

# 脱水处理对中国无忧花种子萌发的影响\*

徐桂红 杜晶晶

(深圳市仙湖植物园, 广东 深圳 518004)

**摘要** 为探讨中国无忧花 *Saraca dives* 种子的脱水敏感性和顽拗性, 以成熟种子为材料, 研究了脱水处理对种子萌发的影响。将中国无忧花种子进行风干脱水处理, 测定种子的千粒重、含水量、发芽率及丙二醛 (MDA)、可溶性糖含量、过氧化氢酶 (CAT)、超氧化物歧化酶 (SOD) 活性。结果显示: 脱水程度越高, 种子的发芽率逐渐降低; 丙二醛含量快速上升, 后来由于可溶性糖的渗透调节及激活 SOD、CAT 等酶保护系统, 其含量逐渐下降但仍维持在较高水平。脱水后期, 由于膜系统被破坏和酶保护系统超过极限, 对种子造成了严重伤害。中国无忧花主要分布在热带、亚热带地区; 种子千粒重高; 含水量高; 具有明显脱水敏感性。这些特征表明: 中国无忧花种子为典型的顽拗性种子, 在种子储存和生产繁育中应予以重视。

**关键词** 中国无忧花; 顽拗性; 种子储存

**中图分类号:** S723.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-2053 (2024) 01-0132-05

## The Effect of Dehydration Treatment on the Germination of *Saraca dives* Seeds

XU Guihong DU Jingjing

(Shenzhen Fairy Lake Botanical Garden, Shenzhen, Guangdong 518004, China)

**Abstract** To investigate the dehydration sensitivity and recalcitrance of *Saraca dives* seeds, the effects of dehydration treatment on seed germination were studied with mature seeds as materials. The seeds of *S. dives* were air-dried and dehydrated, and the 1 000 grain weight, water content, germination rate, Malondialdehyde (MDA), soluble sugar content, Catalase (CAT), Superoxide dismutase (SOD) activities of the seeds were measured. The results showed that the higher the degree of dehydration, the lower the germination rate of the seeds. The content of Malondialdehyde increased rapidly. Later, through the osmotic regulation of soluble sugar and the activation of SOD, CAT and other enzyme protection systems, the content gradually decreased but remained at a high level. In the later stage of dehydration, the membrane system was damaged and the enzyme protection system exceeded its limit, causing serious damage to the seeds. The *S. dives* were mainly distributed in tropical and subtropical regions, with high thousand seed weight, high water content, and obvious dehydration sensitivity. These characteristics indicate that *S. dives* seeds were typically recalcitrant and should be taken seriously in seed storage and production.

**Key words** *Saraca dives*; recalcitrant seed; seed storage

\* 基金项目: 深圳城管局科研项目 (202204)。

第一作者: 徐桂红 (1985—), 男, 高级工程师, 主要从事城市园林绿化管理工作, E-mail: 253877132@qq.com。

根据贮藏特性, 可人为将种子划分为正常性种子、中间性种子和顽拗性种子三大类型<sup>[1-2]</sup>。顽拗性种子在脱落后仍保持高含水量, 代谢仍然活跃, 且在零度以下易遭受冰晶损伤, 常温下一般仅能存放数天而已, 表现为不耐脱水和低温储藏<sup>[1-2]</sup>。常规种子库的低温低湿条件, 不仅不能延长顽拗性种子的寿命, 反而会加速其死亡<sup>[2-3]</sup>。顽拗性种子储存比较困难, 播种方式一般选择随采随播<sup>[1]</sup>。因此, 判断种子的类别, 对种质资源的引种栽培和迁地保护具有重要意义<sup>[3-4]</sup>。顽拗性种子植物多产于热带、亚热带中高温而又湿润的地区, 且多为大型种子或大粒种子<sup>[2]</sup>。顽拗性种子千粒重通常在 500 g 以上, 其初始含水量高达 30% 乃至 70%<sup>[1,5]</sup>, 地理分布和形态指标较为直观, 这些特点能初步判断种子是否为顽拗性。不耐脱水, 是顽拗性种子最重要的功能特征<sup>[6]</sup>。顽拗性种子遭受脱水伤害所引起的活力下降, 与膜脂过氧化破坏膜结构和功能程度、自由基积累而导致的细胞代谢紊乱密切相关<sup>[5-6]</sup>。种子具有可溶性糖等渗透调节系统和完整的酶抗氧化系统, 但由于顽拗性种子脱落后的高含水量及持续的代谢活动导致过氧化作用的加强及酶系统活性的下降, 从而引起种子活力的降低。在脱水过程中, 顽拗性种子产生的生理生化变化成为判断种子顽拗性的指标<sup>[4-6]</sup>。

中国无忧花 *Saraca dives* 隶属于豆科无忧花属, 自然分布于我国云南和广西。温小莹等<sup>[7]</sup> 报道, 中国无忧花在广州地区的引种表现良好, 认为其树形美观、花色艳丽、嫩叶奇致脱俗, 用途广泛。罗伟聪<sup>[8]</sup>、徐桂红等<sup>[9]</sup> 报道, 无忧花属植物被佛教和印度教崇拜, 具有丰富的历史文化内涵<sup>[7]</sup>。刘东明等<sup>[10]</sup> 报道, 受荔枝异形小卷蛾为害影响, 广州地区几乎连年采收不到健康的中国无忧花种子, 种源问题直接限制了该树种的推广应用。此外, 学者对中国无忧花的光合特性<sup>[11]</sup>、栽培营养<sup>[12-13]</sup>、种子萌发<sup>[14]</sup> 等进行了研究。然而, 对中国无忧花种子的脱水敏感性及其贮藏特性这一影响生产繁育的关键问题尚未见有报道。

基于此, 本研究以中国无忧花种子为材料, 测量千粒重、含水量等指标, 研究不同脱水程度对种子发芽率、渗透调节物质、抗氧化酶系统的影响, 结合中国无忧花地理分布, 探讨其种子脱水敏感性和顽拗性, 为中国无忧花种子储存和生产繁育提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

2022 年 8 月, 从深圳市中心公园和深圳市仙湖植物园收集成熟自然脱落的种子, 目测挑选种皮光滑、外观无明显虫口的种子混匀备用。从北京索莱宝科技有限公司购买丙二醛 (MDA)、可溶性糖、过氧化氢酶 (CAT)、超氧化物歧化酶 (SOD) 等相应检测试剂盒进行指标测定。

### 1.2 试验方法

1.2.1 种子千粒重 依据《林木种子检验规程 (GB2772—1999)》<sup>[15]</sup>, 采用百粒法测量种子千粒重。

1.2.2 种子含水量 随机取 3 粒新鲜种子, 切成 1 mm 薄片, (105±2)℃ 下烘 17 h 后, 以鲜质量为基准计算种子含水量, 5 次重复。

1.2.3 脱水处理 随机选取 6 000 粒种子作为脱水处理材料, 置于 26℃ 空调房内进行风干, 2022 年 8 月 2—14 日, 每隔 2 天从中选择 50 粒进行称重, 3 次重复, 称重后进行播种。

1.2.4 播种 播种容器为长方形透水盆, 基质为腐殖土。脱水比 ( $T$ ) 计算公式为:  $T = (W - W_i) / W \times 100\%$ , 其中  $W_i$  为脱水处理后的种子质量,  $W$  为初始种子质量。

1.2.5 指标测定 从 2022 年 8 月 2—14 日, 每隔 2 天, 从脱水处理材料中随机选取 5 粒种子, 3 次重复, 将种子去除种皮, 粉碎机切碎后, 在冰浴条件下, 用 pH6.8 磷酸缓冲液 (含 3% 聚乙烯吡咯烷酮) 研磨成匀浆, 转入 10 mL 离心管中。4℃ 下, 10 000 r/min 条件离心 10 min, 弃沉淀, 上清液即为粗酶液, 放于 4℃ 冰箱中暂存。按照试剂盒说明书步骤, 测定丙二醛 (MDA)、可溶性糖、过氧化氢酶 (CAT)、超氧化物歧化酶 (SOD) 等含量。

### 1.3 统计分析

采用 WPS Office 和 SPSS 23.0 软件对数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 中国无忧花种子生物学特性

由图 1 可见, 中国无忧花果实为荚果, 果皮随成熟度从绿色逐渐变为棕褐色, 成熟后自然开裂。种子扁平, 近椭圆形, 子叶两片, 成熟种子种皮棕褐色。中国无忧花种子长 41.05 ~ 46.60

mm, 平均 43.09 mm, 宽 26.01~28.48 mm, 平均 27.07 mm, 质量 6.95~10.27 g, 平均 8.62 g。中国无忧花千粒重为  $(8\ 618 \pm 28)$  g, 含水量为  $(33.68 \pm 1.13)\%$ 。



图 1 中国无忧花果荚及种  
Fig. 1 The pods and seeds of *Saraca dives*

## 2.2 脱水处理对种子发芽率的影响

2022年10月8日, 发现随着风干时间的延长, 脱水比逐渐升高, 从0%逐步升高到22.25%,

萌发数量逐渐减少, 萌发率显著降低, 萌发率从52.00%下降到0%, 整体呈下降趋势(表1)。萌发率在脱水比达到22.25%时, 种子不能萌发, 其表明中国无忧花种子具有脱水敏感性。

## 2.3 脱水处理对种子渗透调节物质和抗氧化系统的影响

丙二醛(MDA)为膜脂过氧化作用的过氧化产物, 可以加剧膜系统的进一步破坏, 因此, MDA含量可以用来判断膜脂过氧化以及膜系统被破坏的程度<sup>[16-18]</sup>。由表2可见, 中国无忧花种子在脱水过程中, 初期MDA含量快速增加, 而后又逐步降低至约初始含量的2倍, 后期缓慢上升并始终多于2倍初始含量。表明在脱水比为0~16.16%阶段, 种子受到膜脂过氧化胁迫, MDA快速增加; 在脱水比为16.16%~18.71%阶段, 可能是由于MDA含量的增加激发了其细胞内部的保护酶系统, 消除了部分MDA, 缓解了膜脂过氧化进程, 而在脱水比为18.71%~22.25%阶段, MDA含量呈缓慢增加趋势, 有可能是低含水率引起了细胞膜脂过氧化作用的加剧, 又超过保护酶系统的清除能力, 从而引起MDA逐步积累。

表 1 不同程度脱水处理后的中国无忧花种子萌发率

Table 1 Germination rate of *Saraca dives* seeds under different degrees of dehydration treatment

播种时间 Sowing date	脱水比 (T) / % Dehydration ratio	播种数量/粒 Sowing quantity / grain	平均萌发数/粒 Average germination quantity / grain	萌发率 / % Germination rate
2022-08-02	0	50×3	26.00	52.00 a
2022-08-04	8.42	50×3	17.00	34.00 b
2022-08-06	16.16	50×3	20.00	40.00 c
2022-08-08	18.71	50×3	10.00	20.00 d
2022-08-10	18.81	50×3	9.00	18.00 d
2022-08-12	22.15	50×3	6.00	12.00 e
2022-08-14	22.25	50×3	0.00	0.00 f

注: 用 Duncan 法进行多重比较; 不同小写字母表示组间差异显著 ( $P < 0.05$ ); 相同小写字母表示组间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。  
Note: Different lowercase letters indicate significant differences between groups ( $P < 0.05$ ); The same lowercase letters indicate no significant differences between groups ( $P > 0.05$ ).

可溶性糖是植物渗透调节的重要物质。由表2可见, 可溶性糖含量在脱水胁迫初期, 含量有一定程度增加, 表明其可能是主动积累各种有机物来提高细胞液浓度、降低渗透势、维持细胞膨压以减少水分流失, 也有可能是脱水胁迫破坏了细胞的膜系统, 其中的有机物质释放到细胞液中。在脱水比8.42%~16.16%这一阶段, 可能是细胞

为了抵御脱水胁迫损伤而需要大量能量, 可溶性糖被消耗, 含量下降。而在脱水比18.71%~22.25%阶段, 可溶性糖含量窄幅变动, 但都高于未受脱水胁迫时期。

超氧化物歧化酶(SOD)是一种含金属的酶, 是生物体内清除超氧阴离子自由基( $O_2^-$ )的特异酶, 主要存在于细胞溶质中<sup>[16-17]</sup>, 因此, SOD作

表 2 脱水处理对中国无忧花种子生理的影响  
Table 2 Effects of dehydration treatment on the physiology of *Saraca dives* seeds

脱水比/% Dehydration ratio	丙二醛/ (nmol · g <sup>-1</sup> ) MDA	可溶性糖/ (mg · g <sup>-1</sup> ) soluble sugar	超氧化物歧化酶/ (U · g <sup>-1</sup> ) SOD	过氧化氢酶/ (U · g <sup>-1</sup> ) CAT
0	85.42±5.03	80.53±1.53	327.25±25.17	221.43±26.84
8.42	164.58±4.51	89.37±9.50	449.44±44.74	332.23±20.82
16.16	246.35±26.46	75.94±4.73	458.53±36.06	208.96±7.64
18.71	182.74±15.28	91.04±6.81	356.39±38.66	189.82±10.00
18.81	187.51±8.08	85.85±1.53	294.06±3.21	174.57±0.70
22.15	185.09±5.66	92.02±2.65	231.38±20.82	151.95±7.55
22.25	196.28±6.08	90.01±9.50	215.63±13.65	139.95±26.76

为保护酶系统中一种重要的酶, 其活性变化可以反映出植物细胞的抗逆性强弱<sup>[16-18]</sup>。过氧化氢酶 (CAT) 作为保护酶系统的重要抗氧化酶之一, 具有非常重要的生理功能, 其主要作用是促使 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 分解为分子氧和水, 减少 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 对膜系统的伤害。由表 2 可见, 种子 SOD 和 CAT 活性随含水量的降低都呈先升高再降低的趋势。其中, SOD 和 CAT 活性初期升高, 可能是在脱水胁迫中激活了酶保护机制, 随着胁迫增强, 在后期已突破种子耐受极限, 保护酶系统被破坏, 酶活性逐渐降低。

### 3 讨论与结论

中国无忧花在我国自然分布在云南东南部至广西西南部、南部和东南部。国外则分布于越南、老挝等地<sup>[19]</sup>。其地理分布为热带、亚热带地区。千粒重是体现种子大小和饱满度的一项重要指标。李磊等<sup>[20]</sup> 报道大部分产自于热带、亚热带植物的顽拗性种子的千粒重通常在 500 g 以上, 大粒种子脱落时含水量较高, 多在 30% 以上。王华宇等<sup>[14]</sup> 报道的种子千粒重为 7 235.6 g, 最高发芽率为 72.0%。刘东明等<sup>[10]</sup> 报道中国无忧花种子千粒重达 9 000~10 000 g。本试验结果, 中国无忧花种子千粒重达 8 618±28 g, 含水量较高, 为 (33.68±1.1)%。这可能与所测种子的完好程度、母树特征、采收条件等有关。

脱水导致顽拗性种子失活的主要原因在于膜脂过氧化作用致使膜结构与功能受损, 活性氧自由基积累, 以及抗氧化防御系统清除活性氧的能力降低, 导致细胞代谢紊乱<sup>[20]</sup>。顽拗性种子, 主要通过提高抗氧化酶的水平清除积累的活性氧。

同时, 植物细胞也会主动积累可溶性糖等物质来提高细胞液浓度, 维持细胞膨压以减少水分流失<sup>[6,20]</sup>。在中国无忧花种子脱水过程中, 可溶性糖和丙二醛含量呈现先上升, 再后下降, 后再上升, 并维持在较高水平; 超氧化物歧化酶 SOD 活性和过氧化氢酶 CAT 活性均先上升, 之后下降。在脱水初期, 丙二醛含量快速上升, 后来通过渗透调节和激活酶保护系统, 含量逐渐下降, 但仍维持在较高水平。脱水后期, 由于膜系统被破坏和酶保护系统超过极限, 对种子造成了严重伤害。对于脱水胁迫, 中国无忧花种子渗透调节物质和抗氧化酶系统的变化与狭叶坡垒种子<sup>[18]</sup> 表现基本一致, 对脱水胁迫敏感。

随着脱水比逐渐升高, 中国无忧花种子萌发数量逐渐减少, 萌发率显著降低, 这与桢楠 *Phoebe zhennan*<sup>[17]</sup>、狭叶坡垒 *Hopea chinensis*<sup>[18]</sup>、黄皮 *Clausena lansium*<sup>[5]</sup> 等顽拗性种子表现一致。在脱水比达到 22.25% 时, 中国无忧花种子甚至不能萌发, 表现为明显的脱水敏感性。由于顽拗性种子对脱水高度敏感, 常常在自由水完全被脱除前就丧失了生命力, 这类种子冷冻前脱水不够会招致结冰伤害, 脱水过多又会造成脱水伤害, 储藏保存非常困难<sup>[4]</sup>。常规的低温干燥条件也并不适合顽拗性种子的储藏<sup>[1,6,20]</sup>, 有关中国无忧花种子的储藏保存技术还有待于进一步研究。

中国无忧花地理分布为热带、亚热带地区, 种子千粒重大于 500 g, 含水量高于 30%, 具有明显脱水敏感性。这些特征表明, 中国无忧花种子属于典型的顽拗性种子, 因此, 在目前的生产实践中, 推荐对中国无忧花种子进行随采随播。

此外,由于本研究试验采取的是房间空调风干处理方式,利用不同脱水梯度,每间隔一定时间,进行取样检测,其相对应的不脱水对照及同一播种时间的对照数据欠缺,结果还具有一定局限性,我们会在后续的研究中改进。

### 参考文献

- [1] 文彬. 试论种子顽拗性的复合数量性状特征[J]. 云南植物研究,2008(1):76-88.
- [2] 潘丽梅,付金娥,万凌云,等. 植物顽拗性种子保存及脱水、低温敏感性研究进展[J]. 江苏农业科学,2021,49(4):1-7.
- [3] SERSHEN, VARGHESE, NAIDOO, et al. The use of plant stress biomarkers in assessing the effects of desiccation in zygotic embryos from recalcitrant seeds: challenges and considerations[J]. PLANT BIOLOGY,2016,18(3):433-444.
- [4] 文彬. 植物种质资源超低温保存概述[J]. 植物分类与资源学报,2011,33(3):311-329.
- [5] 曾桃,蔡翼,莫少琼,等. 脱水处理对黄皮种子生理生化的影响[J]. 广东农业科学,2013,40(6):35-38.
- [6] 张俊杰,蒋学皎,郭庭鸿,等. 顽拗性种子脱水敏感性研究进展[J]. 西北林学院学报,2021,36(3):144-151.
- [7] 温小莹,陈建新,吴泽鹏,等. 中国无忧花在广州地区的生长及其育苗技术[J]. 广东林业科技,2005(4):58-60.
- [8] 罗伟聪. 中国无忧花历史文化特性及在华南地区的种质养护研究[J]. 中国园艺文摘,2016,32(6):164-166.
- [9] 徐桂红,杨蕾蕾,张卫哲,等. 无忧花植物文化属性[J]. 现代园艺,2023,46(13):101-103,117.
- [10] 刘东明,伍有声,董祖林,等. 干基注射内吸性杀虫剂防治无忧花蛀茎害虫研究初报[J]. 广东园林,2002(1):45-46.
- [11] 徐桂红,杨蕾蕾,陈朋,等. 中国无忧花对光强和 CO<sub>2</sub> 浓度的光合响应[J]. 亚热带植物科学,2022,51(5):340-344.
- [12] 尹婷,郑绍鑫,王艺锦,等. 植物生长调节剂 GGR6 对无忧花幼苗生长特性的影响[J]. 北方园艺,2015(6):76-79.
- [13] 覃世杰,谭长强,侯文娟,等. 植物生长调节剂 GGR6 对中国无忧花生理生化的影响[J]. 北方园艺,2014(22):72-75.
- [14] 王华宇,陈乃明,杨利平,等. 中国无忧花种子发芽特性研究[J]. 安徽农业科学,2020,48(1):116-119.
- [15] 于淑兰,陈幼生,越德铭,等. 林木种子检验规程: GB2772—1999[S]. 北京:中国标准出版社,1999.
- [16] 宋松泉,傅家瑞. 荔枝种子脱水敏感性与植物保护酶系统的研究[J]. 长沙水电师院学报(自然科学版),1991(2):222-226.
- [17] 李佳琦,薛晓明,高捍东. 桢楠种子脱水过程中的生理响应[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2021,45(3):130-136.
- [18] 黄宁,刘雄盛,廖南燕,等. 极度濒危植物狭叶坡垒种子脱水敏感性研究[J]. 广西林业科学,2022,51(5):634-640.
- [19] 卫兆芬. 无忧花属[M]//中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志(第三十九卷):豆科. 北京:科学出版社,1988:207-209.
- [20] 李磊,孟珍贵,龙光强,等. 植物顽拗性种子研究进展[J]. 热带亚热带植物学报,2016,24(1):106-118.