

## PEG 6000 渗透处理对油松种子发芽的影响

史锋厚, 朱灿灿, 沈永宝, 施季森

(南京林业大学 森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037)

**摘要:** 通过正交试验探讨聚乙二醇(PEG 6000)溶液渗透处理对油松 *Pinus tabulaeformis* 种子萌发的影响。利用不同处理组合(PEG 6000溶液质量分数, 处理时间和处理温度)分别对2002年不同含水量种子和2004年人工老化不同时间的种子进行预处理, 并进行棉床发芽试验, 对种子发芽率、发芽指数和活力指数进行统计分析, 并筛选出最佳处理组合。综合各指标获得以下最佳处理组合, 2002年种子: 含水量9.84%和6.03% + 200 g·kg<sup>-1</sup> PEG 6000 + 处理时间1 d; 2004年种子: 人工老化0 d + 200 g·kg<sup>-1</sup> PEG 6000 + 处理温度25℃ + 处理时间2 d。种子发芽率较高, 发芽较整齐。PEG 6000溶液渗透处理可以促进油松种子萌发, 溶液质量分数、处理时间和处理温度对处理效果具有明显影响; 油松种子发芽的适宜含水量范围较大, 但含水量太低则会抑制种子萌发; 人工老化可以模拟自然老化种子活力变化, PEG渗透处理有利于老化种子恢复活力。表4参14

**关键词:** 森林培育学; 油松种子; PEG 6000; 发芽率; 发芽指数; 活力指数

**中图分类号:** S722.1<sup>+</sup>4; S791.254

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-5692(2008)03-0289-04

## Germination of *Pinus tabulaeformis* seeds with PEG 6000 osmotic treatments

SHI Feng-hou, ZHU Can-can, SHEN Yong-bao, SHI Ji-sen

(College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

**Abstract:** The effects of polyethylene glycol (PEG) 6000 osmotic treatments on germination of *Pinus tabulaeformis* seeds were studied through an orthogonal design ( $L_93^4, L_{16}4^5$ ). Seeds harvested in 2002 had differing water content, and seeds harvested in 2004 were artificially aged (40℃, 100% RH) to different time periods. These seeds were then subjected to different pretreatment combinations of PEG solution level, treatment duration, and temperature. Next, seeds were germinated on a cotton bed, and the germination rate, germination index ( $G_i = \sum G_i$  (germination rate in certain days)/ $D_i$  (number of germination days)), and vigor index ( $V_i = G_i$ /fresh weight of seedling) were statistically analyzed. Seeds harvested in 2002 had a water content of either 9.84% or 6.03%, were treated with a 200 g·kg<sup>-1</sup> PEG solution, and had a treatment time of 1 d; seeds harvested in 2004 were artificially aged 0 d, were treated with a 200 g·kg<sup>-1</sup> PEG solution, had a treatment temperature of 25℃, and a treatment duration of 2 d. The seed germination rate was higher ( $P < 0.05$ ) after treatment and seeds sprouted synchronously. The range of water content for seed germination was wide with seed germination being inhibited at lower seed water content. Seed vigor decreases due to natural aging that were simulated with artificial aging were restored with PEG treatment of the artificially aged seeds. The different content, treatment duration, and temperature of the PEG solution had a definite influence on the seeds with the PEG treatments, overall, helpful for Chinese pine seed germination. [Ch, 4 tab. 14 ref.]

**Key words:** silviculture; *Pinus tabulaeformis*; PEG 6000; germination rate; germination index; vigor index

聚乙二醇(polyethylene glycol, PEG)渗透处理有利于提高种子活力, 引发种子, 促使苗齐、苗壮、

收稿日期: 2007-05-25; 修回日期: 2007-09-02

基金项目: 中华人民共和国教育部资助项目(505002)

作者简介: 史锋厚, 博士研究生, 从事林木种苗技术研究, E-mail: fhshi406@yahoo.com.cn. 通信作者: 沈永宝, 教授, 博士, 博士生导师, 从事林木种苗和园林植物栽培等研究。E-mail: ybshen@njfu.com.cn

出苗快, 促进幼苗生长, 提高植物生长量或经济作物产量<sup>[1-5]</sup>。近年来, PEG 渗透处理主要应用于蔬菜、农作物、牧草、花卉等种子预处理中, 而在林木种子处理中的应用则相对较少<sup>[6,7]</sup>。油松 *Pinus tabulaeformis* 是我国主要的造林绿化树种之一, 大面积直播造林常根据降雨进行调控, 况且油松结实量存在“大小年”现象, 种子储藏不可避免, 储藏后种子预处理便成为油松播种造林所要解决的问题。笔者以油松种子为材料, 研究 PEG 6000 处理对种子萌发的影响, 并探索 PEG 6000 渗透处理的适宜条件。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

油松种子由陕西省林木种苗站提供, 分别为 2002 年和 2004 年秋季正常成熟的种子, 种子采收后, 按照国家标准(GB/T 7908-1999 林木种子质量分级)进行质量分级, 均达到 I 级, 2 a 采收的种子分别风干后储藏于南京林业大学种子中心 4 ℃ 冰箱中, 不定期通风透气。种子处理及发芽试验均于 2005 年 9 月中、下旬, 在南京林业大学种子中心完成。

PEG 6000 (分子量为 6 000)溶液为水溶液, 由中国医药(集团)上海化学试剂公司生产。

### 1.2 正交试验设计

PEG 6000 溶液处理油松种子采用正交试验设计, 2002 年种子处理各因素及水平见表 1, 2004 年种子处理各因素及水平见表 2。

表 1 2002 年种子  $L_93^4$  正交试验的因素水平表

Table 1 Factors and levels of the  $L_93^4$  orthogonal experiment for seeds from 2002

水平	种子含水量/%	PEG 6000/ (g·kg <sup>-1</sup> )	处理时间/d	空白
1	9.84	100	1	1
2	6.03	200	2	2
3	3.97	300	3	3

表 2 2004 年种子  $L_{16}4^5$  正交试验的因素水平表

Table 2 Factors and levels of the  $L_{16}4^5$  orthogonal experiment for seeds from 2004

水平	种子老化 时间/d	PEG 6000/ (g·kg <sup>-1</sup> )	处理时间 /d	处理温度 /℃	空白
1	0	100	1	15	1
2	2	150	2	20	2
3	4	200	3	25	3
4	6	250	4	30	4

### 1.3 试验方法

1.3.1 种子含水量调控 将种子放于以硅胶为干燥剂的干燥器中, 经不同时间干燥, 调整种子含水量分别为 9.84%, 6.03% 和 3.97%。种子含水量测定依据林木种子检验规程<sup>[8]</sup>。

1.3.2 种子加速老化 参考张建农<sup>[9]</sup>的方法, 以 40 ℃, 100% 相对湿度环境加速种子老化, 待处理结束后, 将种子取出阴干, 备用。

1.3.3 PEG 溶液处理种子 四分法选取 400 粒种子放置于 250 mL 烧杯中, 添加 PEG 6000 溶液, 使种子完全被浸泡, 玻璃棒充分搅拌; 将烧杯放置于不同环境中, 待处理结束后, 蒸馏水充分冲洗种子, 冲洗完毕, 吸水纸吸去种子表面浮水。

1.3.4 种子发芽试验 依照林木种子检验规程<sup>[8]</sup>进行棉床发芽试验, 4 × 100 粒。发芽温度为 25 ℃, 光照 12 h, 种子发芽过程中及时适量喷水, 并每天记录种子萌发情况; 发芽结束后, 测定苗木鲜质量。

### 1.4 测定指标

1.4.1 发芽率 发芽率 = 在测定时间内正常发芽的种子数/发芽测定种子数。

1.4.2 发芽指数( $I_G$ )  $I_G = \sum G_i/D_i$ 。其中:  $G_i$  指在不同时间的发芽量,  $D_i$  指不同的发芽试验天数。

1.4.3 苗鲜质量 发芽结束后, 在每份发芽苗中随机选取 10 株完整幼苗, 使用 1/1 000 天平称量, 以平均值表示苗鲜质量。

1.4.4 活力指数 活力指数 = 发芽指数 × 苗木鲜质量。

1.5 数据处理

试验数据处理皆由 Excel 和 SAS 6.12 软件完成。

2 结果与分析

2.1 2002 年不同含水量种子发芽试验结果

由方差分析结果(表 3)可知：正交试验设计 3 项因素中，种子含水量对发芽率和发芽指数存在显著影响；PEG 溶液质量分数对发芽率、发芽指数和活力指数存在显著影响；PEG 处理时间对发芽率、发芽指数和活力指数存在极显著影响。由多重对比结果(表 4)可知：以发芽率作为衡量指标进行直观分析所得最佳理论组合为：含水量 6.03% 种子使用质量分数为 200 g · kg<sup>-1</sup> PEG 溶液处理 1 d；以发芽指数作为衡量指标进行直观分析所得最佳理论组合为：含水量 9.84% 种子使用质量分数 200 g · kg<sup>-1</sup> 的 PEG 溶液处理 1 d；以活力指数作为衡量指标进行直观分析最佳理论组合为：种子使用质量分数 100 g · kg<sup>-1</sup> 的 PEG 溶液处理 1 d。试验结果说明：油松种子发芽的适宜含水量范围较大，但含水量不应太低；试验数据显示，含水量降至 3.97% 时便会对种子发芽产生明显的抑制作用。综合各指标认为，油松种子经质量分数为 200 g · kg<sup>-1</sup> 的 PEG 溶液处理 1 d，有利于种子萌发且种子萌发较整齐。

2.2 2004 年老化种子发芽试验结果

由方差分析结果(表 3)和多重对比结果(表 4)可知，人工加速老化的 2004 年油松种子经 PEG 溶液渗透处理后，4 项因素对发芽率、发芽指数和活力指数 3 项指标的影响均达极显著水平。以发芽率作为衡量指标进行直观分析所得最佳理论组合为：人工老化 0 d 的油松种子在 25 ℃ 环境中经质量分数为 200 g · kg<sup>-1</sup> 的 PEG 溶液处理 1 d；以发芽指数作为衡量指标进行直观分析所得最佳理论组合为：人工老化 0 d 的油松种子在 25 ℃ 环境中经质量分数 200 g · kg<sup>-1</sup> 的 PEG 溶液处理 2 d；以活力指数作为衡量指标进行直观分析所得最佳理论组合为：人工老化 0 d 的油松种子在 15 ℃ 环境中经质量分数 200 g · kg<sup>-1</sup> 的 PEG 溶液处理 2 d。同时多重对比结果可知：老化时间在发芽率、发芽指数和活力指数指标间所表现的影响效果相同，即老化 0 d > 2 d > 4 d > 6 d。试

表 3 种子发芽方差分析

Table 3 Results of variance analysis of seed germination				
采种年份	差异源	发芽率	发芽指数	活力指数
2002	种子含水量	5.25 *	4.17 *	0.66
	PEG 质量分数	3.46 *	3.44 *	2.88 *
	PEG 处理时间	13.53 **	19.40 **	6.85 **
2004	种子老化时间	953.17 **	827.43 **	382.33 **
	PEG 质量分数	23.73 **	17.07 **	12.43 **
	PEG 处理时间	14.54 **	4.66 **	5.86 **
	PEG 处理温度	29.72 **	20.11 **	7.64 **

说明：表 4 为种子发芽多重对比结果

Table 4 Duncan test result of seed germination				
采种年份	因子	平均发芽率/%	平均发芽指数	平均活力指数
2002	种子含水量/%	9.84	81 A	6.73 A
		6.03	81 A	6.64 A
		3.97	75 B	6.21 B
	PEG 6000/(g · kg <sup>-1</sup> )	300	76 B	6.25 B
		200	82 A	6.74 A
		100	79 BA	6.58 BA
	处理时间/d	1	84 A	7.21 A
		2	73 B	6.25 B
		3	80 A	6.11 B
	老化时间/d	0	87 A	8.5 A
		2	83 B	7.35 B
		4	48 C	3.32 C
		6	4 D	0.24 D
2004	PEG 6000/(g · kg <sup>-1</sup> )	100	47 C	4.09 C
		150	56 B	4.84 B
		200	61 A	5.25 A
	处理时间/d	250	58 BA	5.23 A
		1	60 A	4.94 A
		2	57 A	5.13 A
		3	49 B	4.46 B
		4	56 A	4.89 A
	处理温度/℃	25	60 A	5.22 A
		20	59 BA	5.13 A
		15	57 B	5.09 A
		30	46 C	3.97 B

说明：显著性 α = 0.05，相同字母表示处理间差异不显著；空白项表示由于方差分析不显著而无多重对比。

验结果说明:人工加速老化种子活力变化与自然老化种子相同,即使原本活力较强的种子活力也会下降,且人工老化种子活力下降速度在老化时间超过2 d后更快更明显。综合3项指标可见,PEG溶液质量分数、处理温度和处理时间的适宜范围较大,但尤以PEG溶液质量分数为 $200\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,处理温度 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和处理时间2 d最佳。

### 3 讨论与结论

在本试验中,PEG处理效果主要表现在提高发芽率和发芽指数,这与众多的研究学者所获得的结论相符合<sup>[1-4,10,11]</sup>;洪法水等<sup>[5]</sup>还曾报道PEG处理可以促进小麦 *Triticum aestivum* 幼苗生长,但在本试验中无明显表现。笔者认为,PEG处理效果的根本体现在促进种子萌发方面,对幼苗生长的促进作用则是在促进种子萌发的基础上实现的。

种子萌发需要水分,但急速吸水却会损伤种子细胞,迫使种子活力下降。PEG溶液具有降低水势的作用,可使种子吸水速度变缓,种子得以在有水环境中慢慢启动萌发,膜系统获得修复,细胞生理生化过程启动,为种子萌发提供基础性代谢物质。种子含水量对种子萌发具有明显的影响,适宜种子含水量是种子保持高活力的条件之一。

人工加速老化可促使种子活力快速下降<sup>[9]</sup>,且下降幅度与老化时间基本成正比;在进行种子活力变化研究中可以利用人工加速老化模拟种子自然老化过程。种子活力在2种老化过程中表现出同样的变化规律,即高活力种子老化速度较慢,而低活力种子老化速度较快。种子活力下降不可避免,但使用PEG渗透处理可以使种子活力获得一定的恢复<sup>[12]</sup>,且这种恢复有利于种子萌发。本试验还证实短时间的人工老化对油松种子萌发影响不大,这与赵垦田等<sup>[13]</sup>在红松 *Pinus koraiensis* 种子老化试验所获得结论相同,但人工老化时间较长则严重抑制种子萌发。

PEG溶液处理条件的选择对于种子引发效果至关重要。李敏<sup>[14]</sup>曾提出PEG渗透处理应注意渗透潜势、渗透温度和渗透时间,还应注意微生物浸染、氧气与光照的调控。渗透处理条件的选择应保证种子“适宜”地吸水和“充分”地吸水,以达到最佳引发效果。

#### 参考文献:

- [1] 张伟峰,孙渭,李斌,等. 几种化学药剂对烟草种子萌发的促进效果[J]. 种子, 2004, **23** (12): 20-23.
- [2] 丁永乐,杨铁钊,郑宪滨,等. PEG对烤烟种子萌发和幼苗生理特性的影响[J]. 河南农业科学, 2000 (1): 8-10.
- [3] PLAUT Z, FDEMAN E. A simple procedure to overcome polyethylene glycol toxicity on whole plants [J]. *Plant Physiol*, 1985, **79**: 559-561.
- [4] 孙建华,王彦荣,余玲,等. 聚乙二醇引发对几种牧草种子发芽率和活力的影响[J]. 草业学报, 1999, **8** (2): 34-42.
- [5] 洪法水,马成仓,王旭明,等. 聚乙烯醇预处理小麦种子对萌发代谢及生长的影响[J]. 作物学报, 1997, **23** (2): 247-252.
- [6] 张燕,方力,李大飞,等. 聚乙二醇对烟草种子活力及幼苗保护酶活性的影响[J]. 云南农业大学学报, 2004, **19** (1): 36-40.
- [7] 喻方圆,刘远. 聚乙二醇渗透处理对马尾松种子活力的影响[J]. 南京林业大学学报, 2000, **24** (1): 38-40.
- [8] 国家质量监督检验检疫总局. GB/T 2772-1999 林木种子检验规程[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [9] 张建农,马静芳,贾宏坤. 甜瓜种子老化对种子活力的影响[J]. 中国农学通报, 2004, **20** (1): 193-195.
- [10] McDONALD M B. Seed deterioration physiology, repair and assessment [J]. *Seed Sci Technol*, 1999, **27**: 177-237.
- [11] KHAN A A. Preplant physiological seed conditioning [J]. *Hort Rev*, 1992, **13**: 131-181.
- [12] 王飞,丁勤,杨峰. PEG预处理对老化杜梨种子活力的影响[J]. 种子, 1999, **18** (4): 20-22.
- [13] 赵垦田,李立华. 人工老化过程红松种胚细胞物质外渗和超微结构变化[J]. 东北林业大学学报, 2000, **28** (3): 5-7.
- [14] 李敏. 利用PEG渗调法提高牧草种子活力的研究[J]. 国外畜牧学·草原与牧草, 1995 (3): 29-31.