

促进檀香种子发芽技术的研究

李应兰 陈福莲

(中国科学院华南植物园, 广州 510520)

摘 要 本文讨论了破除檀香种子休眠, 提高发芽率和整齐度, 缩短发芽期的方法, 采用多因子试验, 发现用 1 000 mg/L GA 处理檀香种子, 播后一个月发芽率可高达 80% 左右, 有效地解决了檀香种子发芽期长, 发芽不整齐和发芽率低的问题。

关键词 檀香; 激素; 种子发芽

STUDIES ON ACCELERATING GERMINATION OF SANDAL SEEDS

Li Yinlan Chen Fulian

(South China Botanical Garden, Academia Sinica, Guangzhou 510520)

Abstract The seeds of *Santalum album* L. have a dormancy period. The germination is not uniform; it usually takes more than one year for obtaining only 30% ~ 50% germination, making the management in the nursery very difficult. Previous methods of breaking the dormancy and accelerating germination have been tested and discussed. A method of treating the seeds with 1 000 mg/L GA is described. By using this method, 80% germination of fresh seeds was obtained in about 1 month.

Key words *Santalum album*; seed germination; GA

檀香 (*Santalum album* L.) 是重要经济树种, 近年已在我国南方引种成功, 并开始推广试种^[1]。檀香主要用种子繁殖; 种子具有一定的休眠期。新采收的种子或采后贮藏 1~2 个月的种子, 播后一个月左右, 有少数种子零星发芽, 发芽期延续达一年以上, 给管理工作带来极大困难, 同时发芽率低, 通常只达 30% ~ 50%。因此提高檀香种子的发芽率和整齐度, 缩短发芽期, 对发展檀香生产具有重要意义。

1 种子的形态特征

檀香果实为核果, 成熟时亮黑色, 近球形, 直径约 1 cm。种子球形, 直径为 0.5~0.7 cm, 发芽孔端有一短喙, 外种皮木质, 厚不到 1 mm, 质脆易去除; 内种皮膜质, 紧贴胚乳。胚乳丰

1995-10-30 收稿

第一作者简介: 李应兰, 女, 1937 年出生, 高级工程师, 植物学专业, 从事植物引种驯化工作。

富、乳白色、油质, 胚发育完全, 子叶、胚轴、胚根分化明显(图 1), 胚的长短约为胚乳直径的 $2/3$ 。从新采的种子解剖看, 种子的休眠不属于胚发育不全的类型。用檀香种皮水提液作小白菜发芽测定, 用纯水处理作对照, 两者无明显差异, 说明种皮不含抑制物质。

2 前人的工作

为了解决檀香种子发芽不整齐, 发芽率低的问题, 印度学者作过不少探索。Srimathi (1969) 报导^[4], 除去种子外壳有加速发芽作用, 35~40 d 内, 发芽率可达 80%, Nagaveni & Srimathi (1981)^[3] 用浓 H_2SO_4 浸种 50~60 min, 然后用清水冲洗干净, 播后 70 d 发芽率也达 80%, 而对照的发芽率仅有 40%, 并因此推论导致檀香种子发芽困难, 主要是种皮坚硬, 水分渗透性差或具有某种抑制作用。



图 1 檀香种子纵剖示意图

Fig.1 Vertical section of sandal seed

1. 外种皮 Exotesta; 2. 内种皮 Endoptesta;
3. 子叶 Cotyledon; 4. 胚轴 Embryonic axis; 5. 胚根 Radicle; 6. 胚乳 Endosperm;
7. 胚 Embryo

在檀香引种试验过程中, 我们对上述两种方法进行了应用。

用浓 H_2SO_4 处理方法重复过两次, 虽严格遵照 Nagaveni & Srimathi 文中介绍的方法, 均无法得到同样的结果, 种子被 H_2SO_4 烧死, 播后竟无一粒发芽。

采用人工剥皮方法, 于 1984 年 11 月 20 日将采收的新鲜成熟果实, 洗净果肉, 阴干 2 d 装入塑料袋内, 于 11 月 28 日选取 100 粒饱满种子, 人工剥去种皮分成 2 份, 以粗细适中的清洁河沙作基质, 播于花盆内, 同时以 100 粒未去皮种子分成 2 盆作对照, 置于 28~30℃ 的恒温培养箱中发芽。结果见表 1。

表 1 去种皮与不去种皮发芽比较

Table 1 Germination of coat removed and not removed seeds

编号 No.	处理 Treatment	发芽天数 Days of germination		发芽势 Vigor of germination (%)	发芽率 Percentage of germination (%)	烂种率 ¹⁾ Percentage of rotted seed (%)
		开始发芽 Start	结束发芽 Finish			
1	去种皮 Coats removed	35	270	62	66	28
2	去种皮 Coats removed	22	270	54	56	38
3	对 照 Control	42	540	6	30	24
4	对 照 Control	118	540	4	46	28

1) 烂种率的计算是除去结束试验时尚有发芽力的种子数
Viable but not aprouting seeds was excluded.

3 赤霉素处理试验

上述试验结果说明, 去种皮对种子萌发有一定的促进作用, 但发芽期长达 270 d, 发芽率仍只有 56%~66%, 未能完全破除休眠, 说明檀香种子休眠, 不是单纯的由种皮阻碍水分、氧气的通透所致, 而可能存在更为复杂的生理休眠机制。

因此, 我们根据 Khan (1969) 提出的激素三因子调节学说^[2], 采用 GA+KT 打破檀香种子休眠, 加速发芽和提高发芽率的试验。

3.1 材料与方法

檀香种子 1987 年 9 月 25 日采收, 用砂搓洗干净果肉, 去浮种, 阴干 2 d, 千粒重 151 g, 于 1987 年 9 月 30 日播种。

播种基质采用粗细适中的清洁河沙(水洗后经甲醛消毒)。

采用正交表 $L_{18}(6^1 \times 3^6)$ 布置实验, 一因子为 6 水平(6 种浓度), 其余因子为 3 水平(3 种处理), 具体安排如下:

赤霉素(GA)为中国科学院上海生化所生产, 用少量 95% 的分析纯酒精溶解, 再用蒸馏水稀释配成 10, 50, 100, 200, 400, 1 000 mg/L 的 6 种浓度。在正交表中的位级顺序依次为 1, 2, 3, 4, 5, 6。

激动素(KT)用少量 0.1% HCl 溶解再稀释定容为 10, 20 mg/L 二种浓度, 设第一位级为 0, 位级顺序依次为 1, 2, 3。

浸种时间分为 8, 24, 48 h 三种处理, 位级顺序依次为 1, 2, 3。

浸种温度分为 $28^\circ\text{C} \pm$, 低温 $10^\circ\text{C} \pm$ 和 $28^\circ\text{C} \pm$ 与 $10^\circ\text{C} \pm$ 交替各处理 24 h 三种处理, 位级顺序依次为 1, 2, 3。

表 2 $L_{18}(6^1 \times 3^6)$ 正交试验的布置及试验结果
Table 2 The plan and results of $L_{18}(6^1 \times 3^6)$ orthogonality treatment

因素	GA 浓度	KT 浓度	浸种时间	浸种温度	空列			试验结果	
Factors	GA dosage	KT dosage	Duration of pre-soaking	Temperature of pre-soaking	Re			Results	
试验号	列 号							发芽率	活力指数
Treatment No.	1	2	3	4	5	6	7	Percentage of germination %	Index of viability
1	1	1	3	2	2	1	2	3.8	0.84
2	1	2	1	1	1	2	1	3.8	3.38
3	1	3	2	3	3	3	3	15.0	2.94
4	2	1	2	1	2	3	1	17.5	6.96
5	2	2	3	3	1	1	3	11.3	2.93
6	2	3	1	2	3	2	2	2.5	2.18
7	3	1	1	3	1	3	2	12.5	3.05
8	3	2	2	2	3	1	1	27.5	19.82
9	3	3	3	1	2	2	3	38.8	13.00
10	4	1	1	1	3	1	3	40.0	9.18
11	4	2	2	3	2	2	2	37.5	12.33
12	4	3	3	2	1	3	1	45.0	11.21
13	5	1	3	3	3	2	1	45.0	15.42
14	5	2	1	2	2	3	3	42.5	9.26
15	5	3	2	1	1	1	2	58.8	25.92
16	6	1	2	2	1	2	3	73.8	40.29
17	6	2	3	1	3	3	2	78.8	47.67
18	6	3	1	3	2	1	1	73.8	22.57
极差 R	发 芽 率	68	6.9	9.15	7.1	1.5	2.3	4.6	
	活力指数	34.45	3.28	9.78	7.82	5.3	0.91	2.4	

以上处理共 18 组合排列, 两个重复, 每重复 40 粒种子, 同时处理后播于盆中, 放置于 $28 \sim 30^\circ\text{C}$ 的恒温发芽箱中发芽, 按种子发芽检测的标准测定发芽指数。 $Gi = \sum Gt / Dt$ (Gt 为在时间 t 日的发芽数, Dt 为相应的发芽日数)。从开始发芽日算起每隔 3 d 记载一次发芽数并测定根长度, 连续测 5 次, 计算活力指数 $VI = S \cdot Gi$ (S 为平均根长度)。播种至结束实验为一个月, 其试验结果列于正交表(表 2)。

数理统计 F 检验得 $F=5.535$

查 $F_{0.05}(6, 119) \approx 3.174$

$\therefore F=5.535 > 3.174$

∴可以在 0.05 显著水平上推断各种处理因素的影响是明显的,有效的。

用主分量分析, 各种发芽处理数据经标准化, 计算样本相关矩阵, 求算相关矩阵的特征根特征向量, 第一主分量为 GA 处理, 其贡献率达 0.880, 而其余 6 个分量贡献率不大, 可舍弃, 所以认为 GA 浓度决定发芽率高低。

从正交表中发芽率与活力指数极差 (R) 看, GA 的值最大 (68, 34.45), 依次是浸种时间, 浸种温度; KT 值小, 说明 GA 是主因素, KT 作用不明显。GA 在低浓度时作用不明显, 但当浓度高达 1 000 mg/L 时则作用非常明显, 在一个月内存芽率高达 78.8%, 活力指数为 47.67。因此我们又进行了只用 GA 处理去种皮与不去种皮的对比试验。所用种子于 1994 年 10 月采收, 用 2% 含水量湿砂混合装入塑料袋, 存放在 10℃± 冰箱贮藏 5 个月, 每处理 50 粒种子, 两次重复, 播于粗细适中的砂中, 在 28℃± 恒温培养箱中发芽。结果见表 3、图 2。

表 3 经 GA 处理去种皮与不去种皮的发芽比较

Table 3 Germination of coat removed and not removed seeds treated with GA

编号 No.	处理 Treatment	发芽天数 Days of germination		发芽率 Percentage of germination (%)	烂种率 ¹⁾ Percentage of rotted seed (%)
		开始发芽 Start	结束发芽 Finish		
C ₁	去种皮, 浸 GA 1 000 mg/kg Coat removed treated with GA 48 h	21	39	50	50
C ₂	同 上 ditto	21	39	56	44
B ₁	不去种皮, 浸 GA 1 000mg/kg Coat not removed treated with GA 48 h	21	39	76	24
B ₂	同 上 ditto	21	39	82	18
A ₁	去种皮 Coat removed	38	115	72	24
A ₂	同 上 ditto	31	115	44	42
K ₁	对 照 Control	57	115	24	16
K ₂	同 上 ditto	61	115	42	4

1) 烂种率的计算同表 1 The same with table 1

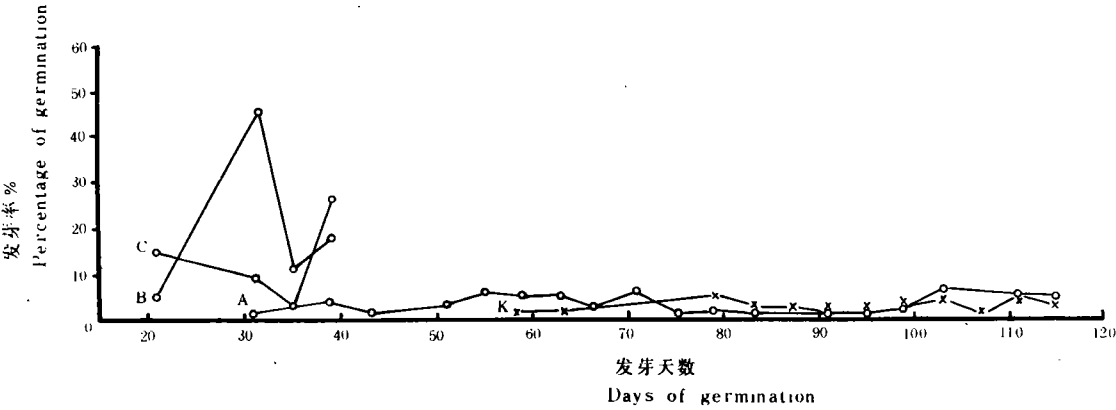


图 2 不同处理对檀香种子发芽的影响

Fig. 2 Effects of different treatment on germination of sandal seed

A 去种皮 Coat removed; B 不去种皮, 浸 GA Coat not removed soaking in GA;
C 去种皮, 浸 GA Coat removed soaking in GA; K 对照 Control

从表 3、图 2 可看出用 GA 1 000 mg/L 处理的种子比对照明显加快发芽速度, 缩短发芽期, 发芽率达 82%, 印证了表 2 的分析结果, 即 GA 浓度决定发芽率高低。此试验还说明用

GA 处理的种子, 去皮的反较未去皮的发芽率低, 其原因可能是种子去皮后失去保护层, 易受感染霉烂, 其烂种率比不去皮的高 20%, 而去皮未经 GA 处理的仍较不去皮的发芽快 30 d, 发芽率也平均高 25%, 但烂种率却高出 23%, 此试验还表明, 经湿砂层积, 低温 ($10^{\circ}\text{C} \pm$) 贮藏的种子比新鲜种 (表 1) 发芽较明显地缩短了发芽期, 但对发芽率的提高不显著。

3.2 结果与讨论

(1) 檀香种子有一定的休眠期, 种皮虽无抑制物质, 但对种子萌发所需的水和氧气的通透仍有机械的阻碍作用。所以去种皮后播种能提早发芽, 但发芽期仍然延续 270 d 以上, 说明新鲜种去除种皮并未能打破其休眠。经 $10^{\circ}\text{C} \pm$ 低温贮藏 5 个月的种子也未能完全破除休眠。

(2) 浓 H_2SO_4 侵蚀种皮法易伤害种子, 很难掌握。因为檀香种子皮脆薄, 不属于具蜡质, 脂质或角质层等不透水性的种子。剥去种皮播种对种子发芽有一定的促进作用, 但在种子未破除休眠前易受感染霉烂, 而且剥皮费时, 稍有损伤易霉烂; 种子含油量高, 水分多也易引起霉烂, 在生产中亦不可取。

(3) 用浓度 1 000 mg/L GA 浸种能打破檀香种子的休眠, 明显促进发芽, 播后一个月左右, 发芽率可达 80% 左右。经 GA 处理后种皮的阻碍作用就不明显了, 说明檀香种子的休眠主要是胚的生理休眠, 因为胚的发育是完全的, 子叶胚轴的分化是明显的, 一经激素的调节就能促进分子代谢, 有效促进发芽, 提高发芽率。

(4) 激动素 KT 对檀香种子的萌发无明显的作用, 可能在檀香种子的胚和胚乳中不存在有效生理浓度的抑制物质。

(5) 用 1 000 mg/L GA 浸种, 能大幅度提高发芽率, 增加发芽整齐度, 缩短发芽期, 大大节省用种量, 而且操作简单, 在科研和生产上具有实用价值。

致谢 本文中数理统计由任海先生帮助计算, 特此感谢。

参 考 文 献

- 1 李应兰. 檀香的引种试验. 中国科学院华南植物研究所集刊, 1983, 1: 113~114
- 2 傅家瑞. 种子生理. 北京: 科学出版社, 1985, 289~291
- 3 Nagaveni H C, Srimathi R A. Studies on germination of sandal (*Santalum album* Linn.) pre-treatment of Sandal seeds. *Ind For*, 1981, 107 (6): 348~354
- 4 Srimathi R A, Rao P S. Accelerated germination of *Santalum album*. *Ind For*, 1969, 95 (3): 158~159