

# PEG-6000 引发对人工诱导老化的远志种子发芽活力影响

安衍茹, 彭亮\*, 王媛媛, 黄涛, 赵婷, 李静, 胡本祥\*  
(陕西中医药大学, 陕西 咸阳 712046)

**[摘要]** **目的:**分析不同浓度聚乙二醇 6000(PEG-6000)溶液对人工诱导老化远志种子 4 种发芽指标的影响(发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数),阐明远志种子在贮存过程中的衰老规律及 PEG 引发处理对远志老化种子的影响。**方法:**以远志种子为试验材料,在高温(45±1)℃,高湿(100%相对湿度)和密闭条件下,人工模拟老化种子条件,对远志种子进行不同程度的老化处理,随后用不同浓度 PEG-6000 溶液(10%,20%,30% PEG-6000)对已老化的种子进行引发处理。**结果:**远志老化种子的发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数随处理时间的延长呈逐渐降低趋势,老化 60 h 以上的远志种子不再发芽;20% PEG-6000 溶液对远志老化种子发芽指标具有促进作用,接近正常种子的发芽指标;10%,30% PEG-6000 溶液对远志老化种子发芽指标也有一定的引发效果,但引发效果较差。20% PEG-6000 溶液引发能促进老化 36 h 远志幼苗株高、根长、地上部分生物量和地下部分生物量的增加。**结论:**该研究表明不同浓度 PEG-6000 溶液处理对远志老化种子有一定修复作用,可以提高其种子活力,但适宜浓度因种子老化时间不同而存在差异,可为种子引发技术在远志种子贮藏上的应用提供基础数据。

**[关键词]** 远志; 种子; 老化; 发芽指标; 聚乙二醇引发

**[中图分类号]** R282.2; R289; R2-031 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2018)17-0047-07

**[doi]** 10.13422/j.cnki.syfjx.20181111

**[网络出版地址]** <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20180315.1004.029.html>

**[网络出版时间]** 2018-03-15 11:13

## Effect of PEG-6000 Priming on Germination Vigor of Artificially Induced Aging Seeds of *Polygala tenuifolia*

AN Yan-ru, PENG Liang\*, WANG Yuan-yuan, HUANG Tao, ZHAO Ting, LI Jing, HU Ben-xiang\*  
(College of Pharmacy, Shaanxi University of Chinese Medicine, Xiayang 712046, China)

**[Abstract]** **Objective:** To analyze the effects of different concentrations of polyethylene glycol 6000 (PEG-6000) solution on 4 germination indexes (germination rate, germination potential, germination index and vitality index) of artificially induced aging seeds of *Polygala tenuifolia*, and clarify the aging rule of *P. tenuifolia* seeds during storage and the effects of PEG initiation treatment on the aging seeds. **Method:** Artificial aging of *P. tenuifolia* seeds was simulated under the air tight conditions at high temperature (45±1)℃, high humidity (100% relative humidity), and then the aging seeds were treated in 10%, 20% and 30% PEG-6000. **Result:** With the extension of aging treatment time, the above 4 germination indexes of *P. tenuifolia* seeds showed a gradually decreasing trend, and the seeds with more than 60 h aging time were not germinated; 20% PEG 6000 solution had a promoting effect on the germination indexes of the aging *P. tenuifolia* seeds, close to the normal seed germination indexes. 10% PEG and 30% PEG also had certain priming effect, but the priming effect was not very good. 20% PEG-6000 solution promoted the plant height, root length, above-ground biomass biomass, and below-ground biomass growth of 36 h *P. tenuifolia* seeds. **Conclusion:** This study showed that the PEG-6000

**[收稿日期]** 20171031(014)

**[基金项目]** 国家中医药行业科研专项(201507002-1-08);国家中药标准化项目(ZYBZH-Y-QIN-36;202410001)

**[第一作者]** 安衍茹,在读硕士,从事中药质量控制标准研究,E-mail:735771879@qq.com

**[通信作者]** \*胡本祥,硕士生导师,教授,从事中药质量控制标准研究,E-mail:hbz800823@126.com;

\*彭亮,博士,从事中药资源与评价与中药材质量控制标准研究,E-mail:ppengliang@126.com

solution with different concentrations had certain repair effects on the aging *P. tenuifolia* seeds, and improved the seeds vigor, but the suitable concentration was different because of the different aging time of the seeds, providing basic data for the application of seed priming technology to the storage of *P. tenuifolia* seeds.

[Key words] *Polygala tenuifolia*; seed; aging; germination index; polyethylene glycol priming

种子活力是决定种子迅速整齐出苗和发育为正常幼苗速度的关键因素,是衡量种子质量好坏的重要指标之一<sup>[1]</sup>。种子在贮藏过程中常常会发生不同程度的劣变,从而导致其萌发率、幼苗生长能力的下降,甚至死亡<sup>[2]</sup>。相关研究表明,引发处理可以影响不同生态条件下种子的活力、发芽率、发芽势及幼苗的生长<sup>[3]</sup>。聚乙二醇(PEG)是最常用的引发剂,作为一种优良的高分子渗透剂,其具有修补老化种子膜损伤、提高种子活力等作用<sup>[4]</sup>。目前,PEG引发在豇豆<sup>[5]</sup>、大豆<sup>[6]</sup>、小麦<sup>[7]</sup>、燕麦<sup>[8]</sup>、玉米<sup>[9]</sup>、穿心莲<sup>[10]</sup>、荜茇<sup>[11]</sup>和油菜<sup>[12]</sup>等老化种子的处理中得到了广泛地研究和应用。

中药材远志为远志科植物远志或卵叶远志的干燥根。气微,味苦、微辛,嚼之有刺喉感,归心、肾、肺经,具有安神益智、交通心肾等功效,多用于治疗失眠多梦、神志恍惚、咳痰不爽等临床症状<sup>[13]</sup>,关于其研究多集中在化学成分<sup>[14]</sup>、药理作用<sup>[15]</sup>等方面,未见远志老化种子及其引发处理的报道。远志药材需求量极大,市售品以远志栽培品为主。然而,远志种子在储藏过程中会有不同程度的老化,进而影响其种子质量和发芽特性,导致药材产量下降。基于此,本研究通过对远志种子进行不同时间的高温老化处理,在人工诱导模拟远志种子老化状态的基础上,用10%、20%和30% PEG-6000溶液对远志老化种子进行引发,考察引发处理后人工诱导老化远志种子发芽特性及种子活力的变化情况,以期了解远志种子在贮存过程中的衰老规律,获得PEG引发对衰老远志种子的处理效应,为种子引发技术在远志种子贮藏上的应用提供基础数据。

## 1 材料

HPX-250型人工培养箱(上海跃进医疗器械有限公司),FA2104型1/1万电子分析天平(上海民桥精密科学仪器有限公司),DHG-9030型电热鼓风干燥箱(上海一恒科学仪器有限公司)。PEG-6000(分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司)。供试远志种子由山西省新绛县鸿达中药材种植专业合作社提供,由陕西中医药大学胡本祥教授鉴定为远志科远志 *Polygala tenuifolia* 的种子,试验于2017年7~8月开展,凭证标本保存于本实验室。

## 2 处理方法

**2.1 种子老化处理** 取适量远志种子,用2% NaClO<sub>2</sub>消毒10 min,蒸馏水冲洗干净,晾干至原含水量。将种子用纱网袋封装好,均匀地摆放在在底部加水密封的培养皿中,置于人工培养箱内,在高温[(45±1)℃],高湿(100%相对湿度)和密闭条件下进行人工诱导老化处理。处理时间为0,24,36,48,60,72,84 h。处理完毕后取出种子,室温下晾3~4 d,使种子含水量降至处理前含水量后待用。以不进行高温、高湿处理的种子作对照。

**2.2 种子引发处理** 选取大小均匀经人工诱导老化处理的远志种子置于培养皿中,分别用0%(CK),10% PEG-6000,20% PEG-6000,30% PEG-6000溶液浸泡,25℃下进行引发处理24 h之后取出,用自来水反复清洗残留在种子上的PEG-6000溶液,之后将其摊在干净的滤纸上,放入25℃鼓风干燥箱内晾72 h待用。种子萌发采用培养皿滤纸发芽法,用直径9 cm的玻璃培养皿垫双层滤纸作为发芽床,各加入蒸馏水8 mL,以保持滤纸湿润。每皿中加入30粒人工诱导老化的远志种子,加盖后置于25℃人工培养箱中进行种子发芽试验,每24 h查看1次发芽情况并记录,2 d更换1次滤纸,并加入蒸馏水8 mL,以保持滤纸湿润。试验结束后,测定不同处理组幼苗株高、幼苗根长、幼苗地上部分鲜重、幼苗地下部分鲜重、幼苗地上部分干重、幼苗地下部分干重,计算平均值。以未经老化处理和PEG引发的干种子作对照。

**2.3 远志种子发芽试验及发芽指标的测定** 参照国际种子检验协会(ISTA)种子检验规程(2013)<sup>[16]</sup>规定的发芽条件,第4天统计发芽势,第10天统计发芽率。每处理3次重复。按以下公式计算远志种子发芽率(Gr),发芽势(Gv),发芽指数(Gi)和活力指数(Vi)。

$$\text{发芽率(Gr)} = \frac{\text{发芽种子数}}{\text{供试种子数}} \times 100\%$$

$$\text{发芽势(Gv)} = \frac{\text{发芽初期正常发芽数}}{\text{实验种子总粒数}} \times 100\%$$

$$\text{发芽指数(Gi)} = \frac{\sum G_t/D_t}{\sum G_t/D_t} \quad (G_t \text{ 为第 } t \text{ 天的发芽数, } D_t \text{ 为相应的发芽天数);}$$

$$\text{活力指数(Vi)} = G_i \times W \quad (W \text{ 为幼苗单株均质量, g)}$$

**2.4 远志幼苗生长及生物量的测定** 发芽试验结束后,用游标卡尺(精度 0.01 mm)测量各处理组幼苗株高、幼苗根长,计算平均值。每处理 3 次重复。利用万分之一天平测定幼苗鲜重、干重,计算平均值。每处理 3 次重复。

**2.5 数据处理与统计分析** 试验数据通过 Excel 2007 和 SPSS 20.0 软件进行数据统计分析。

**3 结果与分析**

**3.1 PEG-6000 溶液引发对人工诱导老化远志种子发芽率的影响** 随着处理时间的延长,人工诱导老化远志种子的发芽率明显降低(图 1),老化处理 60 h 以上不再发芽,表明长时间高温高湿处理会导致远志种子劣变。与对照相比,老化远志种子经不同浓度 PEG-6000 溶液引发 24 h 后,其 Gr 都有不同程度地变化(表 1)。20% PEG-6000 溶液引发过的未老化远志种子 Gr(59.22%)比对照的远志种子 Gr(55.56%)明显提高,表明 20% PEG-6000 溶液对远志种子的 Gr 具有促进作用。相同处理时间下远志老化种子 Gr 随 PEG-6000 浓度的增加呈先升后降的趋势,当 PEG-6000 溶液浓度为 20% 时,老化远志种子 Gr 明显提高;老化处理 24 h 的远志种子通过 20% PEG-6000 溶液引发后,Gr 可提高至 54.44%,与对照的远志种子 Gr 接近;老化处理 36 h 的远志种子通过 20% PEG-6000 溶液引发后,Gr 为 43.33%,表明 20% PEG-6000 溶液可促进人工诱导老化远志种子萌发。

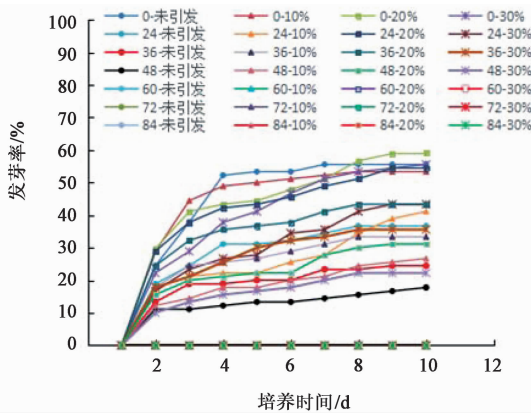


图 1 PEG-6000 溶液引发对人工诱导不同老化时间远志种子每日发芽率的影响

Fig.1 Effect of PEG-6000 solution on daily germination rate of *Polygala tenuifolia* seeds induced by artificial induction of different aging time

**3.2 PEG-6000 溶液引发对人工诱导老化远志种子发芽势的影响** 未老化处理的远志种子  $G_v$  随 PEG-6000 溶液浓度的增加均呈下降趋势(表 1);老化处

表 1 PEG-6000 溶液引发对人工诱导老化不同时间远志种子活力的影响

Table 1 Effect of PEG-6000 solution on activity of *Polygala tenuifolia* seeds induced by artificial induction of aging at different time

处理时间/h	处理	Gr/%	Gv/%	Gi	Vi	
0	未引发	55.56	52.22	84.04	1.79	
	10% PEG	53.33	48.89	85.39	1.86	
	20% PEG	59.22	43.33	83.07	1.76	
24	30% PEG	55.56	37.78	71.76	1.49	
	未引发	36.67	31.11	54.21	1.00	
	10% PEG	41.11	32.22	46.89	1.10	
24	20% PEG	54.44	42.22	78.72	1.92	
	30% PEG	43.33	36.67	53.44	1.04	
	36	未引发	24.44	18.89	36.43	0.60
10% PEG		33.33	25.56	49.22	0.78	
20% PEG		43.33	35.56	65.92	1.60	
36	30% PEG	35.56	25.56	50.40	0.66	
	48	未引发	17.78	12.22	24.84	0.26
		10% PEG	26.67	17.78	33.84	0.39
20% PEG		31.11	21.11	42.16	0.40	
48	30% PEG	22.22	15.56	29.96	0.13	
	60	未引发	0	0	0	0
		10% PEG	0	0	0	0
20% PEG		0	0	0	0	
60	30% PEG	0	0	0	0	
	72	未引发	0	0	0	0
		10% PEG	0	0	0	0
20% PEG		0	0	0	0	
72	30% PEG	0	0	0	0	
	84	未引发	0	0	0	0
		10% PEG	0	0	0	0
20% PEG		0	0	0	0	
84	30% PEG	0	0	0	0	

理 60 h 以上的远志种子不再具有发芽能力( $G_v$  为 0)。老化处理 24 ~ 48 h 的远志种子, $G_v$  均呈下降趋势,同一老化时间处理的远志种子通过 20% PEG-6000 溶液引发处理后的  $G_v$  最大。20% PEG-6000 溶液引发后,老化处理 24 h 的远志种子, $G_v$  为 42.22%,接近对照组,老化处理 36 h 的远志种子  $G_v$  为 35.56%,老化处理 48 h 的远志种子  $G_v$  为 21.11%。上述结果表明,20% PEG-6000 溶液引发老化远志种子后,能提高其  $G_v$ 。

**3.3 PEG-6000 溶液引发对人工诱导老化远志种子发芽指数的影响** 未老化处理的远志种子  $G_i$  随 PEG-6000 溶液浓度的增加变化不明显(表 1)。老化处理 60 h 以上的远志种子不再具有发芽能力,  $G_i$  降为 0。老化处理 24 ~ 48 h 的远志种子, 未引发的远志种子  $G_i$  呈下降趋势; 同一老化时间处理的远志种子随 PEG-6000 溶液浓度增加,  $G_i$  呈先升后降的趋势; 当 PEG-6000 溶液浓度为 20% 时, 老化远志种子  $G_i$  比未引发处理的老化种子有所提高; 老化处理 24 h 的远志种子  $G_i$  明显提高至 78.72; 老化处理 36 h 的远志种子  $G_i$  达到 65.92; 老化处理 48 h 的远志种子  $G_i$  达到 21.11; 表明 20% PEG-6000 溶液对老化远志种子  $G_i$  具有一定的促进作用。

**3.4 PEG-6000 溶液引发对人工诱导老化远志种子活力指数的影响** 对照组的远志种子随 PEG-6000 溶液浓度增加,  $V_i$  变化不明显在 1.49 ~ 1.86 (表 1)。老化处理 60 h 以上的远志种子发芽指标中  $V_i$  为 0。老化处理 24 ~ 48 h 未引发的远志种子  $V_i$  呈下降趋势, 最低降为 0.26。同一老化时间处理的远志种子随 PEG-6000 溶液浓度增加,  $V_i$  呈先升后降的趋势; 当 PEG-6000 溶液浓度为 20% 时, 老化远志种子  $V_i$  比未引发处理的老化种子明显提高; 老化处理 24 h 的远志种子  $V_i$  明显提高至 1.92; 老化处理 36 h 的远志种子  $V_i$  达到 1.60; 老化处理 48 h 的远志种子  $V_i$  为 0.40, 表明 20% PEG-6000 溶液能促进老化远志种子的  $V_i$ 。

**3.5 PEG-6000 溶液引发对人工诱导老化远志种子后对其幼苗株高的影响** 对照组远志种子长出的幼苗株高与处理组远志种子长出的远志幼苗株高比较, 对照组远志种子长出的幼苗株高最高(4.36 ± 0.16) cm。老化处理 60 h 以上的远志种子各项发芽指标均为 0(表 2), 无远志幼苗存在。

老化处理 24 h 的远志种子长出的幼苗株高随 PEG-6000 溶液浓度的增加而增加; 未引发处理的老化远志种子长出的幼苗株高与 10% PEG-6000 溶液处理的老化远志种子长出的幼苗株高比较, 其幼苗株高没有显著性差异, 表明 10% PEG-6000 溶液不能促进远志幼苗的生长; 不同浓度 PEG-6000 溶液处理老化 24 h 的远志种子长出的幼苗株高之间存在显著性差异( $P < 0.05$ ), 当 PEG-6000 溶液浓度为 30% 时, 其幼苗株高最高(2.97 ± 0.07) cm。老化处理 36 h 的远志种子经过 30% PEG-6000 溶液引发长出的幼苗株高与未经过 PEG-6000 溶液处理老化远志种子长出的幼苗株高之间存在显著性差异

表 2 PEG-6000 溶液引发处理对不同人工诱导老化时间远志种子长出的幼苗影响( $\bar{x} \pm s, n = 30$ )

Table 2 Effect of PEG-6000 solution initiation treatment on seedlings of *Polygala tenuifolia* with different artificially induced ageing time( $\bar{x} \pm s, n = 30$ )

处理时间/h	处理	幼苗均株高/cm	幼苗均根长/cm
0	未引发	4.36 ± 0.16 <sup>a</sup>	5.42 ± 0.22 <sup>b</sup>
	10% PEG	3.21 ± 0.24 <sup>cd</sup>	6.83 ± 0.53 <sup>a</sup>
	20% PEG	3.76 ± 0.1 <sup>b</sup>	5.85 ± 0.47 <sup>b</sup>
	30% PEG	3.37 ± 0.22 <sup>c</sup>	5.65 ± 0.29 <sup>b</sup>
24	未引发	2.57 ± 0.29 <sup>fg</sup>	3.32 ± 0.13 <sup>de</sup>
	10% PEG	2.62 ± 0.04 <sup>fg</sup>	3.40 ± 0.12 <sup>de</sup>
	20% PEG	2.85 ± 0.1 <sup>ef</sup>	3.69 ± 0.12 <sup>d</sup>
	30% PEG	2.97 ± 0.07 <sup>de</sup>	4.39 ± 0.18 <sup>c</sup>
36	未引发	2.43 ± 0.09 <sup>gh</sup>	3.02 ± 0.23 <sup>e</sup>
	10% PEG	2.50 ± 0.16 <sup>fgh</sup>	3.13 ± 0.08 <sup>de</sup>
	20% PEG	2.48 ± 0.13 <sup>fgh</sup>	3.28 ± 0.17 <sup>de</sup>
	30% PEG	2.54 ± 0.15 <sup>fg</sup>	3.37 ± 0.11 <sup>de</sup>
48	未引发	2.37 ± 0.10 <sup>gh</sup>	3.29 ± 0.12 <sup>de</sup>
	10% PEG	2.15 ± 0.17 <sup>h</sup>	2.75 ± 0.15 <sup>ef</sup>
	20% PEG	1.72 ± 0.19 <sup>i</sup>	2.51 ± 0.30 <sup>f</sup>
	30% PEG	0.40 ± 0.02 <sup>j</sup>	1.57 ± 0.32 <sup>g</sup>
60	未引发	0	0
	10% PEG	0	0
	20% PEG	0	0
	30% PEG	0	0
72	未引发	0	0
	10% PEG	0	0
	20% PEG	0	0
	30% PEG	0	0
84	未引发	0	0
	10% PEG	0	0
	20% PEG	0	0
	30% PEG	0	0

注: 同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著( $P < 0.05$ ) (表 3 同)。

( $P < 0.05$ ), 表明 30% PEG 能够引发老化处理 36 h 的远志种子, 并促进远志幼苗株高的生长。老化 48 h 的远志种子长出的幼苗株高随 PEG-6000 溶液浓度的增加而降低, 经过 30% PEG-6000 溶液处理后, 其幼苗株高与未经过 30% PEG-6000 溶液处理的老化 48 h 远志种子长出的幼苗株高之间存在显著性差异( $P < 0.05$ ), 其幼苗株高最低(0.40 ± 0.02) cm。表明 30% PEG-6000 溶液不能引发老化 48 h 远志种

子生长,其幼苗株高也受到一定的抑制。

**3.6 PEG-6000 溶液引发对人工诱导老化远志种子后对远志幼苗根长的影响** 不同浓度 PEG-6000 溶液引发处理未老化远志种子后长出的幼苗根长与对照组远志种子长出的幼苗根长比较,经过 10% PEG-6000 溶液处理未老化的远志种子后长出的幼苗根长具有显著性差异( $P < 0.05$ ),其幼苗根长为  $(6.83 \pm 0.53)$  cm(表 2)。老化 24 h 远志种子长出的幼苗根长随 PEG 浓度的增加而增加,未引发处理老化 24 h 的远志种子长出的幼苗根长与 10% PEG-6000 溶液处理的老化远志种子长出的幼苗根长没有显著性差异;10% PEG-6000 溶液处理的老化远志种子长出的幼苗根长与 30% PEG-6000 溶液引发处理的老化远志种子长出的幼苗根长之间存在显著性差异( $P < 0.05$ ),当 PEG-6000 溶液浓度为 30% 时,老化 24 h 的远志种子长出的幼苗根长最长  $(4.39 \pm 0.18)$  cm,表明 30% PEG-6000 溶液能促进老化 24 h 的远志种子幼苗根生长。老化 36 h 的远志种子未引发处理长出的幼苗根长与不同浓度 PEG-6000 溶液处理老化的远志种子长出的幼苗根长没有显著性差异,表明不同浓度 PEG-6000 溶液处理老化 36 h 的远志种子对其长出的幼苗根长没有明显的作用。老化 48 h 的远志种子长出的幼苗根长随 PEG 浓度的增加而降低,20% PEG-6000 溶液和 30% PEG-6000 溶液处理的老化远志种子长出的幼苗根长与未经过 PEG-6000 溶液处理的老化远志种子长出的幼苗根长之间存在显著性差异( $P < 0.05$ ),表明 20% PEG-6000 溶液和 30% PEG-6000 溶液对老化 48 h 的远志种子长出的幼苗根长具有一定的抑制作用。

**3.7 PEG-6000 溶液引发人工诱导老化远志种子后对远志幼苗地上部分质量的影响** 未老化处理的远志种子长出的幼苗地上部分鲜重随 PEG-6000 溶液浓度的增大而减少,但幼苗地上部分干重随 PEG-6000 溶液浓度的增大而增大,对照组的远志种子长出的幼苗地上部分鲜重、干重与不同浓度 PEG-6000 溶液处理的未老化远志种子长出的幼苗地上部分鲜重、干重没有显著性差异(表 3)。老化 24 h 的远志种子长出的幼苗地上部分鲜重、干重随 PEG-6000 溶液浓度的增加而变化,20% PEG-6000 溶液处理的老化远志种子长出的幼苗地上部分鲜重、干重与未引发处理老化远志种子长出的远志幼苗地上部分鲜重、干重之间存在显著性差异( $P < 0.05$ ),当 PEG-6000 溶液浓度为 20% 时,老化 24 h 的远志种

子长出的幼苗地上部分鲜重  $(0.0196 \pm 0.0003)$  g,幼苗地上部分干重  $(0.0047 \pm 0.0001)$  g 均最大,表明 20% PEG-6000 溶液对老化 24 h 的远志种子长出的幼苗地上部分鲜重、干重具有一定的促进作用。老化 36 h 的远志种子经过不同浓度 PEG-6000 溶液引发长出的幼苗地上部分鲜重、干重与未引发处理的远志种子长出的幼苗地上部分鲜重、干重比较,当 PEG-6000 溶液浓度为 20% 时,老化远志种子长出的幼苗地上部分鲜重、干重最大。老化 48 h 的远志种子长出的远志幼苗地上部分鲜重、干重随 PEG 浓度的增加而降低,30% PEG-6000 溶液处理老化远志种子长出的幼苗地上部分鲜重、干重与未经过 PEG-6000 溶液处理老化远志种子长出的幼苗地上部分鲜重、干重之间存在显著性差异( $P < 0.05$ ),表明 30% PEG-6000 溶液对老化 48 h 的远志种子长出的幼苗地上部分鲜重、干重具有一定的抑制作用。

**3.8 PEG-6000 溶液引发人工诱导老化远志种子后对远志幼苗地下部分质量的影响** 从表 3 可以看出,对照组的远志种子长出的幼苗地下部分鲜重、干重与不同浓度 PEG-6000 溶液处理未老化远志种子长出的幼苗地下部分鲜重、干重没有显著性差异,表明不同浓度 PEG-6000 溶液对未老化远志种子长出的幼苗地下部分质量没有影响。老化 24 h 的远志种子长出的幼苗地下部分鲜重、干重随着 PEG-6000 溶液浓度的增加先增大后减小,20% PEG-6000 溶液处理老化远志种子长出的幼苗地下部分鲜重、干重与未引发处理的老化远志种子长出的幼苗地下部分鲜重、干重之间存在显著性差异( $P < 0.05$ ),当 PEG-6000 溶液浓度为 20% 时,老化远志种子长出的幼苗地下部分鲜重  $(0.0048 \pm 0.0006)$  g,地下部分干重  $(0.0011 \pm 0.0002)$  g 均最大,表明 20% PEG-6000 溶液能增加老化 24 h 的远志种子长出的幼苗地下部分鲜重、干重。老化 36 h 的远志种子长出的幼苗地下部分鲜重、干重随 PEG-6000 溶液浓度的增加先增大后减小,与未引发的远志种子长出的幼苗地下部分鲜重、干重之间存在显著性差异( $P < 0.05$ ),当 PEG-6000 溶液浓度为 20% 时,老化远志种子长出的幼苗地下部分鲜重  $(0.0073 \pm 0.0004)$  g,干重  $(0.0017 \pm 0.0005)$  g 均最大,表明 20% PEG-6000 溶液能增加老化 36 h 的远志种子长出的幼苗地下部分鲜重、干重。老化 48 h 的远志种子长出的幼苗地下部分鲜重、干重随 PEG 浓度的增加而变化,当 PEG-6000 溶液浓度为 30% 时,处理老化远志种子长出的幼苗地下部分鲜重、干重与其

表 3 PEG-6000 溶液引发处理对不同人工诱导老化时间远志种子长出的幼苗质量影响

Table 3 Effect of PEG-6000 solution initiation treatment on seedlings weight of *Polygala tenuifolia* with different artificially induced ageing time

处理时间/h	处理	地上部分		地下部分	
		鲜重/g	干重/g	鲜重/g	干重/g
0	未引发	0.017 2 ± 0.000 7 <sup>abc</sup>	0.002 4 ± 0.000 4 <sup>c</sup>	0.004 1 ± 0.000 4 <sup>cde</sup>	0.000 9 ± 0.000 2 <sup>cde</sup>
	10% PEG	0.017 6 ± 0.000 4 <sup>abc</sup>	0.002 3 ± 0.000 2 <sup>c</sup>	0.004 2 ± 0.000 6 <sup>cde</sup>	0.000 6 ± 0.000 2 <sup>cde</sup>
	20% PEG	0.017 1 ± 0.000 2 <sup>abc</sup>	0.002 2 ± 0.000 5 <sup>c</sup>	0.004 1 ± 0.000 6 <sup>cde</sup>	0.000 5 ± 0.000 2 <sup>cde</sup>
	30% PEG	0.016 6 ± 0.000 6 <sup>abc</sup>	0.002 5 ± 0.000 4 <sup>c</sup>	0.004 1 ± 0.000 4 <sup>cde</sup>	0.000 5 ± 0.000 3 <sup>cde</sup>
24	未引发	0.015 2 ± 0.000 1 <sup>cd</sup>	0.002 2 ± 0.000 3 <sup>c</sup>	0.003 2 ± 0.000 3 <sup>de</sup>	0.000 3 ± 0.000 1 <sup>de</sup>
	10% PEG	0.018 7 ± 0.000 4 <sup>ab</sup>	0.004 3 ± 0.000 3 <sup>a</sup>	0.004 7 ± 0.000 6 <sup>bed</sup>	0.001 0 ± 0.000 5 <sup>bed</sup>
	20% PEG	0.019 6 ± 0.000 3 <sup>a</sup>	0.004 7 ± 0.000 1 <sup>a</sup>	0.004 8 ± 0.000 6 <sup>bed</sup>	0.001 1 ± 0.000 2 <sup>bc</sup>
	30% PEG	0.015 6 ± 0.000 4 <sup>bed</sup>	0.003 9 ± 0.000 7 <sup>ab</sup>	0.003 9 ± 0.000 7 <sup>cde</sup>	0.000 6 ± 0.000 1 <sup>de</sup>
36	未引发	0.013 7 ± 0.000 6 <sup>d</sup>	0.003 3 ± 0.000 4 <sup>bc</sup>	0.002 8 ± 0.000 7 <sup>e</sup>	0.000 3 ± 0.000 0 <sup>de</sup>
	10% PEG	0.010 8 ± 0.000 3 <sup>e</sup>	0.002 6 ± 0.000 5 <sup>c</sup>	0.005 0 ± 0.000 6 <sup>bc</sup>	0.000 8 ± 0.000 3 <sup>cde</sup>
	20% PEG	0.017 0 ± 0.000 3 <sup>abc</sup>	0.004 2 ± 0.000 4 <sup>a</sup>	0.007 3 ± 0.000 4 <sup>a</sup>	0.001 7 ± 0.000 5 <sup>a</sup>
	30% PEG	0.007 2 ± 0.000 3 <sup>f</sup>	0.002 2 ± 0.000 5 <sup>c</sup>	0.005 8 ± 0.000 5 <sup>b</sup>	0.001 5 ± 0.000 2 <sup>ab</sup>
48	未引发	0.006 6 ± 0.000 8 <sup>f</sup>	0.000 5 ± 0.000 2 <sup>d</sup>	0.003 7 ± 0.000 5 <sup>cde</sup>	0.000 4 ± 0.000 2 <sup>cde</sup>
	10% PEG	0.007 5 ± 0.000 4 <sup>f</sup>	0.000 3 ± 0.000 1 <sup>d</sup>	0.004 0 ± 0.000 7 <sup>cde</sup>	0.000 3 ± 0.000 3 <sup>cde</sup>
	20% PEG	0.005 7 ± 0.000 5 <sup>f</sup>	0.000 4 ± 0.000 3 <sup>d</sup>	0.003 7 ± 0.001 1 <sup>cde</sup>	0.000 3 ± 0.000 3 <sup>de</sup>
	30% PEG	0.003 0 ± 0.000 4 <sup>e</sup>	0.000 2 ± 0.000 1 <sup>d</sup>	0.001 4 ± 0.000 6 <sup>f</sup>	0.000 2 ± 0.000 2 <sup>e</sup>
60	未引发	0	0	0	0
	10% PEG	0	0	0	0
	20% PEG	0	0	0	0
	30% PEG	0	0	0	0
72	未引发	0	0	0	0
	10% PEG	0	0	0	0
	20% PEG	0	0	0	0
	30% PEG	0	0	0	0
84	未引发	0	0	0	0
	10% PEG	0	0	0	0
	20% PEG	0	0	0	0
	30% PEG	0	0	0	0

他浓度 PEG-6000 溶液处理老化远志种子长出的幼苗地下部分鲜重、干重之间存在显著性差异 ( $P < 0.05$ ), 老化远志种子长出的幼苗地下部分鲜重、干重最低, 表明 30% PEG-6000 溶液对老化 48 h 远志种子长出的幼苗地下部分鲜重、干重具有一定的抑制作用。

#### 4 结论与讨论

本试验中, 短时间的高温处理 ( $< 48$  h) 远志种子后, 其 4 项发芽指标表现较好, 随着高温胁迫时间延长 ( $> 60$  h), 远志种子在不同浓度的 PEG-6000

溶液中引发后, 仍然不具有发芽能力, 表明高温 [ $(45 \pm 1) ^\circ\text{C}$ ], 高湿 (100% 相对湿度) 和密闭条件下远志种子已失活。种子老化会使其抗氧化酶活性下降, 活性氧的累积增多, 细胞膜透性增大, 脂质过氧化增强, 膜完整性降低, 从而导致种子的活力下降<sup>[17]</sup>。通过 PEG-6000 溶液引发可以使种子的老化损伤得到修复, 并显著地提高其活力水平<sup>[18]</sup>。由于老化时间, PEG-6000 溶液浓度等因素的影响, PEG-6000 溶液引发对种子活力的提高效果存在差异, 通过 20% PEG-6000 溶液引发后其 Gr, Gv, Gi 及 Vi 均

高于其他组。

从幼苗及根的生长情况来看,20% PEG-6000溶液引发老化24 h的远志种子长出的幼苗地上部分鲜重、干重高于未老化,10% PEG-6000溶液和30% PEG-6000溶液引发老化24 h的远志种子长出的幼苗,且根系生长量的变化也最为明显。在试验过程中,人工诱导老化时间较长(>60 h)的远志种子在不同浓度PEG-6000溶液中引发后,仍然不具有发芽能力,表明长时间人工诱导老化远志种子已失活,即失活的种子无法用PEG-6000溶液引发使其恢复活性。

种子老化后,细胞膜系统受到不同程度的损伤,并且随着老化的不断加强,种子活力迅速下降,不仅会引起种子播种后出现断垄、缺苗现象,更会给农业生产造成极大的损失。种子经过PEG-6000溶液引发处理后,改变了种子内部生物膜的透性,修复了膜系统的损伤,减少了细胞内部物质的外渗,从而提高了种子活力。适当浓度的PEG-6000溶液引发老化种子,可以启动种子细胞内的保护机制,降低其膜系统的损伤,增强膜系统的修复,从而提高种子萌发能力,促进幼胚的生长。因此,可将PEG-6000溶液引发作用应用于药用植物种子发芽中,对提高药用植物种子活力、缩短出苗期、培育壮苗等方面具有重要的应用价值。

#### [参考文献]

[1] Draganic I, Lekic S. Seed priming with antioxidants improves sunflower seed germination and seeding growth under unfavorable germination conditions [J]. Turk J Agric Forest, 2012, 36(4): 421-428.

[2] 马俊华, 刘建军, 乔燕祥, 等. 老化玉米种子修复处理后的活力效应研究[J]. 玉米科学, 2012, 20(4): 101-104.

[3] 冯世鑫, 马小军, 李小勇, 等. PEG浸种对老化的蔓性千斤拔种子萌发及活力的影响[J]. 作物杂志, 2013(1): 136-139.

[4] Butler L H, Hay F R, Eilis R H, et al. Priming and redrying improve the survival of mature seeds of *Digitalis*

*purpurea* during storage[J]. Annals of Botany, 2009, 103(8): 1261-1270.

[5] 陈禅友, 赵新春. PEG处理提高长豇豆种子活力的初步研究[J]. 种子, 1991, 11(1): 32-35.

[6] 王伟, 史雨刚, 王曙光. PEG引发对老化大豆种子发芽及活力的影响[J]. 山西农业科学, 2011, 39(7): 650-654.

[7] 张自阳, 姜小苓, 卢春瑞, 等. PEG引发处理对人工老化小麦种子活力及幼苗生长的影响[J]. 河南科技学院学报:自然科学版, 2013, 41(1): 1-5.

[8] 夏方山, 闫慧芳, 毛培胜, 等. PEG引发对燕麦老化种子活力的影响[J]. 草业学报, 2015, 24(11): 234-239.

[9] 孙刚, 曹敏建, 张弘, 等. 赤霉素、PEG对玉米种子活力的影响[J]. 玉米科学, 2013, 21(6): 73-75.

[10] 潘春柳, 黄燕芬, 邓志军, 等. PEG处理对新鲜和老化穿心莲种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 种子, 2013, 32(12): 30-34.

[11] 王慧超, 赵昌琼, 郑美娜, 等. 聚乙二醇(PEG)浸种对茎瘤芥老化种子活力及其幼苗生长的影响[J]. 植物生理学通讯, 2010, 46(2): 131-134.

[12] 张海旺, 芦翠乔, 吴丁, 等. PEG渗透处理对老化油菜种子过氧化及细胞膜透性的影响[J]. 华北农学报, 1989, 4(2): 56-63.

[13] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典. 一部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 156.

[14] 刘大伟, 康利平, 马百平. 远志化学及药理作用研究进展[J]. 国际药学研究杂志, 2012, 39(1): 32-36, 44.

[15] 孟艳, 吴鹏, 张学兰, 等. 高效液相色谱-飞行时间质谱法快速鉴定远志生、制饮片的化学成分[J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(20): 17-20.

[16] ISTA. *International Rules for Seed Testing* [M]. Bassersdorf; Zurich, 2013.

[17] McDonald M B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment [J]. Seed Sci Technol, 1999, 27(1): 177-237.

[18] Inayat-ur-rahman, Ali N, Rab A, et al. Role of storage seed priming in controlling seed deterioration during storage[J]. Sarhad J Agric, 2013, 29(3): 379-386.

[责任编辑 顾雪竹]