

# 贮藏温度和时间对木棉与美丽异木棉种子活力的影响\*

朱报著<sup>1</sup> 徐放<sup>1</sup> 潘文<sup>1</sup> 黄颂谊<sup>2</sup>  
朱政财<sup>3</sup> 王裕霞<sup>1</sup> 徐斌<sup>1</sup>

(1. 广东省森林培育与保护利用重点实验室 / 广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520; 2. 广州市绿化公司, 广东 广州 510440; 3. 广州市增城区林业和园林科学研究所, 广东 广州 511300)

**摘要** 利用木棉 *Bombax ceiba* 和美丽异木棉 *Chorisia speciosa* 混合种子, 在 0、4、和 8℃ 条件下贮藏 135d, 每隔 45 d 测定一次种子场圃发芽率和活力指标, 用 2, 3, 5-三苯基氯化四氮唑法 (TTC 法) 测定种子的初始和贮藏 135 d 的生活力。结果如下: 木棉种子在相同贮藏温度条件下, 随贮藏时间的延长, 发芽率、发芽势、活力指数存在显著差异 ( $P < 0.05$ ), 贮藏温度和贮藏时间有极显著的交互作用, 种子活力逐渐下降, 贮藏 135 d 后种子发芽率在 8.33% 以下, 基本失去发芽能力; 美丽异木棉种子在不同温度下, 随着贮藏时间延长, 发芽率、发芽势、活力指数没有显著差异, 贮藏温度和贮藏时间没有显著的交互作用, 种子发芽率为新鲜种子发芽率的 67.46% 以上; 利用 TTC 染色法 (1.0% 浓度) 能反映出木棉的种子生活力; 木棉种子 0℃ 贮藏 90 d 发芽率好于 4 和 8℃, 可在生产中推广应用 TTC 染色法检测木棉的种子生活力; 美丽异木棉种子 0、4、8℃ 贮藏 135 d 的发芽率差异很小, 0℃ 贮藏发芽率和活力指数较优。

**关键词** 发芽率; 活力指数; 种子贮藏; 木棉; 美丽异木棉

中图分类号: S792.99 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2021) 01-0029-07

## Effects of Storage Temperature and Time on Seed Vigor of *Bombax ceiba* and *Chorisia speciosa*

ZHU Baozhu<sup>1</sup> XU Fang<sup>1</sup> PAN Wen<sup>1</sup> HUANG Songyi<sup>2</sup>  
ZHU Zhengcai<sup>3</sup> WANG Yuxia<sup>1</sup> XU Bin<sup>1</sup>

(1. Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization/Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China; 2. Guangzhou Landscaping Company, Guangzhou, Guangdong 510440, China; 3. Guangzhou Zengcheng Forestry and Landscape Science Research Institute, Guangzhou, Guangdong 511300, China)

**Abstract** Through the analysis of different storage temperature and time on the germination and vigor index of the *Bombax ceiba* and *Chorisia speciosa* seeds, we aim to explore the effect of seed storage temperature and time on the germination rate and seed vigor of the two species. Using the mixed seeds of *B. ceiba* and *C. speciosa*, stored at 0, 4 and 8℃ for 135 days, we tested the germination rate and vigor index of the seeds in every 45 days. TTC was used to test the seed vigor at the initial time and after 135 days storage. Under the same storage temperature, the germination rate, germination potential and vitality index of *B. ceiba* seeds were significantly different with the extension of storage time. The storage temperature and storage time had very significant interaction, the seed vigor gradually decreased with the storage prolonged and the temperature increased. After 135 days storage, the germination rate of *B. ceiba* seeds is below 8.33%, and the germination ability is basically

\* 基金项目: 广东省林业科技创新项目 (2014KJCX005-01)。

第一作者: 朱报著 (1966—), 男, (教授级) 高级工程师, 主要从事森林培育工作, E-mail: zhu61030141@sina.com。

lost. On the other hand, there is no significant difference in germination rate, germination vigor and vigor index of the seeds of *C. speciosa* after 135 days storage. There is no significant interaction between storage temperature and storage time in the *C. speciosa* seeds germination. After 135 days of storage, the germination rate decreased to 67.47% of initial. Using the 1.0% TTC dyeing method can accurately reflect the seed vigor of *B. ceiba*. The germination rate of *B. ceiba* seeds stored at 0 for 90 days is better than 4 and 8 °C. We can popularize the application of TTC dyeing method to detect the seed vigor of *B. ceiba*. The best temperature to store the *C. speciosa* is 0°C and the difference in germination rate of the seeds stored at 0、4、8°C is small.

**Key words** germination rate; vigor index; seed storage; *Bombax ceiba*; *Chorisia speciosa*

种子活力指在田间条件下种子本身具有决定其快速而整齐发芽,并发育成正常苗的潜力<sup>[1]</sup>。影响种子活力的内因条件有种皮结构、内含物质构成、含水量和成熟度等,外因条件有保存温度、时间、湿度和氧气条件等,研究种子贮藏的外因条件,保持种子活力对农林业生产具有现实意义。

木棉 *Bombax ceiba* 和美丽异木棉 *Chorisia speciosa* 是热带和亚热带地区广泛栽培的木棉科优良观赏树种,具有花量大、花期长、花色艳的特点,盛花时期,满树繁花,绚丽耀目,是广州市道路和单位绿化的骨干树种之一<sup>[2-6]</sup>。国内对木棉和美丽异木棉种子萌发的研究已有报道,高柱等<sup>[7]</sup>研究了木棉种子发芽率和发芽势,认为居群环境影响种子形态和质量;高雨灵等<sup>[8]</sup>研究选出木棉种子用 0.1%HgCl<sub>2</sub> 可提高种子发芽率;郑艳玲等<sup>[9]</sup>研究得出,限制木棉种子成功萌发的关键因子是温度和湿度;赵高卷等<sup>[10]</sup>研究认为紫茎泽兰 *Eupatorium adenophora* 叶片和根系的分解或半分解产物对木棉种子萌发、幼苗光合效率和存活能产生抑制作用;肖珍泉等<sup>[11]</sup>研究认为美丽异木棉宜随采随播,发芽率高;郭丽荣<sup>[12]</sup>通过改变美丽异木棉的育苗播种方法来提高种子发芽率;但鲜见有关贮藏温度和时间对木棉和美丽异木棉种子萌发及种子活力的研究报道。为此,我们以不同贮

存温度和时间的美丽异木棉和木棉的种子进行发芽播种试验,测定场圃发芽率、发芽指数和幼苗质量,并用 2, 3, 5 — 三苯基氯化四氮唑 (TTC, 1.0%) 染色法检验种子生活力,试图了解贮藏温度和时间对木棉与美丽异木棉的种子萌发特性和种子活力的影响,掌握种子贮藏规律,为实现苗木的高效生产和资源培育提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

2020年5月中旬,采集广州市黄埔区天鹿南路(113°25'16"E, 23°12'01"N)木棉果实,惠州市博罗县梅花林场(114°13'56"E, 23°12'51"N)美丽异木棉果实,自然风干后除去果皮和棉絮收集纯净种子。木棉种子表面光滑,平均纵径为 5.59 mm,平均横径 4.18 mm,平均厚度为 3.93 mm,千粒重 37.45 g;美丽异木棉种子表面粗糙,平均纵径为 8.48 mm,平均横径 6.62 mm,平均厚度为 5.47 mm,千粒重 145.23 g;木棉和美丽异木棉均属小粒种子(表 1)。

木棉种子初始含水量为 21.38%,经过 135 d 贮藏,8°C 贮藏的种子全部霉烂,4 和 0°C 贮藏的种子含水量分别为 23.81% 和 24.02%;美丽异木棉种子初始含水量为 9.34%,8、4°C 和 0°C 贮藏的种

表 1 木棉和美丽异木棉种子形态和千粒重  
Table 1 Seed shape and thousand grain weight of *B. ceiba* and *C. speciosa*

编号 No.	纵径/mm Seed length	横径/mm Diameter	厚度/mm Thickness	千粒重/g Thousand grain weight
木棉 <i>B. ceiba</i>	5.59 ± 0.47	4.18 ± 0.23	3.93 ± 0.22	37.45 ± 0.13
美丽异木棉 <i>C. speciosa</i>	8.48 ± 0.47	6.62 ± 0.45	5.47 ± 0.52	145.23 ± 3.36

注:结果表示为平均值 ± 标准差。

Note: mean ± sd.

子含水量分别上升至 14.16%、14.15% 和 14.13%。

## 1.2 试验设计

试验在广东省林业科学研究院大棚内进行, 位居 113°22'6"E, 23°11'59"N, 新鲜种子在苗床播种育苗, 苗床高 12 cm, 用干净河沙作基质; 贮藏后的种子用规格为 50 穴的育苗筛, 穴深 12 cm, 穴宽 6 cm 作育苗容器, 用干净河沙作基质, 播种后保持基质湿润。经净种后的新鲜种子随采随播, 剩余种子分别在 0、4、8℃ 3 个温度水平冰箱和室内常温贮藏; 5 月中旬开始, 45 d 播种 1 次, 合计播种 4 次。从冰箱取出的种子, 室内放置 3 h, 用常温水浸泡 10 h 后播种。试验采取 40 株小区 3 次重复进行。

## 1.3 测定的项目与方法

1.3.1 种子发芽率和活力指数 播种后每天登记种子发芽情况, 直至发芽结束; 种子发芽 9 d, 真叶开始生长, 挖出芽苗, 用直尺测量苗木长度(芽长与根长的总和), 用电子天平称鲜质量(芽鲜质量与根鲜质量的总和), 烘干至恒重后称干质量。

1.3.2 种子生活力测定 取新鲜种子和贮藏 135 d 的种子各 150 粒, 按照 ISTA 种子检验规程<sup>[13]</sup>, 采用 2, 3, 5-三苯基氯化四氮唑(TTC, 1.0%) 染色法测定木棉和美丽异木棉种子活力。将种子置于 32℃ 温水中浸泡 1 d 后纵向切开, 保留包含有

胚和子叶的半粒种子, 然后在 32℃ 条件下用 TTC 溶液染色 12 h, 染完色后观察种胚和子叶的着色程度, 统计种胚和子叶均有明显着色的种子数量, 实验重复 3 次。

## 1.4 统计分析方法

种子发芽率 (GR) = 发芽种子数 / 供试种子数 × 100% ……(1)

平均发芽时间 (MLIT) =  $\frac{\sum_{i=1}^n G_i T_i}{\sum_{i=1}^n G_i}$  ……(2)

发芽势 (GP) = 种子发芽数达到高峰时的正常发芽种子总数 / 供试种子总数 × 100% ……(3)

发芽指数 (GI) =  $\sum_{i=1}^n (G_i / T_i)$  ……(4)

活力指数 (VI) = 发芽指数 (GI) × S ……(5)

式中:  $G_i$  为  $i$  日发芽数,  $T_i$  为相应的天数,  $S$  为平均干质量。数据处理整理和方差分析均在 Excel2016 软件中完成, 多重比较利用 R 语言<sup>[14]</sup> 中 agricolae 函数包<sup>[15]</sup> 结合自编代码完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 种子发芽和生活力结果

2.1.1 种子发芽率和发芽势结果 木棉种子播种后第二天开始发芽, 播种后 3 d 内达到发芽高峰,

表 2 木棉和美丽异木棉种子发芽率和发芽势

Table 2 Germination rate and germinating viability of *B. ceiba* and *C. speciosa*

贮藏温度 /℃ Temperature	贮藏时间 /d Time	木棉 <i>B. ceiba</i>		美丽异木棉 <i>C. speciosa</i>	
		发芽率 /% Germination rate	发芽势 /% Germinating viability	发芽率 /% Germination rate	发芽势 /% Germinating viability
0	0	90.00 ± 7.50 a	58.33 ± 20.05 a	35.83 ± 4.33 a	19.17 ± 7.64 a
	45	74.17 ± 2.89 a	57.50 ± 13.92 a	34.17 ± 13.77 a	26.00 ± 10.1 a
0	90	48.33 ± 11.81 b	22.50 ± 2.50 bc	37.5 ± 9.01 a	27.50 ± 9.01 a
	135	8.33 ± 5.20 c	2.50 ± 0 c	35.83 ± 5.20 a	29.17 ± 10.00 a
4	45	76.67 ± 7.64 a	45.83 ± 6.29 ab	35.00 ± 6.61 a	19.33 ± 7.22 a
	90	12.50 ± 5.00 c	7.50 ± 4.33 c	27.50 ± 9.01 a	21.67 ± 10.10 a
4	135	1.67 ± 2.89 c	2.50 ± 0 c	25.83 ± 5.20 a	23.33 ± 5.20 a
	45	38.33 ± 3.82 b	20.00 ± 4.33 bc	32.01 ± 2.50 a	13.00 ± 5.00 a
8	90	1.67 ± 1.44 c	2.50 ± 0 c	30.83 ± 12.33 a	26.67 ± 15.21 a
	135	-	-	24.17 ± 7.64 a	17.50 ± 11.46 a

注: 结果表示为平均值 ± 标准差, 同列数据后不同字母表示在  $P < 0.05$  水平上差异显著; - 表示为种子已经霉烂, 缺值。

Note: mean ± sd, different letters after the same column indicate that there is a significant difference at the  $P < 0.05$  level, - indicates that the seed is rotten.

8 d发芽结束。新鲜种子发芽率达90.0%，发芽势为58.33%，经0、4和8℃分别低温贮藏45、90和135 d后，种子发芽率和发芽势均存在显著差异 ( $P<0.05$ )，随着贮藏时间延长，种子发芽率不断下降，0℃贮藏效果最好；贮藏135 d后，种子发芽率在8.33%以下，基本失去发芽能力(表2)；木棉和美丽异木棉种子常温贮藏45 d全部霉烂。

美丽异木棉种子也是播种后第二天开始发芽，播种后4 d内达到发芽高峰，10 d发芽结束。新鲜种子发芽率达35.83%，发芽势为19.17%，经0、4和8℃低温贮藏135 d后，种子发芽率和发芽

势没有显著差异 ( $P<0.05$ )，0℃贮藏效果相对较好；随着贮藏时间的延长，种子发芽率呈下降趋势，贮藏135 d后，种子发芽率仍有24.17%以上，为新鲜种子发芽率的67.46%以上(表2)。

2.1.2 种子生活力结果 木棉和美丽异木棉种子在新鲜状态下，种子中胚和子叶全部被染色的比率均为92%。木棉种子在0和4℃条件下保存135 d后，种子染色率分别降至34.7%和28.7%。美丽异木棉种子在保存后染色比率下降较小，分别为82.7% (0℃)，78.3% (4℃)，73.3% (8℃) (表3)。随着贮藏温度的提升，染色程度显著降

表3 不同贮藏温度和时间木棉和美丽异木棉种子 TTC 染色比率结果

Table 3 Results of the storage temperature and time to the TTC dyeing ratio of *B. ceiba* and *C. speciosa*

贮藏温度 /℃ Temperature	贮藏时间 /d Time	木棉染色比率 /% Dyeing rate of <i>B. ceiba</i>	美丽异木棉染色比率 /% Dyeing rate of <i>C. speciosa</i>
0	0	92.0 ± 2.0 a	92.0 ± 2.3 a
0	135	34.7 ± 8.3 b	82.7 ± 8.3 ab
4	135	28.7 ± 11.3 b	78.3 ± 6.1 ab
8	135	-	73.3 ± 2.3 b

注：结果表示为平均值 ± 标准差，同列数据后不同字母表示在  $P<0.05$  水平上差异显著；- 表示为种子已经霉烂，缺值。  
Note: mean ± sd, different letters after the same column indicate that there is a significant difference at the  $P<0.05$  level, - indicates that the seed is rotten.

表4 木棉和美丽异木棉种子平均发芽时间和发芽指数

Table 4 Mean germination time and germination index of *B. ceiba* and *C. speciosa*

贮藏温度 /℃ Temperature	贮藏时间 /d Time	木棉 <i>B. ceiba</i>		美丽异木棉 <i>C. speciosa</i>	
		平均发芽时间 /d Mean germination time	发芽指数 Germination index	平均发芽时间 /d Mean germination time	发芽指数 Germination index
0	0	4.8 ± 0.6 b	7.88 ± 1.28 a	3.8 ± 0.4 a	4.44 ± 0.82 ab
	45	4.2 ± 0.4 b	7.75 ± 0.88 a	3.3 ± 0.1 a	4.31 ± 1.71 ab
0	90	5.2 ± 0.4 b	3.92 ± 1.06 b	3.3 ± 0.5 a	5.05 ± 1.67 ab
	135	8.2 ± 1.3 a	0.42 ± 0.26 c	3.3 ± 0.7 a	6.39 ± 1.31 a
4	45	3.6 ± 0.3 b	9.26 ± 1.74 a	3.6 ± 0.8 a	4.41 ± 0.90 ab
	90	4.8 ± 0.5 b	1.10 ± 0.51 c	3.3 ± 0.1 a	3.71 ± 1.16 ab
4	135	7.3 ± 0.6 a	0.29 ± 0.03 c	3.6 ± 0.2 a	3.12 ± 0.70 ab
	45	3.6 ± 0.1 b	4.45 ± 0.52 b	3.5 ± 0.1 a	2.95 ± 0.28 ab
8	90	5.2 ± 0.3 b	0.26 ± 0.10 c	3.6 ± 0.1 a	3.77 ± 1.75 ab
	135	-	-	4.5 ± 1.0 a	2.33 ± 0.99 b

注：结果表示为平均值 ± 标准差，同列数据后不同字母表示在  $P<0.05$  水平上差异显著；- 表示为种子已经霉烂，缺值。  
Note: mean ± sd, different letters after the same column indicate that there is a significant difference at the  $P<0.05$  level, - indicates that the seed is rotten.

表 5 木棉和美丽异木棉种子活力指数变化结果  
Table 5 Seed vigor index change of *B. ceiba* and *C. speciosa*

贮藏温度 /℃ Temperature	贮藏时间 /d Time	木棉 <i>B. ceiba</i>			美丽异木棉 <i>C. speciosa</i>		
		苗木长度 /cm Seedling length	干质量 /mg Dry weight	活力指数 Vigor index	苗木长度 /cm Shoot length	干质量 /mg Dry weight	活力指数 Vigor index
0	0	11.56 ± 0.69 a	32.4 ± 1.9 b	0.26 ± 0.04 ab	15.72 ± 0.70 abc	122.8 ± 19.1 a	0.54 ± 0.11 a
	45	10.75 ± 0.46 a	36.5 ± 3.1 ab	0.29 ± 0.06 a	18.21 ± 0.87 a	135.0 ± 11.4 a	0.57 ± 0.18 a
0	90	10.39 ± 0.48 a	35.2 ± 3.8 b	0.13 ± 0.03 cd	16.3 ± 0.35 abc	122.4 ± 2.6 a	0.62 ± 0.20 a
	135	9.84 ± 2.6 ab	36.1 ± 2.6 ab	0.01 ± 0.01 de	13.76 ± 1.39 bc	110.2 ± 12.2 a	0.71 ± 0.21 a
4	45	10.56 ± 0.36 a	33.5 ± 2.9 b	0.34 ± 0.08 a	17.47 ± 1.20 a	122.5 ± 6.4 a	0.54 ± 0.13 a
	90	9.94 ± 1.58 ab	34.5 ± 1.9 ab	0.04 ± 0.02 de	16.75 ± 0.66 ab	135.4 ± 12.9 a	0.49 ± 0.13 a
4	135	6.68 ± 0.14 b	18.3 ± 1.0 c	0.01 ± 0 e	13.44 ± 0.75 bc	102.0 ± 5.2 a	0.32 ± 0.06 a
	45	10.46 ± 0.53 a	29.8 ± 3.5 b	0.16 ± 0.03 bc	17.45 ± 2.10 a	130.8 ± 12.8 a	0.38 ± 0.03 a
8	90	11.17 ± 0.72 a	17.8 ± 1.3 c	0.01 ± 0.01 de	16.29 ± 1.10 abc	126.8 ± 12.1 a	0.48 ± 0.23 a
	135	-	-	-	13.23 ± 0.51 c	113.6 ± 0.8 a	0.27 ± 0.11 a

注：结果表示为平均值 ± 标准差，同列数据后不同字母表示在  $P < 0.05$  水平上差异显著；- 表示为种子已经霉烂，缺值。  
Note: mean ± sd, different letters after the same column indicate that there is a significant difference at the  $P < 0.05$  level, - indicates that the seed is rotten.

表 6 不同贮藏温度和时间木棉种子发芽率和活力指数方差分析

Table 6 ANOVA of the influence of storage temperature and time on the germination rate and vigor index of *B. ceiba* seeds

处理 Treatment	发芽率 Germination rate	发芽势 Germinating viability	平均发芽时间 Mean germination time	发芽指数 Germination index	苗木长度 Seedling length	干质量 Dry weight	活力指数 Vigor index
贮藏温度 Temperature	269.47 ***	124.56 ***	18.77 ***	192.74 ***	18.65 ***	197.51 ***	118.24 ***
贮藏时间 Time	65.83 ***	23.66 ***	73.55 ***	24.85 ***	64.20 ***	18.02 ***	13.35 ***
交互作用 Interaction	18.34 ***	11.48 ***	67.07 ***	11.35 ***	23.11 ***	49.52 ***	6.02 **

注：\*\* 表示  $P < 0.01$  极显著差异，\*\*\* 表示  $P < 0.001$  极显著差异。  
Note: \*\* indicates significance at  $P < 0.01$ . \*\*\* indicates significance at  $P < 0.001$ .

低。木棉和美丽异木棉种子发芽率与染色比率的相关系数分别为 0.999 8 和 0.862 6，即 TTC 染色比率可以对木棉种子生活力作出较精确的推断。

## 2.2 种子平均发芽时间和发芽指数结果

木棉种子平均发芽时间为 3.6-8.2 d，贮藏后种子平均发芽时间存在显著差异 ( $P < 0.05$ )，随着贮藏时间的延长，平均发芽时间也相应增加；木棉的发芽指数与贮藏时间和贮藏温度也存在显著差异 ( $P < 0.05$ )，(表 4)。美丽异木棉种子平均发芽时间为 3.3-4.5 d，种子平均发芽时间与贮藏时间和贮藏温度差异不显著，贮藏 135 d 在 0℃ 贮藏的种子发

芽指数显著高于 8℃ 贮藏。

## 2.3 苗木生长量和活力指数结果

木棉发芽 9 d 后，苗木长度为 6.68-11.56 cm，新鲜种子苗木长度最大，随着贮藏时间的延长，苗木长度逐渐下降，在 4℃ 贮藏 135 d 后苗木长度与新鲜种子的苗木长度存在显著差异 ( $P < 0.05$ ) (表 5)；贮藏 45 d 的木棉苗木干质量没有显著差异，贮藏 90 d 以上木棉苗木干质量差异不显著；在活力指数方面，相同贮藏温度随着贮藏时间的延长，苗木指数呈显著差异，且活力指数在下降，说明经贮藏后的木棉种子活力下降。

表7 不同贮藏温度和时间美丽异木棉种子发芽率和活力指数方差分析

Table 7 ANOVA of the influence of storage temperature and time on the germination rate and vigor index of *C. speciosa* seeds

处理 Treatment	发芽率 Germination rate	发芽势 Germinating viability	平均发芽 时间 Mean germination time	发芽指数 Germination index	苗木长度 Seedling length	干质量 Dry weight	活力指数 Vigor index
贮藏温度 Temperature	0.39	0.03	1.61	0.13	34.47 ***	13.31 ***	0.95
贮藏时间 Time	2.68	1.44	2.83	7.39 **	0.36	0.36	6.58 **
交互作用 Interaction	0.61	0.06	1.19	1.87	0.20	1.77	1.46

注: \*\*表示  $P < 0.01$  极显著差异, \*\*\*表示  $P < 0.001$  极显著差异。

Note: \*\* indicates significance at  $P < 0.01$ . \*\*\* indicates significance at  $P < 0.001$ .

美丽异木棉发芽 9 d 后, 苗木长度为 13.23-18.21 cm, 贮藏 45 d 苗木长度最大, 相同贮藏温度随着贮藏时间的延长, 苗木长度呈显著差异 ( $P < 0.05$ ), 苗木长度呈下降趋势 (表 5); 但苗木干质量和活力指数差异不显著。

木棉种子不同贮藏温度和时间下种子萌发指标 (发芽率、发芽势等) 和苗木质量指标 (干质量和活力指数等) 存在极显著差异 ( $P < 0.01$ ), 同时贮藏温度与贮藏时间相互间也存在极显著差异, 改变贮藏温度或贮藏时间均可影响木棉种子发芽和苗木质量 (表 6)。美丽异木棉种子贮藏温度对种子萌发指标 (发芽率、发芽势等) 没有显著影响, 但对苗木长度和干质量存在极显著影响; 改变贮藏温度或贮藏时间均不影响美丽异木棉种子发芽和苗木质量 (表 7)。

### 3 讨论与结论

种子贮藏是解决植物结实丰歉年, 均衡年度生产, 或因满足科学研究需要而进行种质保存的生产活动。贮藏温度、贮藏时间、空气湿度等外因条件影响种子活力, 研究选择出种子贮藏最合适的外因条件, 来延缓种子的衰老, 达到保存种质的目的。试验发现 0 °C 贮藏木棉种子 90 d 的发芽率和活力指数显著高于 4 °C 贮藏, 与张海波等人<sup>[16]</sup>研究香椿 *Toona sinensis* 种子发芽率 5 °C 贮藏优于 10 和 15 °C、唐晓姍等人<sup>[17]</sup>研究认为山桐子 *Idesia polycarpa* 种子发芽率 4 °C 贮藏更优于自然温度贮藏结果类似; 但试验中又发现, 不同树种又存在差异, 降低美丽异木棉贮藏温度, 其发芽率差异不显著。种子内自由水达到一定水平时, 会

激活酶的活动, 促进种子萌发<sup>[18-19]</sup>, 木棉和美丽异木棉种子含水量多大, 才能降低酶的活动, 延长种子的贮藏时间, 还需要进一步研究。

苗木活力指数是种子发芽率和出苗率、幼苗生长的潜势、植株抗逆能力和生产潜力等的总和, 是体现苗木各种形态指标和生理指标的综合表现, 同种树种不同批次的种子, 或同批次不同贮藏条件下的种子, 其活力指数也不尽相同, 因而研究苗木活力指数对开展种子贮藏, 挑选优良批次种子具有现实意义。试验发现不同贮藏温度和时间对木棉活力指数存在极显著差异, 也与张海波等人<sup>[16]</sup>研究香椿种子的结果类同。

种子成熟度受采种母树的年龄和采种时间等因素影响, 成熟度高的种子, 发芽好, 苗木质量高; 本试验中美丽异木棉新鲜种子发芽率为 35.83%, 与郭丽荣<sup>[12]</sup>研究结果为 99% 差异较大, 也比肖珍泉<sup>[11]</sup>研究的 90% 小, 差异原因是采种母树年龄和采种时间不同, 种子质量有差异。但郭丽荣<sup>[12]</sup>研究认为种子自然保存 30 d, 在相同播种条件下种子发芽率下降 24% 以上, 又与本研究类似。

种子千粒重是衡量种子质量的重要指标, 而种子含水率又影响种千粒重, 本试验的木棉种子含水量为 21.38%, 千粒重为 37.45 g, 比云南省保山市隆阳区的木棉种子千粒重 39.08 g 小, 含水量 10.62% 高<sup>[9]</sup>, 实验证明不同区域的木棉, 存在较大的遗传差异, 也为种质资源筛选提供理论依据。

TTC 可作为一种氧化还原指示剂, 可以被活细胞中的线粒体内的琥珀酸脱氢酶还原成红色甲臍化合物 TPF, 因此常用作生物组织活性的指示

剂<sup>[20]</sup>。本研究结果显示 TTC 染色比率与种子萌发比例呈显著的正相关,即在现有试验条件下利用 TTC 染色法可以准确预测木棉种子的发芽率。但美丽异木棉种子发芽率远小于其 TTC 浓度为 1.0% 的染色率,可能原因是虽然线粒体内的琥珀糖脱氢酶存在一定的活力,但因其种子含水量较低(9.34%),且其种子中子叶以卷曲的幼嫩叶片状态存在,种子吸胀能力较强,发芽率远低于 TTC 染色比率, TTC 染色法采用何种浓度才能较精确预测美丽异木棉种子的发芽率,还需进一步研究。

木棉和美丽异木棉不同贮藏温度和时间下种子发芽率和苗木活力指数等指标表明:(1)不同贮藏温度和时间下木棉种子发芽率、发芽势、活力指数存在显著或极显著差异,贮藏温度和贮藏时间有极显著的交互作用;而不同贮藏温度和时间对美丽异木棉种子发芽率、发芽势、活力指数影响不显著。(2)0℃贮藏木棉种子其发芽率、发芽势、活力指数最高,为贮藏木棉种子的最佳温度;美丽异木棉种子在 0、4、8℃贮藏,其发芽率、发芽势、活力指数差异很小,0℃贮藏相对较好。(3)木棉种子在含水量达 21.38% 时,贮藏 135 d 种子发芽率 8.33% 以下,基本失去发芽率,因而应尽量减少木棉种子贮藏时间,达到均衡生产的目的。(4)利用 TTC 染色法(1.0% 浓度)可反映出木棉的种子活力状况,可在生产中推广应用。

### 参考文献

- [1] 沈国舫,翟明普.森林培育学[M].北京:中国林业出版社教育出版分社,2011:109-174.
- [2] 郑万钧.中国树木志(第3卷)[M].北京:中国林业出版社,1997:2883-2885.
- [3] 艾尼·瓦逊.世界园林乔灌木[M].北京:中国林业出版社,2004:75; 195-196.
- [4] 粟娟,孙冰,黄家平,等.广州市绿地应用树种结构分析[J].林业科学研究,1998,11(5):502-507.
- [5] 张方秋,李小川,潘文,等.广东生态景观树种栽培技术[M].北京:中国林业出版社,2012:193-198.
- [6] 徐英宝,郑永光.广东省城市林业优良树种及栽培技术[M].广州:广东科技出版社,2005:243-245.
- [7] 高柱,王小玲,伍建榕,等.西南地区木棉居群种子变异及萌发特性研究[J].中南林业科技大学学报,2015,35(10):6-12.
- [8] 高雨灵,尹啟令,李天雪,等.不同消毒剂对木棉种子萌发和幼苗生长的影响[J].陕西农业科学,2019,65(6):18-22.
- [9] 郑艳玲,马焕成,Scheller Robert,等.环境因子对木棉种子萌发的影响[J].生态学报,2013,33(2):0382-0388.
- [10] 赵高卷,马焕成,胡世俊,等.紫茎泽兰对木棉种子萌发和幼苗光合特性的影响[J].应用与环境生物学报,2014,20(4):683-689.
- [11] 肖珍泉,刘湘源,费盛强,等.美丽异木棉的种子繁殖与栽培管理[J].广东园林,2006,28(5):45-46.
- [12] 郭丽荣.美丽木棉种子快捷育苗的初步研究[J].华南师范大学学报(自然科学版),2004,52(2):137-140.
- [13] ISTA.International rules for seed testing[J].Seed Science and Technology,1996,24(Suppl):151-154.
- [14] CORE R, STATISTICAL P, NUURDCT. R: A language and environment for statistical computing[J]. Computing,2014(1):12-21. doi: 10.1890/0012-9658(2002)083.
- [15] FELIPE D M. Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research[EB/OL]. R package version 2020.1.3-2. <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>.
- [16] 张海波,杨桂娟,高卫东,等.香椿种子特定贮藏条件下活力变化的研究[J].林业科学研究,2019,32(2):152-159.
- [17] 唐晓姗,叶扬,安小龙,等.不同贮藏方法对山桐子种子发芽的影响[J].种子,2013,32(12):16-20.
- [18] 杨丽洲,冯志坚,周兵,等.不同处理方法对短序润楠种子发芽的影响[J].林业与环境科学,2010,26(3):55-58.
- [19] 张燕.不同方法处理乌桕种子发芽率发芽势的影响[J].林业与环境科学,2009,25(3):60-60.
- [20] 雷慧霞,于营,刘亚苓,等.TTC法快速测定白鲜种子生活力[J].种子,2020,39(1):156-158.