

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

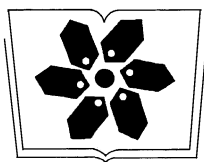
Acta Ecologica Sinica



第33卷 第2期 Vol.33 No.2 **2013**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 2 期 2013 年 1 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 岩溶山区水分时空异质性及植物适应机理研究进展..... 陈洪松, 聂云鹏, 王克林 (317)
- 红树林植被对大型底栖动物群落的影响 陈光程, 余 丹, 叶 勇, 等 (327)
- 淡水湖泊生态系统中砷的赋存与转化行为研究进展..... 张 楠, 韦朝阳, 杨林生 (337)
- 纳米二次离子质谱技术(NanoSIMS)在微生物生态学研究中的应用 胡行伟, 张丽梅, 贺纪正 (348)
- 城市系统碳循环: 特征、机理与理论框架 赵荣钦, 黄贤金 (358)
- 城市温室气体排放清单编制研究进展..... 李 晴, 唐立娜, 石龙宇 (367)

个体与基础生态

- 科尔沁沙地家榆林的种子散布及幼苗更新..... 杨允菲, 白云鹏, 李建东 (374)
- 环境因子对木棉种子萌发的影响 郑艳玲, 马焕成, Scheller Robert, 等 (382)
- 五花米草与短叶荳蔻落物分解过程中碳氮磷化学计量学特征 欧阳林梅, 王 纯, 王维奇, 等 (389)
- 性别、季节和体型大小对吐鲁番沙虎巢域的影响 李文蓉, 宋玉成, 时 磊 (395)
- 遮蔽行为对海刺猬摄食、生长和性腺性状的影响..... 罗世滨, 常亚青, 赵 冲, 等 (402)
- 水稻和玉米苗上饲养的稻纵卷叶螟对温度的反应 廖怀建, 黄建荣, 方源松, 等 (409)

种群、群落和生态系统

- 亚热带不同林分土壤表层有机碳组成及其稳定性 商素云, 姜培坤, 宋照亮, 等 (416)
- 禁牧条件下不同类型草地群落结构特征 张鹏莉 陈 俊 崔树娟, 等 (425)
- 高寒退化草地狼毒与赖草种群空间格局及竞争关系 任 珩, 赵成章 (435)
- 小兴安岭 4 种典型阔叶红松林土壤有机碳分解特性 宋 媛, 赵溪竹, 毛子军, 等 (443)
- 新疆富蕴地震断裂带植被恢复对土壤古菌群落的影响 林 青, 曾 军, 张 涛, 等 (454)
- 长期施肥对紫色土农田土壤动物群落的影响 朱新玉, 董志新, 况福虹, 等 (464)
- 潮虫消耗木本植物凋落物的可选择性试验 刘 燕, 廖允成 (475)
- 象山港网箱养殖对近海沉积物细菌群落的影响 裘琼芬, 张德民, 叶仙森, 等 (483)
- 2005 年夏季东太平洋中国多金属结核区小型底栖生物研究 王小谷, 周亚东, 张东声, 等 (492)
- 川西亚高山典型森林生态系统截留水文效应 孙向阳, 王根绪, 吴 勇, 等 (501)

景观、区域和全球生态

- 中国水稻生产对历史气候变化的敏感性和脆弱性 熊 伟, 杨 婕, 吴文斌, 等 (509)
- 1961—2005 年东北地区气温和降水变化趋势 贺 伟, 布仁仓, 熊在平, 等 (519)
- 地表太阳辐射减弱和臭氧浓度增加对冬小麦生长和产量的影响 郑有飞, 胡会芳, 吴荣军, 等 (532)

资源与产业生态

- 基于环境卫星数据的黄河湿地植被生物量反演研究 高明亮, 赵文吉, 官兆宁, 等 (542)
- 黄土高原南麓县域耕地土壤速效养分时空变异 陈 涛, 常庆瑞, 刘 京, 等 (554)

不同水稻栽培模式下小麦秸秆腐解特征及对土壤生物学特性和养分状况的影响..... 武 际,郭熙盛,鲁剑巍,等 (565)

施氮时期对高产夏玉米光合特性的影响 吕 鹏,张吉旺,刘 伟,等 (576)

城乡与社会生态

城市景观组分影响水质退化的阈值研究 刘珍环,李正国,杨 鹏,等 (586)

长株潭地区生态可持续性 戴亚南,贺新光 (595)

外源 NO 对镉胁迫下水稻幼苗抗氧化系统和微量元素积累的影响 朱涵毅,陈益军,劳佳丽,等 (603)

达里诺尔湖沉积物中无机碳的形态组成 孙园园,何 江,吕昌伟,等 (610)

绿洲土 Cd、Pb、Zn、Ni 复合污染下重金属的形态特征和生物有效性 武文飞,南忠仁,王胜利,等 (619)

柠檬酸和 EDTA 对铜污染土壤环境中吊兰生长的影响 汪楠楠,胡 珊,吴 丹,等 (631)

研究简报

海州湾生态系统服务价值评估 张秀英,钟太洋,黄贤金,等 (640)

内蒙古羊草群落、功能群、物种变化及其与气候的关系 谭丽萍,周广胜 (650)

氮磷供给比例对长白落叶松苗木磷素吸收和利用效率的影响 魏红旭,徐程扬,马履一,等 (659)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 352 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 38 * 2013-01



封面图说: 科尔沁沙地榆树——榆树疏林草原属温带典型草原地带,适应半干旱半湿润气候的隐域性沙地顶级植物群落,具有极强的适应性、稳定性,生物产量较高。在我国仅见于科尔沁沙地和浑善达克沙地。是防风固沙、保护沙区生态环境和周边土地资源的一种重要的植物群落类型,是耐旱沙生植物的重要物种基因库和荒漠野生动物的重要避难所和栖息地。这些年来,由于人类毁林开荒、过度放牧、甚至片面地建立人工林群落等的干扰,不同程度地破坏了榆树疏林的生态环境,影响了其特有的生态作用。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201111281813

郑艳玲, 马焕成, Scheller Robert, 高柱, 郑元. 环境因子对木棉种子萌发的影响. 生态学报, 2013, 33(2): 0382-0388.

Zheng Y L, Ma H C, Scheller Robert, Gao Z, Zheng Y. Influence of environmental factors on seed germination of *Bombax malabaricum* DC.. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(2): 0382-0388.

环境因子对木棉种子萌发的影响

郑艳玲¹, 马焕成^{1,*}, Scheller Robert², 高柱¹, 郑元¹

(1. 西南林业大学国家林业局西南地区生物多样性保育重点实验室, 昆明 650204;

2. Department of Environmental Science and Management, Portland State University, Portland, Oregon, 97207, USA)

摘要: 木棉 (*Bombax malabaricum* DC.) 是一种可以生长在干热河谷的落叶大乔木。河谷内, 木棉成年树木生长良好, 有大量结实, 而其周围却很少有种苗出现。通过室内条件研究木棉种子的物理特性和萌发的生物学特性, 可以了解该物种种子萌发对环境因子的需求, 为探讨木棉在干热河谷内自然种群更新和萌发阶段对这一特殊生境的适应性提供理论依据。经测定, 木棉种子千粒重为 39.08 g, 比同科的其它物种要轻。四唑 (TTC, 1.0%) 染色测定种子生活力的结果表明有生活力种子占 64.0%。种皮对吸胀无障碍, 种子在 25 °C 吸胀 2 d 时就开始萌发。检测了环境因子对种子萌发和幼苗生长的影响, 结果表明, 种子萌发对光照不敏感而且对温度有较广的适应性, 15—35 °C 都可以萌发, 25—35 °C 萌发率无显著差异, 但随温度升高, 萌发速率加快, 幼苗长势增加; 萌发过程对渗透胁迫敏感, 聚乙二醇 (PEG) 浓度为 0.10 g/mL 时萌发率较对照显著下降, 0.15 g/mL 时种子就不能萌发; 室温吸胀 24 h 的种子对热刺激敏感, 42 °C 热激 2 h 后萌发率就已经显著下降; 室温下水杨酸 (SA, 1, 10, 100 mg/L) 浸种 24 h, 没有提高种子在萌发期间对干旱和热刺激的抗性。可见, 高温和干旱是限制木棉种子成功萌发的关键因子, 然而发现, 温度较高时水分过大也会造成萌发后幼苗的死亡。

关键词: 木棉; 种子萌发; 温度; 干旱胁迫; 热激

Influence of environmental factors on seed germination of *Bombax malabaricum* DC.

ZHENG Yanling¹, MA Huancheng^{1,*}, Scheller Robert², GAO Zhu¹, ZHENG Yuan¹

1 Key Laboratory of Biodiversity Conservation in Southwest China, State Forestry Administration, Southwest Forestry University, Kunming, 650204, China

2 Department of Environmental Science and Management, Portland State University, Portland, Oregon, 97207, USA

Abstract: *Bombax malabaricum* DC. is a deciduous tree that can grow in the dry-hot valley biome of southwestern China. In the dry-hot valley, the adult trees of *B. malabaricum* produce many seeds, however, few seedlings are found around the mature trees. This discrepancy has important consequences for conservation and reforestation efforts. Therefore, we measured the physical and biological characteristics of seed germination to determine the required environmental factors for natural seed germination. The average weight of 1000 seeds was 39.08 g; the percentage of viable seeds tested via 2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride (TTC, 1.0%) was 64.0%, similar to the percentage of germination under controlled conditions (25 to 35 °C). The seeds of *B. malabaricum* had good water-absorption capacity; they began to germinate after soaking in distilled water for 2 days at 25 °C. Seed germination was not sensitive to light and seeds germinated at a broad range of temperatures (15 to 35 °C). Temperatures ranging from 25 °C to 35 °C had no significant effect on seed germination percentage. However, germination rate and seedling growth increased with temperature. Germination was

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项 (201104034); 国家自然科学基金 (31260175); 国家林业科学技术推广项目 ([2011]35 号); 云南省高校科技创新团队建设项目

收稿日期: 2011-11-28; 修订日期: 2012-05-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: mahuanheng@yahoo.com.cn

sensitive to osmotic stress and decreased significantly in 0.10 g/mL Polyethylene glycol (PEG) solution, compared to the control in distilled water, and no germination occurred at 0.15 g/mL PEG. Seeds soaked in distilled water for 24 h at room temperature were sensitive to heat shock and germination percentage decreased significantly after heat shock for 2 h at 42 °C. Pre-treatment by soaking with salicylic acid (SA, 1, 10, 100 mg/L) for 24 h with room temperature did not improve drought and heat tolerance of seeds during germination. In conclusion, drought and heat are two key factors that limit seed germination of *B. malabaricum*. However, an excess of water could also lead to seedling death after germination at relatively high temperatures.

Key Words: *Bombax malabaricum*; seed germination; temperature; drought stress; heat shock

木棉(*Bombax malabaricum* DC.; *B. ceiba* L.; *Gossampinus malabarica* Merr.)是木棉科(Bombacaceae)木棉属(*Bombax* Linn.)的一种落叶大乔木。该种分布于我国的江西、广东、广西、福建、台湾、四川、贵州、云南等多省;同时印度、斯里兰卡、印度尼西亚、菲律宾、澳大利亚均有分布。木棉全身是宝,其花、根、皮、木材和种子等都可以被利用,具有很高的经济、药用和观赏价值^[1]。

干热河谷是我国西南地区的特殊生态系统类型,气候表现为热量充足,水分缺乏,干湿分明,气温全年较高,太阳辐射较强等特点^[2]。由于生境条件的限制,干热河谷地区植被覆盖率低,水土流失严重,再加上人为的干扰破坏,干热河谷的生态环境不断恶化,因此,这一地区的生态环境恢复和建设势在必行^[2]。在以干、热为显著特点的干热河谷,木棉是当地群落的优势种或常见种^[3-4],反映其对当地气候具有很好的适应性。但是,河谷内,木棉成年树木生长良好,有大量结实,而其周围却很少有种苗出现。特殊生境的植物能较好地适应当地生境条件,其种子萌发行为在种群持续、种群动态和群落结构中起着关键作用^[5],我们推测,一些环境因素影响木棉种子萌发。

对木棉的研究,国内外集中于木棉的传粉生物学、遗传多样性、组织培养、化学成分分析、纤维理化性质等方面^[6-10]。但是木棉种子萌发方面的研究尚未见报道。因此,木棉种子萌发和幼苗生长的一些关键问题有待解决:种子萌发和幼苗生长的最适温度是多少?它们对光照、热激和干旱的敏感性如何?此外,大量研究表明,水杨酸(SA)可以诱导植物对多种胁迫产生一定抗性^[11],那么SA处理对木棉种子萌发的抗旱性及抗热性又有何影响?本文通过对以上问题的研究,为实现木棉野外种群的建立和室内幼苗的高效生产提供科学依据,为应用该物种于干热河谷地区的生态恢复提供基础。

1 材料与方法

1.1 材料采集

木棉果实于2011年5月采集于云南省保山市隆阳区,将果实带回实验室自然风干,而后去除果皮和棉絮收集种子。

1.2 种子千粒重及含水量测定

随机抽取50粒种子称重,计算千粒重,设10个重复;种子含水量的测定采用烘干法,随机取25粒种子,在105 °C烘箱中烘10 h后称重,计算种子水分含量,设5个重复。

1.3 种子吸胀实验

随机抽取25粒种子,称其干重,浸泡于25 °C恒温水中,在前12 h内每隔2 h取出1次,用滤纸吸干表面水分后称重,而后每隔12 h取出1次,计算各自的吸水率,吸水率=(种子总重量-干种子重量)/干种子重量,设3个重复。

1.4 种子生活力测定

按照ISTA种子检验规程^[12],采用四唑(TTC,1.0%)染色法测定木棉种子活力。将50粒种子置于35 °C温水中浸泡2 d后去皮,然后在35 °C条件下用四唑溶液染色12 h,染色完后根据种胚的着色程度和部位,按

照国际种子检验规程上的标准鉴定种子的生活力。实验共设置 4 个重复。

1.5 环境因子对种子萌发和幼苗生长的影响

每个处理各选 50 粒种子均匀置于铺有两层滤纸、直径为 10 cm 的培养皿中于人工智能培养箱中进行萌发实验,每天补充一定量蒸馏水,以保持滤纸湿润。培养条件为光照时间 12 h/d,光照强度 2000 lx,除了检测温度和光照对种子萌发的影响外,其余实验都在 35 ℃ 下进行。不同环境因子的每个处理水平均设 4 个重复。

种子萌发以胚根突破种皮 2 mm 为标准,逐日统计发芽数,并于实验的第 10 天称量幼苗鲜重,计算萌发率、萌发指数和活力指数。其中萌发指数 $GI = \sum (G_t/D_t)$ (G_t 为第 t 日的萌发数, D_t 为相应的萌发日数);活力指数 $VI = GI \times S$ (S 为萌发第 10 日的幼苗鲜重)。

1.5.1 温度

培养温度分别恒定在 10、15、20、25、30、35、40 和 45 ℃ 8 个水平。

1.5.2 光照

25 ℃ 和 35 ℃ 恒温条件下,在持续黑暗(在培养皿外包裹两层锡箔纸)和正常光照(12 h/d,2000 lx)下将种子进行萌发。

1.5.3 干旱处理

聚乙二醇(PEG)是一种高分子渗透剂,被广泛用来模拟干旱试验。采用 PEG(6000)进行干旱胁迫处理,并检测水杨酸(SA)处理对抗旱性的影响。

种子在 PEG 中萌发:PEG(6000)水分胁迫溶液,质量浓度分别设 0(蒸馏水)、0.05、0.10、0.15、0.20 g/mL 5 个水平,与之相对应的溶液水势梯度大约为 0、-0.10、-0.20、-0.40、-0.6^[13]。

SA 处理后再干旱胁迫:室温下分别将种子在 0、1、10、100 mg/L 的 SA 溶液中浸泡 24 h,然后在 0.10 g/mL PEG 中进行萌发。

1.5.4 热激处理

热激:种子在室温吸胀 24 h 后,分别于 35、42、47 和 51 ℃ 热激 2 h。

SA 处理后再热激:室温下分别将种子在 0、1、10、100 mg/L 的 SA 溶液中浸泡 24 h,然后在 47 ℃ 热激 2 h。

1.6 数据处理与分析

数据统计分析在 Microsoft Excel 2003 中进行,萌发率、萌发指数和活力指数在不同处理间的差异性分析采用单因子方差分析(One-Way ANOVA)。

2 结果与分析

2.1 种子千粒重、含水量和种子吸胀

实验表明,木棉种子的千粒重约为 39.08 g,自然风干的种子含水量为 10.62%。由图 1 可以看出,种子在 25 ℃ 温水中浸泡 24 h 后含水量达到 47.57%,而且观察发现,48 h 后胚根就陆续突破种皮。可见,木棉种皮透水性良好,不影响种子对水分的有效吸收。

2.2 种子生活力

四唑染色结果显示,木棉有生活力的种子占 64.0%,腐烂粒占 14.0%,其余 22.0% 未染色部分都是饱满种子,但失活原因还有待研究。

2.3 环境因子对种子萌发和幼苗生长的影响

2.3.1 温度对木棉种子萌发和幼苗生长的影响

表 1 为不同温度下木棉种子的萌发和幼苗生长情况。在 15—35 ℃ 之间,随着温度升高,种子萌发速度加快(图 2),萌发率依次提高,萌发指数和活力指数也依次显著增加(表 1)。截止到萌发第 10 天,15 ℃ 和 35 ℃

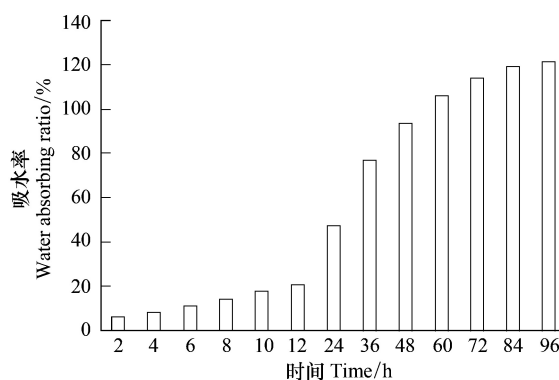


图 1 木棉种子的吸水

Fig. 1 Water absorbing capacity of *Bombax malabaricum* seeds

时的萌发率分别达到 7.00% 和 61.50%。40 ℃ 条件下少数种子虽然从第 2 天开始萌发,但在第 4 天时根尖开始变褐、变软,萌发的全部种子逐渐失活。在 10 ℃ 和 45 ℃ 条件下,没有种子萌发。观察发现,在萌发期间随着萌发温度升高,水分越多越不利,如 35 ℃ 条件下,水分过多时已经萌发的种子会从根尖慢慢死亡,本实验中以保持滤纸湿润为宜。由此可见,高温会影响种子萌发和幼苗生长,而且高温高湿的影响作用更大。

表 1 温度对木棉种子萌发率、萌发指数和活力指数的影响

Table 1 Effect of temperature on germination percentage, germination index and vigor index of <i>Bombax malabaricum</i>								
项目 Item	温度 Temperature/℃							
	10	15	20	25	30	35	40	45
萌发率/% Germination percentage	0.00±0.00e	7.00±1.15d	57.50±4.12b	58.00±2.83ab	60.50±1.00ab	61.50±1.00a	15.00±5.29c	0.00±0.00e
萌发指数 Germination index	0.00±0.00f	0.37±0.05f	5.14±0.37d	7.82±0.93c	12.27±0.16b	15.02±0.44a	2.83±1.14e	0.00±0.00f
活力指数 Vigor index	0.00±0.00e	0.03±0.01e	0.65±0.06d	1.40±0.19c	3.35±0.19b	4.08±0.07a	—	0.00±0.00e

结果表示为平均值±标准差,同一行内字母不同代表在 0.05 水平上差异显著;—表示为统计日期苗已经死亡,缺值

2.3.2 光照对木棉种子萌发和幼苗生长的影响

表 2 显示, 25 ℃ 萌发时,光照对萌发率和活力指数无显著影响;35 ℃ 时,光照对萌发率、萌发指数和活力指数都无显著影响。经观察,两种温度下完全黑暗时产生的幼苗均为黄化苗。

2.3.3 干旱胁迫对种子萌发和幼苗生长的影响

(1) PEG 胁迫对木棉种子萌发和幼苗生长的影响

如表 3 所示,PEG 浓度为 0.05 g/mL 时,种子萌发率虽与对照无显著差异,但萌发指数和活力指数都显著低于对照。随着胁迫程度的提高,种子的萌发率、萌发指数和活力指数都显著降低,PEG 浓度为 0.15 g/mL 时,种子就不能萌发。表明木棉在种子萌发阶段对干旱比较敏感。

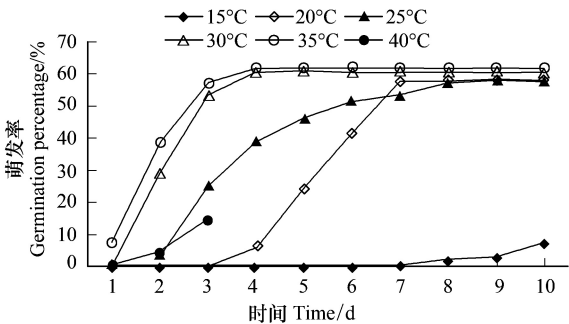


图 2 不同温度条件下木棉种子萌发进程

Fig.2 Seed germination percentage of *Bombax malabaricum* in different temperatures

表 2 光照对木棉种子萌发率、萌发指数和活力指数的影响

Table 2 Effect of light on germination percentage, germination index and vigor index of <i>Bombax malabaricum</i>		检测指标		
萌发条件		萌发率/%	萌发指数	活力指数
温度/℃	光照时间/h	Germination percentage	Germination index	Vigor index
25	12	58.00±2.83bc	7.82±0.93b	1.40±0.19b
25	0	54.50±3.42c	6.26±1.05c	1.13±0.24b
35	12	61.50±1.00ab	15.02±0.44a	4.08±0.07a
35	0	64.00±3.65a	14.00±0.59a	3.75±0.44a

结果表示为平均值±标准差,同一行内字母不同代表在 0.05 水平上差异显著

表 3 不同浓度聚乙二醇(PEG)对木棉种子萌发率、萌发指数和活力指数的影响

Table 3 Effect of Polyethylene glycol (PEG) on germination percentage, germination index and vigor index of <i>Bombax malabaricum</i>		聚乙二醇 PEG/(g/mL)			
项目 Item		0	0.05	0.1	0.15
萌发率 Germination percentage/%		61.50±9.00a	59.00±6.63a	18.50±5.74b	0.00±0.00c
萌发指数 Germination index		15.02±2.74a	10.68±1.05b	2.27±0.80c	0.00±0.00c
活力指数 Vigor index		4.06±0.60a	2.12±0.21b	0.13±0.05c	0.00±0.00c

结果表示为平均值±标准差,同一行内字母不同代表在 0.05 水平上差异显著

(2) SA 处理对种子萌发抗旱性的影响

由表 4 可以看出,1—100 mg/L SA 处理后的萌发率、萌发指数和活力指数中,除 10 mg/L SA 处理后萌发指数显著高于对照外,其余指标均未比对照有所提高,甚至还显著低于对照。表明,SA 处理并不能显著提高木棉种子萌发时的抗旱性,甚至对抗旱性有负面影响。

表 4 水杨酸(SA)对木棉在 0.1 g/mL PEG 中萌发率、萌发指数和活力指数的影响

Table 4 Effect of salicylic acid (SA) on germination percentage, germination index and vigor index of *Bombax malabaricum* in 0.1 g/mL PEG

项目 Item	水杨酸 SA/(mg/L)			
	0	1	10	100
萌发率 Germination percentage/%	22.50±3.42a	9.50±1.00c	24.00±2.83a	15.50±2.52b
萌发指数 Germination index	4.35±0.93b	1.82±0.46c	5.43±0.60a	3.54±0.64b
活力指数 Vigor index	0.51±0.11a	0.16±0.04b	0.62±0.07a	0.51±0.09a

结果表示为平均值±标准差,同一行内字母不同代表在 0.05 水平上差异显著

2.3.4 热激对种子萌发的影响

(1) 不同热激温度对种子萌发的影响

将室温下吸胀 24 h 的种子分别在 35、42、47、51 ℃ 热激 2 h 后进行萌发,结果显示,随着温度升高,萌发率依次显著降低(图 3)。

(2) SA 处理对种子萌发抗热性的影响

表 5 表明,不同浓度的 SA 处理后,种子的萌发率、萌发指数和活力指数较对照都显著下降。因此,SA 处理不利于提高种子萌发阶段的抗热性。

3 结论与讨论

种子重量是与植物的适应能力有关的一个很重要的性状^[14-16],它被认为是在大量小种子和少量大种子之间的进化折中。在一定的能量限度内,种子重量和数量具有一种反向关系^[17]。尤其在逆境或有高度竞争压力的环境中,大种子将会有更高的幼苗建植机会,因为它们能为幼苗的早期生长提供更多的储藏物质^[18-19]。然而,在相同条件下,小种子有更大的传播、散布和拓殖优势,因此能够占据更多的生态位^[20]。经测定,木棉种子比同属的长果木棉(*Bombax insigne*)及吉贝属的吉贝(*Ceiba pentandra*)种子都小,可以推测,木棉是通过种子数量和较高的种子散布能力在种间获得竞争优势的。除种间种子大小表型的进化外,由于物种内产生小种子同样有利于占据更多生态位,大种子有利于在竞争中占据优势,因此物种内也趋向于产生大小不等的种子^[21]。据观察,不同居群间木棉种子的重量也存在一定差异,具体的遗传变异程度有待进一步研究。

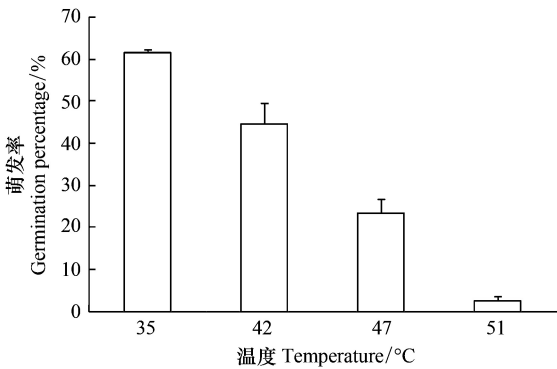


图 3 不同温度下热激 2 h 对木棉种子萌发率的影响

Fig.3 Effect of heat shock for 2 h at different temperature on germination percentage of *Bombax malabaricum*

图中直线代表±标准差

表 5 SA 处理对木棉种子在 47 ℃热激 2 h 后萌发的影响

Table 5 Effect of SA on germination percentage, germination index and vigor index of *Bombax malabaricum* after heat shock for 2 h at 47 ℃

项目 Item	水杨酸 SA/(mg/L)			
	0	1	10	100
萌发率 Germination percentage /%	23.50±3.42a	13.50±1.00b	4.00±0.00c	11.00±2.00b
萌发指数 Germination index	7.21±1.04a	4.50±0.41b	1.29±0.57d	2.77±0.75c
活力指数 Vigor index	1.64±0.32a	1.05±0.13b	0.24±0.09d	0.64±0.16c

结果表示为平均值±标准差,同一行内字母不同代表在 0.05 水平上差异显著

干热河谷在热带大陆季风和西南暖湿气流双重影响下,季节性干旱的特征尤为突出。其冬半年为旱季,此期间各干热河谷的降水量一般在 50—150 mm,占全年总降水量的 8%—18%,且持续时间长达半年以上

(11月—翌年5月);而雨季降水量占全年总降水量的82%—92%,降水集中,但持续时间较短(6—10月)^[22]。由于蒸发量很高,不少地区不仅旱季干旱,雨季也出现严重的水分亏缺现象^[23]。此外,干热河谷的年均气温一般较高,极端最高气温普遍达40℃以上。干热河谷气温高,地温则更高,尤其是在旱季后期,极端最高地面温度一般在70℃以上^[24]。因此,“干”、“热”是干热河谷地区气候的显著特点。木棉能够生长在干热河谷这样严酷的环境中,能够正常开花结实,而在野外却发现大树周围很少有幼苗出现。在种子植物的生活史中,种子萌发阶段是植物对环境胁迫抵抗力最弱的时期,任何不利于种子萌发的因素存在都会直接影响到植物种群新个体的产生与补充,影响到种群的稳定性^[25-26]。活力检测结果表明64%的木棉种子是有活力的,因此,幼苗的缺失必定是萌发的失败或萌发后幼苗的死亡所导致的,而这与环境因子密切相关。本文研究了木棉种子的基本物理特性,并且针对干热河谷干和热的特点,重点研究了种子萌发和幼苗生长对于干旱和热激的响应。

研究结果表明,木棉种子吸水无障碍且光照对其种子萌发无影响,然而,种子萌发对高温和干旱却较敏感而且高温高湿对萌发后的种子也有致死效应。结合木棉种子成熟物候期和环境条件来看,木棉种子于5月左右开始成熟散落,而6—10月便是干热河谷的雨季和高温季节,此时,足够的水分及木棉种子快速吸水的特性保证了种子的充分吸胀。然而,研究结果显示种子在40℃时萌发率会显著下降,萌发后的种子也不能成活,因此,高温(包括地温和气温)是限制木棉种子在雨季萌发及萌发后幼苗存活的关键因子。此外,种子活力会因受到雨季高温高湿的影响而丧失或下降,从而导致种子在随后适宜环境下萌发的失败或幼苗活力的下降,而且到了旱季,干旱又成了限制种子萌发和幼苗生长的关键因子。这也就解释了为什么野外木棉树木结实正常而幼苗少的原因。

SA是一种酚类化合物,作为一种信号分子,在植物体内参与多种代谢调控,可以诱导植物对高温、低温、干旱、重金属、盐害等产生一定抗性^[11]。作者对三棱栎(*Trigonobalanus doichangensis*)的研究中也发现,SA处理可以提高其种子萌发时的抗热性^[27];然而本研究表明,不同浓度的SA处理并不能提高木棉种子萌发时的抗旱和抗热性,甚至对其有一定抑制作用,具体作用机理有待研究。有报道:外源SA的效应取决于多种因素,如植物物种和发育时期,施用方式和浓度以及植物内源SA水平^[11]。

以上结果表明木棉种子能在较宽的温度范围内(15—35℃)萌发,而且温度越高,萌发越快,幼苗长势也越好。干热河谷地区,干旱和高温是限制木棉种子萌发的关键因子,而且SA处理并不能提高种子萌发时的抗旱和抗热性。

References:

- [1] South-Western Forestry College, Forestry Department of Yunnan Province. *Iconographia Arbororum Yunnanicorum (Medius)*. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 1990: 230-231.
- [2] Ou X K. Resource plants and there development ways in Jinsha River dry-hot valley. *Journal of Yunnan University*, 1994, 16(3): 262-270.
- [3] Jin Z Z. The floristic study on seed plants in the dry-hot valleys in Yunnan and Sichuan. *Guihaia*, 1999, 19(1): 1-14.
- [4] Jin Z Z, Yang Y P, Tao G D. The floristic characteristics, nature and origin of seed plants in the dry-hot river valley of SW China. *Acta Botanica Yunnanica*, 1995, 17(2): 129-143.
- [5] Bischoff A, Vonlanthen B, Steinger T, Müller-Schärer H. Seed provenance matters-Effects on germination of four plant species used for ecological restoration. *Basic and Applied Ecology*, 2006, 7(4): 347-359.
- [6] Bhattacharya A, Mandal S. Pollination biology in *Bombax ceiba* Linn. . *Current Science*, 2000, 79(12): 1706-1712.
- [7] Wang S L, Li Q M. Population genetic diversity of *Bombax malabaricum* (Bombacaceae) in China. *Acta Botanica Yunnanica*, 2007, 29(5): 529-536.
- [8] Atta Alla H K, Moghazy E I, Waly A K. Micropropagation of *Bombax malabaricum* and *Callistemon lanceolatus*. *Alexandria Journal of Agricultural Research*, 2003, 48(1): 103-114.
- [9] Zhang X H, Zhu H L, Zhang S W, Yu Q, Xuan L J. Sesquiterpenoids from *Bombax malabaricum*. *Journal of Natural Products*, 2007, 70(9): 1526-1528.
- [10] Xiao H, Yu W D, Shi M W. Structures and performances of the kapok fiber. *Journal of Textile Research*, 2005, 26(4): 4-6.

- [11] Horváth E, Szalai G, Janda T. Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. *Journal of Plant Growth Regulation*, 2007, 26(3): 290-300.
- [12] ISTA. International rules for seed testing. *Seed Science and Technology*, 1996, 24(Suppl): 151-154.
- [13] Zhang F J, Li J Q, Xu X Y, Guo A Y, Hu J R, Du S X, Wan F H. Influence of environmental factors on seed germination of *Flavera bidentis* (L.). *Kuntza. Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(4): 1947-1953.
- [14] Hendrix S D, Nielsen E, Nielsen T, Schutt M. Are seedlings from small seeds always inferior to seedlings from large seeds? Effects of seed biomass on seedling growth in *Pastinaca sativa* L.. *New Phytologist*, 1991, 119(2): 299-305.
- [15] Turnbull L A, Rees M, Crawley M J. Seed mass and the competition/colonization trade-off: a sowing experiment. *Journal of Ecology*, 1999, 87(5): 899-912.
- [16] Geritz S A H. Evolutionarily stable seed polymorphism and small-scale spatial variation in seedling density. *The American Naturalist*, 1995, 146(5): 685-707.
- [17] Yu S L, Chen H W, Li H. Review of advances in ecology of seed mass. *Journal of Plant Ecology*, 2007, 31(6): 989-997.
- [18] Moles A T, Westoby M. Seedling survival and seed size: a synthesis of the literature. *Journal of Ecology*, 2004, 92(3): 372-383.
- [19] Westoby M, Leishman M, Lord J, Poorter H, Schoen D J. Comparative ecology of seed size and dispersal [and discussion]. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 1996, 351(1345): 1309-1318.
- [20] Wu G L, Du G Z. Relationships between seed size and seedling growth strategy of herbaceous plant: a review. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19(1): 191-197.
- [21] Geritz S A H, van der Meijden E, Metz J A J. Evolutionary dynamics of seed size and seedling competitive ability. *Theoretical Population Biology*, 1999, 55(3): 324-343.
- [22] Li K, Liu F Y, Zhang C H. Essential characteristic of climate and plant recovery in Dry-hot valley. *World Forestry Research*, 2009, 22: 24-27.
- [23] Zhong X H. Degradation of ecosystem and ways of its rehabilitation and reconstruction in dry and hot valley. *Resources and environment in the Yangtze Basin*, 2000, 9(3): 376-383.
- [24] Qin J H. Studies on the Photosynthetic Ecophysiology and Adaptability to Stress Factors in the Dry Season in the Dry-Hot Valley, the Upper Reaches of the Yangtse River [D]. Chengdu: Sichuan University, 2006.
- [25] Mills M H, Schwartz M W. Rare plants at the extremes of distribution: broadly and narrowly distributed rare species. *Biodiversity and Conservation*, 2005, 14(6): 1401-1420.
- [26] Jusaitis M, Polomka L, Sorensen B. Habitat specificity, seed germination and experimental translocation of the endangered herb *Brachycome muelleri* (Asteraceae). *Biological Conservation*, 2004, 116(2): 251-266.
- [27] Zheng Y L. Germplasm Conservation and Acclimatization Biology of the Endangered *Trigonobalanus doichangensis* (Fagaceae) [D]. Kunming: Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, 2010.

参考文献:

- [1] 西南林学院, 云南省林业厅. 云南树木图志 (中册). 昆明: 云南科技出版社, 1990: 230-231.
- [2] 欧晓昆. 金沙江干热河谷的资源植物及开发途径初探. *云南大学学报: 自然科学版*, 1994, 16(3): 262-270.
- [3] 金振洲. 滇川干热河谷种子植物区系成分研究. *广西植物*, 1999, 19(1): 1-14.
- [4] 金振洲, 杨永平, 陶国达. 华西南干热河谷种子植物区系的特征、性质和起源. *云南植物研究*, 1995, 17(2): 129-143.
- [7] 汪书丽, 李巧明. 中国木棉居群的遗传多样性. *云南植物研究*, 2007, 29(5): 529-536.
- [10] 肖红, 于伟东, 施楣梧. 木棉纤维的基本结构和性能. *纺织学报*, 2005, 26(4): 4-6.
- [13] 张凤娟, 李继泉, 徐兴友, 郭艾英, 胡京蕊, 杜淑欣, 万方浩. 环境因子对黄顶菊种子萌发的影响. *生态学报*, 2009, 29(4): 1947-1953.
- [17] 于顺利, 陈宏伟, 李晖. 种子重量的生态学研究进展. *植物生态学报*, 2007, 31(6): 989-997.
- [20] 武高林, 杜国祯. 植物种子大小与幼苗生长策略研究进展. *应用生态学报*, 2008, 19(1): 191-197.
- [22] 李昆, 刘方炎, 张春华. 干热河谷气候本质特征与植被恢复. *世界林业研究*, 2009, 22: 24-27.
- [23] 钟祥浩. 干热河谷区生态系统退化及恢复与重建途径. *长江流域资源与环境*, 2000, 9(3): 376-383.
- [24] 秦纪洪. 干热河谷几种常见植物光合生理生态及其环境的适应性研究 [D]. 成都: 四川大学, 2006.
- [27] 郑艳玲. 濒危植物三棱栎的种质保存及驯化生物学研究 [D]. 昆明: 中科院昆明植物研究所, 2010.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33 ,No.2 January ,2013(Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Spatio-temporal heterogeneity of water and plant adaptation mechanisms in karst regions; a review CHEN Hongsong, NIE Yunpeng, WANG Kelin (317)
- Impacts of mangrove vegetation on macro-benthic faunal communities CHEN Guangcheng, YU Dan, YE Yong, et al (327)
- Advance in research on the occurrence and transformation of arsenic in the freshwater lake ecosystem ZHANG Nan, WEI Chaoyang, YANG Linsheng (337)
- Application of nano-scale secondary ion mass spectrometry to microbial ecology study HU Hangwei, ZHANG Limei, HE Jizheng (348)
- Carbon cycle of urban system; characteristics, mechanism and theoretical framework ZHAO Rongqin, HUANG Xianjin (358)
- Research and compilation of urban greenhouse gas emission inventory LI Qing, TANG Lina, SHI Longyu (367)

Autecology & Fundamentals

- Seed dispersal and seedling recruitment of *Ulmus pumila* woodland in the Keerqin Sandy Land, China YANG Yunfei, BAI Yunpeng, LI Jiandong (374)
- Influence of environmental factors on seed germination of *Bombax malabaricum* DC. ZHENG Yanling, MA Huancheng, Scheller Robert, et al (382)
- Carbon, nitrogen and phosphorus stoichiometric characteristics during the decomposition of *Spartina alterniflora* and *Cyperus malaccensis* var. *brevifolius* litters OUYANG Linmei, WANG Chun, WANG Weiqi, et al (389)
- Home range of *Teratoscincus roborowskii* (Gekkonidae): influence of sex, season, and body size LI Wenrong, SONG Yucheng, SHI Lei (395)
- Effects of the covering behavior on food consumption, growth and gonad traits of the sea urchin *Glyptocidaris crenularis* LUO Shibin, CHANG Yaqing, ZHAO Chong, et al (402)
- Biological response of the rice leafhopper *Cnaphalocrocis medinalis* (Güenée) reared on rice and maize seedling to temperature LIAO Huaijian, HUANG Jianrong, FANG Yuansong, et al (409)

Population, Community and Ecosystem

- Composition and stability of organic carbon in the top soil under different forest types in subtropical China SHANG Suyun, JIANG Peikun, SONG Zhaoliang, et al (416)
- The community characteristics of different types of grassland under grazing prohibition condition ZHANG Pengli, CHEN Jun, CUI Shujuan, et al (425)
- Spatial pattern and competition relationship of *Stellera chamaejasme* and *Aneurolepidium dasystachys* population in degraded alpine grassland REN Heng, ZHAO Chengzhang (435)
- SOC decomposition of four typical broad-leaved Korean pine communities in Xiaoxing' an Mountain SONG Yuan, ZHAO Xizhu, MAO Zijun, et al (443)
- The influence of vegetation restoration on soil archaeal communities in Fuyun earthquake fault zone of Xinjiang LIN Qing, ZENG Jun, ZHANG Tao, et al (454)
- Effects of fertilization regimes on soil faunal communities in cropland of purple soil, China ZHU Xinyu, DONG Zhixin, KUANG Fuhong, et al (464)
- Woody plant leaf litter consumption by the woodlouse *Porcellio scaber* with a choice test LIU Yan, LIAO Yuncheng (475)
- The bacterial community of coastal sediments influenced by cage culture in Xiangshan Bay, Zhejiang, China QIU Qiongfeng, ZHANG Demin, YE Xiansen, et al (483)
- A study of meiofauna in the COMRA's contracted area during the summer of 2005 WANG Xiaogu, ZHOU Yadong, ZHANG Dongsheng, et al (492)
- Hydrologic regime of interception for typical forest ecosystem at subalpine of Western Sichuan, China SUN Xiangyang, WANG Genxu, WU Yong, et al (501)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Sensitivity and vulnerability of China's rice production to observed climate change XIONG Wei, YANG Jie, WU Wenbin, et al (509)

- Characteristics of temperature and precipitation in Northeastern China from 1961 to 2005 HE Wei, BU Rencang, XIONG Zaiping, et al (519)
- Combined effects of elevated O₃ and reduced solar irradiance on growth and yield of field-grown winter wheat ZHENG Youfei, HU Huifang, WU Rongjun, et al (532)
- Resource and Industrial Ecology**
- The study of vegetation biomass inversion based on the HJ satellite data in Yellow River wetland GAO Mingliang, ZHAO Wenji, GONG Zhaoning, et al (542)
- Temporal and spatial variability of soil available nutrients in arable Lands of Heyang County in South Loess Plateau CHEN Tao, CHANG Qingrui, LIU Jing, et al (554)
- Decomposition characteristics of wheat straw and effects on soil biological properties and nutrient status under different rice cultivation WU Ji, GUO Xisheng, LU Jianwei, et al (565)
- Effects of nitrogen application stages on photosynthetic characteristics of summer maize in high yield conditions LÜ Peng, ZHANG Jiwang, LIU Wei, et al (576)
- Urban, Rural and Social Ecology**
- The degradation threshold of water quality associated with urban landscape component LIU Zhenhuan, LI Zhengguo, YANG Peng, et al (586)
- Ecological sustainability in Chang-Zhu-Tan region; a prediction study DAI Yanan, HE Xinguang (595)
- The effect of exogenous nitric oxide on activities of antioxidant enzymes and microelements accumulation of two rice genotypes seedlings under cadmium stress ZHU Hanyi, CHEN Yijun, LAO Jiali, et al (603)
- Forms composition of inorganic carbon in sediments from Dali Lake SUN Yuanyuan, HE Jiang, LÜ Changwei, et al (610)
- Fractionation character and bioavailability of Cd, Pb, Zn and Ni combined pollution in oasis soil WU Wenfei, NAN Zhongren, WANG Shengli, et al (619)
- Effects of CA and EDTA on growth of *Chlorophytum comosum* in copper-contaminated soil WANG Nannan, HU Shan, WU Dan, et al (631)
- Research Notes**
- Values of marine ecosystem services in Haizhou Bay ZHANG Xiuying, ZHONG Taiyang, HUANG Xianjin, et al (640)
- Variations of *Leymus chinensis* community, functional groups, plant species and their relationships with climate factors TAN Liping, ZHOU Guangsheng (650)
- The effect of N:P supply ratio on P uptake and utilization efficiencies in *Larix olgensis* Henry. seedlings WEI Hongxu, XU Chengyang, MA Lüyi, et al (659)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 2 期 (2013 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 2 (January, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元