

毛竹种子萌发特性研究

蔡春菊¹, 彭镇华^{1,2}, 高 健¹, 王怀训³, 刘 凤⁴

(¹ 国际竹藤网络中心国家林业局竹藤科学与技术重点实验室, 北京 100102;

² 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091; ³ 山东青岛出入境检验检疫局, 山东青岛 266001;

⁴ 山东农业大学林学院, 山东泰安 271018)

摘 要: 环境因素及其种子本身的状态对种子萌发的影响是植物生活史中的一个重要特征。该文采用室内发芽试验法研究了环境因素和种子质量对毛竹种子萌发特性的影响。结果表明: 种子萌发的最适宜温度范围为 20~30 ℃, 低于 15 ℃ 或超过 35 ℃ 均不能很好萌发, 最适萌发温度 25 ℃。变温处理有利于发芽整齐。在自然环境下光照不是毛竹种子萌发的必要条件, 但高光强会抑制幼苗生长。种子饱满度是影响种子活力的重要因素之一, 明显影响种子萌发进程、发芽整齐度及苗木健壮程度。GA₃ 处理能显著提高毛竹种子发芽势、发芽指数和活力指数, 加快毛竹种子萌发进程, 促进萌发后幼苗生长, GA₃ 最适处理浓度范围为 100~200 mg/L。通过研究表明, 温度是影响毛竹种子萌发的环境因素中的重要的限制因子, 种子本身的质量和状态是种子活力高低的决定性因素。

关键词: 毛竹; 种子萌发; 温度; 光照; GA₃

中图分类号: S718 **文献标识码:** A

Seed Germination Characteristics of *Phyllostachys edulis*

Cai Chunju¹, Peng Zhenhua^{1,2}, Gao Jian¹, Wang Huaixun³, Liu Feng⁴

(¹International Center for Bamboo and Rattan, Key Laboratory of Science and Technology of Bamboo and Rattan, State Forestry Administration, Beijing 100102; ²Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091;

³Entry-Exit Inspections and Quarantine Bureau of Qingdao, Qingdao 266001;

⁴College of Forestry, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018)

Abstract: The response of seed germination to environment and itself state were main characters for plant in its life history. In this study, the effects of the environmental factors such as light intensity and temperature, and seed quality to the seed germination of *Phyllostachys edulis* were investigated. Results showed that the optimal germination temperature ranges of *Phyllostachys edulis* were between 20 ℃ and 30 ℃. Seed of *Phyllostachys edulis* could not germinate well below 15 ℃ or over 35 ℃, and the optimal temperature for the seed germination was 25 ℃. Alternate temperatures were helpful to germination uniformity. Light was not a significant and essential factor for the germination, but high light intensity could inhibit seedling growth. Seed plumpness was a crucial factor for seed vigor, obviously influenced germination course, germination uniformity and seedling health. GA₃ increased germination energy, index of germination and index of vigor obviously, accelerated germination course and seedling growth. The optimal concentration ranges of GA₃ were between 100~200 mg/L. In addition, temperature was a main limiting factor affecting the seed germination of *Phyllostachys edulis*. Seed quality and its state were crucial aspects to decide seed vitality.

Key words: *Phyllostachys edulis*, seed germination, temperature, light intensity, GA₃

基金项目: 国际竹藤网络中心基本科研业务费专项资金“毛竹种子劣变机理及生活力保存技术研究”(06/07-B12); 国家“十一五”科技支撑项目“竹资源优良品种选择与育种技术研究”(2006BAD19B0203 和 2006BAD19B0202) 资助。

第一作者简介: 蔡春菊, 女, 1975 年出生, 山东人, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为竹子遗传育种。通信地址: 100102 北京市朝阳区望京阜通东大街 8 号国际竹藤网络中心, Tel: 010-84789806, E-mail: caicj@icbr.ac.cn。

通讯作者: 高健, 女, 1966 年出生, 安徽五河人, 博士, 研究员, 主要研究方向为植物遗传育种, E-mail: gaojian@icbr.ac.cn。

通讯作者: 彭镇华, 男, 1931 年出生, 江西人, 博士, 教授, 主要研究方向为植物遗传育种, E-mail: gaojian@icbr.ac.cn。

收稿日期: 2008-08-27, **修回日期:** 2008-10-06。

毛竹(*Phyllostachys edulis* (Carr.) H. De Lehaie) 又名楠竹, 隶属禾本科、竹亚科、刚竹属, 它生长快、产量高、材质好, 适应性强, 用途广, 是中国分布最广、面积最大、经济价值最高的竹种之一。其中心分布区为长江以南、南岭以北, 以福建、浙江、江西、湖南、安徽等省份的分布面积最大^[1]。

竹类植物具有独特的开花结实习性。毛竹开花周期长且难以预测, 终身开花一次并在种子发育成熟后死亡, 一旦毛竹成片开花, 就会造成竹林大面积死亡。且开花零散, 自然结实率低, 质量差, 种子寿命短, 贮藏1年后几乎全部丧失发芽力^[2,3]。由于毛竹种子采收难、保存难、发芽率低, 使得实生苗培育的研究和应用受到了很大的限制。长期以来, 人们一直沿用无性繁殖的方式发展竹林, 挖苗、种植都费工费力, 而且消耗竹材, 成本高、效率低, 严重地制约了毛竹林面积的快速发展和产业的发展。

种子萌发特性是植物生活史中的一个重要特征, 对于植物种的生存具有重要意义。掌握毛竹种子的萌发特性是以种子为材料开展质量检验、组织培养^[4]、辐射育种^[5]、竹种分类鉴定与分子遗传改良^[6,7]等多方面相关研究工作的重要基础, 对于指导实生苗培育及造林工作具有良好的生产实践意义。近年来, 竹类植物开花结实特性^[8]的研究受到广泛关注, 对雷竹^[9]、箬竹^[10]等重要竹类实生苗生长规律以及光照和温度^[11]、酚酸^[12]、⁶⁰Co γ 辐射^[5]等对毛竹种子萌发影响等研究也相继展开。但对毛竹种子萌发特性还缺乏系统研究, 研究方法很不统一。该研究采用国家标准方法, 从影响毛竹种子萌发的环境因素和种子质量着手, 系统研究了毛竹种子的萌发特性, 旨在寻找种子萌发的最佳条件组合, 并初步探讨了外源植物激素处理对改善毛竹种子发芽周期长、苗木不整齐等的作用, 以期改进实生苗培育技术提供有效参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试毛竹种子源自广西省临桂县, 为2007年9月份收获的新种子。采后通风干燥并于4℃冰箱中塑料袋封存。种子净度为(61.75±1.12)%, 千粒重为(24.52±0.41)g。处理时净种子平均含水量为(8.58±1.54)%。

1.2 试验方法

试验于2007年10月~2008年6月在国家林业局竹藤科学与技术重点实验室内进行。将毛竹种子用蒸馏水25℃条件下浸种48h, 并用0.3%的KMnO₄溶液消毒4h后, 进行种子发芽试验。双层滤纸发芽床, 生化培养箱内发芽。种子萌发后以胚+下胚轴达到或超

过种子长度为标准逐日记载发芽数。发芽结束后计算发芽率、发芽指数、活力指数等相关指数^[13-15]。

计算公式为:

发芽率(Gr)= $\sum G_t/NT \times 100\%$; 发芽指数(GI)= $\sum(G_t/D_t)$; 活力指数(Vi)= $S \times \sum(G_t/D_t)$ 。其中, G_t 表示在 t 日时的发芽数, D_t 表示相应的发芽天数, NT 表示种子总数, S 表示幼苗的生长势(以苗平均鲜物质质量表示, g/100株)。

1.2.1 温度对毛竹种子发芽的影响 分别设计15、20、25、30℃恒温 and 20/30℃、15/25℃变温(16h/8h)条件下进行萌发试验。双层滤纸发芽床, 生化培养箱内发芽。发芽结束后(28d)计算发芽率、活力指数等相关指数。4次重复, 50粒/重复。

1.2.2 光照对毛竹种子发芽的影响 分别设计光照强度为200、500、800、1000、2000Lux和黑暗条件下进行萌发试验。25℃生化培养箱内发芽, 发芽结束后计算相关指数。4次重复, 50粒/重复。

1.2.3 种子饱满度对发芽的影响 种子的饱满程度可用千粒重来衡量, 将去种皮后毛竹净种子用清水分层后再用比重1.1的盐水对下层种子进行分类^[16], 分成饱满种子和不饱满种子两类, 千粒重分别为(25.07±0.16)g和(18.58±0.03)g。25℃生化培养箱内进行萌发对比试验。4次重复, 50粒/重复。

1.2.4 GA₃处理对种子发芽的影响 毛竹种子25℃条件下浸种48h后, GA₃处理4h, 处理浓度分别为25、50、100、200、400、800mg/L, 以蒸馏水作对照。25℃生化培养箱发芽。4次重复, 50粒/重复。

2 结果与分析

2.1 温度对种子萌发的影响

不同温度条件下毛竹种子萌发进程(见表1)表明: 温度是影响毛竹种子发芽的决定性因素。在20~30℃温度条件下种子都能够较好完成发芽过程, 为最适宜发芽温度范围。15℃及以下温度或超过35℃种子均不能很好发芽。在适宜温度范围内, 随着温度的升高, 发芽进程加快, 初始发芽天数及发芽结束时间提前, 发芽势升高, 发芽指数和活力指数显著提高。变温与同温度条件下的恒温相比, 初始发芽日期推迟, 20/30℃、15/25℃两种变温处理比30℃、25℃恒温条件下初始发芽日期推迟2~3d, 发芽势有所提高, 发芽整齐。

在5种萌发温度条件下, 毛竹种子萌发的最适宜温度是25℃, 发芽率和活力指数均表现最高, 亚适宜发芽温度为15/25℃。这与毛竹自然分布的区内种子成熟期时的气候条件及毛竹苗生长要求的最适宜温度条件是一致的^[1]。当萌发温度为30℃恒温 and 20/30℃

表 1 不同温度条件下种子发芽率及相关活力指数比较

温度处理	发芽率/%	发芽势/%	发芽指数	活力指数	霉烂种子平均百分比/%
20℃	55.0±3.6a	11.6±3.9a	5.34±0.73a	33.62±3.26a	11.2
25℃	64.4±4.7bc	34.2±6.2b	9.13±1.25c	67.77±5.44c	10.5
30℃	54.5±2.8a	37.8±4.5b	11.32±3.12d	49.58±3.86bc	24.4
20℃/30℃	62.8±4.1b	46.7±5.6c	9.88±1.67c	45.52±1.61b	16.5
15℃/25℃	61.2±3.2b	34.2±3.2b	7.67±1.02b	50.34±3.75bc	10.5

注：同列字母不同者表现为 0.05 水平差异达到显著水平 ($P<0.05$)，下同。

变温时，虽然发芽势高，发芽整齐，但受各种杂菌污染严重，发芽过程中种子霉烂率明显增高，种子萌发初期及萌发后均受到菌类污染，严重影响了苗木生长，活力指数低，种子活力降低。

2.2 光照对种子萌发的影响

模拟自然环境下光照对毛竹种子萌发进程试验结果显示(见图 1)：光照不是影响毛竹种子发芽的限制因子。无论是光照和黑暗条件下，只要温度、湿度等条件适宜，毛竹种子都能完成萌发过程，发芽过程历时

间基本一致，但不同光照强度下发芽率表现出一定的差异性。

从表 2 还可以得出：在黑暗和弱光(200 Lux)条件下更有利于种子萌发，在规定时间内萌发过程完成且幼根和苗高的生长最快，发芽率、发芽指数、活力指数等各项指数高。光照越强对相关活力指数影响越大，对萌发后幼苗生长的抑制作用越显著，主要表现在：幼苗主根粗短、侧根少，叶片变小，节间缩短，根长和苗高生长均受抑制。

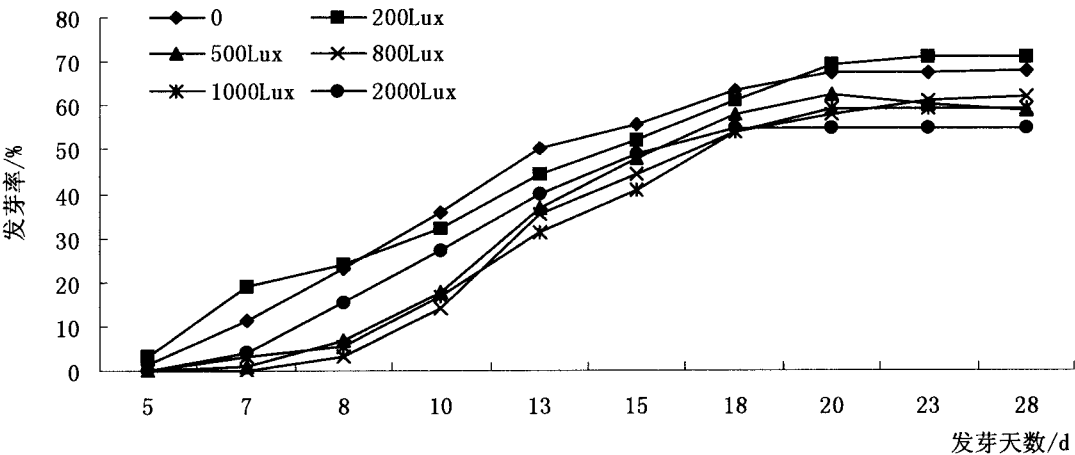


图 1 光照对毛竹种子萌发进程的影响

表 2 光照对种子萌发及幼苗生长的影响

光照强度/Lux	发芽势/%	发芽率/%	根长/cm	苗高/cm	发芽指数	活力指数
0	50.0±5.8a	67.4±5.8a	14.12±3.72a	7.32±2.54a	8.28±1.67a	54.16±5.47a
200	45.5±6.7b	71.2±6.0a	13.38±5.06a	4.94±2.45b	8.71±1.48a	50.20±3.26a
500	36.4±3.3c	59.6±3.8b	11.70±3.63b	3.99±0.93b	4.99±0.14c	31.35±4.38b
800	33.3±2.8bc	59.6±1.9b	10.48±0.94b	3.87±0.98b	5.68±0.82b	34.41±3.52b
1000	31.5±6.7c	60.5±5.1b	8.80±6.13bc	2.67±1.00b	5.33±0.67b	35.29±4.90b
2000	24.8±5.4d	54.8±3.8b	9.86±4.44b	2.70±0.98b	4.37±0.89c	24.55±4.38c

毛竹对光的适应性是几千年来毛竹对低纬度分布区地区生态适应与有性繁衍自然环境条件长期适宜的结果。毛竹开花结实^[17-19]现象一般出现在老龄林中，种子成熟脱落林下随即能够萌发，种子萌发、幼苗生长等天然更新过程主要在郁闭度高，光照微弱林下环境完成，幼苗生长形成了对弱光环境条件的生态适宜性。

2.3 种子饱满度对萌发的影响

种子饱满度是衡量种子质量的重要指标之一。毛竹花期长，一般授粉二个月后陆续成熟，随即脱落飞散，由于种子成熟期很不整齐，集中收获的种子在饱满度上存在较大差异。此试验(见表 3)中，毛竹种子净度为(61.75±1.12)%，其中饱满种子与不饱满种子重量比例分别为 60.8%和 39.2%，不饱满种子占近四成。

表 3 种子饱满度对萌发的影响

种子类型	种子重量比率/%	发芽势/%	发芽率/%	发芽指数	活力指数
饱满种子	60.8±4.4	69.4±7.5	86.3±3.2	14.89±1.08	121.71±14.92
不饱满种子	39.2±3.9	38.7±8.7	63.1±3.8	8.81±0.75	49.79±8.38

试验结果得出：饱满度对种子的初始萌发时间影响不大，均表现为置床后 2~3 d 开始露白，4~5 d 开始萌发。但饱满种子发芽进程快，发芽整齐，萌发率高，苗木生长健壮，更有利于幼苗的建成，这与其它种子的相关研究一致^[16,20,21]。饱满种子一般 10~13 d 发芽进程基本完成，表现出发芽势、发芽指数和活力指数明显高于不饱满种子，分别高出 79.3%、69%和 144.4%，而不饱满的种子则持续到 25~30 d 仍有种子缓慢发芽，发芽率为 63.1±3.8%。

研究中还发现：发育成熟(种粒饱满)的毛竹种子，无

论种粒大小，均表现出较强的发芽能力。大粒饱满的种子萌发后植株生长健壮、高大；小粒饱满的种子萌发后植株小、弱，黄化苗多，这也许与种子贮藏物质多少有关。

2.4 GA₃ 处理对种子萌发的影响

赤霉素是影响种子萌发的主要植物激素之一，已在花卉、蔬菜、农作物及林木种子萌发中得到广泛应用。其中，GA₃ 是种子萌发的必需激素。GA₃ 可诱导 α-淀粉酶、蛋白酶和其它水解酶的合成，加快种子贮藏物质的降解，从而诱导和促进种子萌发^[22]。不同浓度的 GA₃ 溶液对毛竹种子萌发的影响结果见表 4。

表 4 GA₃ 处理对毛竹种子萌发的影响

处理浓度/(mg·L ⁻¹)	0 (cK)	25	50	100	200	400	800
发芽势/%	28.2±5.8a	32.2±6.9ab	40.0±5.7c	38.9±3.3bc	43.5±5.0d	36.4±3.6b	29.6±6.4a
发芽率/%	71.6±5.7b	67.8±6.7b	67.8±5.3b	69.4±7.5b	71.0±2.8b	71.0±4.3b	57.5±6.2a
发芽指数	5.63±0.74b	6.68±0.87c	7.65±1.05d	8.23±0.49e	8.68±1.09e	8.10±0.68e	4.84±0.29a
活力指数	35.15±8.14b	46.91±9.49c	54.85±6.12d	55.09±1.47d	68.17±1.47e	47.51±2.54c	26.37±2.69a

注：同行字母不同者表现为 0.05 水平差异达到显著水平 (P<0.05)

GA₃ 对加快毛竹种子萌发进程，促进萌发后幼苗生长，对提高种子活力有明显的效果。与对照相比，GA₃ 处理后能显著提高毛竹种子发芽势、发芽指数和活力指数，而对发芽率的影响不大。GA₃ 处理 4 h 后，发芽势、发芽指数和活力指数比对照均表现为不同程度提高。在 25 mg/L 已初步表现出促进作用，随着浓度的升高，促进作用更加显著，最适宜的处理浓度范围为 50~200 mg/L。其中，以 100 mg/L 和 200 mg/L 的效果最好，发芽势分别比对照提高了 37.9%和 54.3%，发芽指数分别提高 46.2%和 54.2%，活力指数分别提高 56.7%和 93.9%，对提高种子活力和幼苗生长表现出显著效果。

3 讨论

3.1 温度是影响毛竹种子萌发的重要环境因子

种子萌发需要充足的水分、适宜的温度、足够的氧气和适当的光照，但因生境和种类不同，影响种子萌发的主要因子又有差异。结果表明，室内研究毛竹种子最适宜萌发温度范围与自然环境种子萌发成苗的适宜温度范围相符，且在适宜温度范围内变温更有利于种子萌发。李伟成等^[11]研究得出：毛竹种子最适宜萌发温度范围为 15~30 ℃。而对照得出该结论的试验结果，综合笔者研究结果认为，15 ℃与 20 ℃条件下结果差异很大，毛竹种子适宜萌发的下限温度为 20 ℃更适宜。该

研究发现 10~15 ℃条件下毛竹种子不能很好地完成正常的萌发过程，这与李伟成的结论存在差异，这一方面可能对种子萌发的判断和统计标准不一致有关，另一方面实验室内微环境的差异及种子自身质量问题也有关系。该差异性也预示着毛竹种子萌发的下限温度可能在 10 ℃左右，具体温度范围还有待于进一步验证。

室内试验的最适发芽条件可以解释自然环境下毛竹的萌发模式。在自然环境下，毛竹 4~6 月份开花，8~10 月份种子陆续成熟，随即脱落飞散，一般在潮润的土壤上经半个月左右就开始发芽，霜冻前已全部成苗，形成天然更新的毛竹苗。成熟种子一般散落在郁闭度高，光照微弱的林下完成萌发、幼苗生长等天然更新过程，光照较强的林窗、林缘及裸地等种子能够飘落到达之处，只要温湿度等条件适宜也能萌发，从而形成了对光广泛的适应性，特别是对弱光环境的生态适应性，此研究结论也证实了该现象。

3.2 GA₃ 处理对毛竹种子萌发起着重要的调控作用

应用外源 GA₃ 处理种子能使细胞分裂分化而促进种子胚的发育和种子发芽。此研究得出 GA₃ 能明显提高种子的发芽势、发芽指数和活力指数，对提高种子活力和幼苗生长表现出显著效果。其中，浸种处理能使种皮透性增大，呼吸逐渐增强，酶的活性提高，促进萌发的物质(尤其是 GA)含量升高，对促进萌发物质的

敏感性提高,抑制休眠的物质含量降低有重要作用。此研究中浸种预处理时间是依据完全吸涨的时间确定的,种子预处理、GA₃浓度及处理时间等最佳组合条件还有待于进一步深入研究。

3.3 种子本身的质量和状态是影响种子活力的决定性因素

毛竹花期长,开花零散,盛花期自然授粉率也很低(低于1%)。因此,种实成熟期很不整齐,种子净度和饱满度低等质量差,是造成种子发芽率不高、发芽不整齐的主要原因。而且毛竹属短寿命种子(种子活力在自然条件下只能保持1a),不耐贮藏,当种子进入完熟期后再集中采收,过熟的种子会自然老化而活力下降,因此适时采收是获得高活力毛竹种子的重要环节之一。种子含水量也是影响种子活力的主要因素之一^[4]。收获后的种子的安全含水量范围以及采取何种储藏方法能保持种子活力、延长种子寿命还需要进一步研究。

4 结论

4.1 温度是毛竹种子萌发的重要限制因子,光照不是的限制因子。毛竹种子适宜萌发温度范围为20~30℃,最适萌发温度为25℃。低于15℃或超过35℃种子均不能很好发芽。变温和低光照更有利于种子萌发。

4.2 GA₃能加快毛竹种子速度,缩短种子萌发过程,促进萌发后幼苗生长。GA₃最适处理浓度范围为100~200 mg/L。其它外源激素和生长调节物质对毛竹种子萌发的效应有必要进一步研究,并可应用于毛竹播种育苗,有望成为提高实生苗质量的有效途径之一。

4.3 种子本身的质量和状态是种子活力高低的决定性因素,有待于深入研究。种子饱满度、安全含水量、采收期、采后贮藏方式等都是影响毛竹种子活力的重要因素,对于延长种子寿命、种质资源保存具有重要的意义。

参考文献

- [1] 汪奎宏,黄伯惠主编.中国毛竹.杭州:浙江科学技术出版社,1996: 2-8.
- [2] 江泽慧主编.世界竹藤.沈阳:辽宁科学技术出版社,2002.
- [3] 柴振林,秦玉川,华锡奇,等.竹子开花原因研究进展.浙江林业科技,

2006,26(2):53-57.

- [4] 谢庆华,邢溪燕,谭汝学.毛竹种子组培技术初步研究.林业科技通讯,2000,12:18-20.
- [5] 蔡春菊,高健,牟少华.60Co γ 辐射对毛竹种子活力及早期幼苗生长的影响.核农学报,2007,21(5):436-440.
- [6] 陈光才,马乃训.竹子遗传育种研究进展.林业科学研究 2005,18(6): 749-754.
- [7] 谢寅峰,张春霞.竹子开花人工诱导与逆转研究现状及前景.浙江林学院学报,2000,17(4):436-440.
- [8] 周芳纯.竹林开花结实及其处理.竹类研究,1996,55(2):19-29.
- [9] 付顺华,吴家森,余永清,等.雷竹种子特性及苗期生长观察.山东林业科技,2002,138(1):11-12.
- [10] 董文渊,黄宝龙,谢泽轩.箬竹种子特性及实生苗生长规律的研究.竹子研究汇刊,2002,21(1):57-60.
- [11] 李伟成,盛碧云,王树东,等.毛竹种子萌发对温度和光照的响应.竹子研究汇刊,2007,26(4):26-29.
- [12] 郑仁红,顾小平,岳晋军,等.几种酚酸对毛竹种子发芽的影响.林业科学研究,2007,20(6):835-840.
- [13] 中国林业科学研究院林业研究所,南京林业大学,江西省林业科学研究院,等.GB2772—1999.林木种子检验规程.北京:中国标准出版社,2000:147.
- [14] 郑光华主编.种子生理研究.北京:科学出版社,2004:57-67,608.
- [15] 宋松泉,程红焱,龙春林,等.种子生物学研究指南.北京:科学出版社,2005.
- [16] 陈惠哲,朱德峰,林贤青,等.杂交稻种子饱满度对发芽率、成苗率及秧苗生长的影响.福建农业学报,2004,19(2):65-67.
- [17] 李兆华,赵丽娅,卢进登.“易根”竹子群体开花的生态诠释.世界竹藤通讯,2004,2(4):21-23.
- [18] 柴振林,秦玉川,华锡奇,等.竹子开花原因研究进展.浙江林业科技,2006,26(2):53-57.
- [19] Banik R L. Diversities, reproductive biology and strategies for germplasm conservation in bamboos. In: Rao V R, Rao A N (eds.) Bamboo and rattan: genetic resource and us. Singapore: International Plant Genetic Resources Institute.1995:1-22.
- [20] 盛海燕,葛滢,常杰,等.环境因素对伞形科两种植物种子萌发的影响.2004,24(2):221-226.
- [21] Ke W S, Zhong Z C, Xi H A, et al. The variation of seed sizes of *Gordonia acuminata* geographic populations and its effect on seed germination and seedling. *Acta Ecologica Sinica*,2000,20 (5): 697-701.
- [22] 陈王忠主编.植物生理学.北京:中国农业出版社,1999:275-279.