

缙云山常绿阔叶林建群种栲树的种子萌发特性^{*}

高祥阳, 黄 力, 杨 超, 杨永川, 袁兴中

(重庆大学 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400045)

摘要:在实验室条件下研究了缙云山国家级保护区常绿阔叶林主要建群种栲树(*Castanopsis fargesii*)种子的萌发特性。经测定,单粒栲树种子质量变化范围为0.21~1.29 g;按照栲树种子单粒质量频数分布选择大种子(0.80~1.29 g)、中种子(0.55~0.65 g)和小种子(0.21~0.40 g)进行种子萌发实验,探讨种内种子大小对萌发的影响;另外对种子进行表面消毒处理,探讨杀菌处理对种子萌发的影响。结果显示:1)栲树种子千粒重达到(582.21±16.14) g,超过缙云山绝大多数乔木植物,种子质量大;2)栲树种子整体萌发率达到75.1%,大种子为76.4%,中种子为85%,小种子为64%,大种子和中种子萌发率显著大于小种子($p<0.05$);3)种子经过表面杀菌处理其萌发率并没有显著提高;4)栲树种子起始萌发时间为4 d,持续萌发时间为20 d,没有休眠性,萌发格局属于过渡型。综合分析认为,栲树种子这些萌发特性有利于种群持续稳定的更新,以维持栲树在群落中的优势地位。

关键词:栲;缙云山;种子大小;种子萌发;萌发策略

中图分类号:Q948

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2016)02-0127-07

栲树(*Castanopsis fargesii*),隶属于壳斗科(Fagaceae),为高大常绿乔木,亚热带常绿阔叶林常见优势种之一。以栲树为建群种的常绿阔叶林广泛分布于中国长江流域,在中国亚热带森林生态系统中占有十分重要的地位^[1]。以往学者针对栲树的研究主要集中于栲树在不同发育阶段的枝系特征、开花物候、生殖构件特征、种子雨和种子库等方面^[2-5];另外,丁圣彦等人^[6]对常绿阔叶林中栲树呼吸作用进行了研究;陈波等人^[7]对栲树种子在林下和林窗的萌发和幼苗生长进行了研究;冯大兰等人^[8]比较了不同大小林窗下栲树种子的萌发和幼苗生长。然而,关于栲树种子大小和萌发特性等方面的研究少见报道。

种子是植物生活史的一个重要阶段,种子萌发是种子植物生活史中实现种群更新和物种延续的关键环节之一^[9]。种子的萌发能力影响着幼苗存活、个体适合度及植物生活史的表达^[10];种子大小(Seed size)也是植物生活史的一个关键特征,它影响着幼苗的建成、存活及种子扩散等更新对策^[11]。关于种内种子大小与萌发率的关系尚不明确。有的研究发现种子大小与萌发率显著相关^[12],有的研究则认为种子大小与萌发率之间关系较弱^[13]。种子在大小、扩散和萌发能力等方面的变异,使物种从时间和空间上更有效地逃避不利的环境因素^[14],提高物种在多变环境中的适应能力,进而影响特定地区植被格局的演替、形成和维持。另外,植物病原菌在自然界中广泛存在,是导致土壤种子库中种子死亡的重要原因^[15],也能影响到植物种子萌发和幼苗建成。植物病原菌一般通过密度依赖机制和距离依赖机制^[16]造成森林树种幼苗不同的死亡格局,从而参与森林的动态过程。

缙云山国家级自然保护区位于重庆市北碚区,距重庆主城39 km,是中国西南地区常绿阔叶林重要组成部分,同时也是中国距离大都市最近的森林生态系统国家级自然保护区,它作为城市生物多样性的热点地区和都市区重要的生态屏障,对维护区域生物多样性和生态安全具有十分重要的意义。该地区经济发达,人类干扰强烈,森林片段化严重,建群种栲树种群面临不同程度的衰退。目前笔者所在研究团队已在该自然保护区内建立起面积为1 hm²的永久观测样方,对栲树种群衰退进行长期的生态学动态监测。本研究以缙云山栲树生活史中最重要的一环即种子作为研究对象,比较种子大小,研究种子萌发特性,探讨种子萌发策略,为揭示栲树种子命运和栲树种群更新机制提供理论依据。

* 收稿日期:2015-03-18 修回日期:2015-08-13 网络出版时间:2016-1-20 21:26

资助项目:重庆市自然科学基金(No. cstc2012jjA00014);重庆市研究生科研创新项目

作者简介:高祥阳,男,研究方向为植被生态学,E-mail:gy0914@163.com;通信作者:杨永川,副教授,E-mail:yeyang@cqu.edu.cn

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.n.20160120.2126.054.html>

1 材料与方法

1.1 材料

供试栲树种子于 2014 年 11 月(种子雨期间)采自缙云山,种子尽量收集自同一母树下,以减少母树个体差异对种子萌发的影响。将采集到的种子进行浮水处理,去除败育和虫蛀种子,在自然通风条件下风干,并于阴凉处湿沙保湿贮存。

1.2 方法

1.2.1 种子千粒重测量 采用百粒法测定千粒重。从纯净种子中,随机选取 100 粒种子为 1 组,共取 8 组,即为 8 个重复,计算平均值、标准差及变异系数,得出种子千粒重^[17]。

1.2.2 种子性状的测定 测量所有收集到的种子的性状,使用精度为 0.01 g 的电子天平测量单粒种子质量;使用精度为 0.01mm 的电子游标卡尺测量种子高度(单位:mm)、长度(即种子最宽处,单位:mm)和宽度(即种子最窄处,单位:mm)。

1.2.3 种子大小的划分 将单粒种子质量按 0.05 g 的间隔分级,根据频数分布,选取单粒质量小于 0.40 g 的种子作为小种子,单粒质量位于 0.55~0.65 g 之间的种子为中种子,单粒质量大于 0.80 g 的种子为大种子。

1.2.4 种子表面杀菌处理 使用 5 mg·L⁻¹多菌灵溶液对种子进行表面杀菌处理,浸泡 12 h 后滤出风干,蒸馏水浸泡处理作为对照。

1.2.5 种子培养 于 2014 年 3 月份进行种子萌发实验。将种子均匀放入铺有湿沙的托盘中,种子脐部朝上,刚没入湿沙,在光照培养箱中于 13℃/23℃,12 h,1 600 lx 条件下(模拟所研究生境的春季气温和日照条件)进行变温培养。不同处理的种子每 50 粒为 1 组,5 次重复;不同大小的种子 50 粒为 1 组,10 次重复。每天进行萌发检测、统计萌发个数,以肉眼看到白色胚根为标准判断种子是否萌发,发芽开始后,每日记录萌发种子数并将萌发种子移走,同时每日加入适量蒸馏水以保证沙子湿润。直到 14 d 未见种子萌发时结束,统计未萌发种子死亡原因。

1.2.6 种子萌发观测指标 萌发率:萌发结束后萌发种子数所占的百分比;起始萌发时间:从培养开始到第 1 粒种子萌发时所需日数;萌发持续时间:从开始萌发到萌发结束所需日数。按照以下公式进行各指标计算:

$$\text{发芽率} = N/50 \times 100\%,$$
$$\text{发芽势} = M/50 \times 100\%,$$
$$\text{发芽指数} = \sum (N_i/i)。$$

其中, N 为发芽种子总数; M 为达到种子萌发高峰时种子萌发总数; N_i 为第 i 日后种子萌发数量, i 为萌发日数。

1.2.7 数据分析方法 先在 EXCEL2010 软件中进行数据整理,用 SPSS19.0 软件统计分析数据,用单因素方差分析在 95% 的置信水平上用 LSD 多重比较方法来检验不同大小和处理种子之间萌发率的差异,并用 Origin 软件作图。

2 结果分析

2.1 种子大小

种子质量是探究物种生殖投入策略的重要指标。经测定,栲树种子千粒重为(582.21±16.14) g,单粒种子质量变化范围为 0.21~1.29 g,相差约 6.5 倍。实验选择的大种子平均质量达到(0.90±0.09) g,中种子和小种子平均质量分别为(0.60±0.03),(0.34±0.05) g。其他种子性状见表 1。

表 1 栲树种子性状

Tab. 1 Physical characteristics of *C. fargesii* seeds

类别	质量范围/g	平均质量/g	平均高度/mm	平均长度/mm	平均宽度/mm
大种子	0.8~1.29	0.90±0.09	11.71±0.50	10.85±0.53	0.37±1.54
中种子	0.55~0.65	0.60±0.03	10.62±1.09	9.78±1.05	9.38±1.02
小种子	0.21~0.40	0.34±0.05	9.96±0.64	8.19±0.45	7.85±0.39
全部种子	0.21~1.29	0.58±0.02	10.71±1.95	9.62±1.3	9.2±0.96

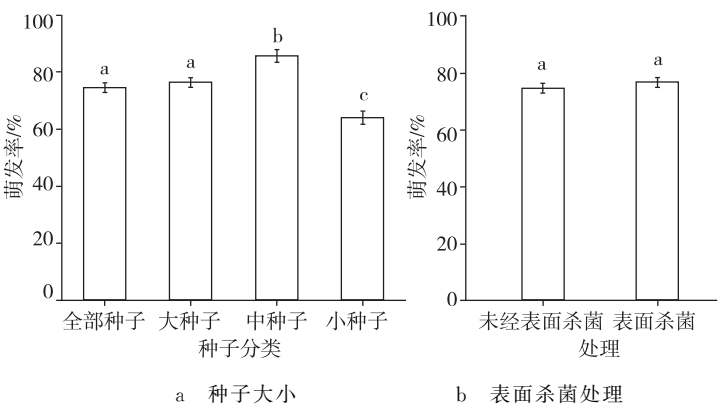
注:表中数据除质量范围一列外均用“平均值±标准差”表示。

2.2 种子大小和表面杀菌处理对种子萌发率的影响

栲树种子平均萌发率达到75.1%，中种子萌发率最高，达到 85 %；其次为大种子，萌发率为 76.4%；小种子萌发率最低，为 64%，三者之间具有显著差异($p<0.05$) (图 1a)。经表面杀菌处理的种子的萌发率和未经处理的种子萌发率之间没有显著差异，两者萌发率分别为 76.8% 和 74% (图 1b)。

2.3 萌发格局和萌发进程

栲树种子的萌发较快且相对集中。小种子萌发时间最晚，在开始培养后第 6 d 开始萌发，第 13 d 达到萌发高峰值，日萌发高峰值为 9.6%，前 13 d 累计萌发的种子数超过萌发种子总数的 50%，前 19 d 超过 90%，持续萌发时间为 20 d；中种子起始萌发时间为第 5 d，萌发格局和小种子相似，日萌发高峰值为 16.8%，持续萌发时间为 19 d；大种子起始萌发时间最早，在培养后的第 4 d 开始萌发，达到萌发高峰值的时间为 12 d，日萌发高峰值为 13.8%，前 13 d 累计萌发种子数超过萌发种子总数的 50%，前 20 d 超过 90%，持续萌发时间为 19 d。中种子的发芽指数、发芽势均最高，分别为 33.22 ± 1.97 ， $63.20\%\pm3.98\%$ ，且大种子和中种子的发芽指数和发芽势均大于小种子 (图 2、表 2 和表 3)。



注：不同字母表示具有显著差异，相同字母表示没有显著差异 ($p<0.05$)。图中数据以“平均值±标准误”表示。

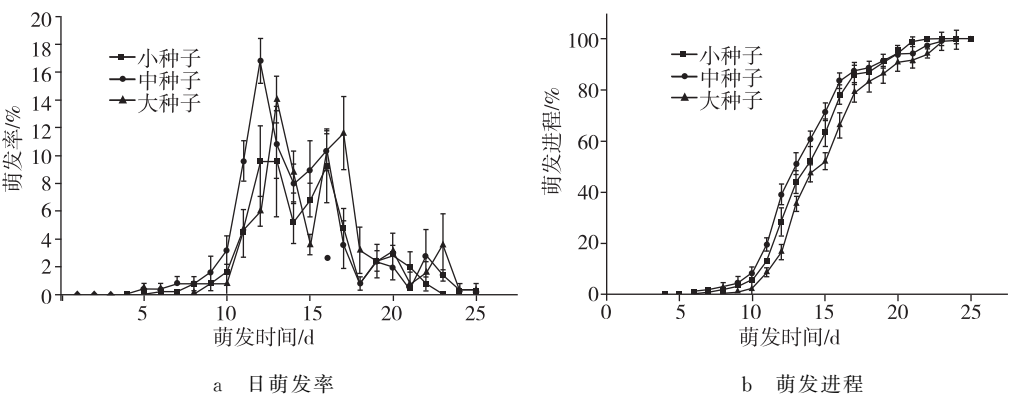
图 1 种子大小和不同处理对栲树种子萌发率的影响

Fig. 1 Effects of different seed mass and treatment on germination rate of *C. fargesii* seeds

3 讨论

3.1 种子大小和种子萌发率

不同种子植物对种子的资源投入有两种截然相反的策略，即产生少量的大种子以便在萌发和幼苗竞争中占有优势，和产生大量小种子以占据更多的安全位^[18]。通常认为，生产较大种子的物种在种子萌发和幼苗建成阶段具有较大优势；而生产较小种子的物种在种子传播扩散、逃避动物采食



注：图中数据以“平均值±标准误”表示。SS: 小种子；MS: 中种子；LS: 大种子。

图 2 不同大小栲种子日萌发率和萌发进程

Fig. 2 The daily germination percentage and germination process of *C. fargesii* seeds of different seed mass

和形成持久土壤种子库成为植被更新的后备动力方面具有较大的优势。缙云山的栲树种子质量与浙江天童、安徽牯牛降等地区栲树种子质量较为接近，小于大多数热带亚热带地区常见栲属 (*Castanopsis*) 和壳斗科树种种子质量，但与缙云山常绿阔叶林 40 种乔木树种种子质量相比^[19]，则超过绝大多数乔木植物 (图 3a)。根据栲树群落中单棵栲树种子雨密度 (待发表数据) 和母树半径估算，单棵栲树在结实大年最多可产超过 10 000 颗种子。可见，缙云山的栲树采取了生产较大数量大种子的生殖策略。栲树种子散布后面临着很大生存压力，动物捕食是其中最重要的作用因素，只有约 5% 的栲树种子能存活到萌发季前^[20]；而栲树种子质量很大，须借助捕食者的搬运贮藏行为使得栲树种子从母树周围散布到远离母树的微生境中，以提高种子的生存和幼苗建成的几率。产生

较大数量大种子的策略有利于降低捕食压力和提高幼苗建成的优势,这可能是物种为逃避被捕食和争取种子扩散优势而长期进化的结果^[21]。

表 2 栲树种子大小对萌发格局的影响
Tab. 2 Effects of different seed mass on germination pattern of *C. fargesii*

类别	始萌发时间/d	萌发高峰值/%	持续萌发时间/d	累计萌发种子超过总萌发种子 50%的时间/d	累计萌发种子超过总萌发种子 90%的时间/d
小种子	6	9.6	20	13	19
中种子	5	16.2	19	13	19
大种子	4	13.8	19	13	20

种子萌发率是另外一个十分重要的种子性状。缙云山栲树种子的整体萌发率达到 75.1%,超过亚热带常见壳斗科植物种子萌发率的平均值(66%),与栲属其他种种子萌发率平均值(74.3%)相当,萌发率较高(图 3b)。较高的种子萌发率保证了种群中有足够数量幼苗的补充。已有研究表明,种子大小能够影响种子的萌发能力,直接影响幼苗的建成,最终影响整个群落的结构^[21]。大种子比小种子有更快的萌发时间和更高的萌发率,这种现象在许多物种上都有所体现,如羽扇豆(*Lupinus texensis*)^[22]、阿拉伯金合欢(*Acacia nilotica*)^[23]等。栲属内的锥栗(*C. chinensis*)种子大小与种子萌发之间呈显著正相关性^[24];格氏栲(*C. kawakamii*)大种子比小种子具有更快的萌发速度和更高的萌发率^[25]。本研究,大种子和中种子萌发快于小种子,萌发率也显著大于小种子($p<0.05$),与上述结果相一致。栲树在群落中面临较强的种间竞争,较大的种子具有较大的萌发率和较快萌发速度,有利于栲树在萌发和幼苗建成阶段建立起竞争优势。

另外,本研究发现中种子的萌发率最高,这可能与物种自身特性有关。大种子虽然在萌发后幼苗生长阶段具有优势,但在逃避捕食者捕食方面具有劣势,因为捕食者更容易也更倾向于捕食种子质量较大的种子。中种子在萌发后幼苗生长和逃避捕食者捕食两方面都具有一定优势,这种“折衷方案”可能是栲树与捕食者长期协同进化产生的生殖对策之一。

3.2 表面消毒处理对萌发率的影响

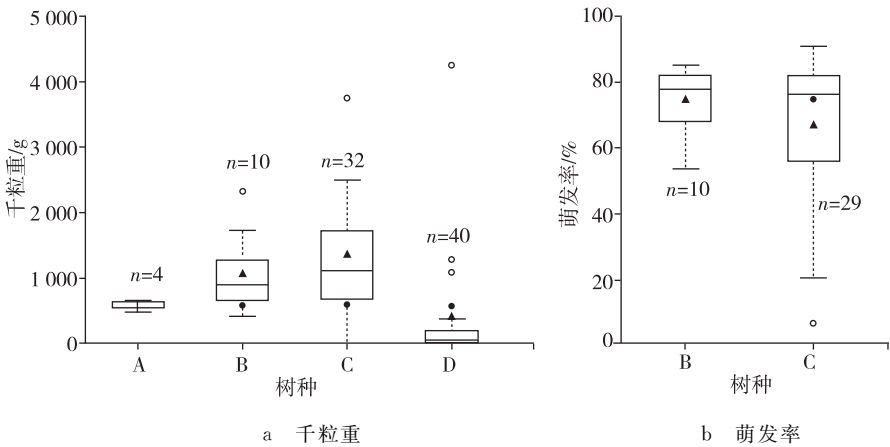
病原真菌是导致土壤种子库中种子死亡的重要原因。杜彦君等人^[26]发现锥栗种子埋藏后的第 3 个月开始病原体才对种子具有显著影响。本研究中经过消毒处理和未经消毒处理的栲树种子萌发率之间没有显著差异,这可能由于病原菌感染种子导致种子活力降低需要一个长期过程的原因。

3.3 种子萌发格局和萌发策略

属于演替后期的植物种子大多没有休眠性。大多数热带植物种子掉落后可以快速萌发,不具有休眠性,但具有种子延迟萌发特性的物种在热带森林中也较为常见。壳斗科中很多植物没有休眠期,种子在掉落不久即可萌发,特别是栎属(*Quercus*)的一些种如辽东栎(*Q. liaolungensis*)等;但也有延迟萌发的,如 *Q. oleoides*^[27]。

表 3 不同大小栲树种子的发芽指数和发芽势
Tab. 3 Germination index of *C. fargesii* seeds in different seed mass level

类别	发芽指数	发芽势/%
大种子	29.85±1.41	60.00±4.31
中种子	33.22±1.97	63.20±3.98
小种子	24.88±1.57	26.21±2.79



注: A: 其他研究地点栲树; B: 热带亚热带常见栲属树种; C: 热带亚热带常见壳斗科树种; D: 缙云山常绿乔木。黑色三角实心点代表平均值, 实心圆点代表栲树。

图 3 缙云山栲树种子千粒重和萌发率与其他树种的比较
Fig. 3 Comparison of thousand-seed mass and germination rate of *C. fargesii* with other study plots and species

浙江天童地区栲树种子是延迟萌发的^[28]。本研究,栲树种子集中在20 d内萌发,说明栲树种子并不具有休眠性。栲树种子掉落时间集中在11月,第二年4月才开始萌芽,7月初开始出苗,出苗持续时间接近120 d(野外埋藏实验,待发表数据),说明栲树种子具有延迟萌发特性。延迟萌发的特性保证种子在适合的温度和水分条件下萌发以及幼苗的生长。重庆地区冬季寒冷,春季温暖,夏季气温高,雨量充沛,栲树种子的延迟萌发特性有利于栲树幼苗在气温条件较好的夏日迅速建成,以度过相对寒冷的冬季。

王桔红等人在研究河西走廊中生和旱生种子萌发特性时,经过主成分分析和聚类分析将种子萌发策略分为爆发型、过渡型、缓萌型、低萌型等类型^[29]。栲树种子开始萌发时间为4 d,持续萌发时间为20 d,整体萌发率达到75.1%,与壳斗科的青冈栎(*Cyclobalanopsis glauca*)^[30]和滇石栎(*Lithocarpus dealbatus*)^[31]及同为栲属的黧蒴栲(*Castanopsis fissa*)、锥栗等树种种子萌发格局类似,属于过渡型萌发策略。过渡型和缓萌型是持续、稳定的萌发行为,但由于萌发时间具有异质性,使得大多数植物的种子无论在什么条件下都不会一次完全萌发,这是一种可避免种群灭绝的、谨慎的萌发对策^[32]。栲树种子在长期进化中形成这样一种谨慎、可靠的萌发策略,规避种子在萌发和幼苗建成过程中的风险,有利于种群内幼苗的持续补充,对维持种群特定结构和种群组分有重要意义。

综合来看,栲树采取生产较大数量大种子的生殖策略,以降低捕食压力和争取扩散优势;栲树种子萌发率较高,大种子萌发率显著高于小种子,有利于栲树在萌发和幼苗建成阶段迅速积累优势;栲树种子没有休眠性,但在野外具有延迟萌发的特性,在萌发上属于谨慎、可靠的过渡型萌发策略,规避幼苗建成过程中的风险。上述特性有利于栲树种群持续稳定的更新,维持在群落中的优势地位。

致谢:感谢齐猛、周侠在野外种子采集过程中给予的帮助,感谢缙云山国家级自然保护区为野外工作提供的便利。

参考文献:

- [1] 宋永昌. 中国常绿阔叶林 分类、生态、保育[M]. 北京: 科学出版社, 2013: 125-126.
Song Y C. Evergreen broad-leaved forest in China classification-ecology-conservation [M]. Beijing: Science Press, 2013: 125-126.
- [2] 陈波, 达良俊, 宋永昌. 常绿阔叶树种栲树开花物候动态及花的空间配置[J]. 植物生态学报, 2003, 27(2): 249-255.
Chen B, Da L J, Song Y C. Flowering phenology and floral distribution of *Castanopsis fargesii* in Tiantong, Zhejiang province[J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2003, 27(2): 249-255.
- [3] 胡星明, 蔡永立, 李恺, 等. 浙江天童常绿阔叶林栲树种子雨的时空格局[J]. 应用生态学报, 2005, 16(5): 815-819.
Hu X M, Cai Y L, Li K, et al. Spatial and temporal pattern of *Castanopsis fargesii* seed rain in evergreen broad-leaved forest in Tiantong national forest park of Zhejiang, China [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(5): 815-819.
- [4] 刘济明, 钟章成. 梵净山栲树群落的种子雨、种子库及更新[J]. 植物生态学报, 2000, 24(4): 402-407.
Liu J M, Zhong Z C. Nature of seed rain, the seed bank and regeneration of a *Castanopsis fargesii* community on Fan-jing mountain [J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2000, 24(4): 402-407.
- [5] 彭军, 李旭光, 付永川, 等. 重庆四面山常绿阔叶林建群种种子雨、种子库研究[J]. 应用生态学报, 2000, 11(1): 22-24.
Peng J, Li X, Fu Y, et al. Seed rain and seed bank of constructive species in evergreen broad-leaved forest at Chongqing Simian Mountain[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11(1): 22-24.
- [6] 丁圣彦. 常绿阔叶林演替系列中木荷和栲树呼吸作用特性的比较[J]. 生态学报, 2001, 21(1): 61-67.
Ding S Y. A comparison of respiration characteristics between *Schima superba* and *Castanopsis fargesii* in successional series of evergreen broad-leaved forest[J]. Acta Ecologica Sinica, 2000, 21(1): 61-67.
- [7] 陈波, 达良俊, 宋永昌. 常绿阔叶林内和林窗中栲树的种子萌发和幼苗生长[J]. 热带亚热带植物学报, 2002, 10(3): 207-214.
Chen B, Da L J, Song Y C. Effects of gap size on the seed germination and seedling growth of *Castanopsis carlesii* and *Castanopsis fargesii* [J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2002, 10(3): 207-214.
- [8] 冯大兰, 张丽楠, 黄仲华, 等. 林窗大小对小叶栲和栲树种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自

- 然科学版,2013,41(6):61-66.
- Feng D L,Zhang L N,Huang Z H,et al. Effects of gap size on the seed germination and seedling growth of *Castanopsis carlesii* and *Castanopsis fargesii*[J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition, 2013, 41(6): 61-66.
- [9] Olff H,Pegtel D M, Van Groenendaal J M, et al. Germination strategies during grassland succession[J]. Journal of Ecology, 1994, 82(1): 69-77.
- [10] Miller T E. Effects of emergence time on survival and growth in an early old-field plant community[J]. Oecologia, 1987, 72(2): 272-278.
- [11] Leishman M R, Wright I J, Moles A T, et al. The evolutionary ecology of seed size[M]//Gallagher R S. Seeds: the ecology of regeneration in plant communities. [S. l.]: [s. n.], 2000: 31-57.
- [12] 宗文杰,刘坤,卜海燕,等. 高寒草甸 51 种菊科植物种子大小变异及其对种子萌发的影响研究[J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2006, 42(5): 52-55.
- Zong W J, Liu K, Pu H Y, et al. The model of seed size variation and the effects of seed size on fifty-one species of composite plants in a alpine meadow [J]. Journal of Lanzhou University: Nature Sciences, 2006, 42(5): 52-55.
- [13] Moles A T, Hodson D W, Webb C J. Seed size and shape and persistence in the soil in the New Zealand flora[J]. Oikos, 2000, 89(3): 541-545.
- [14] Lord J, Westoby M, Leishman M. Seed size and phylogeny in six temperate floras: constraints, niche conservatism, and adaptation[J]. American Naturalist, 1995, 146(3): 349-364.
- [15] Crist T O, Friese C F. The impact of fungi on soil seeds: implications for plants and granivores in a semiarid shrub-steppe[J]. Ecology, 1993, 74(8): 2231-2239.
- [16] Antonovics J, Levin D A. The ecological and genetic consequences of density-dependent regulation in plants[J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1980, 11(4): 411-452.
- [17] ISTA. International rules for seed testing[J]. Seed Science and Technology, 1996, 24(Suppl.): 151-154.
- [18] Wilson M F. Plant reproductive ecology [M]. New York: John Wiley & Sons, 1983: 1-9.
- [19] 陈红,马益新,王海洋. 缙云山常绿阔叶林木本植物种子大小变异及成因探讨[J]. 林业科学, 2008, 44(3): 156-161.
- Chen H, Ma Y X, Wang H Y. Variation of seed sizes and genetic analysis on woody species of evergreen broad-leaved forest in Jinyun mountain[J]. Scientia Silvae Sini-
cae, 2008, 44(3): 156-161.
- [20] Yang Y, Huang L, Qian S, et al. Completing the life history of *Castanopsis fargesii*: changes in the seed dispersal, seedling and sapling recruitment patterns[J]. European Journal of Forest Research, 2015, 134(6): 1143-1154.
- [21] Silvertown J W. Seed size, life span and germination date as co-adapted of plant life history[J]. American Naturalist, 1981, 118(6): 860-864.
- [22] Schaal B A. Reproductive capacity and seed size in *Lupinus texensis*[J]. American Journal of Botany, 1980, 67(5): 703-709.
- [23] Shaikat S S, Siddiqui Z S, Aziz S. Seed size variation and its effects on germination, growth and seedling survival in *Acacia nilotica* subsp. *indica* (Benth.) Brenan[J]. Pak J Bot, 1999, 31(2): 253-263.
- [24] Du Y, Huang Z. Effects of seed mass and emergence time on seedling performance in *Castanopsis chinensis*[J]. Forest Ecology and Management, 2008, 255(7): 2495-2501.
- [25] 何中声,刘金福,洪伟,等. 不同处理对格氏栲种子发芽的影响[J]. 北京林业大学学报, 2012, 34(2): 66-70.
- He Z S, Liu J F, Hong W, et al. Effects of different treatments on seed germination of *Castanopsis kawakamii*[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2012, 34(2): 66-70.
- [26] 杜彦君,彭闪江,徐国良,等. 鼎湖山锥栗种子扩散过程中死亡因素分析[J]. 生态环境, 2006, 15(6): 1284-1288.
- Du Y J, Peng S J, Xu G L, et al. Analysis of seed death of *Castanopsis chinensis* in the dispersal process in Dinghus-han biosphere reserve [J]. Ecology and Environment, 2006, 15(6): 1284-1288.
- [27] Boucher D H. Seed predation by mammals and forest dominance by *Quercus oleoides*, a tropical lowland oak[J]. Oecologia, 1981, 49(3): 409-414.
- [28] 陈波,达良俊,宋永昌. 常绿阔叶林内和林窗中栲树的种子萌发和幼苗生长[J]. 热带亚热带植物学报, 2002, 10(3): 207-214.
- Chen B, Da L J, Song Y C. Seed germination and seedling growth of *Castanopsis fargesii* in evergreen broadleaved forest and gaps [J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2002, 10(3): 207-214.
- [29] 王桔红,崔现亮,陈学林,等. 中、旱生植物萌发特性及其与种子大小关系的比较[J]. 植物生态学报, 2007, 31(6): 1037-1045.
- Wang J H, Cui X L, Chen X L, et al. Comparative study of seed germination, seed size and their relationships in mesad and siccocolous [J]. Chinese Journal of Plant Ecology,

2007, 31(6):1037-1045.

- [30] 王素娟, 林夏珍, 李珍, 等. 温度和光照对青冈栎和浙江樟种子萌发的影响[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(10):6001-6003.

Wang S J, Lin X Z, Li Z. Effects of temperature and light on seeds germination of *Cyclobalanopsis glauca* and *Cinnamomum chekiangense*[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2012, 40(10):6001-6003.

- [31] 苏文华, 金白杨, 张光飞. 滇石栎种子萌发特性的研究[J]. 云南林业科技, 2001(2):21-23.

Su W H, Jing B Y, Zhang G F. Study on germination characteristics of *Lithocarpus dealbatus* seed[J]. Yunnan Forestry Science and Technology, 2001(2):21-23.

- [32] Gutterman Y. Environmental factors and survival strategies of annual plant species in the Negev desert, Israel[J]. Plant Species Biology, 2000, 15(2):113-125.

Seed Germination Characteristics of the Dominate Tree *Castanopsis fargesii* in Evergreen Broadleaved Forest on Mt. Jinyun

GAO Xiangyang, HUANG Li, YANG Chao, YANG Yongchuan, YUAN Xingzhong

(Key Lab of Three Gorges Reservoir Region's Eco-Environment, Ministry of Education,

Chongqing University, Chongqing 400045, China)

Abstract: Seed is the basis of natural regeneration of forest vegetation, and plays a key role in population maintenance, population dynamics and community structure. Seed size and seed germination are crucial plant life history traits related to seedling establishment, survival, competition and fitness. *Castanopsis fargesii* is the main dominant species in evergreen broad-leaved forest and has important ecological significance. The experiment was conducted under laboratory condition to investigate the effects of seed mass and seed surface sterilization on the germination pattern. Seeds of *C. fargesii* were collected from the National Natural Reserve of Mt. Jinyun in Chongqing municipality, and stored with wet sand in room temperature. Experiment was conducted in the laboratory for about one month (March, 2014). Seeds were divided in three size classes, small seed (0.21~0.40 g, mean=(0.34±0.05) g), medium seed (0.55~0.65 g, mean=(0.60±0.03) g) and large seed (0.80~1.29 g, mean=(0.90±0.09) g). The treatment was surface sterilization (carbendazim, 5 mg·L⁻¹). Seeds were sown in wet sand inside Petri dishes placed in chambers at 23 °C and a photoperiod of 12 h light : 12 h darkness. The results showed that: 1) Thousand-seed mass of *C. fargesii* seed was (582±16.14) g, and the average germination percentage was 75.1%. 2) Germination percentage of large and medium *C. fargesii* seeds (76.4%, 85%, respectively) was higher than that of small seeds (64%) ($p<0.05$), indicating germination rate was significantly affected by seed mass. 3) Germination percentage was 78% when treated with carbendazim, showing seed surface sterilization had little effect on seed germination rate. 4) The initial germination time was 4 days, and lasted more than 20 days, showing germination pattern was intermediate, and delayed germination of *C. fargesii* seeds in the wild was not due to true dormancy. These characteristics of seed germination of *C. fargesii* may contribute to a better survival and growth strategies of the seedlings and help the population to maintain their dominant position in the community.

Key words: *Castanopsis fargesii*; Mt. Jinyun; seed size; seed germination; germination strategy

(责任编辑 方 兴)