

## 麻疯树种子的发育、萌发和脱水耐性的初步研究\*

邓志军<sup>1</sup>, 向振勇<sup>1,3</sup>, 程红焱<sup>2</sup>, 李燕军<sup>1</sup>, 宋松泉<sup>1,2\*\*</sup>

(1 中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 勐腊 666303; 2 中国科学院植物研究所, 北京 100093;  
3 云南农业大学园林园艺学院, 云南 昆明 650201)

**摘要:** 研究了麻疯树种子的形态和萌发能力的变化, 温度和光照对种子萌发的影响以及种子脱水耐性的变化。结果表明: 麻疯树种子在开花后 58 d 达到生理成熟期, 此时种子的萌发率达到最大值; 生理成熟期种子的适宜萌发温度范围为 25 ~ 30 , 对脱水不敏感, 且光照对种子的萌发率无显著影响。因此麻疯树种子是一种光中性的正常性种子。

**关键词:** 脱水耐性; 萌发能力; 麻疯树种子; 光照; 正常性种子; 温度

中图分类号: Q 945

文献标识码: A

文章编号: 0253-2700 (2008) 03-355-05

## Preliminary Study on Development, Germination and Desiccation Tolerance of *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae)

DENG Zhi-Jun<sup>1</sup>, XIANG Zhen-Yong<sup>1,3</sup>, CHENG Hong-Yan<sup>2</sup>,  
LI Yan-Jun<sup>1</sup>, SONG Song-Quan<sup>1,2\*\*</sup>

(1 *Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Mengla 666303, China;*  
2 *Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China;*  
3 *College of Landscape and Gardening, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China*)

**Abstract:** The developmental changes in morphology and germinability of *Jatropha curcas* seeds, effects of temperature and light on seed germination, and changes in desiccation tolerance of mature seeds were studied in this paper. The results indicated that *J. curcas* seeds reached a physiological maturation at 58 days after anthesis, and that seed germination percentage reached a peak at physiological maturation, and then decreased. The optimal germination temperature was 25 to 30 . *J. curcas* seeds were insensitive to dehydration at physiological maturation. There was not a notable effect of light on seed germination. Therefore, *J. curcas* seed was a non-photoblastic and orthodox seeds.

**Key words:** Desiccation tolerance; Germinability; *Jatropha curcas* seeds; Light; Orthodox seed; Temperature

麻疯树 (*Jatropha curcas* L.) 为大戟科 (Euphorbiaceae) 麻疯树属半肉质小乔木或大灌木, 具有很强的抗旱、耐贫瘠的特性, 能在石砾质土、粗质土、石灰岩裸露地生长 (Heller, 1996)。野生麻疯树种仁的含油量约为 60% (Heller, 1996), 超过油菜和大豆等常见油料作物种子的含油量, 是目前公认的具有产业化应用前景的重

要资源植物 (邓志军等, 2005; The National Oil-seeds and Vegetable Oils Development Board, 2004 ~ 2005)。

种子是油脂生物合成和贮藏的主要器官, 是生产生物柴油的主要原料; 人们栽培麻疯树的主要目的是为了获得高产、优质的种子。随着种子的发育, 油脂的生物合成逐渐增加, 当种子萌发

\* 基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向性项目 (KZCX2-YW-414)

\*\* 通讯作者: Author for correspondence; E-mail: sqsong@ibcas.ac.cn; Tel: 010-62836484

收稿日期: 2007-09-09, 2007-10-30 接受发表

作者简介: 邓志军 (1980-) 男, 在读博士研究生, 主要从事种子生物学研究。

时, 贮藏油脂被逐渐动员 (Bewley and Black, 1994); 种子衰老时, 贮藏油脂下降 (Priestley and Posthumus, 1982)。此外, 种子的发育状态与播种质量和萌发生长密切相关。李培旺等 (2006) 研究了萌发温度 15 和 20、10% 硫酸和 0.05% 乙烯利处理对麻疯树种子萌发的影响。杨琳等 (2007) 的研究表明 30 最有利于麻疯树种子的萌发, 剥壳种子的发芽率显著高于未剥壳种子, 播种过深会抑制种子萌发。到目前为止, 关于麻疯树种子的发育与萌发能力的关系、以及成熟种子的脱水行为还未见报导。本文以发育中的麻疯树种子为材料, 研究了种子形态、萌发能力的发育变化, 温度和光照对种子萌发的影响, 以及成熟种子脱水耐性的变化, 试图为麻疯树种子的适宜采收期、保存和育苗提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

麻疯树种子采自云南省勐腊县勐仑镇巴卡村寨 (21° 41' N, 101° 25' E; 海拔 600 ~ 700 m)。植株开花时进行标记, 分别在 18、28、38、48、58、68 DAA (days after anthesis, 开花后天数) 采摘不同发育时期的果实。果实采摘后立即剥取种子, 进行干粒重、干重、含水量和萌发等实验。

### 1.2 千粒重的测定

随机取新鲜采收的种子 100 粒, 用 0.0001 g 电子天平称重。

### 1.3 种子含水量的测定

按照国际种子检验规程 (International Seed Testing Association, 1996), 随机取 5 粒种子, 用刀片切成 2 mm 左右厚的薄片, 在  $103 \pm 1$  烘箱中烘 17 h 后称重, 以干重为基础计算含水量 ( $\text{g H}_2\text{O g}^{-1} \text{DW}$ )。

### 1.4 萌发实验

选择大小均匀的种子, 播种于盛有 1% 琼脂的玻璃培养皿中, 每皿 20 粒种子, 每个处理 4 个重复, 然后置于不同温度 (20、25、30、35 和 40) 和光照 (光照强度,  $12 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) 或者黑暗 (用铝箔袋密封) 条件下萌发。每 12 h 观察记录种子的萌发数, 以胚根突破种皮 2 mm 计算为萌发。种子萌发过程中霉烂的种子计为无活力的种子, 直到所有的种子萌发完全, 统计萌发率。

### 1.5 脱水处理

将生理成熟 (58 DAA) 的种子摊放在竹制的簸箕上, 置于 15 和相对湿度 (RH) 为  $40 \pm 2\%$  的干燥间中脱水, 分别脱水 2、4、8、16、24 和 32 d 后, 以获得不

同含水量的种子。

### 1.6 数据处理

用 SPSS12.0 统计分析软件对数据进行处理。采用单因素方差分析 (one-way ANOVA) 和最小显著差异法 (least-significant difference) 对所有的数据进行显著性检验; 利用曲线参数估计法 (curve estimation) 对萌发温度和平均萌发率进行回归分析。

## 2 结果

### 2.1 种子形态的发育变化

随着成熟进程, 果实的体积逐渐增大, 果皮颜色依次由浅绿色到深绿色, 到微黄色, 再到橙黄色变化。同时, 种子的体积也逐渐增大; 种皮的质地从柔软向坚硬转化, 其颜色从白色到黄色, 再到黑色。种子的鲜重和干重随着发育进程逐渐增加, 分别在 48 DAA 和 58 DAA 达到最大值, 然后下降; 而种子含水量则随着发育逐渐下降, 其中 18 ~ 58 DAA 迅速下降, 随后则缓慢下降 (图 1)。

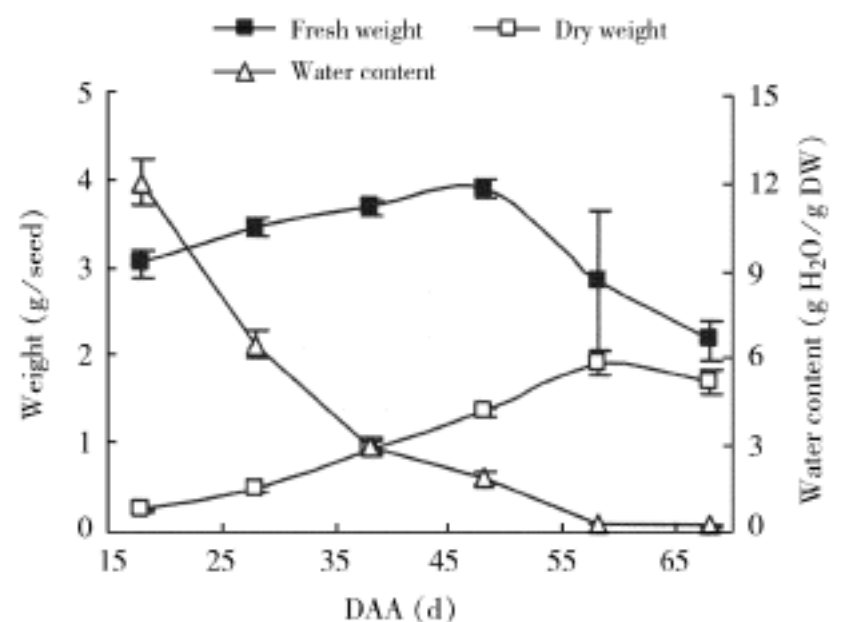


图 1 麻疯树种子发育过程中的鲜重、干重和含水量的变化

Fig. 1 Changes in fresh weight, dry weight and water content of *Jatropha curcas* seeds during development

种子的干重达到最大时称为生理成熟期。在生理成熟期, 种子的体积、干粒重也达到最大, 分别为  $1.49 \pm 0.05 \text{ cm}^3/\text{seed}$  和  $1.35 \pm 0 \text{ kg}$ , 随后均有所下降 (图 2)。

### 2.2 温度和光照对种子萌发的影响

以生理成熟期 (58 DAA) 的种子为实验材料, 分别在不同温度和暗中进行萌发。在 20 ~ 30 的温度范围, 随着温度的升高, 种子的萌发率和萌发速率增加; 在 35 和 40 的温度下, 种子的萌发率和萌发速率则比在 30 下降低 (图 3)。

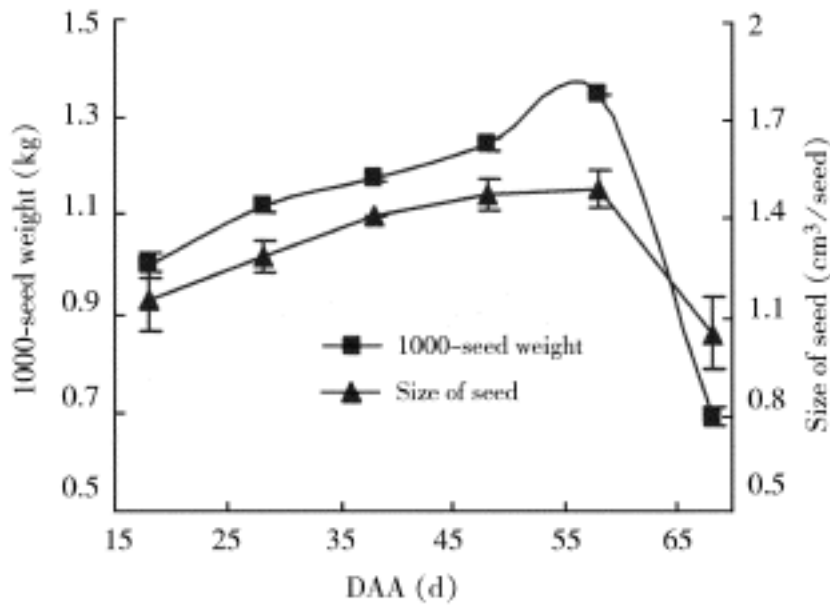


图2 麻疯树种子发育过程中种子的体积和干粒重的变化  
Fig. 2 Changes in size, 1000-seed weight of *Jatropha curcas* seeds during development

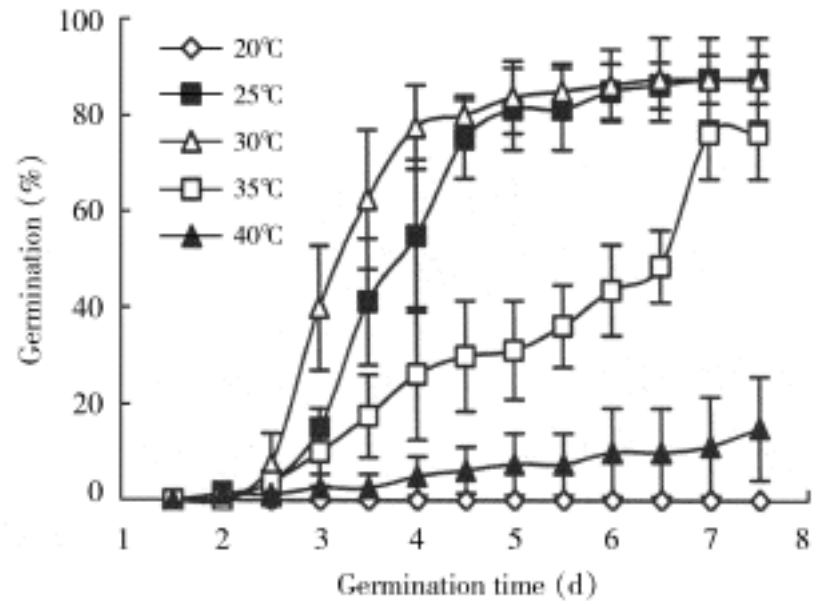


图3 温度对麻疯树种子萌发的影响  
Fig. 3 Effects of temperature on germination of *Jatropha curcas* seeds

对不同温度下种子的最终萌发率进行单因素方差分析，结果表明，温度显著地影响种子的萌发率 ( $P < 0.05$ )。经多重比较发现，20 和 40 下种子的最终萌发率与 25、30 和 35 下的最终萌发率之间存在极显著性差异 ( $P < 0.01$ )。20 和 40 之间差异显著，但未达到极显著水平 ( $0.01 < P < 0.05$ )。25、30 和 35 3 个温度下种子的最终萌发率之间不存在显著性差异 ( $P > 0.05$ )。利用曲线参数估计法对温度和萌发率进行回归分析，得出二次曲线模型 (图 4)，方程为  $y = -0.88x^2 + 53.30x - 707.82$  ( $P < 0.05$ )， $R^2 = 0.95$ 。

生理成熟期的种子分别在光照和暗中 (30 ) 进行萌发。结果表明，在光照和暗中的

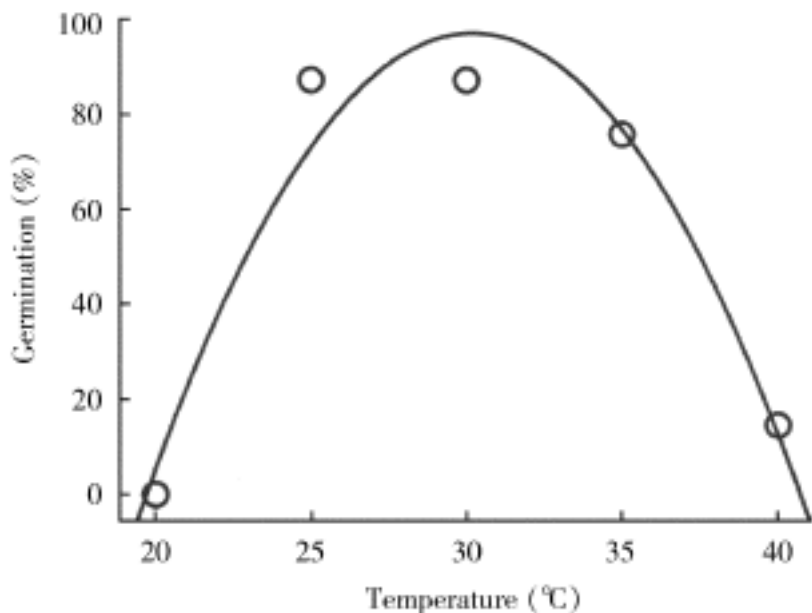


图4 温度和萌发率之间的二次曲线模型  
Fig. 4 The quadratic curve models between the temperature and germination percentage

最终萌发率分别为 78.75% 和 87.5% (图 5)。单因素方差分析表明，种子在光照和暗中的最终萌发率无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。

### 2.3 种子萌发能力的获得

分别以 18、28、38、48、58 和 68 DAA 的麻疯树种子为材料，在 30 和暗中进行萌发。18 ~ 38 DAA 的种子不能萌发；48 DAA 的种子具有萌发能力，其最终萌发率为 36.25%；58 DAA 种子的最终萌发率较高，达 87.5%；而 68 DAA 种子的最终萌发率又下降，为 35% (图 6)。

对 48、58 和 68 DAA 的麻疯树种子的萌发率进行单因素方差分析表明，此三个发育时期的麻疯树种子的萌发率之间存在着显著性差异 ( $P < 0.05$ )。经多重比较发现，48 DAA 和 68 DAA 种

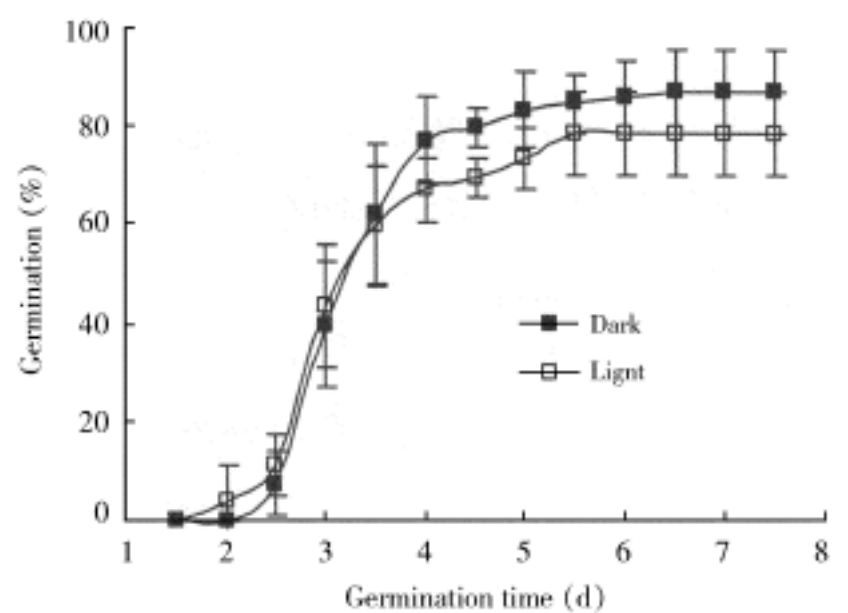


图5 在 30 下光、暗条件对麻疯树种子萌发的影响  
Fig. 5 Effects of light and dark on germination percentage of *Jatropha curcas* seeds at 30

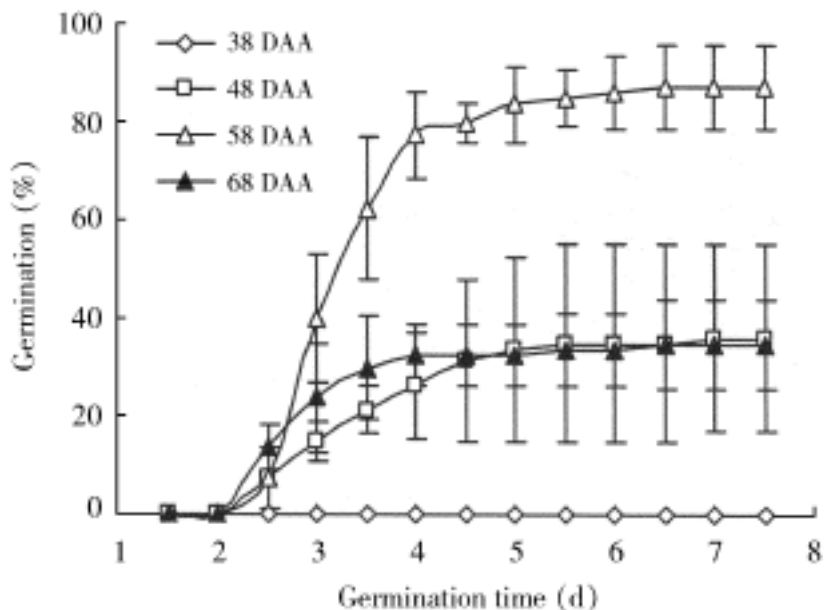


图6 不同发育时期麻疯树种子的萌发进程

Fig. 6 Time course of germination of *Jatropha curcas* seeds at different development stages

子的萌发率之间无显著性差异 ( $P > 0.05$ ), 但这两个发育时期的种子与 58 DAA 的种子的萌发率之间却存在极显著性的差异 ( $P < 0.01$ )。

#### 2.4 种子脱水耐性的变化

生理成熟期的麻疯树种子在 15% 和 40% RH 中脱水不同时间后, 获得不同含水量的种子 (图 7: A)。在脱水的最初 2 d, 种子迅速脱水, 种子的含水量从开始脱水时的  $0.28 \pm 0.01 \text{ g H}_2\text{O g}^{-1} \text{ DW}$  迅速下降至  $0.10 \pm 0.01 \text{ g H}_2\text{O g}^{-1} \text{ DW}$ ; 而在随后的脱水过程中, 种子的含水量缓慢下降。

将不同含水量的种子置于 30% 和黑暗中萌发, 种子的最终萌发率不随含水量的下降而降低 (图 7: B); 单因素方差分析表明, 具有不同含水量的种子与最终萌发率之间不存在显著性差异 ( $P > 0.05$ )。

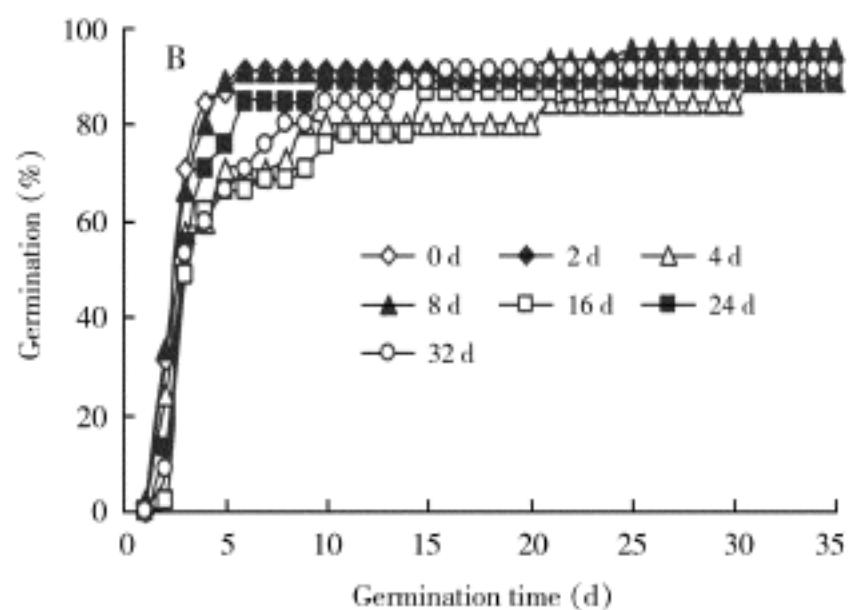
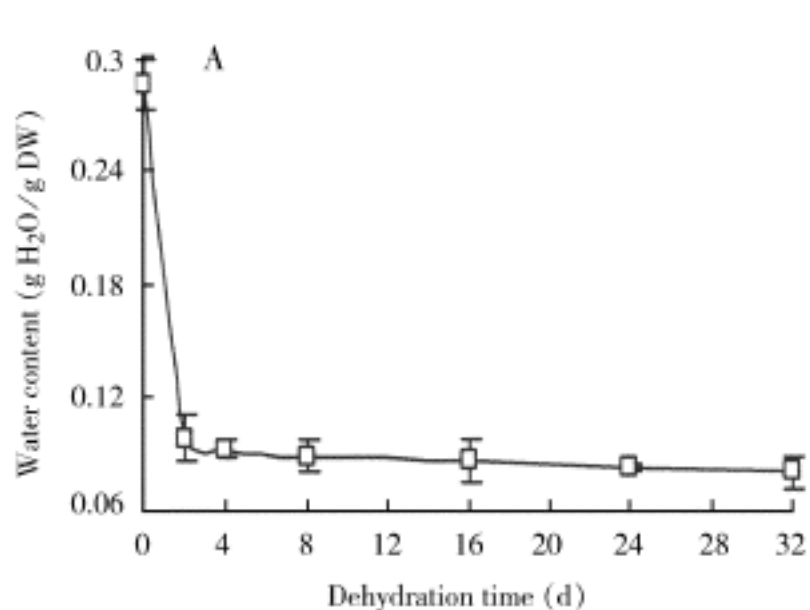


图7 脱水处理对麻疯树种子含水量和萌发率的影响

Fig. 7 Effect of dehydration on water content and germination of *Jatropha curcas* seeds

### 3 讨论

麻疯树种子在 58 DAA 达到生理成熟期 (图 1), 此时, 种子的体积和千粒重也达到最大 (图 2)。Ellis 等 (1985) 发现, 刚采收的麻疯树种子具有高的活力水平, 但萌发率较低, 认为麻疯树种子具有初生休眠特性。本实验结果表明, 种子的萌发能力随着发育逐渐增加, 在 58 DAA 时达到最大, 随后下降 (图 6)。可以认为, 生理成熟期是麻疯树种子的适宜采收时期, 此时的明显特征是果皮和种皮的颜色分别为橙黄色和黑色; 合适的采收时期对于维持麻疯树种子的高萌发率具有重要的实践意义。但生理成熟后, 种子萌发率下降的原因还不清楚, 值得进一步研究。

萌发温度为 20 ~ 30 °C 时, 种子的萌发率和萌发速率随着温度的升高而增加; 当萌发温度为 35 °C 和 40 °C 时, 种子的萌发率和萌发速率则下降 (图 3); 适宜的萌发温度为 25 ~ 30 °C, 结果与杨琳等 (2007) 的研究类似, 他们认为 30 °C 时最有利于种子萌发。光照和黑暗对种子的萌发率无显著的影响 (图 5), 表明麻疯树种子是一种光中性种子。

Roberts (1973) 根据种子的贮藏行为把种子分为正常性种子 (orthodox seed) 和顽拗性种子 (recalcitrant seed)。正常性种子在母体植株上经历成熟脱水, 脱离母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。顽拗性种子不经历成熟脱水, 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通常只有几天或十几天。麻疯树种子的含水量随着发育逐渐下降（图 1），具有明显的成熟脱水事件；种子的最终萌发率不随含水量的下降而降低（图 7），表明麻疯树种子对脱水不敏感，是一种正常性种子。Ellis 等（1985）曾指出，除三叶橡胶外，大戟科植物的种子一般为正常性种子。Heller（1996）将麻疯树种子在 20℃ 下未封口的塑料袋中贮藏 5 个月后播种于土壤中，种子的萌发率为 62%；在 16℃ 下未封口的塑料袋中贮藏 7 年后的种子，在实验室内的平均萌发率仍然达 47%。Kobilke（1989）研究了贮藏 1~24 个月后的麻疯树种子的活力状况，发现贮藏了 15 个月后的种子仍具有 50% 的生活力。这些结果也间接地表明麻疯树种子是一种正常性种子。

麻疯树种子含油量高，从其种子油中生产的生物柴油可适用于各种柴油发动机，并在闪点、凝固点、硫含量、一氧化碳排放量、颗粒值等关键技术均优于国内零号柴油；与传统柴油相比，这种生物柴油除了更加清洁和高效外，还具有加工成本低廉以及可再生的优势。此外，麻疯树的根、树皮、叶和种子均可入药，具有广泛的开发利用前景。因此，对麻疯树种子的发育、特别是油脂生物合成及其代谢网络的调控，以及种子萌发与贮藏行为的深入研究将具有重要的意义。

## 〔参 考 文 献〕

- Bewley D, Black M, 1994. *Seeds, physiology of development and germination* (2<sup>nd</sup> edition) [M]. New York: Plenum Press
- Deng ZJ (邓志军), Cheng HY (程红焱), Song SQ (宋松泉), 2005. Studies on *Jatropha curcas* seeds [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), 27: 605—612
- Ellis RH, Hong TD, Roberts EH, 1985. *Handbooks for Genebanks No. 3. Handbook of Seed Technology for Genebanks. Vol. . Compendium of Specific Germination Information and Test Recommendations* [M]. Rome: International Board for Plant Genetic Resources
- Heller J, 1996. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. . *Physic nut (Jatropha curcas L.)* [M]. Rome: International Plant Genetic Resources Institute
- International Seed Testing Association, 1999. International rules for seed testing [J]. *Seed Sci & Technol*, 27 (Supplement): 47—50
- Kobilke H, 1989. Untersuchungen zur bestandesbegrundung von purgiernu (*Jatropha curcas* L.). Diploma thesis [M]. Stuttgart: University Hohenheim
- Li PW (李培旺), Li CZ (李昌珠), Jiang LJ (蒋丽娟) *et al.*, 2006. Research on the seed germination vigor of three species of woody oil plants [J]. *Nonwood Forest Res* (经济林研究), 24: 71—73
- Priestly DA, Posthumus MA, 1982. Extreme longevity of lotus seeds from Pulantien [J]. *Nature*, 299: 148—149
- Roberts EH, 1973. Predicting the storage life of seeds [J]. *Seed Sci & Technol*, 1: 499—514
- The National Oilseeds and Vegetable Oils Development Board, 2004 - 2005. 21st. Annual Report [R]. Ministry of Agriculture of India
- Yang L (杨琳), Xu Y (徐莺), Cheng F (陈放), 2007. Study on seed germination of *Jatropha curcas* [J]. *Seed* (种子), 26: 88—89