、不同经营措施下鞭根在笋期的结构特征的研究、笋期鞭根部位激素含量的研究 (李龙, 2017)。

## 2 经营措施对毛竹鞭根的影响

### 2.1 传统经营模式对于竹鞭的影响

毛竹传统经营模式一般采取茎级择伐的形式 (于大炮 等, 2019), 今年来有“花年经营模式” (刘代汉 等, 2013)、“一竹三笋” (汪伦齐 等, 2022) 等经营模式的提出, 但其本质在于增加出笋数量, 采伐模式仍然采取择伐形式, 保留 I、II、III 度竹, 伐去 IV 度竹。在传统择伐模式下, 随着立竹密度的增加, 毛竹竹鞭的总鞭长、总鞭质量和鞭节数均呈现出先增大后减小的趋势。当立竹密度适中时, 幼壮龄鞭的总鞭长、总鞭质量、鞭节数和平均节间长均达到最大值, 并显著优于其他处理 (周本智 等, 2008)。这表明适中的立竹密度有利于竹鞭的横向扩展和养分积累, 从而促进竹鞭的生长与发育。随着立竹密度的增加, 总鞭芽数、弱芽数和壮芽数也表现出先增多后减少的变化趋势 (黄甫昭 等, 2012)。当立竹密度在 2550 株/hm<sup>2</sup> 左右时, 幼壮龄鞭总鞭长、总鞭质量、鞭节数和平均节间长均最大, 进而刺激鞭芽的萌发, 增加有效鞭芽的数量, 为竹笋的高产奠定基础。 (蔡星 等, 2023)。笋用林的覆盖技术通过施肥增加土壤养分以及覆盖稻草或竹叶改善土壤孔隙度, 提高土壤温度以及湿度, 可以为竹笋生长提供良好的生长条件, 使竹鞭多生长于浅层, 较少出笋时土壤对竹笋的机械性损伤, 增加竹鞭有机碳的积累为侧芽的生长提供能量, 进而增加壮芽数量, 提高出笋数量 (冀琳珂 等, 2016)。

### 2.2 带状采伐经营模式对于竹鞭的影响

带状采伐是按一定宽度、一定面积对毛竹林实施条带状皆伐 (曾宪礼 等, 2019), 其目的在于探索一条更便于管理和经营毛竹林的经营模式, 目前研究常见带宽设置为 3m、6m、9m、12m、15m (曾宪礼, 2019); 3m、5m、8m、12m、15m (詹美春 等, 2020) 两种。具体经营方法为设置连续的保留带与采伐带错落交替的形式, 采伐带采伐后用于新竹的生长, 保留带保留不变, 待采伐带新竹成竹后, 采伐带保留而原有保留带内毛竹进行皆伐依次交替。而在带状采伐有关对竹鞭的影响相关研究表明, 3m 采伐带样地表现为 1~2 龄鞭粗度增加、数量增多; 9m 样地则新鞭粗度增大但数量减少, 偏向鞭根生长; 15m 样地新鞭数量增多但粗度减小, 新生鞭芽数量占比高达 61%。伐后平均总芽量、新芽比例及出笋率均有显著提升, 分

别较对照样地提高了 16.7%、7.72%和 1.59%。8 米采伐带宽处理下的竹鞭在总鞭长、鞭节数、鞭干质量及壮芽比例上均表现出优势(王树梅, 2023)。在蔡宗明的不同带宽设定研究中发现, 8m 采伐带宽处理下的竹鞭在总鞭长、鞭节数、鞭干质量及壮芽比例上均表现出优势, 这些特征的提升有助于增加地下竹鞭系统的营养吸收和水分利用效率, 从而可能提高笋的产量和质量(蔡宗明等, 2023)。竹鞭质量随着采伐带宽增加呈现先上升后下降的趋势, 其原因在于长距离的养分运输不利于鞭根系统的快速恢复进而影响竹鞭质量影响出笋质量(Shi *et al.*, 2021)。

### 3 环境因子对毛竹鞭根的影响

在毛竹的生长发育过程中, 降水量起着至关重要的作用, 尤其是在毛竹刚栽植的时候, 如果遇到天气恶劣如温差过大或干旱、积水的时间过长, 毛竹的生长缓慢或者不生长, 甚至极有可能使竹株死亡(丁正亮, 2011)。在 3 月中旬到 4 月初, 毛竹育笋时期的降水量在 300 ~ 500 mm 之间是最适合毛竹生长, 此时的毛竹生长旺盛, 育笋能力强(Liao P *et al.* 2013)。在覆盖技术对笋用毛竹林的相关研究中表明, 覆盖技术能有效提高地表温度, 使笋期提前并提高出笋数量(周建夷等, 1985)。有关于土壤作为竹鞭鞭根及鞭芽生长发育的基础环境, 对竹笋生长过程具有至关重要的影响。土壤的物理性质(如质地、结构、孔隙度)和化学性质(如 pH 值、养分含量、盐分等)共同构成了竹鞭生长的基质条件。适宜的土壤质地(砂质土)和结构有助于保持土壤的水分和空气平衡, 为鞭根提供稳定的生长环境, 促进其根系的发育和延伸(胡集瑞, 2000)。此外, 土壤中的养分含量对鞭根的吸收和利用效率有直接影响, 充足的养分供应是鞭根快速生长和鞭芽顺利分化的物质基础, 当土壤中有机质和速效磷含量增加, 出笋数也随之增加(鲁顺保等, 2011)。当土壤 pH 值在 4.0 ~ 5 偏酸性时, 更有益于刺激鞭梢、鞭段、鞭芽的发育, 从而增加出笋数量(王仙梅, 2013)。在土壤条件不佳的情况下, 如土壤贫瘠、板结或盐碱化, 土壤中摩擦阻力过大致使竹鞭分布浅, 鞭梢发育速度慢且会经常断脱, 影响根系的发育和鞭芽的萌发, 甚至可能导致竹鞭生长受阻或死亡(陈双休, 2009)。有关于地形因素对毛竹林退笋的研究中表明在不同的地形毛竹林退笋情况也略有不同, 其中山脊 50.67%、山坡 54.55%、山洼 56.88%(王宗仁等, 1998)。

### 4 竹鞭对毛竹笋生长的影响

竹鞭竹笋具有共享养分的繁殖特点, 竹鞭的生长情况将直接影响竹笋的质量(郑风英等, 2022)。竹鞭鞭根的生长状态作为竹子地下系统健康状况的直接体现, 对鞭芽的生长发育具有决定性的调控作用。当鞭根处于健康、活跃的生长状态时, 其细胞分裂迅速、根系延伸广泛, 能够有效提升土壤资源的吸收效率, 为鞭芽提供充足的水分、养分及必要的生长调节物质。这种良好的资源供应环境促进了鞭芽的细胞分裂与分化进程, 加速了其从休眠状态向活跃生长状态的转变, 从而提高了鞭芽的萌发率和生长速率。反之, 若鞭根生长状态不佳, 如受到病虫害侵袭、土壤条件恶劣或养分供应不足等因素的影响, 其吸收能力将显著下降, 导致鞭芽所需的营养资源匮乏。这种资源限制将抑制鞭芽的生理活动, 延缓其生长发育进程, 甚至可能导致鞭芽死亡或形成弱势分株, 进而影响整个竹林的生长潜力和稳定性。

竹鞭不同鞭龄的竹鞭在萌发芽和休眠芽的表现上存在显著差异。具体而言, 1~2 年生竹鞭虽然萌发芽比例较少, 但休眠芽中活芽的比例较高, 预示着来年较强的萌发潜力。3~4 年生及 5~6 年生竹鞭萌发芽比例逐渐增高, 尤其是 5~6 年生竹鞭达到了最高峰, 但即便如此, 其萌发芽比例也仅为 40.42%, 说明增产潜力依然巨大。相反, 7 年生及以上老竹鞭由于养分消耗殆尽, 休眠芽中活芽比例极低(仅 9.43%), 发笋机会大幅减少。这一发现为竹林管理中老竹鞭的更新与挖除提供了科学依据(汪奎宏等, 2000)。

在竹根与竹笋退笋的关系的研究中发现退笋多数是无根或者少根的情况, 合计占 87.85%, 随出笋时间的变化, 退笋中生长多条根的竹笋占百分比呈现两头低中间高的状况, 这可能是随着出笋时间增加, 土壤温度逐渐升高, 根系生长活跃起来, 无根竹笋数量在减少, 多根竹笋数量增加, 同时竹笋笋体生长也加快, 导致营养竞争更加激烈, 多根的竹笋也很难竞争到营养, 从而导致退笋, 后期多根竹笋都长成竹, 不太容

易退笋, 从而出现多根竹笋退笋的百分比降低(李建华 等, 2023)。

## 5 讨论

目前, 有关于影响毛竹出笋的研究主要集中于宏观研究, 包括鞭根养分含量、生物量、生长特性、分布及结构特征等。在经营措施相关的研究中发现, 适中的立竹密度 ( $2550 \text{ 株/hm}^2$ ) 和合理的采伐带宽 (8 m 带宽) 有助于提升竹鞭的生长质量 (詹美春, 2019), 进而促进竹笋的高产。同时, 环境因子因子如土壤养分、降水量、光照和温度也对竹鞭及鞭芽的生长发育具有重要影响。竹鞭鞭根作为竹子地下部分的关键组成部分, 其生长状态对鞭芽的生长发育具有决定性调控作用, 不同鞭龄的竹鞭在萌发芽和休眠芽的表现上存在显著差异。在微观水平上有关激素水平变化表明在出笋阶段内源激素 IAA 在早期和末期于鞭根部位含量升高,  $\text{GA}_3$  含量于中期和末期含量较高, ABA 含量则是早期含量较高但是后续持续下降(王树梅, 2023)。该表现更有利于中期以及末期的细胞分裂分化以及生长, 有利于侧芽的形成进而成笋。在该时期有关于竹子生长发育的 *Phe* 基因家族此时表达量也同样升高刺激相关激素合成(张春玲, 2015)。但是有关于侧芽的发育以及调控侧芽形成途径的相关研究仍有欠缺。

## 参 考 文 献

- 应叶青, 丁笑章, 高培军等. 2009. 毛竹笋用林覆盖促成栽培技术. 林业科技开发, 23 (3): 110-112.
- (Ying Y Q, Ding X Z, Gao P J, *et al.* 2009. Moso bamboo shoots are cultivated with forest mulch. Journal of Forestry Engineering, 23(3): 110-112. [in Chinese])
- Flynn A, Chan K W, Zhu Z H, *et al.* Sustainability, space and supply chains: The role of bamboo in Anji County, China. Journal of Rural Studies, 2017, 49: 128-139.
- 曾宪礼. 2019. 皖南毛竹林带状采伐恢复特征及影响因子研究. 北京: 中国林业科学研究.
- (Zeng X L. 2019. Recovery characteristics and influencing factors of moso bamboo forests under different strip clearcutting in southern Anhui province. Beijing: Chinese Academy of Forestry. [in Chinese])
- 詹美春, 官凤英, 晏颖杰等. 2020. 带状采伐对毛竹林下植被物种多样性的影响. 生态学报, 40(12): 4169-4179.
- (Zhan M C, Guan F Y, Yan Y J, *et al.* 2020. Effects of strip harvesting on species diversity of undergrowth in bamboo (*Phyllostachys edulis*). Acta Ecologica Sinica, 40(12): 4169-4179. [in Chinese])
- 曾宪礼, 苏文会, 范少辉, 等. 2019. 带状采伐毛竹林恢复的质量特征研究. 西北植物学报, 39 (5): 917-924.
- (Zeng X Y, Su W H, Fan S H, *et al.* 2020. Qualitative recovery characteristics of moso bamboo forests under strip clearcutting. Journal of Northwest Botany, 39(5): 917-924. [in Chinese])
- 于大炮, 周旺明, 周莉, 等. 2019. 长白山山区阔叶红松林经营历史与研究历程. 应用生态学报, 30 (05): 1426-1434.
- (Yu D P, Zhou W M, Zhou L, *et al.* 2019. Exploring the history of the management theory and technology of broad-leaved Korean pine (*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.) forest in Changbai Mountain region, Northeast China. Chinese Journal of Applied Ecology, 30(05): 1426-1434. [in Chinese])
- 刘代汉, 李晓铁, 秦丽凤, 等. 2013. 桂林漓江上游毛竹林可持续经营模式研究. 林业经济, 35(10): 116-120.
- (Liu D H, Li X T, Qin L F, *et al.* 2013. On the sustainable management model of moso bamboo stand in Guilin Li River head water area. Forestry Economics, 35(10): 116-120. [in Chinese])
- Mao F J, Li P H, Zhou G M, *et al.* 2016. Development of the BIOME-BGC model for the simulation of managed Moso bamboo forest ecosystems. Journal of Environmental Management, 172:29-39.
- 朱勇, 张文勤, 吴以专. 2005. 大面积毛竹造林的生产经验. 竹子研究汇刊, 24 (2): 33-36
- (Zhu Y, Zhang W Q, Wu Y Z. 2005. The Experience about the afforestation of moso bamboo. Journal of bamboo research, 24(2): 33-36. [in Chinese]).
- Pregitzer K S, DeForest J L, Burton A J, *et al.* 2002. Fine root architecture of nine north American trees. Ecological Monographs, 24 (2): 33-36.
- Kubisch P, Hertel D, Leuschner C. 2015. Do ectomycorrhizal and arbuscular mycorrhizal temperate tree species systematically differ in root order based fine root morphology and biomass? Frontiers in Plant Science, 6:64.

- Sun T, Dong L, Zhang L, *et al.* 2016. Early stage fine-root decomposition and its relationship with root order and soil depth in a *Larix gmelinii* plantation. *Forests*, 7 (10): 234.
- Shi J M, Mao S Y, Wang L F, *et al.* 2021. Clonal integration driven by sourcesink relationships is constrained by rhizome branching architecture in a running bamboo species (*Phyllostachys glauca*): a  $^{15}\text{N}$  assessment in the field. *Forest Ecology and Management*, 481: 118754.
- Wang Z, Ding L, Wang J, *et al.* 2016. Effects of root diameter, branch order, root depth, season and warming on root longevity in an alpine meadow. *Ecological Research*, 31 (5): 739-747.
- 丁正亮. 2011. 安徽大别山毛竹林土壤肥力特点及其与生产力的关系研究. 合肥: 安徽农业大学.
- (Ding Z L. 2011.Characteristics of soil fertility and stand productivity of bamboo forest in Dabieshan, Anhui province. Hefei: Anhui Agricultural University. [in Chinese])
- Liao P, Zhan ZY, Dai J, *et al.* 2013. Adsorption of tetracycline and chloramphenicol in aqueous solutions by bamboo charcoal: A batch and fixed-bed column study. *Chemicalengineering journal*, 228: 496-505.
- 黄甫昭, 范怡, 王福升, 等. 2012, 篌竹的鞭系及根系结构. 林业科技开发, 26( 6) : 55-59.
- (Huang F Z, Fan Y, Wang F S, *et al.* 2012. Studies on rhizome and root system structure of *Phyllostachys nidularia* Munro. *Journal of Forestry Engineering*, 26(6): 55-59. [in Chinese]).
- 王仙梅. 2013. 毛竹低产林改笋用林技术. 现代农业科技, 9: 185-188.
- (Wang X M. 2013. Conversion technology of low-yield bamboo shoot forest from moso bamboo. *Modern Agricultural Science and Technology*, 9: 185-188. [in Chinese]).
- 陈双林. 2009. 海拔对毛竹林结构及生理生态学特性的影响研究. 江苏: 南京林业大学.
- (Chen S L. 2019.Study on effects of altitude on the structure and physio-ecological characteristics of Moso bamboo forest. Jiangsu: Nanjing Forestry University. [in Chinese])
- 詹美春. 2019. 苏南带状采伐毛竹林林分恢复特征研究.北京: 中国林业科学研究院.
- (Zhan M C. 2019. Characteristic research on rapid regeneration of strip harvesting bamboo (*Phyllostachys edulis*) forest in Jiangsu province. Beijing: Chinese Academy of Forestry. [in Chinese])
- 蔡星, 吴君, 李秉钧, 等. 2023. 长周期母竹留养模式下笋用毛竹的立竹密度对竹鞭特征及根系活力的影响. 福建农林大学学报(自然科学版), 52(4): 500-504.
- (Cai X, Wu J, Li B J, *et al.* 2023. Effect of moso bamboo forest density on rhizome characteristics and root activity of moso bamboo under long-period mother bamboo conservation mode. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University ( Natural Science Edition)*, 52(4): 500-504. [in Chinese]).
- 蔡宗明, 邓智文, 李秉钧, 等. 2023. 带状采伐宽度对毛竹林地下竹鞭结构特征的影响. 林业科学, 59(4): 79-87.
- (Cai C M, Deng Z W, Li B J, *et al.* 2023. Effects of strip-cutting width on the structural characteristics of underground bamboo rhizome in Moso bamboo forests. *Scientia Silvae Sinicae*, 59(4): 79-87. [in Chinese]).
- 冀琳珂, 谢锦忠, 张玮, 等. 2016. 覆盖雷竹林克隆系统出笋期各器官有机碳分布变化规律. 江西农业大学学报, 38(3): 426-432+439.
- (Ji L K, Xie J Z, Zhang W, *et al.* 2016. A study on distribution and regular pattern of organic carbon in various organs of mulched *Phyllostachys praecox* clone system stands in shootingperiod. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 38(3): 426-432+439. [in Chinese]).
- 李建华, 林晓越, 岳晋军, 等. 2023. 毛竹竹鞭侧芽生长特征研究. 竹子学报, 42(2): 56-62.
- (Li J H, Lin X Y, Yue J J, *et al.* 2023. Study on growth characteristics of lateral rhizome bud of *Phyllostachys edulis*. *Journal of Bamboo Research*, 42(2): 56-62. [in Chinese]).
- 李龙. 2017. 毛竹笋生长时空变化规律和生长素相关基因分析. 北京: 中国林业科学研究院.
- (Li L. 2017. Analyses of Auxin-related genes and spatio-temporal dynamic change of moso bamboo shoot. Beijing: Chinese Academy of Forestry. [in Chinese])
- 鲁顺保, 张艳杰, 龚霞, 等. 2011. 土壤养分与毛竹及竹笋生长相关性研究. 江苏农业科学(1): 205-208.
- (Lu S B, Zhang Y J, Gong X, *et al.* 2011. Correlation between soil nutrients and the growth of *Phyllostachys edulis* and bamboo shoots. *Jiangsu Agricultural Sciences*, (1): 205-208. [in Chinese]).
- 汪奎宏, 何奇江, 翁甫金, 等. 2000. 毛竹笋用丰产林地下鞭根系统调查分析. 竹子研究汇刊(1): 38-43.
- (Wang K H, He Q J, Weng F J, *et al.* 2000. Investigation and analysis on underground rhizome and root system of *Phyllostachys pubescens* for shoot and timber. *Journal of Bamboo Research*, (1): 38-43. [in Chinese]).
- 汪伦齐, 李源, 涂必江, 等. 2022. 毛竹“一竹三笋”经营管理技术. 安徽林业科技, 48(3): 23-25.

- (Wang L Q, Li Y, Tu B J, *et al.* 2022. Management techniques for " Bamboo and Shoots of 3 Types" of *Phyllostachys edulis*. Anhui Forestry Science and Technology, 48(3): 23-25. [in Chinese]).
- 王树梅, 2023. 带状采伐毛竹林地下鞭根系统与地面成竹响应特征的研究. 北京: 中国林业科学研究院.
- (Wang S M. 2023. Study on response characteristics of underground rhizome system and ground growth of *Phyllostachys edulis* forests under different strip cutting. Beijing: Chinese Academy of Forestry. [in Chinese])
- 张春玲, 2015. 毛竹笋—竹生长发育过程系统分析与生长素相关基因研究. 北京: 中国林业科学研究院.
- (Zhang C L. 2015. The comprehensive analysis of shoot-culm and study of Auxin-related genes of *Phyllostachys edulis*. Beijing: Chinese Academy of Forestry. [in Chinese])
- 郑风英, 黄丽婷, 王敏, 等, 2022. 毛竹各器官非结构性碳水化合物及热值动态变化. 西部林业科学, 51(2): 80-85+92.
- (Zheng F Y, Huang L T, Wang M J, *et al.* 2022. Dynamic changes of non-structural carbohydrate and calorific value in organs of *Phyllostachys edulis*. Journal of West China Forestry Science, 51(2): 80-85+92. [in Chinese]).
- 周本智, 傅懋毅, 2008. 粗放经营毛竹林鞭系和根系结构研究. 林业科学研究(2): 217-221.
- (Zhou B Z, Fu C Z. 2008. Rhizome and root system structure of *Phyllostachys edulis* stand under extensive management. Forest Research, (2): 217-221. [in Chinese]).
- 周建夷, 胡超宗, 杨廉颇. 1985. 笋用毛竹丰产林地下竹鞭的调查. 竹子研究汇刊(1): 57-65.
- (Zhou J Y, Hu C Z, Yang L P. 1985. Investigations on the rhizome of *Phyllostachys pubescens* in a high-yield stand of edible bamboo shoots. Journal of Bamboo Research, (1): 57-65. [in Chinese]).