

## ◆植物科学◆

珍稀濒危植物石山苏铁种子萌发特性研究<sup>\*</sup>梁庚云<sup>1,2</sup>, 唐健民<sup>1\*\*</sup>, 谷睿<sup>1,2</sup>, 邹蓉<sup>1</sup>, 秦惠珍<sup>1</sup>, 韦霄<sup>1</sup>

(1. 广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所, 广西桂林 541006; 2. 桂林理工大学旅游与风景园林学院, 广西桂林 541006)

**摘要:**为更好地保护石山苏铁(*Cycas miquelii* O. Warburg)资源、扩大石山苏铁种群,本研究以石山苏铁种子为材料,研究种子带皮情况、温度、基质、光照、埋深、土壤含水量对其萌芽率的影响。结果表明:去除种子中种皮的种子发芽率为63.33%,明显高于不去皮时的发芽率(43.33%);温度低于25℃时种子不萌发,在30℃、35℃条件时种子都能萌发,且35℃时能明显加快其幼苗萌发进程和生长速度;在腐殖土中播种的种子萌发率最高,为66.67%,在珍珠岩、黄土、混合土中播种的种子萌发率无显著差异,在沙土中播种的种子萌发率最低;20%、40%的土壤含水量对石山苏铁种子萌发率的影响无显著差异,但40%土壤含水量处理的苏铁幼苗生长更好,80%含水量下种子不萌发。石山苏铁种子基本成熟时就应采收,阴干后及时保存或播种,其最佳发芽条件为去除种子中种皮、温度30-35℃、腐殖土基质、40%土壤含水量,光照、埋深不是石山苏铁种子萌发的必要条件。

**关键词:**濒危植物 石山苏铁 种子 萌发特性 最佳条件

中图分类号:Q948.S791.11 文献标识码:A 文章编号:1002-7378(2022)01-0053-08

DOI:10.13657/j.cnki.gxkxyxb.20211216.005

石山苏铁(*Cycas miquelii* O. Warburg)是苏铁科(Cycadaceae Pers.)苏铁属(*Cycas* L.)植物,树干矮小,基部膨大成卵状茎或盘状茎,一般高30-180 cm,直径10-60 cm,又名山菠萝、少刺苏铁、神仙米等,是中国国家一级保护植物<sup>[1]</sup>,是《世界自然保护联盟濒危物种红色名录》的近危(NT)种,也是地球上现存的老子遗植物,具有极高的科学、生态<sup>[2]</sup>和观赏

价值<sup>[3]</sup>。石山苏铁零星分布于云南、广东和广西西南部、西部<sup>[4]</sup>,常生长于低海拔的石灰岩山地或石灰岩缝隙,呈团状或小片状分布,其生命力极强,可在峭壁或石缝、石穴中正常生长。石山苏铁的球形茎富含淀粉,可做粑饼或煮粥,味美可口,营养丰富,其根、茎、叶、花、种子均可入药。根能祛风活络、补肾、治肠炎和痢疾,种子平肝、降血压,花能止血、益肾、固精<sup>[5]</sup>。

收稿日期:2021-06-09

<sup>\*</sup> 广西自然科学基金项目(2018GXNSFBA281107, 2020GXNSFAA259029),广西科技基地和人才专项(桂科AD20238057),广西创新驱动项目(桂科AA19254007-4)和广西植物研究所基本业务费项目(桂植发019)资助。

## 【作者简介】

梁庚云(1996-),女,在读硕士研究生,主要从事园林植物应用与景观生态研究。

## 【\*\*通信作者】

唐健民(1989-),男,硕士,助理研究员,主要从事珍稀濒危植物保护和开发应用研究, E-mail:1499494130@qq.com。

## 【引用本文】

梁庚云,唐健民,谷睿,等.珍稀濒危植物石山苏铁种子萌发特性研究[J].广西科学院学报,2022,38(1):53-60.

LIANG G Y, TANG J M, GU R, et al. Study on Seed Germination Characteristics of Rare and Endangered Plant *Cycas miquelii* O. Warburg [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2022, 38(1): 53-60.

由于生境的严重破坏和长期大批量的盗挖,石山苏铁的居群数量急剧减少,当前已难找到成片的石山苏铁居群,且每个居群中处于开花年龄的石山苏铁雌雄植株不多(仅2-3株)。此外,因受到各种因素的影响,处于开花年龄的植株中仅少数植株能每年开花结种子,结实率很低<sup>[6,7]</sup>。因此,加强石山苏铁的人工繁育技术研究,建立其种子库和基因资源库对保护石山苏铁野生资源具有重要意义<sup>[8]</sup>。目前相关科研人员对石山苏铁开展的全面性研究并不多,且主要集中在无性繁殖技术<sup>[8]</sup>、杂交育种<sup>[9]</sup>、羽片解剖学<sup>[10]</sup>、孢子特征<sup>[11]</sup>、染色体数目及核型<sup>[12]</sup>、种间亲缘关系及分类学研究<sup>[13,14]</sup>等方面,针对石山苏铁种子的萌发等研究鲜见报道。

鉴于此,本研究从可能影响石山苏铁种子萌发特性的种子带皮情况、温度、基质、光照、埋深、土壤含水量等因素出发,研究其萌发生态,旨在探讨珍稀濒危植物石山苏铁种子萌发的最佳条件,探寻种子萌发的限制因素,以期对石山苏铁的保护、引种驯化和扩大种苗繁育等提供理论支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

于2020年11月采集广西崇左市江州区(107°21'14.54" E, 22°37'19.06" N)天然种群成熟的石山苏铁种子,将其浸泡在50℃的水中1 d。然后用稀硫酸溶液浸泡10-15 min,用清水冲洗干净,再用清水浸泡。每隔一天换一次清水,直至外种皮完全吸水膨胀变软,将外种皮剥去,用清水冲洗,淘净果皮和发育不饱满的种子备用。

### 1.2 种子形态特性观测及百粒重测定

将自然干燥的种子混合随机取样,用游标卡尺准确测量种子的种球茎,取平均值;百粒重测定用百粒法,重复3次,取平均值,计算百粒重。

### 1.3 种子萌发特性测定

选取无病虫害的备用种子于11月末播种,播种前种子经0.1% K<sub>2</sub>MnO<sub>4</sub>溶液消毒30 min,清水洗净。播种容器为17.2 cm × 11.7 cm × 7 cm,容量1 000 mL的塑料盒。使用单因素法依次探究种皮、温度、基质、光照、土壤含水量和播种深度等因素对种子萌发的影响。初始基本萌发条件的各影响因素参数设置如下:铺以6 cm经消毒的基质,播种深度为3 cm,每盒播10粒,30℃温度、周期性光照(3 000 lx, 12 h · d<sup>-1</sup>)、混合土(腐殖土:黄土:珍珠岩 =

1:1:1)为萌发基质,保持基质湿润。试验结束后每个处理取长势一致的幼苗5株,进行3次重复,共取15株,测量其苗长和根长。特别地,优化当前影响因素时,设置不同水平替代基本萌发条件中相应因素参数,其他因素的参数设置不变,各影响因素及其设置的水平具体如下。

#### (1)种皮。

已成熟的石山苏铁种子有3层种皮,分别为外种皮、中种皮和内种皮。以去除外种皮、中种皮种子(用刀片划开剥除种皮)为试验材料<sup>[15]</sup>,同时置于播种容器进行对比试验。

#### (2)温度。

分别设置培养箱温度为25℃、30℃、35℃以及放置在室温环境(RT,夏季26-32℃,冬季8-15℃)4个温度处理做萌发试验<sup>[16]</sup>。

#### (3)基质。

分别以经消毒后的沙土、黄土、腐殖土、珍珠岩和混合土(腐殖土:黄土:珍珠岩 = 1:1:1)5种材料作为基质进行萌发试验。沙土、黄土、混合土取自广西植物研究所,腐殖土、珍珠岩均采购市场上。

#### (4)光照。

设置持续光照(3 000 lx, 24 h · d<sup>-1</sup>)、持续黑暗(24 h · d<sup>-1</sup>)和周期性光照(3 000 lx, 12 h · d<sup>-1</sup>)3种光照模式进行萌发试验<sup>[16]</sup>。

#### (5)土壤含水量。

以烘干至恒重的400 g混合土(腐殖土:黄土:珍珠岩 = 1:1:1)为基质,加入蒸馏水,使其土壤含水量分别为20%、40%和80%做萌发试验<sup>[16]</sup>。

#### (6)播种深度。

设置播种深度分别为1 cm、3 cm、5 cm进行试验<sup>[16]</sup>。

### 1.4 萌发指标的计算

选用萌发时滞(Germination Time Lag, GTL)、发芽势(Germination Energy, GE)、萌发率(Germination Percentage, GP)评价种子活力。以芽顶出为种子萌发标准,观察到第1粒种子萌发后,每7 d统计1次萌发数,参考王莉芳等<sup>[15]</sup>提出的公式计算发芽势,至发芽后90 d结束试验。

萌发率(%) = 发芽种子数/供试种子数 × 100%,

发芽势(%) = 发芽高峰日发芽种子数/供试种子数 × 100%。

### 1.5 数据分析

根据水分变化给种子补充蒸馏水,以防干燥。每

天定时观察发芽情况并计数,视芽顶出为种子萌发。采用 Microsoft Excel 2019 软件进行数据统计,采用 SPSS 25.0 统计软件进行不同处理间的多重比较分析。统计值以平均值  $\pm$  标准误 (Mean  $\pm$  SE) 表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 种子形态特征及测定结果

石山苏铁种子卵圆形,平滑,有光泽。成熟时外种皮为黄色肉质,易与中种皮分离;中种皮为浅棕色硬质,内种皮棕色膜质,与中种皮结合在一起不易分离。不剥除外种皮时种球茎均值为 18.61 mm,百粒重 408.9 g;剥除外种皮后种球茎均值为 13.52 mm,百粒重 321.3 g。

### 2.2 带种皮情况对种子萌发的影响

从表 1 可以看出,去除外种皮处理的种子在 50 d 左右萌发,而去除中种皮处理使萌发时间缩短为 33 d 左右,且 GP 和 GE 明显高于去除外种皮处理。因此,去除中种皮的处理方式较适合石山苏铁种子萌发与生长。但是,去除中种皮较去除外种皮处理的芽长、主根均无明显差异(图 1)。

表 1 带种皮与去种皮试验种子萌发情况

Table 1 Germination of seeds with and without seed coat

处理方式 Treatment mode	萌发时滞 (d) GTL (d)	萌发率 (%) GP (%)	发芽势 (%) GE (%)
去除外种皮 Remove the exopleura	50.67 $\pm$ 2.33	43.33 $\pm$ 3.33	16.67 $\pm$ 6.67
去除中种皮 Remove the mesosperm	33.67 $\pm$ 3.67	63.33 $\pm$ 6.67	20.00 $\pm$ 3.33

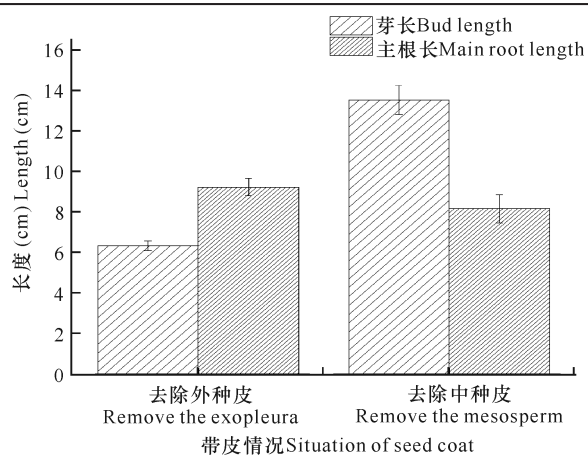


图 1 带皮情况对石山苏铁幼苗生长的影响

Fig. 1 Effect of skin situation on the growth of *Cycas miquelii* O. Warburg seedlings

### 2.3 温度对种子萌发和幼苗生长的影响

由表 2 可知,25℃条件下,石山苏铁种子无萌发

迹象,冬季室温(8–15℃)下也无种子萌发。随着温度的升高,种子的发芽率呈上升趋势,35℃条件下萌发率达到 53.33%。30℃时种子的 GTL 比 35℃时滞后 2 d,无显著性差异( $P > 0.05$ )。35℃条件下,种子的 GE 达 23.33%,比 30℃高,但无显著差异( $P > 0.05$ )。GP 在 30℃、35℃条件下无显著性差异( $P > 0.05$ )。温度控制在 30–35℃都较适合石山苏铁种子萌发。如图 2 所示,90 d 后石山苏铁种子萌发在 35℃下的芽长显著大于 30℃条件处理( $P < 0.05$ ),主根也略长,表明在 35℃条件下能加快石山苏铁幼苗生长速度。

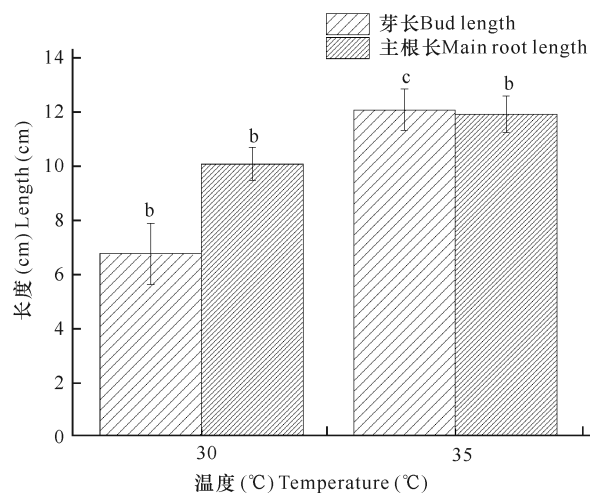
表 2 不同温度下种子萌发情况

Table 2 Seed germination at different temperatures

温度 Temperature	萌发时滞 (d) GTL (d)	萌发率 (%) GP (%)	发芽势 (%) GE (%)
25℃	0 $\pm$ 0a	0 $\pm$ 0a	0 $\pm$ 0a
30℃	50.67 $\pm$ 1.20b	46.67 $\pm$ 8.82b	20.00 $\pm$ 5.77b
35℃	47.00 $\pm$ 3.21b	53.33 $\pm$ 12.02b	23.33 $\pm$ 3.33b
室温 RT	0 $\pm$ 0a	0 $\pm$ 0a	0 $\pm$ 0a

注:同列间不同字母表示同一研究对象内不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )

Note: Different letters in the same column indicate significant differences among different treatments within the same research object ( $P < 0.05$ )



不同字母表示不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )

Different letters mean significant difference among different treatments ( $P < 0.05$ )

图 2 温度对石山苏铁幼苗生长的影响

Fig. 2 Effects of temperature on the growth of *Cycas miquelii* O. Warburg seedlings

### 2.4 基质对种子萌发和幼苗早期生长的影响

由表 3 可知,5 种不同基质下 GTL 为沙土 > 黄土 > 混合土 > 珍珠岩 > 腐殖土,沙土的 GTL 显著长

于除黄土之外的其他3种基质( $P < 0.05$ )。以腐殖土为基质种子的GE与沙土、珍珠岩、混合土为基质相比差异显著( $P < 0.05$ )。不同基质条件下的GP为腐殖土>黄土>珍珠岩>混合土>沙土。因此,腐殖土较适合石山苏铁种子的萌发。如图3所示,在腐殖土和黄土中,石山苏铁幼苗芽显著长于其他基质栽培的芽,但石山苏铁幼苗在各基质中的主根长无显著差异( $P > 0.05$ )。

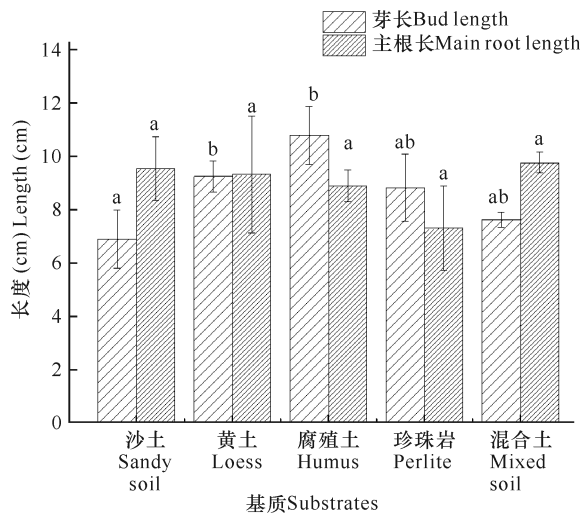
表3 不同基质中种子萌发情况

Table 3 Seed germination under different substrates

基质 Substrate	萌发时滞(d) GTL (d)	萌发率(%) GP (%)	发芽势(%) GE (%)
沙土 Sandy soil	62.33 ± 4.67b	30.00 ± 5.77a	16.67 ± 3.33a
黄土 Loess	48.33 ± 10.17ab	53.33 ± 5.77ab	26.67 ± 3.33ab
腐殖土 Humus	33.67 ± 2.73a	66.67 ± 8.82b	36.67 ± 3.33b
珍珠岩 Perlite	40.67 ± 2.73a	50.00 ± 10.00ab	23.33 ± 3.33a
混合土 Mixed soil	44.67 ± 1.33a	46.67 ± 16.67ab	23.33 ± 3.33a

注:同列间不同字母表示同一研究对象内不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )

Note: Different letters in the same column indicate significant differences among different treatments within the same research object ( $P < 0.05$ )



不同字母表示不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )

Different letters mean significant difference among different treatments ( $P < 0.05$ )

图3 基质对石山苏铁幼苗生长的影响

Fig. 3 Effects of substrates on the growth of *Cycas miquelii* O. Warburg seedlings

## 2.5 光照对种子萌发的影响

由表4可知,周期性光照、持续光照、持续黑暗3

种处理获得的种子萌发率差异不显著( $P > 0.05$ )。周期性光照的GTL相比持续光照、持续黑暗处理分别提前16 d和18 d,具有显著差异( $P < 0.05$ );其GP、GE相比持续光照、持续黑暗处理均有提升,但无显著差异( $P > 0.05$ )。如图4所示,石山苏铁种子萌发在3种光照处理下的芽长无显著差异( $P > 0.05$ ),但持续黑暗的主根长显著低于周期性光照和持续光照条件处理( $P < 0.05$ )。幼苗在周期性光照条件下长势良好,成熟叶片深绿有光泽,持续光照条件下叶片发黄。因此,石山苏铁幼苗最适宜在周期性光照条件下萌发与生长。

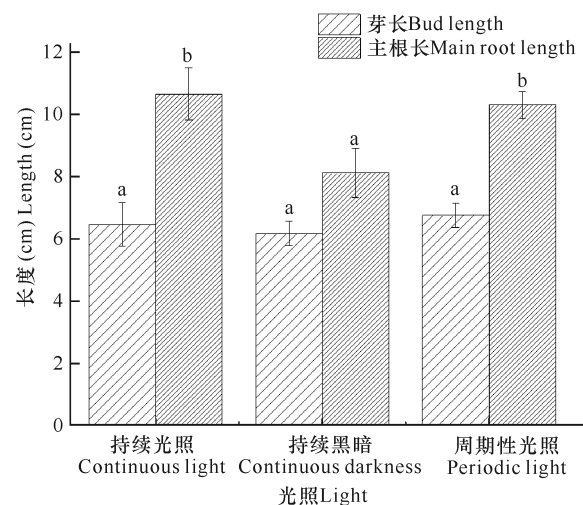
表4 不同光照种子萌发情况

Table 4 Seed germination under different light conditions

光照条件 Light conditions	萌发时滞(d) GTL (d)	萌发率(%) GP (%)	发芽势(%) GE (%)
持续光照 Continuous light (3 000 lx, 24 h · d <sup>-1</sup> )	64.67 ± 0.67b	40.00 ± 5.77a	16.67 ± 3.33a
持续黑暗 Continuous darkness (24 h · d <sup>-1</sup> )	66.67 ± 1.45b	40.00 ± 8.82a	16.67 ± 6.67a
周期性光照 Periodic light (3 000 lx, 12 h · d <sup>-1</sup> )	48.33 ± 3.28a	53.33 ± 8.82a	30.00 ± 5.77a

注:同列间不同字母表示同一研究对象内不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )

Note: Different letters in the same column indicate significant differences among different treatments within the same research object ( $P < 0.05$ )



不同字母表示不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )

Different letters mean significant difference among different treatments ( $P < 0.05$ )

图4 光照对石山苏铁幼苗生长的影响

Fig. 4 Effects of light on the growth of *Cycas miquelii* O. Warburg seedlings

## 2.6 播种深度对种子萌发的影响

在混合土基质中,随着播种埋深的增加,GTL呈现增加趋势,埋深5 cm与埋深1 cm、3 cm均存在显著差异( $P < 0.05$ ),且埋深5 cm的发芽周期较长,萌发不整齐。埋深1 cm与埋深3 cm的GTL、GP、GE均无显著差异( $P > 0.05$ ),但埋深3 cm的GP、GE略高于埋深1 cm处理(表5)。由图5可知,90 d后,不同埋深处理石山苏铁幼苗芽长无显著差异( $P > 0.05$ ),但5 cm条件处理下主根长相比1 cm、3 cm处理短,存在显著差异( $P < 0.05$ )。因此,1 cm、3 cm的埋深处理都较适合石山苏铁幼苗生长。

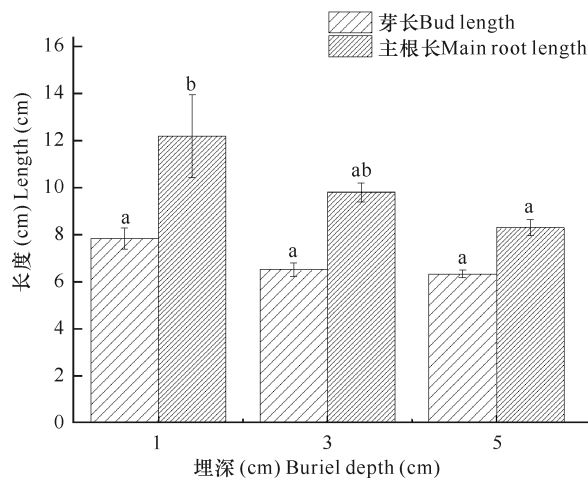
表5 不同播种深度种子萌发情况

Table 5 Seed germination at different sowing depths

埋深 (cm) Burial depth (cm)	萌发时滞 (d) GTL (d)	萌发率 (%) GP (%)	发芽势 (%) GE (%)
1	48.33 ± 2.33a	33.33 ± 11.55a	13.33 ± 3.33a
3	50.00 ± 3.05a	43.33 ± 5.77a	23.33 ± 3.33a
5	66.00 ± 1.15b	36.67 ± 23.09a	16.67 ± 5.77a

注:同列间不同字母表示同一研究对象内不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )

Note: Different letters in the same column indicate significant differences among different treatments within the same research object ( $P < 0.05$ )



不同字母表示不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )

Different letters mean significant difference among different treatments ( $P < 0.05$ )

图5 埋深对石山苏铁幼苗生长影响

Fig. 5 Effects of burial depth on the growth of *Cycas miquelii* O. Warburg seedlings

## 2.7 土壤含水量对种子萌发的影响

石山苏铁种子在土壤含水量为80%时,无萌发迹象,且种子腐坏明显。在土壤含水量40%与20%的处理中,GP与GE均无显著差异( $P > 0.05$ ),

GTL存在显著差异( $P < 0.05$ ),40%土壤含水量处理GTL更短,可知40%的含水量较适宜石山苏铁种子萌发(表6)。由图6可知,40%土壤含水量的石山苏铁幼苗芽长、主根长与20%的处理均存在显著差异( $P < 0.05$ ),前者对于幼苗生长更好。

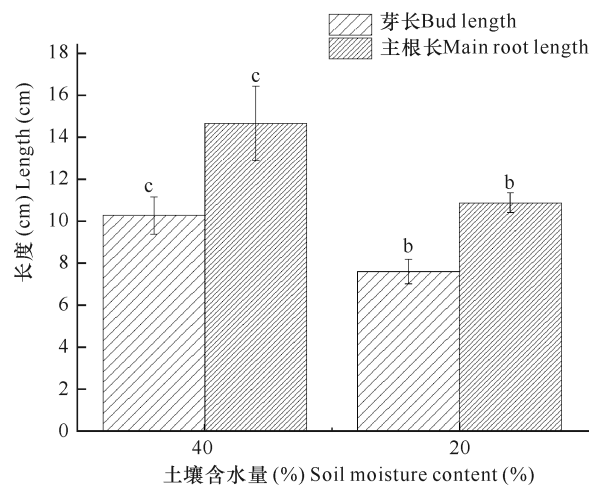
表6 不同土壤含水量种子萌发情况

Table 6 Germination of seeds with different soil moisture content

土壤含水率 (%) Soil moisture content (%)	萌发时滞 (d) GTL (d)	萌发率 (%) GP (%)	发芽势 (%) GE (%)
80	0 ± 0a	0 ± 0a	0 ± 0a
40	43.33 ± 1.33b	36.67 ± 13.33b	23.33 ± 3.33b
20	50.67 ± 2.33c	43.33 ± 3.33b	16.67 ± 3.33b

注:同列间不同字母表示同一研究对象内不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )

Note: Different letters in the same column indicate significant differences among different treatments within the same research object ( $P < 0.05$ )



不同字母表示不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )

Different letters mean significant difference among different treatments ( $P < 0.05$ )

图6 土壤含水量对石山苏铁幼苗生长影响

Fig. 6 Effects of soil water content on the growth of *Cycas miquelii* O. Warburg seedlings

## 3 讨论

### 3.1 石山苏铁种子萌发的适宜条件

石山苏铁种子在自然状态下萌发,会受种子周边土壤pH、土壤含水量、空气湿度等综合因素及种子交互影响。种皮是影响苏铁种子休眠的一个因素<sup>[17]</sup>。本研究发现,与去除中种皮的种子相比,只去除外种皮的种子萌发缓慢,且萌发率差异也较大。石山苏铁种子中种皮厚且硬,结构致密,可能是其在不

良环境下防止水分快速丢失和病原菌入侵的保护机制<sup>[16]</sup>,去除中种皮后种子萌发速度较快,萌发率也较高,说明中种皮对种子萌发造成机械阻碍或限制水分、氧气的供应,延缓种子的萌发。

适宜的温度促进种子的吸水速度,可加强酶促过程和呼吸作用,加速储藏物转化,加速种皮机械变化,从而促进萌发<sup>[18]</sup>。本次试验石山苏铁种子萌发对温度的适应范围较窄,25℃和冬季室温(8-15℃)下不能萌发,30℃、35℃温度下种子能萌发,发芽时滞、萌芽率、萌发势无明显差异,但在35℃下石山苏铁幼苗生长更好,这与石山苏铁所处的亚热带地区石灰岩山地或石灰岩缝隙的生境吻合。种子适宜萌发的温度范围窄是一些濒危植物的共同特点,如海南龙血树对温度极为敏感,25℃是其种子萌发的适宜温度,低于15℃或高于30℃均不能萌发<sup>[19]</sup>;合柱金莲木萌发的适宜温度为25℃,萌发率为56.67%,在15℃条件下萌发受到抑制,在30℃条件下,幼苗不能正常生长<sup>[20]</sup>。根据种子萌发对光照的需求,可将种子分为需光种子、忌光种子和光中性种子。石山苏铁种子在有光和无光条件下均能萌发,虽萌发速度不同,但最终萌发率无显著差异,说明光照不是其萌发的必要条件,这与较多濒危植物如崖柏<sup>[21]</sup>、多毛坡垒<sup>[22]</sup>、云南蓝果树<sup>[23]</sup>种子的光照条件相同。石山苏铁的生境为低海拔的石灰岩山地,光强多变且其较长时间处于温度较高环境中,因此其具有较好的耐光氧化特性,对胁迫环境因子的适应性强<sup>[24]</sup>,所以石山苏铁种子萌发对光照要求不严,适应高温环境也是其适应环境的生态对策。

在5种基质中,石山苏铁种子在腐殖土中的萌发率最高,在珍珠岩、黄土、混合土中萌发率差异不显著,沙土不利于种子萌发,且萌发时滞较长。腐殖土、珍珠岩、黄土和混合土的营养成分、保湿保肥效果较沙土好。可知石山苏铁种子对透气性要求不高,在营养成分高的土壤中萌发更好,因此即使在黄土、混合土等透气性不强的基质中,幼苗长势均较好。不同埋深下以混合土为基质的种子发芽势和萌发率差异性不显著,透气性要求与不同基质萌发试验结论一致。石山苏铁种子在含水量80%的混合土中不能萌发,萌发以40%的含水量为宜,20%的含水量较40%处理的萌发率虽无显著差异,但幼苗的生长情况弱于40%含水量处理。综合石山苏铁种子在不同水分、基质、埋深下的萌发情况,认为其萌发对基质通气透水性反应不敏感,保持较好的肥力条件下,种子萌发情

况较好。

石山苏铁种子萌发对温度的适应范围较窄,对基质的通气透水性反应不敏感,对土壤营养有要求,种子的萌发过程较短,利于种群空间资源的迅速占据,种子萌发对基质、温度、含水量要求较高是导致其种群衰落、沦为濒危的重要原因。此外,本研究主要考虑了种子带皮情况、温度、基质、光照、埋深、土壤含水量对石山苏铁萌芽效果的影响,而贮藏方式、浸种方法与时间、种子大小等因素间的相关作用,各因子间的交互作用对种子萌发的影响有待进一步研究。

### 3.2 石山苏铁种子的萌发与苏铁属其他植物的比较

石山苏铁先使用稀硫酸浸泡10-15 min,再用清水浸泡直至外种皮完全吸水膨胀变软厚。去除中种皮处理33 d后萌发,萌发率为63.33%,去除外种皮处理在50 d后萌发,萌发率为43.33%。在最有效萌发温度35℃下,萌发率达到53.33%。仙湖苏铁经浓硫酸处理打破种子休眠,种子的萌发率可达60%左右<sup>[25]</sup>。德保苏铁在最有效萌发温度30℃下,发芽时间显著提前于20℃、25℃、20-35℃变温,萌发率达93.33%;去皮后25 d开始萌发,不去皮则45 d后开始萌发,且去皮处理萌发率、萌发势都较不去皮处理高<sup>[15]</sup>。葫芦苏铁去皮后8 d开始萌发,萌发率为80%,萌发势为80%;不去皮则55 d后开始萌发,萌发率为73.3%,萌发势为50%,萌发率差异不大,但萌发势差异较大<sup>[26]</sup>。苏铁种子经浓硫酸浸种6 h,其发芽率达到88.3%,较不浸种处理的发芽率(63.3%)高;完全去除苏铁种子的种皮,发芽率达到89.3%,较完整种子的发芽率(64.9%)高<sup>[27]</sup>。说明苏铁属植物种子都需要浸种处理,且萌发时间都不长,而去掉种皮能显著提高石山苏铁、德保苏铁、葫芦苏铁、苏铁种子的吸水性,缩短萌发时间,提高萌发率。石山苏铁的种皮被剥离后,其萌发率与仙湖苏铁差异不大,但与德保苏铁、葫芦苏铁等的萌发率存在较大的差别;最适宜温度下其与德保苏铁的萌发率也存在较大差别,说明苏铁属植物种皮的结构、密度等可能有较大区别。

## 4 结论

本研究结果表明,人工培育石山苏铁应于成熟期采收种子,用稀硫酸溶液浸泡10-15 min后用清水浸泡除去外种皮,种子发芽的基本条件:30-35℃、去中种皮处理、使用腐殖土等营养成分较好的基质,并保持40%的土壤含水量。光照和埋深不是种子萌发

的必要条件。待种子萌发移栽后,保持 35℃左右的较高温、腐殖土或黄土为基质、周期性光照、40%的土壤含水量、1-3 cm 的埋深有利于其幼苗的生长。

#### 参考文献

- [1] 国家林业局,农业部. 国家重点保护野生植物名录(第一批)[J]. 植物杂志,1999(5):4-11.
- [2] 马永,李楠,苏俊霞,等. 中国苏铁属植物的分类学研究现状与展望[J]. 山西师范大学学报(自然科学版),2005(2):73-77.
- [3] 罗芸. 南宁青秀山苏铁园景观调查及评价[D]. 南宁:广西大学,2019.
- [4] 覃海宁,刘演. 广西植物名录[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [5] 袁铁象,黄应钦,梁瑞龙,等. 广西主要乡土树种[M]. 南宁:广西科学技术出版社,2011.
- [6] 钱丹. 广西石山苏铁复合体的资源调查和分类学研究[D]. 广州:中山大学,2009.
- [7] 黎德丘. 广西野生苏铁资源现状与保护对策[J]. 中南林业调查规划,2004,23(3):33-36.
- [8] 伍群玉,黄中强,马书云,等. 苏铁植物无性繁殖技术研究[J]. 西南林学院学报,2007,27(2):33-36,40.
- [9] 潘爱芳. 石山苏铁和攀枝花苏铁杂交育种试验(简报)[J]. 亚热带植物科学,2014,43(3):264-265.
- [10] 唐源江,廖景平. 六种苏铁属植物的羽片比较解剖学研究[J]. 植物学通报,2001,18(5):615-622,604.
- [11] 张花粉,李勇,吴鸿. 四种苏铁属植物小孢子发生的重要特征及其系统学意义[C]//中国植物学会苏铁分会、国家林业局保护司、国家苏铁种质资源保存中心. 第五届全国苏铁学术会议论文摘要汇编. 北京:中国植物学会,2007:2.
- [12] 田波,龚洵,张启泰. 五种苏铁属植物的核形态[J]. 云南植物研究,2002,24(3):370-376.
- [13] 莫鹏巧. 部分苏铁种类亲缘关系的 ISSR 分析及分类学研究[D]. 南宁:广西大学,2008.
- [14] 农保选,黄玉源,刘驰. 基于 RAPD 分析的中国苏铁属部分种类亲缘关系探讨[J]. 广西植物,2011,31(2):167-174,226.
- [15] 王莉芳,欧蒙维,谭艳芳. 濒危物种德保苏铁种子萌发特性研究[J]. 种子,2014,33(2):26-29.
- [16] 张俊杰,柴胜丰,韦霄,等. 珍稀濒危植物金丝李种子的萌发特性[J]. 林业科学,2018,54(4):174-185.
- [17] 焦玉珍. 苏铁人工授粉与播种育苗试验[J]. 园艺学报,1982,9(2):49-53.
- [18] 孙宜,石青松. 温度和光照对红柄白鹃梅种子萌发的影响[J]. 安徽农业科学,2021,49(9):116-118,129.
- [19] 郑道君,吴宇佳,云勇,等. 濒危植物海南龙血树种子萌发及其环境适应性分析[J]. 热带亚热带植物学报,2016,24(1):71-79.
- [20] 柴胜丰,蒋运生,韦霄,等. 濒危植物合柱金莲木种子萌发特性[J]. 生态学杂志,2010,29(2):233-237.
- [21] 秦爱丽,郭泉水,马凡强,等. 温度、光照和水分对珍稀濒危树种崖柏种子萌发的影响[J]. 种子,2020,39(2):15-20.
- [22] 文彬,何惠英,王如玲,等. 濒危植物多毛坡垒种子萌发的生理生态特性[J]. 云南植物研究,2009,31(1):42-48.
- [23] 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.
- [24] 刘伟丽. 苏铁光合特性的研究[D]. 南宁:广西大学,2007.
- [25] 邓莎,吴艳妮,吴坤林,等. 14种中国典型极小种群野生植物繁育特性和人工繁殖研究进展[J]. 生物多样性,2020,28(3):385-400.
- [26] 孙湘来,石绍章,刘志伟,等. 濒危植物葫芦苏铁种子繁育技术研究[J]. 安徽农业科学,2019,47(2):117-119.
- [27] 苏建睦,朱惠,黄肇宇,等. 苏铁种子萌发研究[J]. 种子,2018,37(2):75-77.

## Study on Seed Germination Characteristics of Rare and Endangered Plant *Cycas miquelii* O. Warburg

LIANG Gengyun<sup>1,2</sup>, TANG Jianmin<sup>1</sup>, GU Rui<sup>1,2</sup>, ZOU Rong<sup>1</sup>, QIN Huizhen<sup>1</sup>, WEI Xiao<sup>1</sup>

(1. Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences, Guilin, Guangxi, 541006, China; 2. College of Tourism and Landscape Architecture, Guilin University of Technology, Guilin, Guangxi, 541006, China)

**Abstract:** In order to better protect *Cycas miquelii* O. Warburg resources and expand *C. miquelii* O. Warburg population, *C. miquelii* O. Warburg seeds were used as the test material to study the effects of with seed coat

or without seed coat, temperature, substrate, light, burial depth, and soil moisture content on its germination rate. The results showed that the germination rate of removing mesosperm was 63.33%, which was significantly higher than that without removing seed coat (43.33%). The seeds did not germinate below 25°C, and the seeds could both germinate at 30°C and 35°C. Moreover the germination process and growth rate of seedlings could be significantly accelerated at 35°C. The germination rate of seeds in humus soil was the highest with 66.67%, there was no significant difference in the germination rate of seeds sown in perlite, loess and mixed soil, while the germination rate was the lowest in sandy soil. There was no significant difference in the effect of 20% and 40% soil water content on seed germination rate of *C. miquelii* O. Warburg, but cycad seedlings treated with 40% soil water content grow better, and the seeds did not germinate under 80% water content. The seeds of *C. miquelii* O. Warburg should be harvested when they were basically matured, preserved or sowed in time after drying in shade. The best germination conditions were to remove the mesosperm from the seeds, the temperature was 30–35°C, the substrate was humus soil, and the soil moisture content was 40%. Light and burial depths were not necessary conditions for the germination of *C. miquelii* O. Warburg seeds.

**Key words:** endangered species; *Cycas miquelii* O. Warburg; seeds; germination characteristics; optimal conditions

责任编辑:米慧芝

(上接第 52 页 Continued from page 52)

## Study on Extraction Technology and Antioxidant Activity of Flavonoids from *Tetrapanax papyrifer*

ZOU Rong<sup>1</sup>, SUN Feifei<sup>1,2</sup>, QIU Dequan<sup>1,3</sup>, JIANG Yunsheng<sup>1</sup>, MENG Meiqing<sup>1,3</sup>, LIANG Minling<sup>1,3</sup>

(1. Guangxi Key Laboratory of Plant Functional Phytochemicals and Sustainable Utilization, Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences, Guilin, Guangxi, 541006, China; 2. College of Pharmacy, Guilin Medical University, Guilin, Guangxi, 541199, China; 3. College of Agriculture and Food Engineering, Baise University, Baise, Guangxi, 533000, China)

**Abstract:** In this study, the single factor test and response surface test were used to explore the optimal extraction process of ultrasonic assisted extraction of the flavonoids from *Tetrapanax papyrifer*. On this basis, the content of flavonoids in the stems pith and leaves of the three areas of Laya, Laya Ergou, Leye County, Baise City, and Emei Village, Nandan County, Hechi City, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China, were determined and analyzed, and the antioxidant activity of flavonoids *in vitro* was studied. The results showed that under the conditions of ultrasonic power of 300 W and frequency of 40 kHz, the optimal extraction conditions were as follows: Material-liquid ratio of 1 : 50 (g/mL), ethanol concentration of 20%, extraction temperature of 70°C, and extraction time of 70 min. The extraction rate of flavonoids was 1.62%. The flavonoids content and antioxidant capacity of Laya Ergou were higher than those of the other two regions, and the elimination rates of  $\cdot\text{OH}$ ,  $\text{DPPH}\cdot$ ,  $\text{O}_2^- \cdot$  were 19.35%, 63.21%, 55.65%, respectively. At the same time, the flavonoids content in stem pith of *T. papyrifer* was significantly higher than that in leaves. This study provides a data reference for the development and utilization of the flavonoids resources of *T. papyrifer*.

**Key words:** *Tetrapanax papyrifer*; flavonoid extraction; response surface method; antioxidant; ultrasonic assisted extraction

责任编辑:米慧芝