

傅华君,董晓波,万雅雯,等. 南京地区秋季播种一年生毛竹实生苗生长发育规律[J]. 江苏农业科学,2019,47(18):187-190.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.18.040

南京地区秋季播种一年生毛竹实生苗生长发育规律

傅华君^{1,2,3}, 董晓波^{1,2}, 万雅雯^{1,2,3}, 杨雅运^{1,2,3}, 苏佳露^{1,2,3}, 丁雨龙^{1,2}, 林树燕^{1,2}

(1. 南京林业大学南方现代林业协同创新中心, 江苏南京 210037; 2. 南京林业大学竹类研究所, 江苏南京 210037;

3. 南京林业大学生物与环境学院, 江苏南京 210037)

摘要:有关毛竹实生苗的研究多以造林抚育和生物学特性研究为主,而对实生苗生长发育规律的研究较少。为了进一步了解毛竹实生苗的生长发育习性,将其运用于生产生活实践,提高毛竹实生苗的利用率,以南京林业大学白马基地苗圃的毛竹实生苗为材料,详细探究一年生毛竹实生苗地上和地下部分生长发育规律,自出苗后每隔 1 周在苗圃里随机选取 30 个样,观察记录原生苗及各分蘖阶段的苗高、地径、节数及分蘖数量。毛竹实生苗的苗高生长于其萌发后 2 个月左右停止;1 年分蘖 4~5 次,分蘖苗均壮于母株;毛竹实生苗的发育呈现出从丛生经由混生过渡最终回归散生特征的规律。另外,运用统计学方法进行了相关分析,对指导实生苗培育及造林工作具有重要的实践意义。

关键词:毛竹;一年生实生苗;发育规律

中图分类号: S795.705 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)18-0187-04

毛竹(*Phyllostachys edulis*)是一种大型的多年生常绿散生竹类,是集经济效益、生态功能和观赏价值于一身的竹种^[1]。我国对毛竹的利用主要在竹材加工、竹碳、竹工艺、竹食品等方面^[2]。毛竹林固碳能力优于其他林木,大大改善了生态环境^[3-5]。毛竹笋材丰产林的建设开拓了毛竹广泛利用的前景^[6]。因此,对于毛竹培育技术的研究也一度成为焦点,关于毛竹实生苗的研究开始于 20 世纪 60 年代,当时广西毛竹林大量开花结实,为开展毛竹实生苗研究提供了条件。王裕国等研究了毛竹种子萌发到实生苗散生形态不同时期实生苗的生长动态^[7]。董敦义用多项指标研究了毛竹实生苗质量,制定了一套较全面的评价体系^[8]。林树燕对异叶苦竹苗期生长的研究结果,反映出实生苗存在一定的遗传变异^[9]。不少学者尝试通过共生菌来增加毛竹实生苗产量^[10-11],其效果有待验证。也有学者从毛竹实生苗培育过程中立地条件、施肥追肥等对其影响方面进行了研究^[12-14]。但是有关毛竹实生苗的文献出现的高潮却停留在 20 世纪 70 年代,至 2004 年

年平均文献数不足 3 篇^[15],特别在 20 世纪以来经济水平和科学技术的飞速发展下,关于毛竹实生苗生长发育规律的研究明显滞后,而其中应用型研究、经验总结与技术推广所占比重较大^[16-18],对于毛竹实生苗栽培的基础性研究却鲜有报道,对于毛竹实生苗生长发育规律认知滞后。本研究在已有研究的基础上,对毛竹实生苗发育规律进一步细化,并运用更先进的分析方法对其进行评估,以期造林育林工作提供更好的基础和数据分析支持。

1 材料及方法

1.1 试验地概况

毛竹种子(颖果)于 2014 年 9 月 23 日播种于南京林业大学白马基地竹种园(地理位置 31°36'N、119°10'E),该园位于北亚热带和中亚热带的过渡地带,年平均气温为 15.4℃,年均降水量达 1 078.4 mm。实生苗培育采用扦插池作为苗地,草炭土为育苗基质,灌溉方式为喷灌。

1.2 试验方法

自 2014 年 10 月 7 日起,每隔 7 d 在苗圃里随机选取 30 个样,带样土块齐地整体取出,用流水慢慢冲洗,确保根系的完整性。观察每个阶段的发育状态,测量记录原生苗及各分蘖阶段的苗高、地径、节数、分蘖数量以及胚根长度。

1.3 数据分析

用 SPSS Statistics 22.0 软件和 Excel 对毛竹实生苗发育

收稿日期:2018-06-14

基金项目:国家重点研发计划(编号:2016YFD0600901);江苏省科技支撑计划(农业)重点项目(编号:BE2016304)。

作者简介:傅华君(1995—),男,湖北襄阳人,硕士研究生,主要研究方向为竹子发育生物学。E-mail:1065014967@qq.com。

通信作者:林树燕,博士,副教授,主要研究方向为竹子发育生物学。E-mail:lrn@njfu.com.cn。

[24]李 洁,徐军桂,林 程,等. 引发对低温胁迫下不同类型玉米种子萌发及幼苗生理特性的影响[J]. 植物生理学报,2016,52(2):157-166.

[25]欧宇丹,邵 玲,周 澄,等. 不同叶色型莧菜叶片光合生理特性对弱光胁迫及恢复的响应[J]. 植物生理学报,2016,52(10):1527-1536.

[26]卞凤娥,孙永江,牛彦杰,等. 高温胁迫下根际褪黑素对葡萄叶片叶绿素荧光特性的影响[J]. 植物生理学报,2017,53(2):257-263.

[27]查 倩,奚晓军,蒋爱丽,等. 高温胁迫对葡萄幼树叶叶绿素荧光特性和抗氧化酶活性的影响[J]. 植物生理学报,2016,52(4):525-532.

[28]李美琦,姜在民,赵 涵,等. 加杨水力学与生理特性对不同土壤水分条件响应研究[J]. 植物生理学报,2017,53(4):632-640.

[29]殷庆霏,郭建斌,倪肖卫,等. 不同堆肥对南方屋顶绿化植物生长特性的影响[J]. 环境工程学报,2017,11(11):6205-6213.

[30]王雪莉. 兰州地区植物 PAHs 超累积特性和生物炭对土壤 PAHs 污染修复初探及对策[D]. 兰州:兰州大学,2016.

状态进行定量分析,比较各指标之间的相关性。

2 结果与分析

2.1 种子萌发及实生苗生长过程

2014 年 9 月 23 日播种后,在充足的光照和水分条件下,7 d 后种子开始萌发。胚根先突破表皮,胚芽呈乳白色从胚芽鞘中迅速伸长,出土后转绿形成竹苗,竹苗生出的第 1 张叶子小而短,为胚芽鞘。播种 20 d 后长出第 1 张真叶,叶耳上着生 14~16 枚繸毛,胚根上形成侧根。播种后(60±5) d,发生第 1 次分蘖,并伴随着不定根的形成。由胚芽发育形成的竹苗可以称为胚竹或原生苗。原生苗一般展叶 10~19 张,平均高 230.33 mm,最高能达到 326.00 mm;平均地径为 0.76 mm,最粗可达 1.62 mm。2014 年 11 月初至 2015 年 2 月,原生苗地上部分和地下根系生长缓慢,下部老叶逐步枯死脱落,根颈部形成第 1 代分蘖芽(多为 1 个,鲜见 2 个),生长

缓慢,直到 3 月下旬开始快速生长。第 1 代分蘖苗平均高度可达 317.67 mm,平均地径为 1.20 mm。5 月底在第 1 代分蘖苗的基部发生了第 2 次分蘖,此时出现了部分原生苗死亡的现象。在第 2 代分蘖苗生长过程中,其 2、3 节出现了单分枝,并在秆基形成独立的不定根系统。第 2 代分蘖苗平均高 416.67 mm,高度变化范围为 335.00~510.00 cm,平均地径为 1.67 mm,地径变化范围为 1.04~2.30 mm。从第 2 次分蘖开始,大约每隔 2 个月有 1 次分蘖,直到 2015 年 11 月下旬共发生了 5 次分蘖,分蘖苗一代比一代高大、粗壮,根系越来越发达,生长速度越来越快,叶面积越来越大,整株实生苗呈现丛生状。在前 4 代分蘖芽及胚芽的生长过程中,竹苗边长高边展叶,叶鞘包裹节间,仅有下部 2~5 节节间高于叶鞘露出,上部节间较短,叶片集中于顶部。第 5 代分蘖芽出土后具箨鞘和箨叶,拔高到一定程度后再展叶生长。毛竹实生苗生长物候谱见表 1。

表 1 毛竹实生苗生长物候谱							年-月-日
播种时间	种子萌动期	幼苗形成期	FN1 发生期	FN2 发生期	FN3 发生期	FN4 发生期	FN5 发生期
2014-09-23	2014-09-30	2014-10-14	2014-11-26	2015-05-18	2015-07-16	2015-09-18	2015-11-25

注:幼苗形成期指开始长出真叶的时间;FN1~FN5 分别代表第 1~5 代分蘖苗。

2.2 毛竹原生苗苗高生长发育规律

毛竹种子萌发后,其生长过程表现出明显的规律性。10 月 7 日起定株观测记录,由表 2 可知,从种子萌动后开始,净生长量呈一定变化规律,11 月,竹苗的净生长量达到最大值,为 60.19 mm,占原生苗一年生长量的 26.13%,此时正是高生长时期,生长速度快。12 月份前竹苗的平均高度为 98.67 mm,平均地径为 0.72 mm。通过观察发现,原生苗生长规律与春季竹笋不同。2014 年 12 月到 2015 年 2 月生长暂缓,3 个月只长了 7.35 mm。3 月开始,原生苗又重新进行苗高生长。5—8 月进入了生长旺季,平均每月长高 24.15 mm,总生长量达 96.59 mm,达到了全年生长量的 41.93%。原生苗苗高生长动态呈现出“快-慢-快-慢”的生长趋势。11 月往后生长量逐渐减少,到 12 月基本停止。

表 2 毛竹原生苗生长进程定期观测结果

日期 (年-月)	原生苗高度		
	平均连续生长量 (mm)	净生长量 (mm)	净生长量占全年 总生长量百分比(%)
2014-10	38.48	38.48	16.70
2014-11	98.67	60.19	26.13
2014-12	102.35	3.68	1.60
2015-01	103.98	1.63	0.71
2015-02	106.02	2.04	0.89
2015-03	111.13	5.11	2.22
2015-04	122.73	11.60	5.04
2015-05	147.96	25.23	10.95
2015-06	165.11	17.15	7.45
2015-07	191.21	26.10	11.33
2015-08	219.32	28.11	12.20
2015-09	222.33	3.01	1.31
2015-10	230.33	8.00	3.47

2.3 毛竹实生苗根系的生长发育

2.3.1 实生苗根系生长情况 毛竹实生苗是典型的须根系

植物。种子萌发时,胚根突破种皮快速生长,当胚芽第 1 张叶展开后侧向地生出许多侧根,当胚芽的生长快结束时,不定根开始生长。在竹秆基部形成 3 个较大的根点,呈暗红色。不定根一般 3 个同时发出,较胚根粗壮,也有逐个发出的,位于秆基的 3 个对等点。不定根斜向深入土壤,呈三角锥的空间构象,保障了地上部分的稳固。每代分蘖苗都有其独立的不定根系统,多为 3 个不定根。从第 3 代分蘖苗开始除秆基的不定根外,在土壤中形似鞭段的节也开始发生不定根。第 5 代分蘖苗秆基的不定根数增多。

2.3.2 胚根与地上部分的关系 随着胚根的生长,原生苗的苗高也发生着变化。原生苗和胚根在各阶段的整体变化趋势见图 1。胚根生长初期,其生长速度明显高于胚芽。2014 年 10 月开始,胚根增长速度缓慢,根据生长规律可知,这段时间是胚芽的速生期,有机物主要用于原生苗的苗高生长。秋冬季,根长和苗高相近且暂缓生长,2015 年 2 月根先于苗继续增长,苗高生长相对缓慢。

2.4 毛竹实生苗的分蘖规律

实生苗分蘖后整株呈丛生状。当原生苗展开 5 张叶时,长出不定根后开始第 1 次分蘖,将从原生苗根颈处分蘖成的苗称为第 1 代分蘖苗,由第 1 代分蘖苗上的分蘖芽长成的植株称第 2 代分蘖苗,依此类推。由表 3 可知,分蘖芽的数量一代比一代多,在第 3 次分蘖时,原生苗几乎停止生长。

通常第 1 代分蘖苗有 1 个分蘖芽,第 2 代分蘖苗有 1~2 个分蘖芽,随着叶片光合面积的增大,积累的营养物质增多,从第 3 次分蘖开始芽慢慢变多,各代分蘖芽也按一定顺序出土。各代分蘖芽一般竖直向上增长,部分第 3 代分蘖芽在地下形成一段地下茎后出土成苗,地下茎段生有不定根,形似假鞭。调查丛数中仅少数在第 3 代分蘖苗期行鞭,一般只发 1 条鞭,极少有 2 条鞭。鞭鞘木质化,鞭上具短缩的节,节上生有不定根,平均鞭段长 11.40 mm,平均鞭径 3.98 mm。行鞭实生苗与一般实生苗也有形态上的差别:行鞭竹株矮小,各代

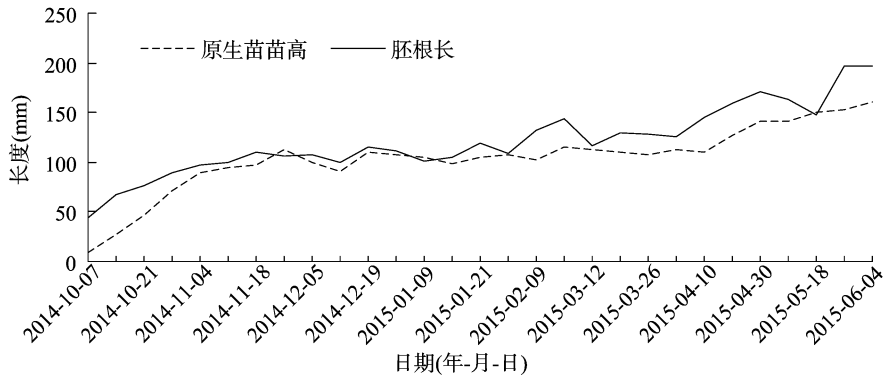


图1 原生苗和胚根生长的总体趋势

表 3 实生苗分蘖数量

阶段	原生苗节数 (节)	分蘖芽数量 (个)
第 1 代分蘖	6	1
第 2 代分蘖	10	1~2
第 3 代分蘖	15	2~3
第 4 代分蘖	17	3~6
第 5 代分蘖	18	≥3

苗高度相当,而未行鞭竹株各代苗高生长差异明显。可能是由于营养物质供给鞭段的生长而限制了分蘖苗的长高。

分蘖芽的发生位置一般位于上一代分蘖苗的基部最下面一节。第 2 代分蘖芽多为互生,偶有并生,一大一小。第 3 代分蘖芽发生的节位开始上移,且始终是基部的芽优先发育。第 4 代分蘖芽,从基部往上呈互生方式发生。每代分蘖芽只

有 1~2 个能发育成苗。

2.5 毛竹实生苗苗高与地径的变化规律

由表 4 可知,各代分蘖苗的高度变化范围是一个递增的过程,相邻 2 代苗高的增长量比较平稳,苗高的平均增长量为 92.36 mm,第 1 代分蘖苗较原生苗增幅最大,达 37.92%。第 4 代分蘖苗的变化范围最大,为 400~741 mm,平均高 599.75 mm。第 2、3 代分蘖苗的地径增长量最大,达 0.79 mm,此段时间是 5—7 月,正是实生苗生长的旺盛时期。将各阶段竹苗依次编号,用 $t(t=1,2,3,4,5)$ 表示, $t=1$ 时表示原生苗,以此类推。苗高和地径的均值分别用 H 和 D 表示,单位为 mm。以 t 为变量进行相关性分析,得出二次曲线的拟合效果最好(图 2、图 3), r^2 分别达到了 0.994 2 和 0.996 6。

$$H = -1.8816t^2 + 106.9600t + 119.8100;$$
$$D = 0.050t^2 + 0.292t + 0.410.$$

表 4 毛竹实生苗的基本形态指标

项目	原生苗		第 1 代分蘖苗		第 2 代分蘖苗		第 3 代分蘖苗		第 4 代分蘖苗	
	高	地径	高	地径	高	地径	高	地径	高	地径
最大值	326.00	1.62	348.00	1.80	510.00	2.30	650.00	3.00	741.00	3.48
最小值	123.00	0.54	271.00	0.70	335.00	1.04	481.00	1.88	400.00	2.57
$\bar{x} \pm s$	230.33 ± 44.50	0.76 ± 0.12	317.67 ± 25.33	1.20 ± 0.21	416.67 ± 69.12	1.67 ± 0.34	535.50 ± 53.96	2.46 ± 0.40	599.75 ± 78.84	3.09 ± 0.33

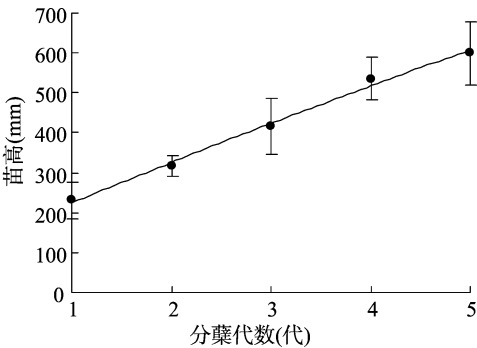


图2 苗高与分蘖代数的关系

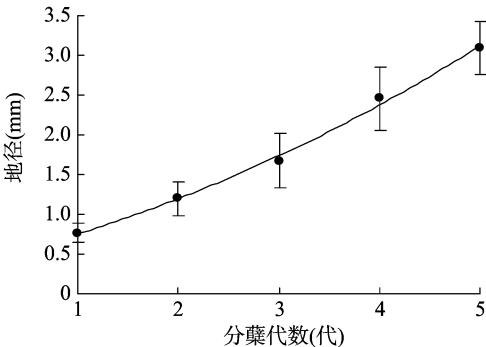


图3 地径与分蘖代数的关系

3 结论与讨论

不同竹种种子萌发所需时间差异较大,不同竹种的实生苗苗高生长也存在明显差异。毛竹种子萌发到完成苗高生长需 55~60 d,此时胚苗平均高 98.67 mm,平均地径 0.72 mm;

箬竹幼苗从萌发到停止苗高生长需 15~20 d,幼苗平均高度为 11.04 cm,平均地径为 0.16 cm^[19];料慈竹实生苗为 30~40 d,竹苗平均高 10.20 cm,平均地径 0.40 mm^[20]。邵慈峰等通过对毛竹实生苗水培体系的建立发现,在一定范围内增加氮素、磷素、钾素,可有效增加实生苗叶面积和生物量,其中

氮素的效果最为显著^[21]。

毛竹种子播种 7 d 后开始萌发,约 60 d 后形成第 1 次分蘖,次年 5—8 月进入生长旺季,少数实生苗第 3 次分蘖时可发生行鞭;而根据汪政忠的研究,毛竹实生苗从发芽出土至第 1 次分蘖,约需 120 d,可能是由于祁山北部地区气候干燥,水分流失较快,延长了种子的萌发时间^[22];吴汉认为,用 40 ℃ 的温水浸泡种子可达到催芽的效果^[23];筇竹播种后 15 d 左右发芽出土,当年很少产生分蘖现象,次年 4—5 月开始陆续分蘖,第 3 年 4—5 月竹苗开始大量走鞭、发笋^[24];在立地条件好、土壤水分充足的情况下,毛竹实生苗具有较高的光饱和点,可以更大效率地进行光合作用^[25],可以根据萌发时间、生长旺盛期、分蘖期及行鞭期加强实生苗的田间管理和抚育^[26]。胡健研究认为,毛竹实生苗秋季播种比春季播种分蘖次数多^[27]。陈建华等也得出相同的结论,并且发现,秋播毛竹实生苗不仅仅分蘖数多,在苗高、地径和根系生长方面均有优势^[28]。在南京秋季播种,一年之中毛竹实生苗可分蘖 4~5 次,分蘖苗一代比一代高,一代比一代粗壮,分蘖苗的苗高和地径都与分蘖代数存在一定的关系,根据拟合的相关性模型,可以对以后分蘖苗苗高和地径的生长趋势作大概的预测。而毛竹分蘖苗与胚竹的苗高生长发育趋势也相同,都符合“S”形曲线,这与董敦义的研究结果^[8]一致,这和年初年末温度降低,有机物合成代谢变慢有关,可以根据苗期的生长特点,合理制定管理措施,科学指导竹苗选育。

毛竹在分类上属于刚竹属竹种,是典型的散生竹。而毛竹实生苗在最初的形态和结构上与刚竹属的特点存在明显不同。实生苗的每次分蘖都是从秆基处发生,一年生实生苗呈现丛生竹的特点,在随后的生长中,逐渐过渡到混生竹,最后回归到散生竹,与前人对雷竹实生苗生长按丛生→混生→散生的进化规律相同^[29-30]。实生苗在第 2 代分蘖苗上只有单分枝,分枝向上生长,并逐渐高于主秆,与刚竹属二分枝的特点有所不同^[31]。实生苗第 1~4 代分蘖芽的生长过程并不像笋具有箨叶的分化,而是边长高边展叶,与由笋发育来的竹子呈现不同的模式,竹笋出土后发育成的竹秆,完成苗高生长后才开始展叶。实生苗在生长发育过程中表现出差异的机理尚不明确,有待进一步研究。

参考文献:

- [1]熊文愈.毛竹林的丰产问题[J].南京林业大学学报(自然科学版),1959,2(1):103-112.
- [2]韩艳,张颖心,何潮洪.基于循环经济角度考虑的毛竹综合利用[C]//第一届循环经济与生态工业学术研讨会论文集.北京:中国学术期刊电子出版社,2006:251-257.
- [3]庄舜尧,季海宝,张厚喜,等.福建省建瓯市毛竹林生态系统固碳状态研究[J].生态环境学报,2012,21(7):1200-1204.
- [4]张利阳.临安岳山毛竹碳吸收动态及影响因素研究[D].杭州:浙江农林大学,2011.
- [5]周国模.毛竹林生态系统中碳储量、固定及其分配与分布的研究[D].杭州:浙江大学,2006.
- [6]洪伟,郑郁善,邱尔发.毛竹丰产林密度效应研究[J].林业科

- 学,1998,34(增刊1):1-4.
- [7]王裕国,夏先掌.毛竹种子育苗及其生长规律[J].陕西林业科技,1980(6):10-23.
- [8]董敦义.毛竹实生苗发育规律研究[D].南京:南京林业大学,2005.
- [9]林树燕.鹅毛竹和异叶苦竹的生殖生物学研究[D].南京:南京林业大学,2009.
- [10]顾小平,吴晓丽.接种联合固氮菌对毛竹实生苗生长的影响[J].林业科学研究,1999,12(1):10-15.
- [11]Yuan Z S,Liu F,Xie B G,et al. The growth-promoting effects of endophytic bacteria on *Phyllostachys edulis* [J]. Archives of Microbiology,2018,200(6):921-927.
- [12]梁玖华,黄河,潘斌,等.叶面施肥对实生毛竹苗鞭笋生长与萌发的影响[J].经济林研究,2004,22(4):47-49.
- [13]孟承安,陈黎,方乐金.毛竹实生苗造林基肥种类比较研究[J].竹子研究汇刊,2004,23(1):24-27.
- [14]程晓阳,方乐金,詹鸿章,等.立地条件对毛竹实生林生长发育影响的研究[J].世界竹藤通讯,2004,2(4):26-27.
- [15]邓锦森,董敦义,丁雨龙.毛竹实生苗专题文献分析[J].竹子研究汇刊,2004,23(2):8-12.
- [16]Xie J,Lin Y S,Shi X J,et al. Mechanochemical-assisted extraction of flavonoids from bamboo (*Phyllostachys edulis*) leaves [J]. Industrial Crops and Products,2013,43(1):276-282.
- [17]叶松涛,杜旭华,宋帅杰,等.水杨酸对于旱胁迫下毛竹实生苗生理生化特征的影响[J].林业科学,2015,51(11):25-31.
- [18]曹流清,李晓凤.毛竹大径材培育技术研究[J].竹子研究汇刊,2003,22(4):34-41.
- [19]董文渊,黄宝龙,谢泽轩,等.筇竹种子特性及实生苗生长发育规律的研究[J].竹子研究汇刊,2002,21(1):57-60.
- [20]段春香.料慈竹种子特性及育苗技术系统研究[D].昆明:西南林学院,2008.
- [21]邵继锋,桂仁意,季海宝,等.毛竹实生苗水培体系初步建立[J].浙江农林大学学报,2011,28(1):86-94.
- [22]汪政忠.皖南山区毛竹实生苗繁育及实生林生长发育规律研究[J].安徽林业科技,2013,31(1):30-32.
- [23]吴汉.毛竹实生苗培育技术[J].广东林业科技,2003,19(4):72-73.
- [24]毛俊彪,黄良江.筇竹实生苗培育技术[J].世界竹藤通讯,2006,4(1):29-30.
- [25]杨迪蝶,黄启民.毛竹实生苗生物量及光合速率的研究[J].林业科学研究,1990,3(5):461-465.
- [26]汪玉珍.毛竹实生苗培育技术[J].安徽林业,2009(2):45.
- [27]胡健.毛竹种子繁殖与丰产技术研究[D].长沙:中南林业科技大学,2013.
- [28]陈建华,胡健.毛竹种子育苗技术[J].经济林研究,2013,31(2):151-153.
- [29]陈晓玲.实生雷竹生长状况的调查研究[J].华东森林经理,2008,22(2):21-24.
- [30]付顺华,吴家森,余永清,等.雷竹种子特性及苗期生长观察[J].山东林业科技,2002(1):11-12.
- [31]马乃训,张文燕,袁金玲.国产刚竹属植物初步整理[J].竹子研究汇刊,2006,25(1):1-5.