中缅木莲与大果木莲种子形态特征及萌发特性的比较

付玉嫔, 陈少瑜*, 吴涛, 郝佳波, 司马用康

(云南省林业科学院、国家林业局 云南珍稀濒危森林植物保护和繁育重点实验室、
云南省森林植物培育与开发利用实验室, 云南昆明 650204)

摘要:为了探讨大果木莲的濒危机制,以非濒危同属近缘种中缅木莲为对照,对二者的生境、种子特征及萌发特性进行了比较研究。结果表明:大果木莲聚合果大小约为中缅木莲的2倍,蓇葖果数量约为其1/2,理论种子生产力(胚珠数)为其61%,实际种子生产力(结实量)为其58.8%,萌发时间较中缅木莲长10~15 d,二者萌发率都在60%以上,但大果木莲的萌发率变异高达39.6%。大果木莲生境多为石灰岩山地,岩石裸露较多,环境潮湿,萌发更新环境较中缅木莲恶劣。

关键词:大果木莲;中缅木莲;濒危;种子形态特征;萌发率;种子生产力

中图分类号:Q944.59 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-7461(2009)06-0033-05

Comparison of Seed Modality and Germination Characteristics of Compare of *Manglietia hookeri* and Endangered *M. grandis*

FU Yu-pin, CHEN Shao-yu, WU Tao, HAO Jia-bo, SIMA Yong-kang

(Key Laboratory of Protection and Breeding of Rare and Endangered Plant Species of the State Forestry Administration, Yunnan Laboratory of Cultivation and Utilization of Forest Plant, Kunming, Yunnan 650204, China)

Abstract: To probe the endangering causes of *Manglietia grandis*, taking no endangered *M. hookeri*, a sibling species as the control, habitat, seed modality and germination characteristics of these two plants were studied and compared. The results showed that the size of aggregate fruits of *M. grandis* was 2 times more than that of *M. hookeri*, and the number of fruit follicle, ovule quantity and burliness quantity were respectively 1/2, 61% and 58.8% of the latter. Time of seed germination of *M. grandis* was 10–15 days earlier than that of *M. hookeri*. Germination ratios of these two plants were over 60%, and variation of germination ratio of *M. grandis* was up to 39.6%. The growth habitats of endangered *M. grandis* were located in hilly and rocky area with limestone, worse than those of *M. hookeri*.

Key words: *Manglietia grandis*; *M. hookeri*; endangered; seed modality; germination characteristic

大果木莲(*Manglietia grandis*)系木兰科木莲属树种,常绿乔木,其木材结构细致,具有木材耐腐、耐水湿、耐虫蛀、干形通直等优良特点,为优良的用材树种,常作建筑木材;花、果、叶富含芳香物,是很好的香料树种,可提取香料;叶大而浓绿,花大而红艳、芳香,胜过木兰属种类,可做我国南方城市庭园观赏树种。目前,大果木莲资源存量已十分稀少;而且多为伐桩萌发更新的林木,呈星散分布,已被列为濒危种(1992年)、国家二级保护植物(1999年),按

IUCN地方濒危等级标准评价,属于“极危种(CR)”^[1]。在云南仅分布于文山州的麻栗坡、马关和西畴等县,广西也有分布。大果木莲是木兰科内木兰型植物中较原始的种类,对研究古植物区系及木兰科分类系统和演化具有重要的科研学术价值。目前国内外的研究报道多集中于木兰科植物的分类系统学研究或是对该科中的珍稀濒危植物的研究综述,而对科内具体的种的研究报道较少,特别是针对大果木莲的研究资料则更为有限。近年来,对大果

收稿日期:2009-01-05 修回日期:2009-04-13

基金项目:云南省自然科学基金项目(2006C0066M)

作者简介:付玉嫔,女,硕士,助理研究员,主要从事森林培育和林木育种研究工作。

* 通讯作者:陈少瑜,女,博士,副研究员,主要从事林木遗传和树木生理等方面的研究。

木莲花部数量变异^[2]、大果木莲天然林土壤特性^[3]及其光合特性对高温的响应^[4]等方面的研究已有报道,此外,在人工迁地保护方面也开展了一些研究工作^[5],而关于濒危机制的探讨很少见报道。

中缅木莲(*Manglietia hookeri*)与大果木莲的生物学形态特征较为相似,又为同属树种中亲缘关系较为接近的种,但二者的资源量却差异巨大。中缅木莲分布广泛,未被列入保护和濒危的行列,而大果木莲分布较窄,已被列为极危种。通过对中缅木莲和大果木莲的繁殖能力及萌发能力、更新能力进行比较研究,以探寻大果木莲濒危的原因和机制,从而为其保护和发展制定合理的策略。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

大果木莲的研究区位于云南文山州麻栗坡县,属南亚热带高原季风气候。地貌以中低山峡谷为主,喀斯特地貌分布较广。地势由西向东南倾斜,山脉也大致呈西北—东南走向相间分布,大部分地区海拔 1 200~2 500 m。由于山川交错、河谷纵横,气候垂直变化显著。年平均气温 17.5℃,1 月(最冷月)平均气温 10.1℃,7 月(最热月)平均气温 23.0℃,5—10 月为雨季,年降水量 988.3 mm,相对湿度 86%,雨热同季。植被类型有阔叶林、针叶林、竹林、灌木林、草丛;森林群落类型有热带雨林、山地湿性常绿阔叶林、针叶林,生长着大果木莲、麻栗坡含笑、云南穗花杉、红花木莲、云南拟单性木兰等树种。土壤为黄壤和黄棕壤。

中缅木莲的研究区位于云南德宏州陇川县。海拔 780~2 620 m,属南亚热带季风气候,具有四季不明显、干湿季节明显的特点,年平均气温 18.9℃,年降水量 1 595 mm,年日照时数 2 316 h,年极端最高气温 35.7℃,年极端最低气温 -2.9℃,年无霜期 292 d,年平均霜日 30 d。温暖湿润的气候十分适宜各类动植物生长,植被类型以常绿阔叶林为主,有西南桦林、思茅松林、刺栲、印度栲林等,常见树种有旱冬瓜、西南木荷、山木瓜、西南桦、思茅松、甜竹等。土壤主要为赤红壤和山地红壤。

1.2 研究方法

1.2.1 中缅木莲和大果木莲的生境调查 中缅木莲主要分布在德宏州的盈江、陇川和路西市等地,2007 年 4 月,对陇川县分布居群的生境、气候特点进行了调查。大果木莲主要分布在文山州的马关、麻栗坡、西畴等地。2008 年 6 月,对大果木莲的麻栗坡居群的生境、气候特点、群落特征等进行了调

查。

1.2.2 果实特征和结实率统计 2007 年 10 月,在陇川县和麻栗坡县分别选取树高、年龄基本一致的中缅木莲 3~5 株和大果木莲 21 株,采集其未开裂的成熟果实,测定新鲜果实各部分特征数据,统计两树种的聚合果大小、蓇葖果数量、每个蓇葖果的胚珠数与种子数,分别计算各树种的结实率。

1.2.3 种子特征和种子萌发率测定 在两树种果实成熟期(2007 年 10 月)采集陇川的中缅木莲和麻栗坡的大果木莲,剥取蓇葖果内的果实,统计新鲜果实的单粒重、百粒重,然后将其浸泡,揉去果肉后晾干,再统计种子的单粒重和百粒重,同时观察果实和种子的外部形态特征。

采用湿砂催芽法,观测了两树种的种子萌发时间、发芽率。在室温条件下,将新收获的种子浸泡 3 d 后搓掉果肉,用 0.5% 高锰酸钾溶液消毒后,晾干水分,拌入种子 3 倍的湿砂,搅拌均匀后放到纸杯中,并用塑料膜封口,每隔 1~2 d 搅拌 1 次,至胚根伸长至种子长的 1/2 时开始记录发芽粒数和发芽时间,发芽过程中腐烂的种子视为无活力,直至连续 3 d 不再有种子萌发为止。

2 结果与分析

2.1 大果木莲和中缅木莲的生境比较

大果木莲分布区域多为石灰岩山地,岩石裸露,植被茂盛,林间空气潮湿,多生于海拔 1 400~1 600 mm 东南坡的沟谷或山腰中部。树种多为萌生起源,呈星散分布,林中几乎不见幼苗和幼树。在林分组成中多为上层木,而且处在下层的树木开花较少或不见花蕾,或花期滞后。

中缅木莲分布区内,植被破坏较大,多生于沟谷、山脊两侧,或茶地周围,分布于海拔 1 400~1 800 mm,气候湿热。由于植被破坏较大,光照条件较好,开花树木较多。结实有大小年之分,林中可见更新的幼树或幼苗。

根据表 1 的气候资料,并参照气候带的划分指标^[6],结合水平气候带和山地气候垂直带,大果木莲和中缅木莲分属于 2 个气候带,在气候水平分布上都属于南亚热带,而在垂直分布上又都属于中亚热带气候和南亚热带气候。由表 1 可知,中缅木莲的生态环境较大果木莲更为湿热,热量和水分都更为充足。二者都属于喜温暖、湿润气候的树种。

2.2 大果木莲和中缅木莲种子外部特征

通过对大果木莲和中缅木莲的外部形态比较(表 2),二者的聚合果颜色差别不大,大小差异极显

表 1 大果木莲与中缅木莲分布区的气候比较^①

Table 1 Climate comparison of distributing district of *M. grandis* and *M. hookeri*

分布区	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 / $^{\circ}\text{C}$	年均温 / $^{\circ}\text{C}$	平均最高温度 / $^{\circ}\text{C}$	平均最低温度 / $^{\circ}\text{C}$	极端最高温度 / $^{\circ}\text{C}$	极端最低温度 / $^{\circ}\text{C}$	相对湿度 /%	年降水量 /mm	
大果木莲	西畴	4 863.7	16.0	20.5	13.0	31.3	-3.4	84	1 095.4
	麻栗坡	5 711.5	17.5	21.9	14.9	32.7	-1.1	86	988.3
	马关	5 316.6	16.9	21.7	13.9	31.2	-2.4	84	1 218.7
中缅木莲	盈江	6 975.3	19.9	26.8	14.8	34.7	1.3	78	1 805.5
	陇川	6 756.6	18.7	26.5	13.6	34.1	-1.0	83	2 022.1
	芒市	7 054.0	20.0	27.0	15.5	34.4	1.6	79	1 946.0

①资料为课题组收集的 1995 年的统计资料,部分指标为 1961—1980 年的气象资料汇编。

著 ($p < 0.01$)。大果木莲聚合果果长和果厚分别是中缅木莲的 1.8 和 1.7 倍;大果木莲的新鲜果实果长 0.92~1.29 cm、宽 0.67~1.17 cm、厚 0.51~0.87 cm,中缅木莲的新鲜果实长 0.95~1.53 cm、宽 0.42~1.27 cm、厚 0.30~0.56 cm。对二者新鲜果实的长、宽、厚进行方差分析,均具有极显著差异

($p < 0.01$)。大果木莲平均果长比中缅木莲短,为中缅木莲的 91%,但平均果宽和平均果厚较长,分别是中缅木莲的 1.4 倍和 1.6 倍。二者去掉果肉的种子形状差别及大小差异也较为明显。因此,聚合果的大小、新鲜果实大小、形状或种子形状等可作为这 2 个近缘种的区分依据。

表 2 大果木莲和中缅木莲果实及种子的外部特征

Table 2 Shape features of fruit and seed of *M. grandis* and *M. hookeri*

树种	聚合果颜色	聚合果形状	新鲜果实颜色	果实形状	种子颜色	种皮质地	种子形状
大果木莲	红色	长圆状卵圆形,较大	肉质果,红色	近圆形,果大	灰褐色,有纵刻纹	坚硬、致密、较厚	心形、半圆形
中缅木莲	红色	倒卵状椭圆形,较小	肉质果,红色	多为楔形、偶为椭圆形,果小	灰褐色,有刻纹或光滑	较坚硬、较薄	长卵形

2.3 大果木莲和中缅木莲的果实特征和结实量

研究结果(表 3)表明,中缅木莲果实大小、质量都明显不同。大果木莲的聚合果果长和果厚明显比中缅木莲大,鲜果百粒重约是中缅木莲的 2 倍,去掉果肉千粒干重约为其 3 倍多。大果木莲结实率和单

雌胚珠数、单蓇葖果结实数比中缅木莲高 10.4%、21.6%和 18.9%,但其蓇葖果数量和单聚合果总结实量都远低于中缅木莲,仅为中缅木莲的 50.3%和 58.8%。

表 3 大果木莲和中缅木莲的果实特征及萌发率

Table 3 Fruit character and germination rate of *M. grandis* and *M. hookeri*

	大果木莲			中缅木莲		
	平均值	标准差	变异系数/%	平均值	标准差	变异系数/%
聚合果果长/cm	12.49	1.782	14.27	6.88	0.946	13.75
聚合果果厚/cm	8.50	0.880	10.35	4.96	0.480	9.70
新鲜果实果长/cm	1.09	0.080	7.30	1.20	0.100	9.00
新鲜果实果宽/cm	0.93	0.101	10.80	0.68	0.110	16.40
新鲜果实果厚/cm	0.70	0.082	11.70	0.44	0.060	12.40
蓇葖果数/个	29.60	2.703	9.13	58.90	6.330	10.75
单个蓇葖果胚珠数/粒	6.2(5~9)	0.275	4.40	5.1(4~7)	0.500	9.80
单个蓇葖果种实数/粒	2.1(0~9)	2.188	102.20	1.8(0~6)	0.910	50.87
单个聚合果结实量/粒	61.4(5~218)	56.250	91.60	104.4(16~184)	51.120	48.98
结实率/%	64.2	21.820	33.93	58.25	25.550	43.86
新鲜果实单粒重/g	0.33	0.075	22.46	0.21	0.080	39.90
新鲜果实百粒重/g	30.66	0.634	2.07	14.07	0.400	2.85
去掉果肉种子单粒干重/g	0.16	0.028	17.72	0.05	0.014	30.20
去掉果肉种子千粒干重/g	151.50	26.109	17.23	40.51	1.347	3.33
萌发率/%	68.77	27.230	39.60	63.60	7.390	11.63

植物繁殖能力的大小对分布区的形成与进化具有重要影响,因此,以植物产生种子能力为内容的种子生产力与繁殖力研究成为植物生殖生态学研究的重要内容^[15-16]。套用种子生产力的概念,胚珠是理论上可形成种子的物质基础,种子是实际种子生产力。从表 3 可以看出,大果木莲的理论生产力(聚合果胚珠数)平均仅为中缅木莲的 61.0%;实际种子生产力(聚合果结实量),大果木莲仅为中缅木莲的 58.8%。大果木莲和中缅木莲理论生产力变异不

大,但实际种子生产力变异较大,而且大果木莲的变异几乎是中缅木莲的 2 倍。调查表明,中缅木莲单株所结的聚合果在 30 个以上,而大果木莲有的只有 2~3 个,一般 20 多个。果实大小、种子生产力一定程度上反映了种群的繁殖情况,大果木莲种子生产力比中缅木莲低,反映了大果木莲的繁殖状态比中缅木莲差,并且大果木莲种子生产力变异较大,也影响了其繁殖力。

从二者的单雌胚珠和单果结实数量来看,种子

实际生产力远低于理论生产力,败育率很高,两树种都存在败育现象。

大果木莲单粒种子平均干重为 0.106~0.217 g,单株间单粒干重具有极显著差异($p<0.01$)。其中,株号为 5、8、12、13、16、17 的种子单粒干重株内变异较大,变异系数为 12%~21%,其余 10 株的种子单粒干重株内变异较小,变异系数为 4%~9%,株间变异较大,变异系数为 18.1%。表明大果木莲不同植株的种子饱满程度不同,种子质量株间变化较大,也是萌发率变异大的原因之一。

2.4 大果木莲和中缅木莲的萌发特性

根据测定结果(表 3),大果木莲的蓇葖结实率和种子萌发率分别较中缅木莲高 10.4%和 8.1%。室温条件下,2 个树种未发芽的种子几乎全部腐烂,说明种子发芽时间较长,湿度过大容易发霉腐烂。

观察了 16 株大果木莲的种子萌发情况,室温(11~18℃)条件下,大果木莲约 46~49 d 发芽,发芽持续时间较长,约 11~17 d;中缅木莲比大果木莲发芽时间短,约 35 d 发芽,发芽持续约 30 d,二者的平均发芽率以大果木莲更高,且都在 60%以上,但大果木莲的株间萌发率变异达 39.6%,是中缅木莲的 3 倍多,说明其萌发能力十分不均,较中缅木莲差。此外,发芽时间较中缅木莲长,中间环节出现影响发芽的因素较多,尤其湿度过大时,容易发生霉烂。萌发能力的大小直接影响树种的更新,而萌发条件又是影响萌发的主要因素,根据课题组对两树种的生境调查,发现大果木莲生长在石灰岩山地,多为裸露岩石,果实落地后很难接触到土壤,此外荫湿的生长环境容易导致种子发霉腐烂。林下更新的幼苗或幼树很少,几乎都是萌发起源的林木。而中缅木莲萌发更新条件更为适宜,分布地区岩石少,多为山地,土层也较厚,植被破坏大,种实落地容易接触到土壤,萌发时间较短,因而更新更容易,自然更新的幼树较多。

3 结论与讨论

果实、种子的形态性状尤其是质量及数量性状与植物的有性生殖能力密切相关,其中又以种子的重量更为重要,种子的重量与种子质量密切相关。对缙云卫矛(*Euonymus chloranthoides*)的研究表明^[7],果实与种子形态特性受其生境土壤条件影响较大,果实、种子的重量与质量相关,进一步影响了种子向幼苗的转化率,从而导致缙云卫矛的有性生殖能力下降。濒危植物大果木莲的种子重量不仅与对照种差别较大,新鲜果实百粒重和种子千粒重分别是对照种的约 2 倍和 3 倍,同时自身的个体之间

变异也较大,种子重量的变异影响了种子的质量,也是导致其萌发率变异高的原因之一。对濒危植物的果实、种子形态及影响其形态性状的环境因子的研究也是近年来关注较多的内容之一,对四川大头茶种子形态性状与土壤条件、类型的关系^[8]、濒危植物云南金钱槭(*Dipteronia dyeriana*)果实、种子形态分化及其与环境因子的相关性^[9]及缙云卫矛与生境土壤条件的关系^[7]等的研究表明,果实、种子形态性状与环境的某方面或某几方面有相关性,不同的环境可能存在果实、种子性状的变异。此外,邱英雄等^[10]对明党参的濒危机制的研究中也介绍了其种子结构、种子结实率、萌发率等与环境的关系,并得出明党参后熟阶段与梅雨天气的不协调是导致其种子萌发率低和种群更新差的原因之一。而将亲缘关系较近的濒危种和非濒危种的果实、种子性状进行比较来揭示植物的濒危原因却很少报道。环境条件或土壤特性可能是影响种子质量或形态分化的重要因素,从而影响植物的有性生殖能力。本研究中对对照种和濒危种的生态环境有一定的差异,可能是影响二者种子质量或有性生殖能力差异的原因之一,也是濒危种(大果木莲)种群更新能力较对照种(中缅木莲)差的原因之一。

蔡琰琳等^[11]对濒危植物夏腊梅的研究中揭示了夏腊梅果实和种子的表型性状在种群间、种群内、个体间都存在一定的变异,且种子形态较果实稳定。大果木莲的种子单粒重在株间有变异,占 18.1%,同时个别家系间差异也较明显,变异系数为 12%~21%。

濒危树种大果木莲和对照种中缅木莲的生态环境有一定的差异,属于中亚热带和南亚热带气候类型,对照种的生境较濒危种更为湿热,二者都属于阳性、喜光、喜湿热的树种。

对大果木莲与中缅木莲果实特征比较分析表明,二者聚合果果实外部形态较为相似,都为倒卵形,成熟时均为红色,但大小差异明显,大果木莲的果长和果厚都几乎为中缅木莲的 2 倍;其次,新鲜种实和去皮肉种子的形状和大小也明显不同,大果木莲新鲜果实的平均果长、果宽、果厚是中缅木莲的 91%、1.4 倍和 1.6 倍,容易区分,聚合果的大小、新鲜果实大小、形状和种子形状等可作为这 2 个近缘种的区分依据。此外,其他相关统计数据也明显不同,大果木莲的蓇葖数平均为 30 个,约为中缅木莲的一半,单聚合果结实量约为中缅木莲的 58.8%,鲜果百粒重约为中缅木莲的 2 倍,去皮肉种子千粒干重约为其的 3 倍。二者的果实、种子形态大小差别较大,可能与二者的生境也有关系。一般地,生活

在干燥或郁闭度高、稳定生境中的植株常具有较大的种子,而在空旷、潮湿、易受干扰生境的物种通常生产较小的种子^[11-13]。濒危种大果木莲生长的林分植被完好,郁闭度较高,受干扰较小,而中缅木莲分布区受干扰较大,生境空旷,郁闭度较低,光照充足,二者果实、种子性状差异大可能也是其繁殖能力差异大的原因之一,还需深入研究。

运用种子生产力理论^[14-15],对二者的繁殖力进行比较分析,发现大果木莲种子的理论生产力仅为中缅木莲的61.0%,实际种子生产力仅为中缅木莲的58.8%。2007年调查表明,大果木莲单株结果比中缅木莲少得多,2008年虽然没有调查成熟期的结果量,但根据对开花情况和幼果的坐果情况观察,也发现大果木莲的开花量和幼果量比中缅木莲少得多,表明大果木莲的繁殖力比中缅木莲差。近年来,对濒危植物种子萌发特性的研究也是揭示其濒危机制的一个研究方面,在药用植物桃儿七(*Sinopodophyllum emodi*)^[16]、云南蓝果树(*Nyssa yunnanensis*)^[17]、长柄扁桃(*Amygdalus pedunculata*)^[18]等濒危植物上开展了光照、温度、激素处理、机械破皮、休眠等因素对种子萌发的影响的研究,并从萌发特性上解释了光照、温度或者种皮障碍导致种子萌发困难可能是植物濒危的原因之一。本研究是在室温条件下,采用湿沙催芽研究濒危种与对照种的萌发变化。从二者萌发的情况来看,室温条件下,湿沙作培养基质,二者都能正常萌发,但萌发过程不同,大果木莲萌发时间较中缅木莲长10~15 d,二者的萌发率以大果木莲较高,但其株间变异高达39.6%,一定程度上反映了其萌发能力差异较大,从而进一步反映其更新能力差异也较大。大果木莲萌发时间较长,其生境岩石分布较多,种子难以接触到土壤,导致发芽后向幼苗转化失败及更新环境潮湿可能致使种子霉烂丧失萌发能力等可能是导致其分布区难以见到幼苗或幼树的原因之一。

与中缅木莲相比较,繁殖力较差、萌发时间较长及更新环境恶劣导致的更新困难,可能是导致大果木莲濒危的重要原因。

参考文献:

- [1] 李玉媛. 云南国家重点保护野生植物[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2005: 228-230.
- [2] 徐亮, 司马永康, 杨卫, 等. 大果木莲的花部数量变异研究[J]. 广西林业科学, 2006(1): 23-25.
- [3] 杨卫, 司马永康, 徐涛, 等. 大果木莲天然林地土壤特性及其枝叶磷含量的研究[J]. 西部林业科学, 2006(2): 53-56.
- [4] 李芸瑛, 宾新永, 彭长连, 等. 三种濒危木兰植物幼树光合特性对高温的响应[J]. 生态学报, 2008, 28(8): 3789-3797.
- [5] 张茂钦. 云南珍稀濒危树种生态生物学研究[M]. 昆明: 云南大学出版社, 1998, 204-215.
- [6] 云南省林业厅及云南省林业调查规划院编著. 云南森林立地分类及其应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 1990, 4-8.
- [7] 何平. 珍稀濒危植物保护生物学[M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 2005, 218-241.
- [8] 邓洪平, 何平, 钟章成. 不同地理种源及演替群落的四川大头茶种群种子形态分化研究[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 1999, 24(2): 207-213.
- [9] 李珊, 蔡宇良, 徐丽. 云南金钱槭果实、种子形态分化研究[J]. 云南植物研究, 2003, 25(5): 589-595.
- [10] 邱英雄, 傅承新. 明党参的濒危机制及其保护对策的研究[J]. 生物多样性, 2001, 9(2): 151-156.
- [11] 蔡瑛琳, 金则新. 濒危植物夏腊梅果实、种子形态变异研究[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(3): 44-49.
- [12] KHURANA E, SAGAR R, SINGH J S. Seed size: a key trait determining species distribution and diversity of dry tropical forest in northern India[J]. Acta Oecologica, 2006, 29(2): 196-204.
- [13] SAVERIMU TTU T, WESTOBY M. Seedling longevity under deep shade in relation to seed size[J]. Journal of Ecology, 1996, 84(5): 681-689.
- [14] HARPER J L. Population biology of plant[M]. New York: Academic Press, 1977.
- [15] BENNER B L, WATSON M A. Developmental ecology of Mayapple: seasonal patterns of resource distribution in sexual and vegetative rhizome system[J]. Functional Ecology, 1989, 3: 539-547.
- [16] 陈伟, 杨楼, 马绍宾, 等. 濒危药用植物桃儿七种子的萌发特性初探[J]. 种子, 2008(4): 49-51.
- [17] 孙宝玲, 张长芹, 周凤林, 等. 极度濒危植物——云南蓝果树的种子形态和不同处理条件对种子萌发的影响[J]. 云南植物研究, 2007, 29(3): 351-354.
- [18] 张檀, 郑瑞杰, 梅立新, 等. 长柄扁桃种子萌发特性的研究[J]. 西北林学院学报, 2006, 21(4): 73-76.