

# 不同温度处理与储存时间对卷荚相思种子萌发的影响\*

何士宾

(福建省漳浦中西国有林场, 福建 漳州 363200)

**摘要** 为了探究不同温度处理下不同储存时间卷荚相思 *Acacia cincinnata* 种子的萌发状态, 研究以储存时间为 4、2 和 0 a (当年采集) 的 3 种卷荚相思种子为试验材料, 经 25、40、60、80 和 100 °C 水温处理下浸泡 24 h, 对种子的发芽率、发芽势、发芽指数、胚根长及生物量指标进行分析。结果表明, 不同温度处理下卷荚相思种子萌芽各指标均达到极显著差异 ( $P < 0.01$ ), 其中当年采集的种子经 100 °C 水温处理后发芽率、发芽势和发芽指数均达到最大值, 分别为 73.2%、47.2% 和 7.32。整体而言, 种子发芽率、发芽势和发芽指数随温度升高而上升, 随储存时间的延长而下降。综合比较卷荚相思种子萌发的各项指标, 以当年采集经 100 °C 水温处理 24 h 的种子萌发效果最佳。

**关键词** 卷荚相思种子; 处理温度; 储存时间; 种子萌发

中图分类号: S722.1+4 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2024) 06-0140-06

DOI: 10.20221/j.cnki.2096-2053.202406021

## Effects of Different Temperature Treatments and Storage Time on Seed Germination of *Acacia cincinnata*

HE Shibin

(Zhongxi State-owned Forest Farm in Zhangpu, Zhangzhou, Fujian 363200, China)

**Abstract** To explore the germination state of *Acacia cincinnata* seeds in different storage time under different temperature treatments. Three kinds of *A. cincinnata* seeds stored for 4, 2 and 0 years (the current year without storage) were used as experimental materials. The germination rate, germination potential, germination index, radicle length and biomass of the seeds were analyzed after soaking for 24 hours at different temperatures of 25, 40, 60, 80, 100 °C. The results showed significant differences ( $P < 0.01$ ) in *A. cincinnata* seeds germination indexes under different temperature treatments. The germination rate, germination potential and germination index of seeds collected at 100 °C in the same year were the highest, which were 73.2%, 47.2% and 7.32, respectively. Overall, the seed germination rate, germination potential and germination index increased with the increase of temperature and decreased with the extension of storage time. The best seed germination effect was obtained when the seeds were collected in the current year and treated at 100 °C water temperature for 24 hours.

**Key words** *Acacia cincinnata* seeds; temperature treatment; storage time; seed germination

卷荚相思 *Acacia cincinnata* 为豆科金合欢属植物, 原产于印度尼西亚东部、澳大利亚昆士兰沿

\* 基金项目: 福建省种苗科技攻关 (七期) 项目 (ZMGG-0709), 福建省林业科技项目 (2024FKJ29)。

作者简介: 何士宾 (1987—), 男, 工程师, 主要从事森林培育与林业科学技术研究, E-mail: 893010989@qq.com。

海和巴布亚新几内亚南部等地, 其根系发达且具有根瘤, 可与根瘤菌共生固氮, 快速改良土壤<sup>[1-4]</sup>。卷荚相思又因其生长迅速、耐瘠薄、抗逆性强、材质优等特性已成为十分重要的纸浆用材树种, 目前已在广东、福建、云南、广西、海南等地逐渐受到重视<sup>[1]</sup>。

我国自 20 世纪 70 年代引入该树种之后, 对其进行了大量研究, 包括养分生物循环<sup>[5-6]</sup>、快繁、无性系育种<sup>[2]</sup>、适应性研究<sup>[7]</sup>、栽培利用<sup>[8]</sup> 等方面, 但针对卷荚相思种子萌发的研究较少, 种子萌发在种苗培育工作中至关重要, 其直接影响苗圃产量与苗木质量。相关学者<sup>[9-15]</sup> 研究结果均表明经过不同水温处理会对种子的发芽率、发芽势等指标产生影响, 且基本都遵循随水温升高各指标变大的趋势。基于此, 本研究通过对不同储存时间的卷荚相思种子进行不同温度浸种处理, 统计其发芽率、发芽势、发芽指数、胚根长、生物量指标, 分析不同温度处理与储存时间对种子萌发的影响, 探索打破卷荚相思种子休眠的最佳处理方式及储存时间, 为提高卷荚相思的萌芽率及种苗质量提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

卷荚相思种子由福建省漳浦县中西林场提供, 该地属于亚热带海洋性季风气候, 年平均降水量 1 450 mm, 年最高气温 38 ℃, 最低气温 0 ℃, 霜期短。采种时首先采用五株优势木法确定目标优树, 测定优树生长指标及形质指标, 定株记录编号。待种子成熟通过截取结实枝丫, 采摘种实, 置于太阳下晾晒至果荚开裂, 剥取种子, 在《林木种子检验规程 GB 2772—1999》<sup>[16]</sup> 标准下进行去杂净化处理, 最后分装置于阴凉 (0~8 ℃)、干燥、通风良好处保存。试验所用种子选用储存时间为 4、2 和 0 a (当年采集), 不同储存时间的试验均选取 2 500 粒种子。

### 1.2 试验设计

将 3 个不同储存时间的种子皆均分成 5 组, 分别进行 25、40、60、80 和 100 ℃ 水温浸泡 24 h 处理, 25 ℃ 为对照, 处理过程中使用保温桶延长保温时间。浸泡结束后, 用 0.5% 的高锰酸钾溶液消毒 15 min, 每 500 粒约使用 100 mL 高锰酸钾溶液, 消毒期间用玻璃棒搅拌, 然后使用流动的超

纯水对其进行反复冲洗。将不同处理的种子分别置于培养皿中进行发芽试验。培养皿中放入定量滤纸, 加入 2 mL 超纯水将滤纸完全浸湿, 保持培养皿中湿润状态。所有培养皿置入光照培养箱中, 设置温度为 25 ℃、光照时间 10 h, 黑暗时间 14 h。每组实验种子 100 粒, 重复 5 次。

### 1.3 测定指标及方法

每天观察记录种子发芽粒数, 连续 10 d。其中统计发芽最高峰时的发芽总数占比为发芽势, 10 d 后统计发芽率和发芽指数。待培养结束后, 测量每个幼苗的根长以及每组幼苗的生物量 (鲜质量和干质量)。

### 1.4 数据处理

利用 WPS Office 及 R 软件对试验数据进行处理分析<sup>[17]</sup>。通过 R 语言 aov () 函数进行双因素方差分析; duncan.test () 函数进行邓肯多重比较。发芽率、发芽势和发芽指数计算公式为:

$$G_R (\%) = \frac{\sum n}{N} \times 100\% \quad (1)$$

$$G_E (\%) = \frac{n}{N} \times 100\% \quad (2)$$

$$G_I = \frac{\sum G_t}{D_t} \quad (3)$$

式中,  $G_R$  表示发芽率,  $G_E$  表示发芽势,  $G_I$  表示发芽指数,  $N$  为供试种子数,  $D$  为萌发开始的时间,  $n$  为每天的发芽种子数,  $G_t$  为相对应的每天发芽种子数,  $D_t$  为发芽时间<sup>[10]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同温度处理对卷荚相思种子发芽率的影响

方差分析结果表明, 卷荚相思种子在不同温度处理下的发芽率达到极显著差异 ( $P < 0.01$ )。不同储存时间、不同水温下浸泡 24 h 的种子发芽率见图 1~3。储存时间为 4 a 的种子在 25 和 40 ℃ 温度处理下萌芽高峰时间为第 4~5 天, 在 60、80 和 100 ℃ 温度处理下快速萌芽时间为第 3~7 天; 储存 2 a 的种子在 25 和 40 ℃ 温度处理下快速萌芽时间为第 2~3 天, 在 60、80 和 100 ℃ 温度处理下快速萌芽时间为第 2~5 天。当年采集的种子在 25 和 40 ℃ 温度处理下快速萌芽时间为第 2~4 天, 在 60、80 和 100 ℃ 温度处理下快速萌芽时间为第 2~5 天。通过比较卷荚相思发芽率曲线可知, 不同储

存时间的种子在不同温度处理下，除储存 2 a 的种子在 80 °C 水温下发芽率比 100 °C 高外，其余种子皆表现为发芽率随温度升高而升高。

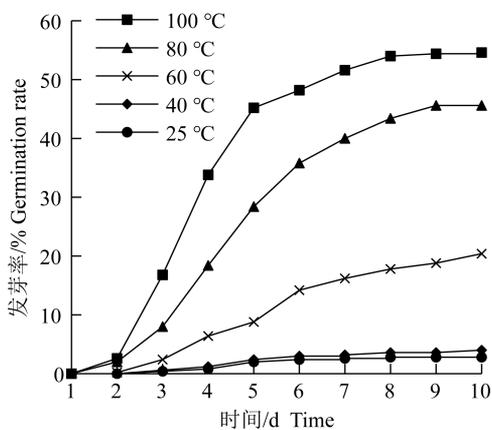


图 1 不同温度处理下储存 4 a 的卷荚相思种子发芽率动态变化

Fig. 1 Dynamic changes of germination rate of *Acacia cincinnata* seeds stored for 4 years under different temperature treatments

由 10 d 后的种子发芽率多重比较可知 (图 4)，不同处理温度间的卷荚相思种子发芽率都达到显著差异水平 ( $P < 0.05$ )，储存 4、0 a 种子均在 100 °C 水温处理下发芽率最高，分别为 54.6% 和 73.2%；在 25 和 40 °C 水温处理下种子发芽率无显著差异。储存时间为 2 a 的种子在 80 °C 热水处理下发芽率最高，为 58.6%，100 °C 次之，为 50.0%。在 25 和 40 °C 水温处理下存在显著差异 ( $P < 0.05$ )，分别为 9.2% 和 1.8%；40 和 60 °C 水温处理下的发芽率差异不显著。综上所述，用 100 °C 的热水处理的卷荚相思种子效果最好，种子随储存时间的延长会逐渐失去活力。

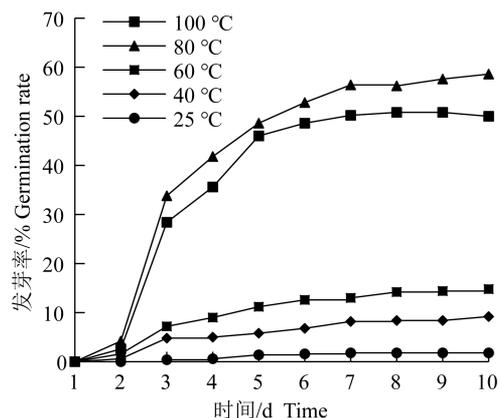


图 2 不同温度处理下储存 2 a 的卷荚相思种子发芽率动态变化

Fig. 2 Dynamic changes of germination rate of *Acacia cincinnata* seeds stored for 2 years under different temperature treatments

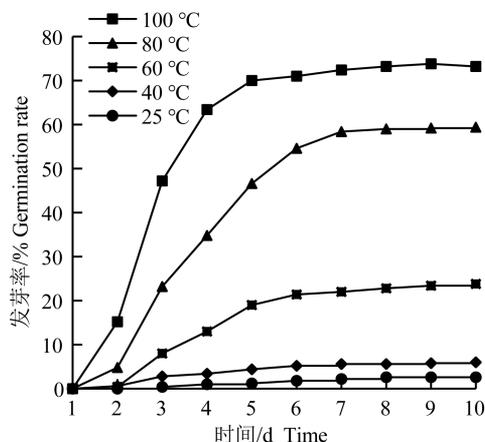
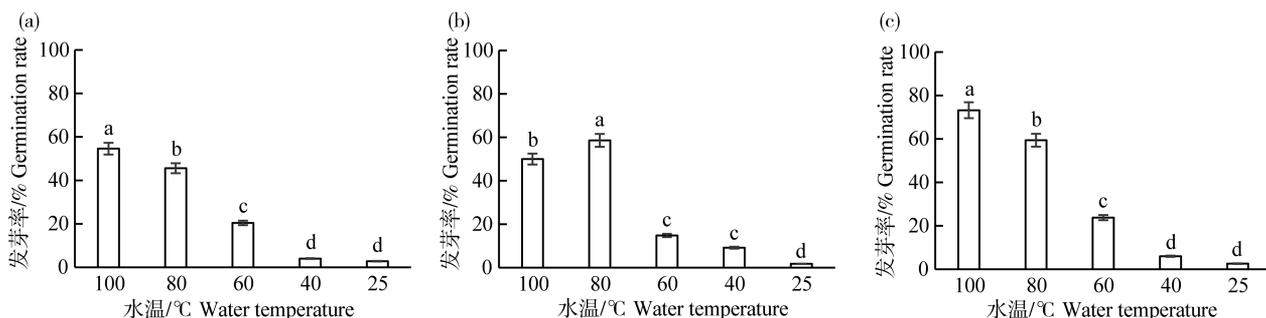


图 3 不同温度处理下当年采集的卷荚相思种子发芽率动态变化

Fig. 3 Dynamic changes of germination rate of *Acacia cincinnata* seeds collected in the current year under different temperature treatments



注：(a-c) 分别表示储存时间为 4、2 和 0 a (当年采集) 的卷荚相思种子；不同小写字母代表差异显著 ( $P < 0.05$ )。Note: (a), (b) and (c) correspond to *Acacia cincinnata* seeds with a storage time of 4 years, 2 years and 0 years (collected in the current year), respectively; different lowercase letters stands for significant difference ( $P < 0.05$ ).

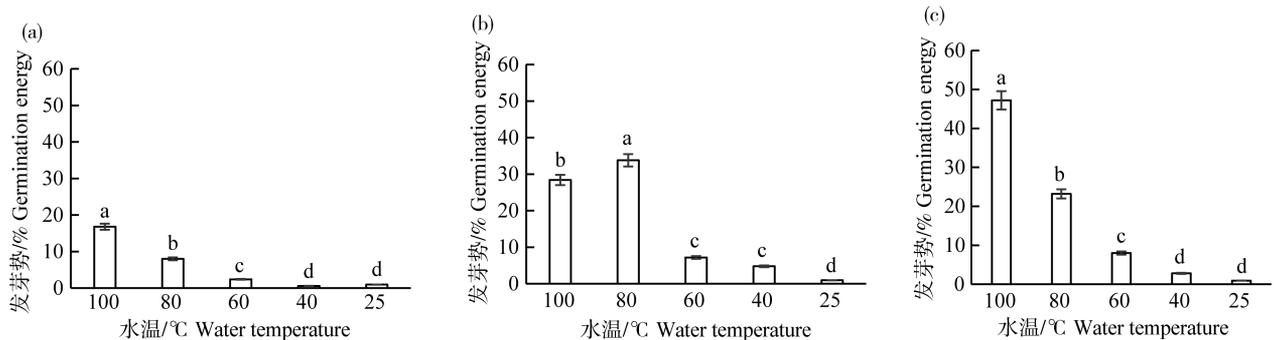
图 4 不同温度处理 10 d 后的卷荚相思种子发芽率

Fig. 4 Germination rate of *Acacia cincinnata* seeds in different storage time under different temperature treatments

## 2.2 不同温度处理对卷荚相思种子发芽势和发芽指数的影响

种子萌发的发芽势和发芽指数比种子发芽率更精确地表示种子活力<sup>[10]</sup>。方差分析结果表明, 卷荚相思种子在不同温度处理下的发芽势和发芽指数都达到极显著差异 ( $P < 0.01$ )。由图 5、图 6 可知, 除储存 2 a 的种子发芽势和发芽指数在 80 °C 水温下比在 100 °C 高外, 种子发芽势和发芽指数的趋势与发芽率一致, 其余时间种子随温度升

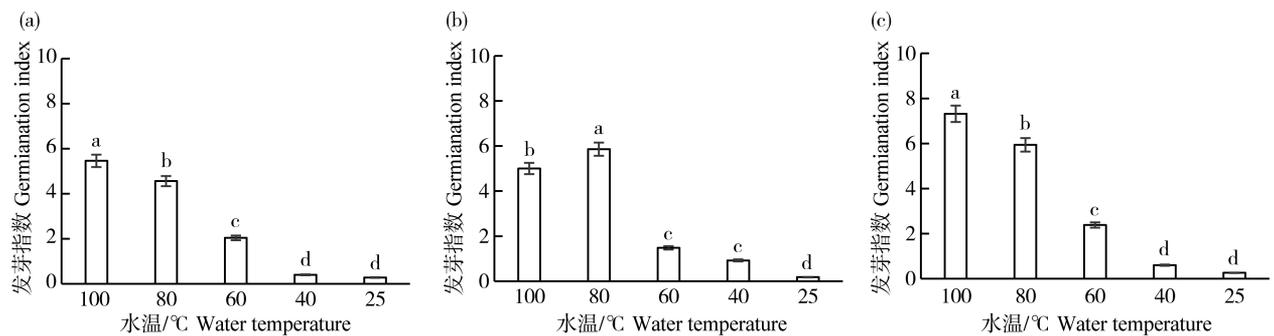
高而变大的趋势, 储存 4 a 与当年采集的种子在 25 和 40 °C 温度处理下发芽势和发芽指数均差异水平不显著, 储存 2 a 的种子在 40 和 60 °C 温度处理下发芽势和发芽指数也表现出差异水平不显著。当年采集的种子在 100 °C 水温处理下的发芽势最大, 为 47.2%, 是 40 和 25 °C 水温处理下的 16 倍与 118 倍, 储存 4、2 a 和当年采集的卷荚种子发芽指数最高分别为 5.46、5.94 和 7.32, 是对照处理 (25 °C) 的 19.5 倍、27.7 倍和 28.2 倍。



注: (a-c) 分别表示储存时间为 4、2 和 0 a (当年采集) 的卷荚相思种子。不同小写字母代表差异显著 ( $P < 0.05$ )。  
Note: (a), (b) and (c) correspond to *Acacia cincinnata* seeds with a storage time of 4 years, 2 years and 0 years (collected in the current year), respectively; different lowercase letters stands for significant difference ( $P < 0.05$ ).

图 5 不同温度处理下不同储存时间卷荚相思种子的发芽势

Fig. 5 Germination energy of *Acacia cincinnata* seeds in different storage time under different temperature treatments



注: (a-c) 分别表示储存时间为 4、2 和 0 a (当年采集) 的卷荚相思种子。不同小写字母代表差异显著 ( $P < 0.05$ )。  
Note: (a), (b) and (c) correspond to *Acacia cincinnata* seeds with a storage time is 4 years, 2 years and 0 years (collected in the current year), respectively; different lowercase letters stands for significant difference ( $P < 0.05$ ).

图 6 不同温度处理下不同储存时间卷荚相思种子的发芽指数

Fig. 6 Effect of different temperature treatment on germination index of *Acacia cincinnata* seeds in different storage time

## 2.3 不同温度处理对卷荚相思种子生物量的影响

方差分析结果表明, 卷荚相思种子在不同温度处理下的生物量极显著差异 ( $P < 0.01$ )。由表 1 可知, 发芽率与胚根长度、鲜质量、干质量等表现不一致, 即同一储存时间同一处理下发芽率最高的, 其胚根长度、鲜质量、干质量的表现未必最高。不同储存时间的卷荚相思种子萌发后胚根根长和鲜质量、干质量具有较

大差异, 且同一储存时间不同温度处理下卷荚相思根长、鲜质量和干质量也存在显著差异 ( $P < 0.01$ )。储存 4、2 a 和当年采集的种子在处理温度 100 或 80 °C 时, 胚根根长、鲜质量和干质量达到最大, 最大胚根长分别为 49.84、31.48 和 31.84 mm, 最大胚根及胚芽鲜质量分别为 1.85、1.65 和 1.81 g, 最大胚根及胚芽干质量分别为 0.23、0.25 和 0.35 g。由此可见,

卷荚相思种子发芽率、胚根长度、胚根的鲜质量与干质量受储存年限与温度处理的影响较显著，且储存 4 a 的种子发芽后的胚根长度远远高于储存 2 a 和当年采集。

表 1 不同储存时间下卷荚相思种子根长与质量的比较

Table 1 Comparison of root length and quality of *Acacia cincinnata* seeds with different storage time

储存时间/a Storage time	浸种温度/℃ Treatment	发芽率/% Germination rate	根长/mm Root length	鲜质量/g Fresh weight	干质量/g Dry weight
4	100	54.60a	46.86ab	1.590b	0.23a
	80	45.60b	49.84a	1.850a	0.21a
	60	20.40c	44.23abc	0.870c	0.10b
	40	4.00d	40.38bc	0.280d	0.02c
	25 (CK)	2.80d	39.61c	0.135d	0.01c
2	100	50.00b	28.19a	1.280b	0.21b
	80	58.60a	31.48a	1.650a	0.25a
	60	14.80c	23.04b	0.460c	0.07c
	40	9.20c	22.53b	0.420c	0.04c
	25 (CK)	1.80d	17.39c	0.070d	0.01d
0	100	73.20a	31.84a	1.810a	0.35a
	80	59.40b	29.62a	1.470b	0.29b
	60	23.80c	29.34a	0.650c	0.12c
	40	6.00d	24.99b	0.170d	0.03d
	25 (CK)	2.60d	19.96c	0.070d	0.02d

注：不同小写字母代表相同储存时间不同温度间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

Note: Different lowercase letters represent significant differences between different storage times ( $P < 0.05$ ).

### 3 讨论与结论

种子发芽过程是一个复杂的生理生化过程，相思种子坚硬，外层有厚胶质，不易吸收水分，而热水浸种是去除外侧胶质，打破种子硬实休眠，促进种子萌发的有效方法<sup>[10-11]</sup>。本研究结果表明，不同浸种温度处理 24 h 对卷荚相思种子的萌发具有极显著影响。整体而言，100 ℃热水处理的卷荚相思种子萌发效果最好，其种子发芽率是对照 (25 ℃) 的 5.43 倍，卷荚相思种子发芽势和发芽指数与对照相比也存在显著差异。大量研究表明，热水浸种操作简单，在促进种子萌发中有显著的优势<sup>[9-11]</sup>。胡小文等<sup>[18]</sup> 对 9 种常见豆科植物种的适宜休眠破除条件进行了探索，指出印度田菁 *Sesbania sesban* 种子在 80 ℃的热水中浸泡 3 min 后发芽效果最好，发芽率为 85%。汪建军等<sup>[11]</sup> 对不同温度和不同浓度 PEG 处理的中华羊茅 *Festuca sinensis* 种子萌发研究中指出，在不同水温条件下种子表现出不同的萌发特性，25 ℃时萌芽率达到最高。陈海魁等<sup>[19]</sup> 也在研究中指出，70 ℃热水

浸种是破除合欢 *Albizia julibrissin* 种子硬实的最优方法。而本试验中储存时间为 4、0 a 的种子最高发芽率的浸种温度都是 100 ℃，介于 54.60% ~ 73.20% 之间，造成差异的原因可能与种子采集时间有关。

本研究结果中不同储存时间的卷荚相思种子萌发效果差异较大，储存年限越长，种子发芽率越低。Vitis M D 等<sup>[20]</sup> 在毛地黄 *Digitalis purpurea* 种子发芽率研究中指出，随着储存时间延长种子发芽率降低。Mira S 等<sup>[21]</sup> 在研究灰芥 *Hirschfeldia incana* 种子条件中指出，种子在高温高湿环境中贮藏 30 d 后活力基本为零，在干燥环境中放置 400 d 虽然活力下降但发芽率仍在 50% 左右。魏超等<sup>[13]</sup> 在不同温度对芥菜型油菜 *Brassica rapa* 种子萌发影响中指出，2017 年收获种子的发芽率明显低于 2020 年的种子，且常温干燥保存的种子活力在 3 a 后基本丧失。本研究的结果与前人研究结果基本相似，即随着储存时间延长，卷荚相思种子最大发芽率依次下降，分别为 73.2% (当年采集)、58.6% (储存 2 a) 和 54.6% (储存 4 a)。

本试验中, 储存 4 a 的卷荚相思种子萌发后胚根长显著高于储存 2 a 和当年采集, 这可能是因为长时间储存种子会消耗自身的营养物质在胚根的萌发, 因此长时间储存会消耗种子自身营养物质, 使得发芽率下降。

### 参考文献

- [1] 郑莹莹. 卷荚相思无性系综合评价与选择[D]. 福州: 福建农林大学, 2018.
- [2] 王鸿, 黄烈健, 施琼, 等. 卷荚相思组培快繁技术研究[J]. 林业科学研究, 2016, 29(4): 603-609.
- [3] 黄猛, 黄玉梅, 赵苗菲, 等. 5 种外来相思类树种的物候期观测[J]. 福建林业科技, 2018(4): 28-32.
- [4] 潘志刚, 游应天. 中国主要外来树种引种栽培[M]. 北京: 科学技术出版社, 1994.
- [5] 刘红英, 韦录, 何斌, 等. 卷荚相思人工林碳库及其分配特征[J]. 华南农业大学学报, 2013, 34(3): 436-438.
- [6] 潘辉, 黄石德, 洪伟, 等. 3 种相思人工林凋落物量及其碳归还动态[J]. 福建林学院学报, 2010, 30(2): 104-108.
- [7] 王瑞雪. 低温对卷荚相思无性系耐寒生理特征的影响及综合评价[D]. 福州: 福建农林大学, 2014.
- [8] 陈诚, 蒲俊文, 姚胜, 等. 五种相思树制浆适应性能研究[J]. 中华纸业, 2009, 30(17): 80-82.
- [9] 肖舒, 陈应彪, 王俊林. 不同种植密度卷荚相思在饶平的生长表现[J]. 林业与环境科学, 2020, 36(5): 54-58.
- [10] 黄雪梅, 杨帆, 黄水生, 等. 浓硫酸或热水处理对不同相思种子硬实休眠的解除效果[C]//中国植物学会种子科学与技术专业委员会. 第二届全国种子科学与技术学术研讨会论文摘要集. 广州: 华南农业大学园艺学院; 中国林业科学研究院热带林业研究所, 2011.
- [11] 苏晓敏, 李绍才, 孙海龙, 等. 不同热水处理方式对 14 种硬实种子萌发的影响[J]. 种子, 2019, 38(1): 76-79.
- [12] 汪建军, 麻安卫, 汪治刚, 等. 不同温度和 PEG 处理对中华羊茅种子萌发的影响[J]. 草业学报, 2016, 25(4): 73-80.
- [13] 王明, 王琴飞, 应东山, 等. 大叶相思种子发芽特性研究[J]. 中国热带农业, 2015(6): 66-68.
- [14] 魏超, 江嘉纯, 温馨, 等. 不同温度处理方式对芥菜型油菜种子萌发与活力的影响研究[J]. 广东农业科学, 2022, 49(5): 19-26.
- [15] 杨春霞, 赵志平, 陈永川, 等. 不同热水处理方式对橡胶园覆盖绿肥种子萌发的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2017, 25(4): 161-166.
- [16] 杨锦昌, 邹文涛, 尹光天, 等. 不同处理方法对油楠成熟和过熟种子萌发特性的影响[J]. 热带亚热带植物学报, 2017, 25(4): 331-338.
- [17] 国家质量技术监督局. 林木种子检验规程: GB/T 2772-1999[S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
- [18] 杨国强. 不同坡向、坡位对白花泡桐幼龄林生长的影响[J]. 防护林科技, 2024(6): 78-80.
- [19] 胡小文, 武艳培, 王彦荣, 等. 豆科种子休眠破除方法初探[J]. 西北植物学报, 2009, 29(3): 568-573.
- [20] 陈海魁, 任贤, 贝鑫临, 等. 植物种子的硬实现象及其处理方法研究综述[J]. 甘肃农业, 2008(2): 80-81.
- [21] VITIS M D, HAY F R, DICKIE J B, et al. Seed storage: maintaining seed viability and vigor for restoration use[J]. Restoration ecology, 2020, 28(S2): 49-55.
- [22] MIRA S, VEIGA-BARBOSA L, PÉREZ-GARCÍA F. Seed dormancy and longevity variability of *Hirschfeldia incana* L. during storage[J]. Seed science research, 2019, 29(2): 1-7.