

贵州毕节喀斯特地区优势植物种子萌发特性初步研究^{*}

刘 强^{1,2}, 兰芹英^{1,2**}, 谭运洪^{1,2}, 沈有信¹, 文 彬^{1,2}

(1 中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 勐腊 666303; 2 中国科学院西双版纳热带植物园

种质资源库热带森林生态学重点实验室, 云南 勐腊 666303)

摘要: 对采自贵州毕节地区的 11 种植物的种子萌发特性进行了初步研究, 结果表明: ① 盐肤木、火棘、化香、云贵金丝桃与白栎种子在 4 周之内能够萌发; 除云贵鹅耳枥胚坏死之外 (萌发实验前后对种子进行解剖), 其他 5 种植物的种子都未萌发, 处于不同的休眠状态。② 盐肤木、化香、云贵金丝桃的种子光照时的萌发率远高于黑暗时的萌发率, 具有显著差异, 尤其是云贵金丝桃, 因此 3 种植物种子均属于喜光性种子; 而火棘与白栎种子有无光照都可以萌发, 而且萌发率没显著差异, 因此属于光不敏感或光中性种子。③ 盐肤木、云贵金丝桃的种子在 30℃ 较高温条件下萌发最好; 白栎、火棘种子在 15℃、20℃ 低温条件下萌发更好; 化香种子萌发温度既不能低于 20℃ 也不能高于 25℃。④ 刺异叶花椒种子吸水率高达 85%, 胚包埋在胚乳之中非常微小、未分化, 因此可以初步判定属于形态休眠或者形态生理休眠; 而平枝荀子、西域旌节花、云南旌节花种子吸水率都在 20% 以上, 胚长/ 种子长都超过 1/ 2, 并且胚已发育完全, 应属于生理休眠; 小果蔷薇种子吸水率约 27%, 胚长/ 种子长都达 2/ 3, 并且通过对种子的解剖发现胚还未发育, 应属于形态生理休眠。

关键词: 种子; 萌发; 休眠; 喀斯特地貌; 贵州

中图分类号: Q 945

文献标识码: A

文章编号: 0253-2700 (2010) 06-539 08

A Preliminary Study on Seed Germination of Dominant Plants from a Karst Landscape in Bijie, Guizhou

LIU Qiang^{1,2}, LAN Qir Ying^{1,2**}, TAN Yur Hong^{1,2},

SHEN You Xin¹, WEN Bin^{1,2}

(1 Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Mengla 666303, China;

2 Key Laboratory of Tropical Forest Ecology, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Germplasm Bank, Chinese Academy of Sciences, Mengla 666303, China)

Abstract: This study compared the germination characteristics of 11 woody species from a Karst landscape in Bijie, Guizhou Province. The results showed that: seeds of *Rhus chinensis*, *Quercus fabri*, *Hypericum kouycheouense*, *Platycarya strobilacea*, *Pyracantha fortuneana* germinated within 4 weeks and the seeds of other species showed different degrees of dormancy, while seeds of *Carpinus pubescens* had dead embryos. Germination rate of *Rhus chinensis*, *Hypericum kouycheouense*, *Platycarya strobilacea* was significantly higher in light than in dark which indicated a light demanding for germination of those species. Seeds of *Quercus fabri* and *Pyracantha fortuneana* germinated in both light and dark environment and the germination rates showed no significant difference in two treatment which indicated a non photoblastic germination. Ger

^{*} 基金项目: 中国科学院知识创新工程 (KSCXZ-SW-117); 科学院战略资源支撑体系- 热带植物种质资源的收集保存 (08ZK121B01); 科技部平台项目- 部分热带植物种质资源的整理、整合和信息化 (2005DKA21006); 国家科技支撑计划课题" 喀斯特山区水土保持关键技术集成研究与示范" (2007BAD53B02)

^{**} 通讯作者: Author for correspondence; E-mail: lqy@xtbg.org.cn

收稿日期: 2010 06 18, 2010 10 31 接受发表

作者简介: 刘强 (1980-) 男, 助理研究员, 主要从事种子发育方面的研究。E-mail: liuq@xtbg.org.cn

mination rate of *Rhus chinensis*, *Hypericum kouytcheouense* achieved the highest level at 30℃. The optimal germination temperature for *Quercus fabri* and *Pyracantha fortuneana* were 15℃ and 20℃, respectively. The seeds cannot tolerate high temperature. The optimal germination temperature for *Platycarya strobilacea* was 20℃ and seeds could not tolerate both lower and higher temperature. Although the water permeability of seeds of *Zanthoxylum dimorphophyllum* reached up to 85%, the embryo embedded in the endosperm was very small and undeveloped. The seeds might experience morphological or morphophysiological dormancy. The water permeability of seeds of *Cotoneaster horizontalis*, *Stachyurus himalaicus*, *Stachyurus yunnanensis* all exceeded 20% and the ratio of embryo length and seed length reached up to 1/2 of fully developed embryos. Seeds described above might have physiological dormancy. The water permeability of seeds of *Rosa cymosa* was about 27% and the ratio between embryo length and seed length reached up to 2/3 and the embryo was undeveloped which indicated that the seeds might have morphophysiological dormancy.

Key words: Seed; Germination; Dormancy; Karst Mountainous Region; Guizhou Province

喀斯特地貌是指石灰岩受水的溶蚀作用和伴随的机械作用形成的各种地貌: 石芽、石沟、石林、溶滴、地下河等 (吴绍贵, 2009), 占世界陆地总面积的 12%。喀斯特环境极为特殊, 岩石裸露率高, 土层浅薄且不连续, 土壤多散布于石缝中, 土壤持、滞水能力小等。在这些特殊生境上发育的喀斯特植物群落也与非喀斯特环境上的地带性植物群落存在明显差异。植被破坏后, 植被覆盖率低, 土地生产力退化, 土壤被严重侵蚀, 基岩大面积裸露, 出现大范围的石漠化, 严重威胁着人类的生存。贵州省喀斯特地区是我国乃至世界喀斯特发育最典型、最复杂、分布面积最大的片区之一 (朱守谦, 1993)。据报道, 贵州境内石漠化面积占 20.93%, 其中强度和中度石漠化面积占 7.49%, 仍以每年 900~933 km² 的速度递增 (熊康宁等, 2002)。生态环境恶化已经成为制约喀斯特地区社会经济发展的主要因素。植被恢复是控制喀斯特地区水土流失和改善生态环境的有效途径 (张喜等, 2007a, b; 余新晓等, 2004; 刘世荣等, 1996)。目前, 喀斯特地区植被恢复的研究主要集中在立地类型的划分 (周应书等, 2008; 吕仕洪等, 2005; 张新波等, 2003; 张喜, 2003; 高华端, 2002)、生态系统服务功能的定量评估与分析 (张明阳等, 2009)、土壤种子库的研究 (陈清惠, 2008; 刘济明等, 1999; 2000; 2006) 以及植物物候特征的研究等方面 (吴毅等, 2006)。种子是植物个体发育的一个特定阶段, 在种族延续上又是遗传信息的保存者与传递者, 是物种在环境胁迫中存活和繁衍的适应性策略, 种子又是植物种质资源

长期保存的理想材料。本地植物能更好地适应当地环境, 且其种子或其它繁殖体更容易获得 (Montagnini, 2001), 应该成为生态恢复的首选物种。因此, 通过对本地植物的种子萌发生态特性的研究以揭示在这种特殊环境中植物的生存策略, 从而给喀斯特山地植被恢复的物种选择提供科学、可靠的理论指导。

1 研究区概况

贵州省毕节地区 (105°36' ~ 106°43' E, 26°21' ~ 27°46' N) 地处滇黔桂连片喀斯特腹地滇东高原向黔中低山丘陵过渡的斜坡地带, 从东向西分布有低山、低中山、中山、高中山和高原等 5 种地貌, 海拔 457~2900 m, 总土地面积 26853 km², 其中山地、丘陵占总土地面积的 93%。分布有黄壤、黄棕壤、紫色土、石灰土、棕壤、山地草甸土、水稻土等土壤类型。气候属亚热带季风气候, 年平均温度 13.0℃, 年降雨量 960 mm, 平均湿度 81.4%, 冬长夏短, 干湿季节交替明显。图 1 为该地区多年及物候观测年的月降雨量和月均温。喀斯特发育区总面积 19693 km², 石漠化面积 6541 km²。因经济文化落后, 水土流失严重, 石漠化加剧, 生态环境恶化, 是国务院批准成立的“开发扶贫、生态建设”试验区 (周应书等, 2008)。

2 试验材料与方法

2.1 试验材料

实验选择 11 种贵州毕节地区群落演替过程中的优势木本植物: 盐肤木 (*Rhus chinensis*)、云贵鹅耳枥

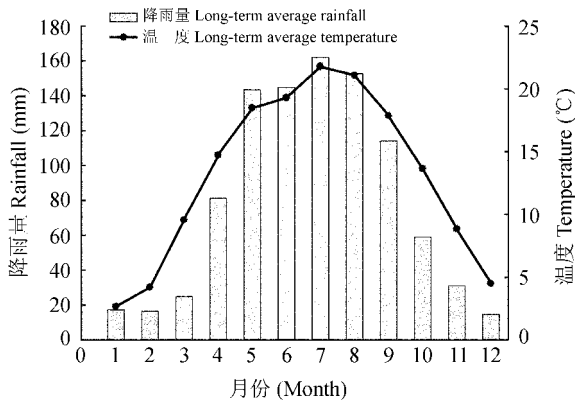


图1 多年平均的降雨量和月均温

Fig 1 Rainfall and mean monthly temperature of the study year and of the long-term average

(*Carpinus pubescens*)、白栎 (*Quercus fabri*)、云贵金丝桃 (*Hypericum kouytcheouense*)、化香 (*Platycarya strobilacea*)、火棘 (*Pyracantha fortuneana*)、平枝荀子 (*Cotoneaster horizontalis*)、小果蔷薇 (*Rosa cymosa*)、刺异叶花椒 (*Zanthoxylum dimorphophyllum*)、西域旌节花 (*Stachyurus himalaicus*)、云南旌节花 (*Stachyurus yunnanensis*) (周应书, 2008; 司彬等, 2008)。其果实于2009年10月上旬采集于贵州省毕节地区毕节市与大方县, 野外采集的果实装入塑料袋带回实验室进行种子的剥取, 然后风干置于15℃库中备用。

2.2 实验方法

2.2.1 种子形态特征观测 随机选取25粒种子, 用游标卡尺测量种子的纵径; 千粒重的测定: 随机取净种子100粒, 并用电子天平称重, 5次重复, 计算其平均值; 含水量的测定: 采用烘干称重法 [(103±2)℃、(24±1)h] 进行测定。每个处理25粒种子置于称量瓶中烘干, 5个重复。以干重 ($\text{gH}_2\text{O g}^{-1}\text{DW}$) 为基础分别计算含水量, 计算公式如下: 种子含水量 ($\text{gH}_2\text{O g}^{-1}\text{DW}$) = $(W_2 - W_3) / (W_3 - W_1)$, 其中 W_1 为称量瓶的重量、 W_2 为待测种子与称量瓶的重量、 W_3 为称量瓶与种子烘干后的重量。

2.2.2 种子萌发特性观测 将种子放置在盛有1%琼脂的培养皿中, 每皿25粒种子, 4个重复, 然后将培养皿放置于不同温度与光照培养箱内, 其处理有15、20、25、30、30/20℃全光照与全黑暗 (用黑布将培养皿包裹置入不同温度的培养箱至4周后观察萌发数量)。以胚根突破种皮2mm作为萌发的判断标准。萌发过程中每24h检测1次, 记录种子萌发数, 通过计算萌发率来分析不同试验因子对种子萌发影响的差异程度。根据Baskin and Baskin (1998) 的标准, 4周后结束实验。

2.2.3 种子活力检测—TTC法 将没有萌发的种子用

刀片沿种子胚的中心线纵切为二, 将其中一半置于TTC溶液。然后置于30℃下处理2~8h, 处理结束后弃去TTC溶液, 用水清洗种子 (或胚)。凡是被染成红色的种胚, 计为活种子。计算公式如下: 种子活力 (%) = 种胚被染成红色的种子 × 100 / 供试种子数 (ISTA, 2006)。

2.2.4 种子的吸水能力与胚的形态特征测定 通过解剖种子测量胚的大小、观测胚的形态和种子吸水性能的测定来初步确定具有休眠特性的物种属于哪种类型的休眠。在解剖镜下用解剖刀、镊子将胚从种子中取出, 用游标卡尺测量胚的大小, 并且用相机拍摄胚的形状; 将风干的种子于30℃恒温条件下进行吸胀, 96h后将种子取出, 用滤纸吸干其表面水分, 称其重量。种子吸水率 (%) = (种子吸水后总重量 - 干种子总重量) / 干种子总重量 × 100%。

2.2.5 试验数据分析方法 采用SigmaPlot10.0软件进行图的制作, 采用SPSS16.0统计软件中的广义线性模型 (GLM) 进行温度与光照对种子萌发的交互作用分析; 采用该软件中的One way ANOVA 进行不同温度处理对种子萌发的差异显著性分析; 光照与黑暗处理条件下种子的萌发率采用该软件中的Independent Sample T-test 进行差异显著性分析; 种子吸水膨胀前后的重量采用该软件中的Paired Sample T-test 进行差异显著性分析。

3 结果与分析

3.1 种子的形态特征

11种植物种子的形状、颜色、大小等基本性状见表1。结果表明, 11种植物中除白栎种子较大, 含水量高以外, 其他植物种子都属于小种子且含水量很低。种子颜色和形状描述如下: 盐肤木种子呈椭圆形、褐色; 云贵鹅耳枥种子呈圆锥形、绿色; 白栎种子圆锥形、黄色; 云贵金丝桃种子呈棒状、黑色; 化香种子呈心形、褐色; 火棘种子呈楔形、褐绿色; 平枝荀子种子呈椭圆形、橘黄色; 小果蔷薇种子呈楔形、黄色; 刺异叶花椒种子呈圆形、黑色; 西域旌节花种子呈椭圆形、黄色; 云南旌节花种子呈椭圆形、黄色。

3.2 种子的萌发特性

3.2.1 光照、温度交互作用对种子萌发的影响

实验结果表明: 仅盐肤木、火棘、化香、云贵金丝桃和白栎种子在实验的4周内能够萌发, 并且白栎种子数量有限, 仅做了温度处理的萌发实验。光照与温度都是种子萌发很重要的条件,

表1 11种植物种子的基本性状
Table 1 Seed's elementary properties of eleven plants

物种 Species	科名 Family	种子大小 (mm)	千粒重 (g)	含水量 (H ₂ O g ⁻¹ DW)
盐肤木 <i>Rhus chinensis</i> Mill.	漆树科 Anacardiaceae	3.58±0.0527 2.81±0.0899	12.30±0.3727	0.10±0.0107
云贵鹅耳枥 <i>Carpinus pubescens</i> Hu.	桦木科 Betulaceae	8.33±0.2525 3.48±0.4346	9.73±0.3053	0.14±0.0051
白栎 <i>Quercus fabri</i> Hance	壳斗科 Fagaceae	16.09±2.0240 9.63±0.6049	694.20±34.7621	0.57±0.042
云贵金丝桃 <i>Hypericum kouytcheouense</i> Levl	金丝桃科 Hypericaceae	1.71±0.0856 0.30±0.0299	0.143±0.0462	0.08±0.0187
化香 <i>Platycarya strobilacea</i> Sieb. et Zucc	胡桃科 Juglandaceae	4.50±0.1573 3.88±0.3351	3.13±0.0369	0.12±0.0069
火棘 <i>Pyracantha fortuneana</i> (Maxim.) Li	蔷薇科 Rosaceae	2.49±0.1161 1.52±0.1063	0.86±0.04473	0.18±0.0221
平枝荀子 <i>Cotoneaster horizontalis</i> Decne	蔷薇科 Rosaceae	4.25±0.1770	7.40±0.2330	0.12±0.0250
小果蔷薇 <i>Rosa cymosa</i> Tratt.	蔷薇科 Rosaceae	4.51±0.1902 2.07±0.2794	7.91±0.4899	0.20±0.0107
刺异叶花椒 <i>Zanthoxylum dimorphophyllum</i> var. <i>spinifolium</i> Rhed. et Wils	芸香科 Rutaceae	4.01±0.1415	11.42±0.8772	0.15±0.0364
西域旌节花 <i>Stachyurus himalaicus</i> Hook. f. et Thoms. ex Benth	旌节花科 Stachyuraceae	1.68±0.0812 1.19±0.0913	0.13±0.0195	0.08±0.0268
云南旌节花 <i>Stachyurus yunnanensis</i> Franch	旌节花科 Stachyuraceae	1.66±0.1052 1.27±0.1004	1.17±0.0388	0.12±0.0128

我们采用 SPSS 软件中的广义线性模型 (GLM) 来分析光照、温度对种子萌发的交互作用。分析结果发现,光照与温度对 4 种植物种子萌发的交互效应都很显著 ($F_{\text{盐肤木}} = 4.19, P < 0.01$; $F_{\text{火棘}} = 3.45, P < 0.05$; $F_{\text{化香}} = 3.44, P < 0.05$; $F_{\text{云贵金丝桃}} = 3.66, P < 0.05$)。如图 2,我们也可以看出每两条直线明显不平行,因此很明显,光照与温度之间存在交互效应。

3.2.2 光照对种子萌发的影响 光照处理对种子萌发的影响采用 SPSS 软件中的 Independent-Sample T -test 进行差异显著性分析。分析结果发现:盐肤木、化香、云贵金丝桃种子在光照条件下,萌发率高于黑暗条件下,并且具有显著差异 ($t = 3.668, P < 0.05, n = 40$)、($t = 2.173, P < 0.05, n = 40$)、($t = 10.917, P < 0.001, n = 40$);火棘种子虽然在光照条件下萌发率高于黑暗条件下,但统计上无明显差异 ($t = 1.165, P > 0.05, n = 40$);由于采集的白栎种子数量有限,萌发实验除了不同温度的处理外,仅做了 25℃黑暗条件处理。结果表明,在 25℃条件下,

光照与黑暗对于种子萌发率没有显著影响 ($t = 2.611, P > 0.05, n = 8$) (图 3)。

3.2.3 温度对种子萌发的影响 通过 ANOVA 方差分析和 LSD 多重比较结果表明,盐肤木种子不同温度处理之间存在着极显著差异 ($F = 9.10, P < 0.01, n = 20$);最适萌发温度为 30℃,30℃处理与 15、20、25℃处理下的萌发率之间有显著差异 ($P < 0.05, n = 20$),且 15℃处理萌发率最低。火棘种子不同温度处理之间存在着极显著差异 ($F = 8.66, P < 0.01, n = 20$);适宜萌发温度范围为 15~25℃,且在 20℃处理下萌发率达到最高,温度超过 25℃萌发率将会急剧下降,30℃、30/20℃处理与 15、20、25℃处理下的萌发率之间有显著差异 ($P < 0.01, n = 20$)。化香种子不同温度处理之间存在着极显著差异 ($F = 5.73, P < 0.01, n = 20$);20℃处理的萌发率最高达 43%,显著高于 15℃的处理 ($P < 0.01, n = 20$),而与 30℃、30/20℃处理之间具有显著差异 ($P < 0.05, n = 20$)。云贵金丝桃种子不同温度处理之间存在着

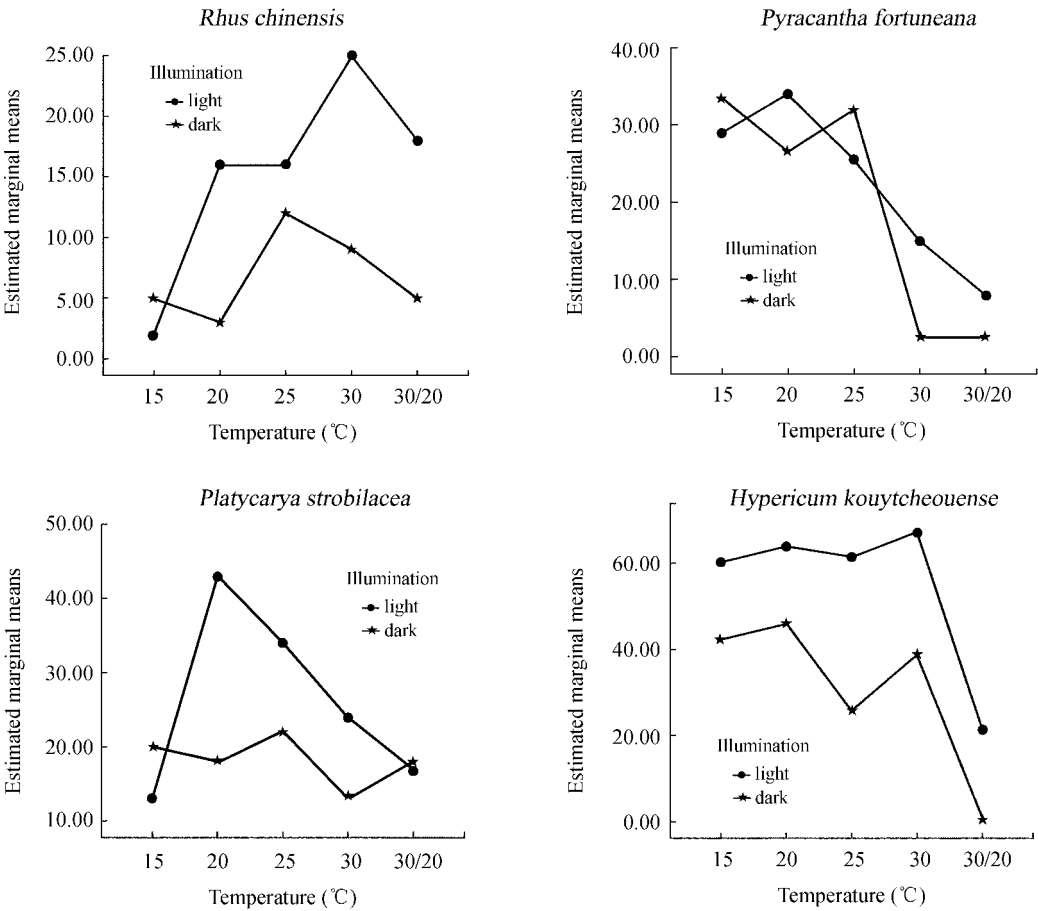


图 2 光照、温度对 4 种植物种子萌发的交互效应边际图

Fig 2 Marginal plot of interaction between illumination and temperature of seed germination

极显著差异 ($F = 38.57, P < 0.01, n = 20$); 除了 30/20 °C 处理与其他温度处理之间的萌发率有极显著差异 ($P < 0.01, n = 20$) 以外, 其他温度处理之间都无显著差异, 萌发率都较高。白栎种子在不同温度处理之间存在着极显著差异 ($F = 8.95, P < 0.01, n = 20$); 15 °C 处理萌发率最高, 之后随着温度的上升, 萌发率急剧下降。15 °C 与其他温度处理下的萌发率之间存在着显著的差异 ($P < 0.01, n = 20$) (图 3)。

3.3 种子活力检测结果

对于没有萌发的种子, 我们可以通过 TTC 检测种子是坏死还是休眠。检测结果表明云贵鹅耳枥种子活力为 0.00% ($SD = 0.000, n = 25$)、小果蔷薇种子活力为 10.00% ($SD = 4.899, n = 24$)、平枝荀子种子活力为 100.00% ($SD = 0.000, n = 25$)、云南旌节花种子活力为 100.00% ($SD = 0.000, n = 25$)、西域旌节花种子活力为 100.00

($SD = 0.000, n = 25$)、刺异叶花椒种子活力为 31.33% ($SD = 3.266, n = 25$)。

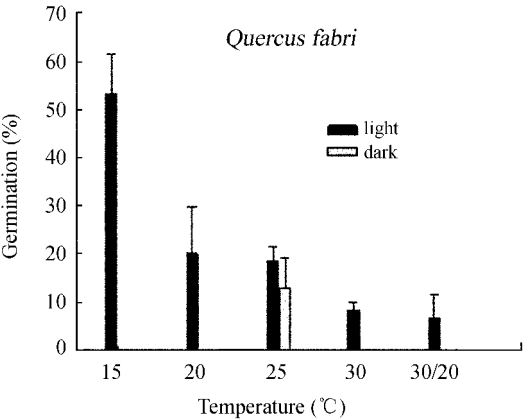
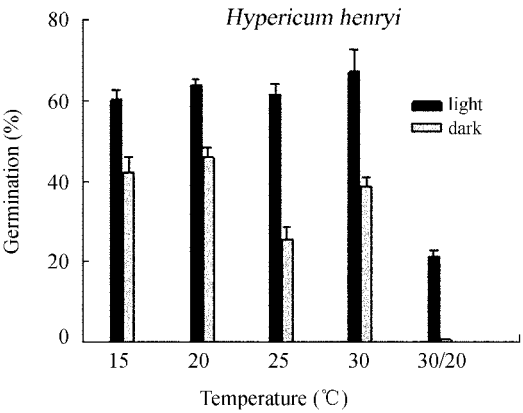
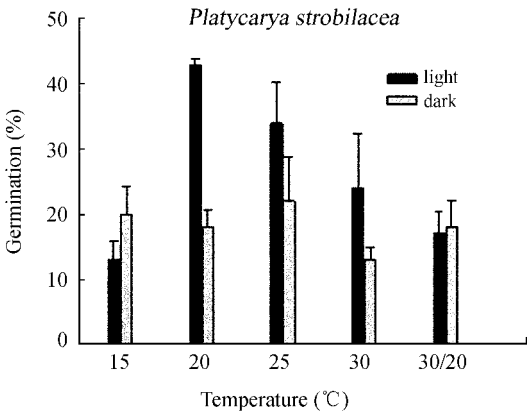
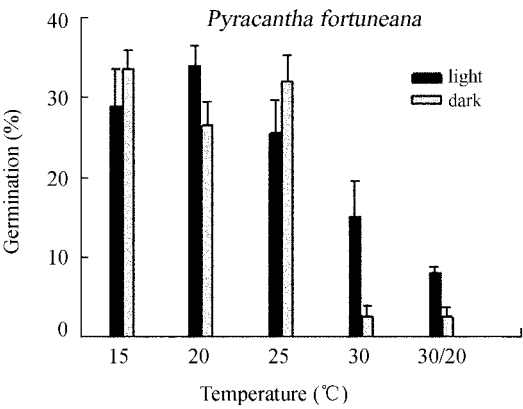
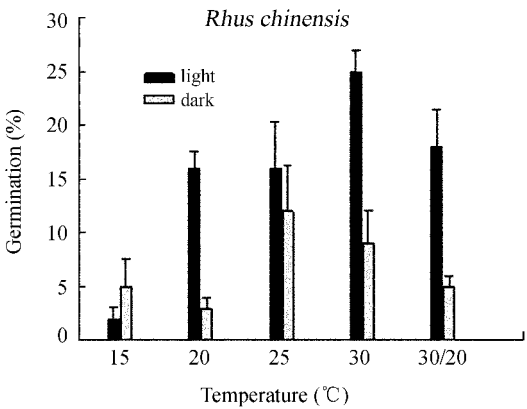
3.4 种子的吸水能力与胚的形态特征测定

通过分析种子吸水前后重量的数据表明 (表 2), 刺异叶花椒种子吸水前后重量具有极显著差异 ($t = -16.77, P < 0.001, n = 5$) 吸水率高达 85%; 西域旌节花种子吸水前后重量有显著差异 ($t = -4.45, P < 0.05, n = 5$), 吸水率约为 20%; 云南旌节花种子吸水前后重量有显著差异 ($t = -4.63, P < 0.05, n = 5$), 吸水率约为 22%; 平枝荀子种子吸水前后重量有显著差异 ($t = -7.168, P < 0.05, n = 5$), 吸水率为 23%; 云贵鹅耳枥种子吸水前后重量有极显著差异 ($t = -37.137, P < 0.001, n = 5$), 吸水率高达 72%; 小果蔷薇种子吸水前后重量有显著差异 ($t = -8.588, P < 0.05, n = 5$)。结果表明, 5 种植物种子的种皮透水性都较强, 种皮不是阻碍种子萌发的因素。

表2 种子的吸水率、胚长以及胚长度与种子长度的比值

Table 2 Seed water permeable, embryo length and ratio between embryo length and seed length

物种	种子吸水率	胚长度	胚/种子
刺异叶花椒 <i>Zanthoxylum dimorphophyllum</i> var <i>spinifolium</i>	84.70±11.4286	—	—
西域旌节花 <i>Stachyurus himalaicus</i>	20.24±5.0459	1.24±0.0365	0.74
云南旌节花 <i>Stachyurus yunnanensis</i>	21.78±5.1087	1.14±0.0733	0.69
平枝荀子 <i>Cotoneaster horizontalis</i>	22.97±2.4020	2.38±0.0836	0.56
云贵鹅耳枥 <i>Carpinus pubescens</i>	71.70±1.7075	—	—
小果蔷薇 <i>Rosa cymosa</i>	26.57±4.4099	2.99±0.0707	0.67



通过对以上几种植物种子的解剖发现, 刺异叶花椒的胚深埋胚乳之中, 并且还未分化, 因此未能测量胚的长度; 西域旌节花胚的长度约占种子长度的 3/4, 云南旌节花胚长度约占种子长度的 2/3, 平枝荀子胚的长度约占种子长度的 1/2; 云贵鹅耳枥的胚已坏死, 无法测量; 小果蔷薇胚长度约占种子长度的 2/3。

4 讨论

Roberts (1973) 根据种子的储藏行为把种子分为正常性种子 (orthodox seeds) 和顽拗性种子 (recalcitrant seeds)。正常性种子在脱离母

图 3 不同温度与光照处理对种子萌发的响应
Fig 3 Response of seed germination to different temperature and light treatments

体时具有较低的含水量, 通常能被进一步干燥到 1%~5% 的含水量而不发生伤害, 且在一定的温度和水分含量范围内能够预测其寿命。顽拗性种子在脱落时具有较高的含水量和一定的代谢活性, 对脱水敏感, 在室温下其贮藏寿命只有几天或十几天。我们采自贵州毕节的 11 种植物种子中, 白栎种子千粒重达 694.20 g, 含水量高达 $0.57 \text{ H}_2\text{O g}^{-1}\text{DW}$, 并且在野外调查过程中发现具有胎萌现象。在室温贮藏一个月后, 种子都失去活力; 而其他植物种子含水量、千粒重等都比较低, 且在室温下储藏半年都可以萌发, 因此我们初步断定, 白栎种子应为顽拗性种子, 而其他都为正常性种子, 比较耐脱水, 易保存。

具有正常生活力的种子由于光照条件不适宜 (在可见光或远红光下呈现休眠现象) 而不能正常萌发, 这种现象称为光休眠 (photodormancy); 有些种子萌发时需要光, 在暗处就不能萌发, 这种休眠称为暗休眠 (dark dormancy)。有暗休眠的种子都是光敏感种子, 称为喜光性种子或需光性种子 (light seed; light favored seed; positively photoblastic seed); 相反, 因光的存在而助长或诱导休眠的种子称为忌光性种子或需暗性种子 (dark seed; negatively photoblastic seed; light inhibited seed); 还有一类种子有无光照存在都可以顺利萌发, 为光不敏感种子或光中性种子 (non-photoblastic seed) (Cocucci 等, 1981; Milberg, 1994)。在能够萌发的 5 种植物种子中, 盐肤木、化香、云贵金丝桃的种子光照时的萌发率远高于黑暗时的萌发率, 尤其是云贵金丝桃, 因此 3 种植物种子均属于喜光性种子; 而火棘与白栎种子有无光照都可以萌发, 而且萌发率之间无显著性差异, 因此属于光不敏感或光中性种子。

温度是种子萌发所需的重要因子之一。其中盐肤木种子在 30℃ 条件下萌发更好, 低于 20℃ 则会限制种子的萌发; 化香种子在 20℃ 条件下萌发最好, 而低于 20℃ 或高于 25℃ 萌发率都急剧下降; 白栎种子却是在 15℃ 条件下萌发更好, 高于 20℃ 萌发率则急剧下降, 因此高温会限制它的种子萌发; 而火棘种子在 20℃ 低温更易萌发, 高于 25℃ 萌发率将急剧下降, 高温也会限制它的种子萌发; 云贵金丝桃种子萌发所需温度的要求比较宽, 从 15℃ 至 30℃ 之间萌发率都比

较高, 但在 30℃ 萌发率最好。

总之, 盐肤木植物种子的萌发既需要较高温度又需要光照的条件, 因此在野外状态下种子的萌发一般是在夏季开阔的林地中; 而火棘、白栎种子在低温条件下萌发更好, 因此在野外状态下种子一般是在初春萌发, 而且光照也能提高白栎种子的萌发率, 尽管在统计上差异不明显; 化香种子适宜萌发温度不能太低也不能太高, 因此野外状态下种子一般在末春时节萌发; 云贵金丝桃种子萌发虽然对温度没有太严格的要求, 但是必须要在光照条件下才能萌发。司彬 (2008) 研究发现, 贵州喀斯特地区植物群落自然演替阶段中, 火棘、贵州金丝桃为草本向灌木演替阶段的先锋物种, 化香为次生乔木林中的主要树种。它们都应该是该地区森林群落演替过程中的先锋树种, 因此研究它们的种子萌发生态特性对于该地区今后植被的恢复与森林的演替具有重大的意义。

具有物理休眠的种子, 水分是无法渗透种皮的 (Baskin 等, 2006)。通过对未萌发的 6 种植物种子的吸水能力的测定与胚的形态特征解剖以及 Baskin 和 Baskin (2004) 的判断标准表明, 刺异叶花椒种子吸水率高达 85%, 胚包埋在胚乳之中非常微小、未分化, 因此可以初步判定刺异叶花椒种子属于形态休眠或者形态生理休眠; 而平枝荀子、西域旌节花、云南旌节花种子吸水率都在 20% 以上, 胚长/种子长都超过 1/2, 并且胚已发育完全, 它们应属于生理休眠; 云贵鹅耳枥种子 TTC 检测结果与种子解剖结果基本一致, 胚已经坏死, 在野外采集时, 我们也发现种子干瘪率很高, 初步分析原因可能是由于当年发生异常的干旱所导致。小果蔷薇 TTC 种子活力检测高达 100%, 种子吸水率约 27%, 胚长/种子长达 2/3, 并且通过对种子的解剖发现胚还未发育, 应属于形态生理休眠。

喀斯特地区生态环境的恶化已经成为制约当地经济发展的主要因素, 植被的恢复是解决这一问题的根本。然而植被恢复需要大量幼苗的贮备, 因此对该地区物种种子生物学研究就成为至关重要的环节。今后应该开展更多物种的种子生物学方面的研究, 而且对于有休眠特性的种子确定休眠类型和机制、找出打破休眠的最佳方法都需要今后进一步的探索。

致谢 贵州毕节学院的陈坤浩老师、毕节地区林科所所长谢永贵在野外种子采集过程中给予支持和帮助; 毕节市气象局提供气象资料; 陈发军同学在论文写作过程中给予帮助。

〔参 考 文 献〕

- 刘世荣, 温远光, 王兵等, 1996. 中国森林生态系统水文生态功能规律 [M]. 北京: 中国森林出版社
- 朱守谦, 1993. 喀斯特森林生态研究 [M]. 贵阳: 贵州科技出版社
- 吴绍贵, 2009. 我国喀斯特地貌的形成机制及分布 [J]. 魅力中国, 92
- 余新晓, 张志强, 陈丽华等, 2004. 森林生态水文 [M]. 北京: 中国森林出版社
- 熊康宁, 黎平, 周忠发等, 2002. 喀斯特石漠化的遥感—GIS 典型研究 [M]. 北京: 地质出版社
- Baskin CC, Thompson K, Baskin JM, 2006. Mistakes in germination ecology and how to avoid them [J]. *Seed Science Research*, 16: 165—168
- Baskin CC, Baskin JM, 1998. Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination [M]. San Diego: Academic Press, 1—666
- Baskin CC, Baskin JM, 2004. Germinating seeds of wildflowers, an ecological perspective [J]. *HortTechnology*, 14: 467—473
- Chen QH (陈清惠), 2008. Storage and composition of soil seed bank of Karst Area in Maolan [J]. *Earth and Environment (地球与环境)*, 36 (3): 207—212
- Cocucci S, Ranieri AM, Morgiutti S *et al.*, 1981. The role of darkness, GA and fusicoccin (FC) in breaking photodormancy in *Phacelia tanacetifolia* seeds [J]. *Physiologia Plantarum*, 52 (2): 177—180
- Gao HD (高华端), 2002. Study on site classification of Karst rocky mountain for forestation in Wujiang River Watershed [J]. *Journal of Mountain Agriculture and Biology (山地农业生物学报)*, 21 (4): 248—252
- ISTA, 2006. International Rules for Seed Testing [M]. Beijing: Higher Education Press, 154—176
- Liu JM (刘济明), Chen H (陈洪), He YJ (何跃军) *et al.*, 2006. Study on soil seed bank in enclosed hillsides for regeneration of Karst Area [J]. *Journal of Southwest University (Natural Science)* (西南大学学报: 自然科学版), 28 (3): 376—380
- Liu JM (刘济明), 1999. Study on the seed bank of Maolan Karst funnel forest [J]. *Journal of Southwest Agricultural University (西南农业大学学报)*, 21 (5): 465—472
- Liu JM (刘济明), 2000. The seed bank of the forest community at the Pinnacles of Maolan Karst hilly area in Guizhou [J]. *Forest Research (森林科学研究)*, 13 (1): 44—50
- Lu SH (吕仕洪), Lu SH (陆树华), Li XK (李先琨) *et al.*, 2005. Site types of the rocky desertification area and preliminary ecological restoration in PinGuo County, Guangxi [J]. *Carsologica Sinica (中国岩溶)*, 24 (3): 196—201
- Milberg P, 1994. Annual dark dormancy cycle in buried seeds of *Lychnis flos cuculi* [J]. *Annales Botanici Fennici*, 31: 163—167
- Montagnini F, 2001. Strategies for the recovery of degraded ecosystems: experiences from Latin America [J]. *Interciencia*, 26 (10): 498—503
- Roberts EH, 1973. Predicting the storage life of seeds [J]. *Seed Science and Tecnology*, 1: 499—514
- Si B (司彬), Yao XH (姚小华), Ren HD (任华东) *et al.*, 2008. Species composition and diversity in the process of natural succession of Karst Vegetation in central Guizhou: Case study of Puding Country in Guizhou [J]. *Forest Research (林业科学研究)*, 21 (5): 669—674
- Wu Y (吴毅), Liu WY (刘文耀), Shen YX (沈有信) *et al.*, 2006. A preliminary study on phenology of indigenous plants in Karst Mountainous Region at the Stone Forest Scenic Spot in Yunnan [J]. *Journal of Mountain Science (山地学报)*, 24 (6): 647—653
- Zhang MY (张明阳), Wang KL (王克林), Chen HS (陈洪松) *et al.*, 2009. Quantified evaluation and analysis of ecosystem services in Karst areas based on remote sensing [J]. *Acta Ecologica Sinica (生态学报)*, 29 (11): 5891—5901
- Zhang X (张喜), 2003. Effects on slope cropland site and site classification of Guizhou Karst Upland [J]. *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Science Edition)* (南京林业大学学报: 自然科学版), 27 (6): 98—102
- Zhang X (张喜), Xue H (薛建辉), Xu XT (许效天) *et al.*, 2007a. Forest surface runoff and its influence factors in Karst mountainous area in Center of Guizhou Province, China [J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany (热带亚热带植物学报)*, 15 (6): 527—537
- Zhang X (张喜), Xue JH (薛建辉), Haibara K (生原喜久雄) *et al.*, 2007b. Nutrient dynamics and hydrology of Karst forests in mountainous area of central Guizhou Province, China [J]. *Journal of Plant Ecology (植物生态学报)*, 31 (5): 757—768
- Zhang XB (张新波), Ao XP (奥小平), Sun ZB (孙志斌) *et al.*, 2003. Distribution and standing types of *Pinus tabulaeformis* artificial forest on Calcareous Rock Region of Taihang Mountain [J]. *Shanxi Forestry Science and Technology (山西林业科技)*, 1: 4—11
- Zhou YS (周应书), He XH (何兴辉), Xie YG (谢永贵) *et al.*, 2008. Type classification for vegetation restoration of Karst Mountains in Bijie [J]. *Scientia Silvae Sinicae (林业科学)*, 44 (12): 123—128