

模拟水分胁迫及复水对宁夏贺兰山油松种子萌芽的影响

周 源¹,王继飞²

(1. 宁夏农林科学院 荒漠化治理研究所,宁夏 银川 750002;2. 宁夏贺兰山国家级自然保护区管理局,宁夏 银川 750021)

摘要:采用不同浓度 PEG-6000 模拟水分胁迫,系统研究了水分胁迫及复水对贺兰山油松种子萌发的影响,主要包括发芽率、发芽速度、发芽指数、活力指数、芽长。结果表明,随着 PEG 浓度上升到 20%~30%,上述指标均受到强烈抑制。复水后,除了发芽速度,其他发芽指标都显著低于对照,不同水分胁迫复水处理之间发芽指标差异不显著。这些发现为更好地理解贺兰山油松自然更新经营管理提供了依据。

关键词:油松;水分胁迫;种子发芽;贺兰山

中图分类号:S791.254 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2020)05-0122-04

Effects of Simulated Water Stress and Re-watering on the Germination of
Pinus tabuliformis Seeds in Helan Mountains

ZHOU Yuan¹, WANG Ji-fei²

(1. Institute of Desertification Control, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Science, Yinchuan 750002, Ningxia, China;

2. Administration of State Nature Reserve of Helan Mountain in Ningxia, Yinchuan 750021, Ningxia, China)

Abstract: Effects of water stress simulated by the different concentrations of polyethylene glycol (PEG)-6000 and re-watering on the germination of *Pinus tabuliformis* seeds in Helan mountains were studied systematically. Parameters included the germination percentage, germination speed, germination index, vitality index, and sprout length. The results showed that all the parameters mentioned above were restrained intensely when concentrations of PEG raised to 20%–30%. After re-watering, they all showed significantly lower values compared with the controls except for the parameter of germination speed. There was no significant difference in the parameters between rehydration treatments of different water stress. These findings will provide basis for better understanding of natural regeneration management of *P. tabuliformis* in Helan mountains.

Key words: *Pinus tabuliformis*; water stress; seed germination; Helan mountains

林分的天然更新保证了种群的生存和繁衍,并维护了群落组成和结构稳定性。种子更新是树木的 2 种天然更新方式之一。种子更新过程中,种子萌发是一个必经阶段^[1]。油松是宁夏贺兰山主要树种,杨跃文等^[2]调查发现,虽然贺兰山油松种群基本处于稳定状态,种群内均有更新的实生苗,然而种群内的小树(树高<1.5 m)数量较少,且生长发育不良,说明种群的幼苗和幼树储备不足,种群表现出一定的衰退趋势。周源等^[3-4]发现,宁夏贺兰山油松林

林隙内油松幼苗幼树年龄结构呈增长型种群的反“J”分布型^[2-4]。而对宁夏贺兰山油松种子萌发的研究,特别是在土壤水分不足时对贺兰山油松种子发芽影响的研究,则未见报道。PEG 能使植物处于类似于干旱的环境中,所以可用来模拟干旱胁迫。这种方法具有试验周期短、适于大批量鉴定、操作简单、可重复性强等优点^[5-6]。采用 PEG 模拟干旱胁迫对种子的抗旱性进行研究是目前的热点^[7-13]。本研究以宁夏贺兰山森林常见树种油松的种子为试验

材料,针对宁夏贺兰山降水量低而造成相对缺水的问题,采用人工模拟水分胁迫的方法探讨了宁夏贺兰山油松种子对水分胁迫的反应,旨在为宁夏贺兰山的天然林更新研究提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料油松种子采自宁夏贺兰山国家级自然保护区苏峪口,采种时间为 2017 年 9 月底。

1.2 试验方法

为使试验条件尽可能接近宁夏贺兰山油松种子未有人为干扰的自然环境,本试验未对种子采用促进萌发的预处理措施,在试验过程中对发霉种子只拣除,也未用高锰酸钾等进行消毒处理,每天光照约 10 h(试验室内散射自然光),温度 16°C~22°C。

水分胁迫的条件由聚乙二醇(PEG6000)的溶液产生,浓度分别为 20%、30%(w/v),与之对应的溶液水势梯度约为 -0.60、-1.20 MPa,以蒸馏水作对照,发芽试验 3 次重复,每次重复均为 50 粒纯净种子,播于 2 层滤纸上,滤纸事先用处理所需各种聚乙二醇(PEG-6000)浓度溶液浸泡(稍有余液渗出),并置于培养皿中。在滤纸上每天加溶液数滴且 4 d 换 1 次滤纸,以防止水势变动。种子发芽以胚根伸长长度达到种子长度时为标志。当每个处理中有 1 个重复的种子出现发芽,即为该处理发芽始期,定期记录每天的发芽种子数,连续 4 d 没有种子发芽为发芽结束期。整个发芽试验持续 25 d,发芽率计算如下:

$$\text{发芽率} = \frac{\text{正常发芽种子总粒数}}{\text{参试种子总粒数}} \times 100\% \quad (1)$$

其他发芽指标(发芽指数、活力指数及平均发芽速度)的计算参照文献[14-16]。

1.3 数据处理与分析

采用 SPSS13.0 软件进行方差分析,先对数据进行方差齐性检验,然后进行多重比较,采用 Tukey 检验确定处理间的差异显著水平。用 Excel2003 软件作图。

2 结果与分析

2.1 模拟水分胁迫对宁夏贺兰山油松种子发芽的影响

试验结果表明,当 PEG 浓度梯度为 20%、30% 时即水势 < -0.60 MPa 时,无种子发芽(表 1)。

2.2 模拟水分胁迫复水后对宁夏贺兰山油松种子发芽的影响

当模拟水分胁迫为 -0.60 MPa 和 -1.20 MPa 时,贺兰山油松种子均不萌发,用蒸馏水将这 2 个处

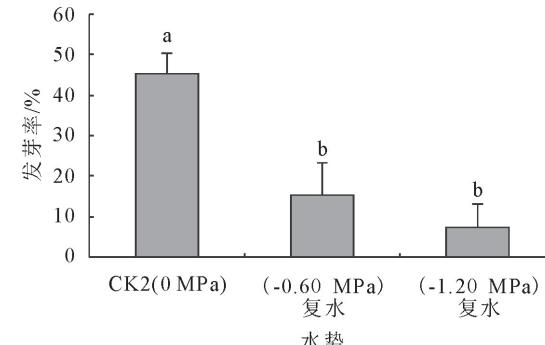
理中未发芽种子反复冲洗,进行恢复萌发试验,培养条件与上述对照相同,另设对照处理。

表 1 不同浓度 PEG 对种子发芽的影响

Table 1 Effect of water stress on the seed germination percentage

水势	发芽率 /%	发芽指数	平均发芽速度/d	活力指数
对照 CK1 (0 MPa)	46.67	3.14	8.07	89.56
20% (-0.60 MPa)	0	0	0	0
30% (-1.20 MPa)	0	0	0	0

2.2.1 模拟水分胁迫复水后对发芽率的影响 试验结果表明(图 1):油松种子没有受到水分胁迫处理和受到水分胁迫后复水处理的发芽率差异显著($P < 0.05$),不同水分胁迫复水处理之间发芽率差异不显著($P > 0.05$)。



注:不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

图 1 不同处理复水后对种子发芽率的影响

Fig. 1 The changes of the germination percentage of the seeds under water stress after re-watering

2.2.2 模拟水分胁迫复水后对发芽指数的影响 试验表明(图 2),随着水势的下降,复水后种子的发芽指数也相应下降。贺兰山油松种子没有受到水分胁迫处理和受到水分胁迫后复水处理的发芽指数差异显著($P < 0.05$),不同水分胁迫复水处理之间发芽指数差异不显著($P > 0.05$)。

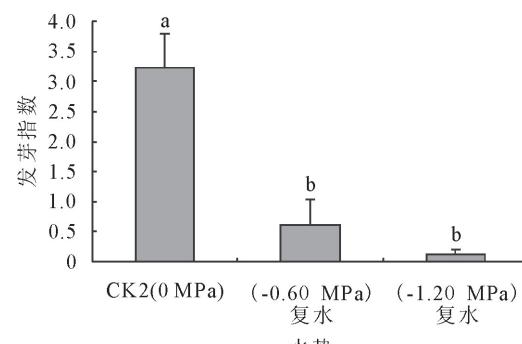


图 2 不同处理复水后对种子发芽指数的影响

Fig. 2 The changes of the germination index of the seeds of the seeds under water stress after re-watering

2.2.3 模拟水分胁迫复水后对发芽速度的影响

试验表明(图3),水分胁迫的油松种子复水后的发芽速度比未受水分胁迫的发芽速度减慢。但经方差分析可知,其差异不显著($P>0.05$)。

2.2.4 模拟水分胁迫复水后对活力指数的影响

活力指数反映了种子发芽的速度、整齐度、发芽百分数、幼苗生长势和一定的植株生产潜力。试验表明(图4),不同水势处理复水后,油松种子活力指数随复水前水势的下降呈递减趋势,经方差分析可知,贺兰山油松种子没有受到水分胁迫处理和受到水分胁迫后复水处理的活力指数差异显著($P<0.05$),不同水分胁迫复水处理之间活力指数差异不显著($P>0.05$)。

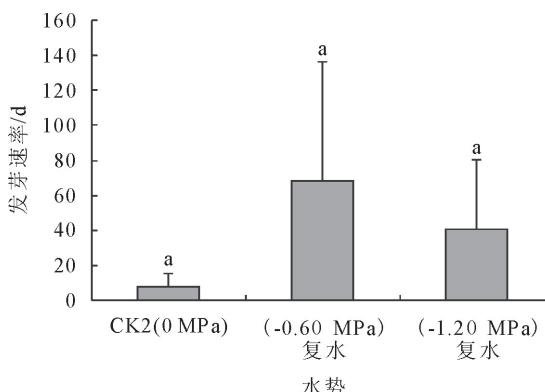


图3 不同处理复水后对种子发芽速率的影响

Fig. 3 The changes of the germination speed of the seeds of the seeds under water stress under re-watering

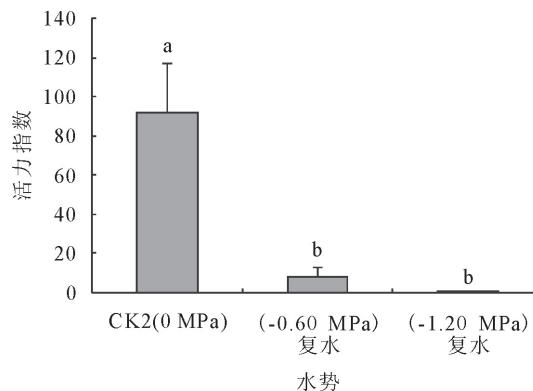


图4 不同处理复水后对种子活力指数的影响

Fig. 4 The changes of the vitality exponent of the seeds under water stress after re-watering

2.2.5 模拟水分胁迫复水后对芽长度的影响

试验表明(图5),随着水势的下降,宁夏贺兰山油松种子芽长度呈递减趋势,经方差分析可知,贺兰山油松种子没有受到水分胁迫处理和受到水分胁迫后复水处理的芽长度差异显著($P<0.05$),不同水分胁迫复水处理之间芽长度差异不显著($P>0.05$)。

3 结论与讨论

对于前一年结的宁夏贺兰山油松种子,当温度

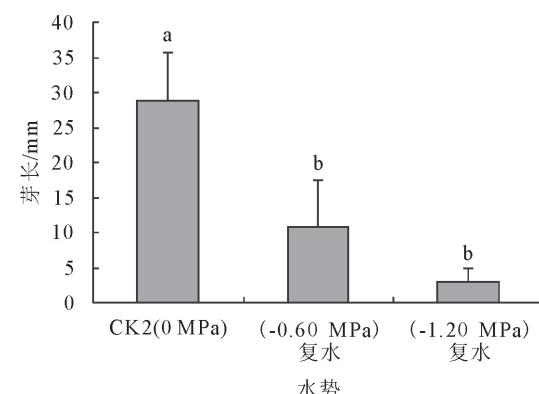


图5 不同处理复水后对芽长度的影响

Fig. 5 The changes of the sprout length of the seeds under water stress after re-watering

为 $16^{\circ}\text{C} \sim 22^{\circ}\text{C}$,在没有受到水分胁迫时,其发芽率为45%~46%,在水势 $<-0.6 \text{ MPa}$ 时,种子发芽被完全抑制,耐旱性弱;复水后,种子发芽各项指标除发芽速率外,其他各项指标与没有受到水分胁迫的对照处理相比显著下降。

虽然不同浓度PEG短期处理种子可以促进油松种子发芽^[17],但长期处理对油松种子发芽影响可能是另外一种结果。另外也有人指出,低浓度的PEG溶液对种子的萌发及生长是否具有促进作用,可能与植物的种类、胁迫梯度的设置以及胁迫时间的长短有关^[10]。与香椿(*Toona sinensis*)、女贞(*Ligustrum lucidum*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)和火棘(*Pyracantha fortuneana*)等在 -0.60 MPa 下仍有较高的发芽率相比^[18],本试验结果揭示出对于前一年结的宁夏贺兰山油松种子,在水势 $<-0.6 \text{ MPa}$ 时,种子发芽被完全抑制,耐旱性弱。

虽然种子能否在干旱环境下保持活力以及幼苗能否在干旱环境下继续生长,是植物存活的关键^[13,19]。但是由于植物在自然条件下总是在胁迫与解除胁迫的状态间不断切换中生存,因此植物抗旱性研究不仅要研究其胁迫阶段的生长、生理和繁殖能力,还应该研究其恢复能力。薛盼盼等^[5]对包括银川种源的4个种源酸枣用质量浓度为20%的PEG胁迫处理后,4个种源的酸枣种子均不萌发,解除胁迫后遇充足水分都立即开始萌发,且萌发整齐^[5]。而宁夏贺兰山油松种子复水后,发芽各项指标除发芽速率外,其他各项指标与对照相比显著下降,表明在水势 $<-0.60 \text{ MPa}$ 时,种子既不能萌发,种子活力又大幅度下降。

宁夏贺兰山地区除雨季6—8月外,其他季节降雨量少,容易发生持续时间长的土壤水分亏缺,而油松种子在9月底开始散播,因此它们或者在种子活力较高时立即萌发,但则面临不利于幼苗生长的严

冬环境;或者于第二年春季来临之时萌发,但暖冬和春季频发的干旱一旦对油松种子产生水势 <-0.60 MPa的水分胁迫,将导致大部分的种子既不能萌发,又将使种子活力大幅下降。通常在干燥环境储藏1 a 和 2 a 的油松种子发芽率较高且两者之间发芽率差异不显著^[20]。但针叶树种子在土壤中活力下降较快,有研究表明天山云杉种子在自然条件下的埋藏0.5 a 后,平均活力下降49.56%;1 a 后,下降91.83%^[21]。种子在土壤中活力下降的原因较多,我们的研究结果表明,油松种子在处于 <-0.60 MPa的水分胁迫时,将导致种子既不能萌发,又将使种子活力大幅下降。这也可能是宁夏贺兰山油松林地没有大量出现油松幼苗的原因之一,也是今后在宁夏贺兰山油松天然次生林更新研究中值得注意的问题。

参考文献:

- [1] 王妍.呼伦贝尔沙地天然樟子松林更新研究[D].北京:中国林业科学研究院,2009.
- [2] 杨跃文,段玉玺,季蒙,等.贺兰山林区油松种群结构与空间分布特征研究[J].林业资源管理,2014(2):87-92.
YANG Y W, DUAN Y X, JI M, et al. Study on population structure and spatial distribution characteristics of *Pinus tabulaeformis* in the forest region of the Helan Mountains in Inner Mongolia[J]. Forest Resources Management, 2014 (2): 87-92. (in Chinese)
- [3] 周源,何建龙,张源润,等.宁夏贺兰山油松林隙特征[J].福建林业科技,2016,43(4):117-119,134.
- [4] 周源,李世喜.宁夏贺兰山油松林隙幼苗幼树龄级结构特征研究[J].宁夏农林科技,2017,58(2):26-27.
- [5] 薛盼盼,张强,魏学智.模拟干旱胁迫对酸枣种子萌发及活力的影响[J].西北农业学报,2016,25(12):1837-1843.
XUE P P, ZHANG Q, WEI X Z. Effects of simulated drought stress on germination and vigor of *Zizyphus jujuba* seeds[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2016, 25 (12): 1837-1843. (in Chinese)
- [6] 安永平,强爱玲,张媛媛,等.渗透胁迫下水稻种子萌发期特性及抗旱性鉴定指标研究[J].植物遗传资源学报,2006,7(4):421-426.
AN Y P, QIANG A L, ZHANG Y Y, et al. Study on characteristics of germination and drought resistance index by osmotic stress in rice[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2006, 7 (4): 421-426. (in Chinese)
- [7] 郑光华.种子生理研究[M].北京:科学出版社,2004:405-414.
- [8] 武冲,仲崇禄,张勇,等.聚乙二醇模拟干旱对三种木麻黄种子萌发的影响[J].中南林业科技大学学报,2011,31(2):22-26.
WU C, ZHONU C L, ZHANG Y, et al. Effect of polyethylene glycol simulated drought stress on seed germination of three species of Casuarinaceae[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2011, 31(2): 22-26. (in Chinese)
- [9] 武冲,仲崇禄,牟振强,等.模拟水分胁迫对不同种源麻栎种子萌发能力的影响[J].西北植物学报,2012,32(4):774-780.
- [10] 武冲,仲崇禄,牟振强,等.PEG模拟干旱胁迫对栓皮栎种子萌发及生长生理的影响[J].西北植物学报,2013,33(10):2043-2049.
LI Z P, ZHANG W H, CUI Y C. Effects of PEG simulated drought stress on seed germination and growth physiology of *Quercus variabilis* [J]. Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin., 2013, 33(10): 2043-2049. (in Chinese)
- [11] 何佳亮,董开茂,郑健,等.NaCl和PEG胁迫对金露梅种子萌发及幼苗的影响[J].西北林学院学报,2014,29(4):123-126.
HE J L, DONG K M, ZHENG J, et al. Effects of NaCl and PEG stress on seed germination and seedling growth of *Potentilla fruticosa* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2014, 29(4): 123-126. (in Chinese)
- [12] 黄修梅,郝丽珍,袁春爱.蒙古高原野韭种子萌发对PEG模拟干旱胁迫的响应[J].种子,2014,33(11):14-17.
HUANG X M, HAO L Z, YUAN C A. Seed germination of allium ramosum from Mongolia Plateau under drought stress simulated by PEG[J]. Seed, 2014, 33(11): 14-17. (in Chinese)
- [13] 姜生秀,严子柱,吴昊.PEG6000模拟干旱胁迫对2种沙冬青种子萌发的影响[J].西北林学院学报,2018,33(5):130-136.
JIANG S X, YAN Z Z, WU H. Effects of simulated drought stress by PEG6000 on seed germination of the two *Amomum pithanthus* species[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2018, 33(5): 130-136. (in Chinese)
- [14] 国际种子检验协会.种苗评定与种子活力测定方法手册[M].北京:北京农业大学出版社,1993:53-56.
- [15] 代莉,谢双喜,杨荣,等.水分胁迫对日本柳杉种子萌芽的影响[J].贵州林业科技,2003,31(4):15-19.
- [16] 程波,胡生荣,高永,等.PEG模拟干旱胁迫下5种紫花苜蓿萌发期抗旱性的评估[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2019,47(1):53-59.
CHENG B, HU S R, GAO Y, et al. Drought resistance of 5 alfalfa species at germination period under PEG simulated drought stress[J]. Journal of Northwest A&F University: Nat. Sci. Ed., 2019, 47(1): 53-59. (in Chinese)
- [17] 史峰厚,朱灿灿,沈永宝,等.PEG6000渗透处理对油松种子萌发的影响[J].浙江林学院学报,2008,25(3):289-292.
SHI F H, ZHU C C, SHEN Y B, et al. Germination of *Pinus tabulae formis* seeds with PEG6000 osmotic treatments[J]. Journal of Zhejiang Forestry College, 2008, 25 (3): 289-292. (in Chinese)
- [18] 刘伟玲,谢双喜,喻理飞.几种常见喀斯特森林树种种子发芽对水分胁迫的反应[J].贵州林业科技,2003,31(1):17-21.
- [19] 秦文静,梁宗锁.四种豆科牧草萌发期对干旱胁迫的响应及抗旱性评价[J].草业学报,2010,19(4):61-70.
- [20] 郝阳春.储藏时间对油松种子萌发及生理特征变化的影响[J].防护林科技,2016(3):34-35.
- [21] 尹锴.天山云杉林土壤种子库研究[D].新疆:新疆农业大学,2006.