

不同储藏温度下 PEG-6000 模拟干旱对骆驼蓬种子萌发的影响

张雁明¹ 贾鹏² 王乐¹ 石圣霖³ 贾静¹ 刘娜¹

1 河套学院化学与环境工程系

2 国家海洋环境监测中心

3 内蒙古自治区林业和草原局综合保障中心

DOI:10.32629/eep.v8i12.3010

[摘要] 为了探究骆驼蓬(*Peganum harmala*)种子对干旱胁迫的适应性,本研究在人工气候培养箱内开展胁迫萌发实验,通过设置质量百分比浓度为0%、5%、10%、15%、20%和25%的聚乙二醇(PEG-6000)溶液,构建6个梯度的模拟干旱胁迫处理组,系统分析骆驼蓬种子的萌发特性。结果表明:(1)储藏温度和PEG模拟干旱胁迫及二者的交互作用对骆驼蓬种子的萌发率、萌发指数和萌发时间均具有显著影响;(2)随着PEG浓度的增加,骆驼蓬种子的萌发率和萌发指数均呈下降的趋势,萌发开始时间呈增加的趋势;(3)储藏温度对骆驼蓬种子萌发具有显著作用。

[关键词] 适应性; 萌发特性; 温度; 干旱胁迫; 骆驼蓬

中图分类号: P423 文献标识码: A

Effect of simulated drought by polyethylene glycol on the germination of *Peganum harmala* seeds under different storage temperatures

Yanming Zhang¹ Peng Jia² Le Wang¹ Shenglin Shi³ Jing Jia¹ Na Liu¹

1 Department of Chemical and Environmental Engineering, Hetao College

2 National Marine Environmental Monitoring Center

3 Inner Mongolia Autonomous Region Forestry and Grassland Bureau Comprehensive Support Center

[Abstract] In order to investigate the adaptability of *Peganum harmala* seeds to drought stress, this study conducted a stress germination experiment in an artificial climate incubator. Six gradient levels of simulated drought stress treatments were established by preparing polyethylene glycol (PEG) -6000 solutions with mass percentage concentrations of 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, and 25%, systematically analyzing the germination characteristics of *Peganum harmala* seeds. The results indicate: (1) Both storage temperature and PEG-simulated drought stress, as well as their interaction, had significant effects on the germination rate, germination index, and germination time of *Peganum harmala* seeds; (2) As the PEG concentration increased, the germination rate and germination index of *Peganum harmala* seeds showed a declining trend, while the germination initiation time exhibited an increasing trend; (3) Storage temperature had a significant effect on the germination of *Peganum harmala* seeds.

[Key words] Adaptability; Germination Characteristics; Temperature; Drought Stress; *Peganum harmala*

中国西北干旱半干旱区面临着严重的荒漠化问题,荒漠化已成为该区域最主要的土地退化形式之一。由于荒漠化对当地可持续发展中水资源利用、土地利用程度、气候风险防控和产业创新动力等^[1]方面的挑战日益加剧,如何科学改善荒漠化地区的生态环境与可持续发展能力已成为生态研究的热点。内蒙古荒漠草原处于荒漠与典型草原的过渡地带,是生态系统中最脆弱的类型之一,对气候变化和人类扰动均表现出极强的敏感性^[2-3]。同时,该区域作为中国北部重要的生态屏障,在防风固

沙、遏制沙尘天气扩散、涵养水源和调节区域气候等方面发挥着无可替代的作用^[4]。当前内蒙古地区干旱加剧及荒漠化扩张的成因具有复合性,自然因素与人为因素共同作用导致生态系统持续承压。

内蒙古荒漠草原面临的生态与发展问题愈发突出:一是植被退化严重,优质禾草比例下降,适口性差的有毒有害植物(如狼毒)占比上升,草场生产力显著降低,平均每亩生产力仅约455公斤;二是土壤沙化与肥力衰退加剧,冬春风蚀作用强烈,土壤

粗粒化、贫瘠化明显,土壤微生物群落结构失衡,养分循环受阻。荒漠生态系统退化治理是一项复杂的系统工程,人工植物群落/种群的存续是治理成功的关键,因此人工种植固沙植物成为长期治理荒漠化的主要措施^[5]。当前主流治理措施还包括围栏封育、松土改良、退化草地补播优良牧草及局部施肥等。但现有措施存在导致群落结构简单、抗干扰能力弱、对土壤改良、水资源调控与生物多样性保护的协同性考虑不足等明显弊端。

骆驼蓬(Pegarmm harmala),是蒺藜科骆驼蓬属多年生旱生草本植物,多分布于干旱半干旱草地、沙地、盐碱地及阳坡山地等,其植物体含有骆驼蓬碱,具有较高的药用价值^[6]。骆驼蓬种子萌发策略具有弹性,随着干旱程度加剧,萌发时间虽有所延迟,但并非完全停滞,可等待降水窗口期集中萌发。此外,骆驼蓬是西北干旱半干旱区原生物种,长期适应了区域的气候、土壤和生物环境,其种子萌发形成的种群不会破坏原有生态平衡。同时,骆驼蓬适口性较差,不会被牲畜过度啃食,能与本土禾草、灌木形成混生群落,提升植被群落的物种多样性和结构稳定性,从根本上解决人工单一群落的脆弱性问题。需要注意的是,骆驼蓬种子萌发和生长全过程无需人工施肥、松土,其根系发达且穿透力强,能在贫瘠沙化土壤中扎根,同时根系分泌物可改善土壤团粒结构、促进土壤微生物活性,实现“以植物改良土壤”的自修复过程,规避了人工干预带来的土壤次生问题。种子繁殖是骆驼蓬种群更新的唯一途径,种子萌发行为直接影响着种群的更新^[7],虽然对骆驼蓬的研究已有大量报道,但是大多是针对骆驼蓬种子中药用化学成分和骆驼蓬提取物的化感作用进行研究,对其干旱适应性过程鲜有研究。本文设置3个种子储藏温度,每个储藏温度下设置聚乙二醇(PEG-6000)质量百分比浓度分别为0%,5%,10%,15%,20%和25%的6个模拟干旱胁迫处理,用以研究骆驼蓬种子的萌发特性。以期为骆驼蓬种子繁殖和利用以及在沙化草地的人工治理和受损生态系统的重建提供理论依据。该研究的开展有助于丰富荒漠植被群落干旱适应机制,为气候变化下内蒙古西部干旱半干旱荒漠区生物多样性维持和保护提供新见解,也为荒漠草原恢复治理中物种选择提供新的思路。

1 材料与方法

1.1 实验材料

供试骆驼蓬种子于2021年8月在中国科学院西北生态环境资源研究院乌拉特荒漠草原生态系统研究站附近采集,该研究区属大陆性干旱气候,年平均降雨量180mm,年平均气温5.3℃,最低气温-34.4℃,最高气温37℃,植被类型以荒漠草原和荒漠灌丛为主^[8]。随机采集50株以上植株自然脱落的种子,室内自然干燥,清理干净并混匀后装入信封中,置于室温、4℃和-18℃等3个温度条件分别储藏。

1.2 实验方法

本研究设置3个不同的储藏温度处理(室温、4℃冰箱和-18℃冰箱),在每一温度处理下,分别以百分比浓度为0%、5%、10%、15%、20%和25%的PEG-6000溶液作为不同的模拟干旱胁迫处理。萌发实验于2022年4月进行,随机选取成熟饱满的骆驼

蓬种子50粒,均匀散布于铺有两层中速定性滤纸、直径9cm的玻璃培养皿中,设三个重复。种子萌发条件依据种子成熟后自由散落于地表以及外界因素作用使其埋于土壤表层的情况,设置光照和黑暗两种条件,光照条件为12h光照/12h黑暗,温度设定为培养箱昼夜温度25/10℃的变温处理。培养皿置于珠江牌LRH-400-G光照培养箱中,每24小时统计萌发种子数,以胚根露出作为判断萌发的标准,并移除已萌发种子,添加适量的蒸馏水保证未萌发的种子有充分的水分供应。萌发持续20天。

萌发率(percent germination)=种子发芽总数/供试种子数(50粒)×100%.....(1)

萌发开始时间=第1颗种子发芽的天数.....(2)

萌发指数=∑Gt/Dt.....(3)

式(3)中:Gt为在不同时间的萌发数,Dt为相应的萌发天数

1.3 数据分析

采用SPSS 22.0统计分析软件进行实验数据的统计分析,对骆驼蓬不同储藏温度和不同聚乙二醇(PEG-6000)质量百分比浓度下的萌发率、萌发开始时间和发芽指数进行单因素方差分析(One-way ANOVA),用Duncan多重比较(Duncan's multiple range test)检测差异显著性,用Spearman相关系数进行相关性分析。

2 结果和分析

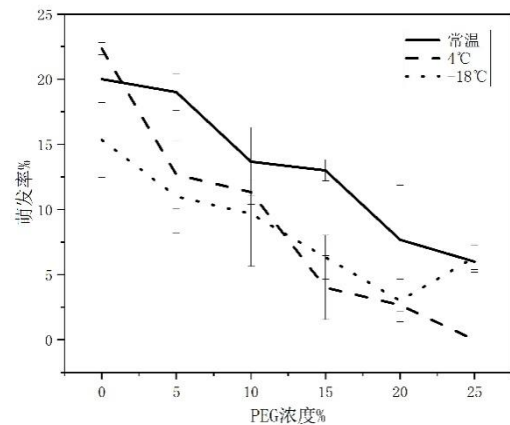


图1 不同浓度PEG胁迫下骆驼蓬种子的萌发率

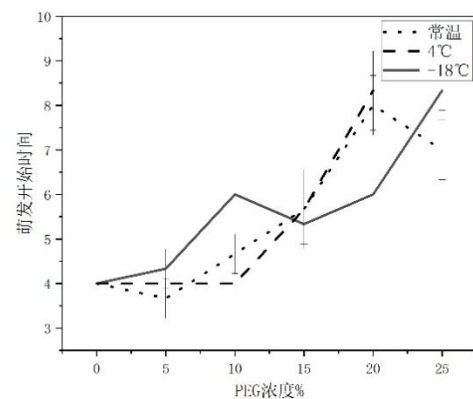


图2 不同浓度PEG胁迫下骆驼蓬种子的萌发开始时间

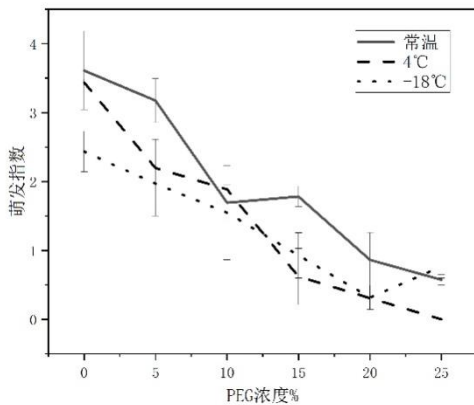


图3 不同浓度PEG胁迫下骆驼蓬种子的萌发指数

2.1 不同储藏温度对骆驼蓬种子萌发的影响

不同储藏温度条件下,骆驼蓬的种子萌发率随着PEG-6000浓度的增加均呈现下降的趋势,三种储藏温度条件下的萌发率、萌发开始时间和萌发指数均存在显著性差异。总体来看,骆驼蓬种子在没有干旱胁迫的情况下,冷藏条件下萌发率和萌发起始时间要高于其他储藏条件,但存在干旱胁迫的情况下,常温储藏条件下的萌发率要高于其他储藏温度条件,萌发指数除了PEG浓度10%以外均高于其他储藏温度条件下。

2.2 不同浓度PEG-6000处理对骆驼蓬种子萌发的影响

由图1和表1可见,PEG-6000模拟干旱处理对骆驼蓬种子萌发具有显著的抑制作用,随着PEG-6000浓度的增加,可以显著抑制骆驼蓬种子萌发率,不仅延长骆驼蓬种子的萌发开始时间,还可以降低骆驼蓬种子的萌发指数。-18储藏温度条件下PEG-6000浓度为0%时萌发率为44.67%,但PEG-6000浓度为25%时,没有种子萌发。当PEG-6000浓度达到20%时,则骆驼蓬种子萌发率都保持在10%以下。

2.3 储藏温度和PEG模拟干旱胁迫的交互作用对种子萌发的影响

从表1可以看出,双因素方差分析结果表明储藏温度和PEG浓度以及二者之间的交互作用对骆驼蓬种子的萌发率、发芽指数和萌发开始时间均存在显著影响。

表1 PEG模拟干旱胁迫和储藏温度对骆驼蓬种子萌发影响的双因素方差分析

萌发参数	干旱胁迫			储藏温度			干旱胁迫×储藏温度		
	df	F	P	df	F	P	df	F	P
萌发率	5	43.624	<0.001***	2	16.811	<0.001***	10	3.009	0.007***
萌发指数	5	65.020	<0.001***	2	12.532	<0.001***	10	2.834	0.011**
萌发开始时间	5	168.700	<0.001***	2	54.825	<0.001***	10	51.825	<0.001***

3 结论与讨论

种子是联系植物体上下代的纽带,在物种的长期延续和群落构建过程中起着至关重要的作用^[9]。种子萌发对植物种群更

新的影响依赖于其所处自然分布区的气候和生境条件。在干旱半干旱区,水分是影响种子萌发的关键因素之一。在种子萌发期间的水资源短缺是限制荒漠地区植物通过有性繁殖方式实现种群更新的重要影响因素。随着干旱胁迫程度的增强,种子的萌发率和发芽指数等均呈现下降的趋势,但也有物种在低浓度PEG处理下出现促进植物种子萌发的情况^[10]。本研究发现,骆驼蓬种子萌发率和发芽指数随着PEG浓度增大呈现逐步减小的趋势,萌发开始时间呈现增大的趋势。但是在25%PEG浓度的时候仍然有种子萌发,表明本研究设置的PEG浓度可能并未达到骆驼蓬种子最高耐受PEG浓度,也反映出骆驼蓬种子在面对干旱胁迫的时候具有很强的抗旱性,在物种更新过程中遇到干旱少雨季节,仍然有种子可以进行萌发建植,这也是骆驼蓬对分布区干旱生境长期适应的结果。较多的旱生植物有延迟萌发的行为,这种萌发的延迟及萌发时间的异质性可使物种在不可预测、高死亡风险的环境中仍能确保物种的延续。

许多植物的种子在成熟时是休眠的,只有当环境条件与种子的萌发需求完全或部分重叠时,种子才能萌发,而种子扩散后的贮藏条件对其萌发有着重要的影响^[11]。低温冷藏处理可以有效打破种子休眠、提高种子的萌发率,种子在储藏的过程中,种子内进行着活跃的物质代谢反应^[12]。此外,种子在储藏过程中需不断分解自身物质来维持生命,随着储藏时间的延长,种子生命力逐渐丧失,但下降初期发芽势和发芽率变化不明显。在一定的范围内,储藏的温度对种子萌发具有一定的影响作用。王桔红等^[13]发现多裂骆驼蓬种子经过4°C和-5°C的冷层积后,种子从休眠状态转变成萌发状态,大幅提高了扩散时的种子萌发率,但多裂骆驼蓬种子经室温干燥储藏后的萌发率却是略有提高。郑秀芳等^[14]对4种蒺藜科草本植物种子萌发研究中发现骆驼蓬种子具有中度生理休眠,在经过冬季冷屋贮藏后,骆驼蓬的萌发率和萌发速率都显著提高了。本研究中储藏温度对骆驼蓬种子的萌发率均有极显著的影响,经过4°C储藏,没有干旱处理的骆驼蓬种子萌发率显著高于其他储藏条件;但低浓度PEG胁迫处理条件下,-20°C储藏下萌发率显著高于其他储藏温度条件。短暂的休眠可以防止种子在深秋季节萌发,降低了幼苗死亡的风险,增大了物种的适合度^[15-16]。那么,储藏条件是否可以改变骆驼蓬种子对干旱胁迫的适应能力呢,仍需要更多的研究数据提供佐证。

[基金项目]

内蒙古自治区高等学校科学研究项目(NJZY21196)内蒙古自治区青年科学基金项目(2025QN03118)。

[参考文献]

[1]傅伯杰,刘焱序,王帅,等.科学改善荒漠化地区人与自然环境关系[J].中国科学院院刊,2024,39(12):2027-2036.
 [2]朱趁趁,龚吉蕊,杨波,等.内蒙古荒漠草原防风固沙服务变化及其驱动力[J].生态学报,2021,41(11):4606-4617.
 [3]蔚东升.内蒙古荒漠草原干旱脆弱性综合评价与应对能力研究[D].内蒙古大学,2022.

- [4] 通乐嘎, 赵斌, 吴玲敏. 放牧对内蒙古荒漠草原土壤理化性质和有机碳组分的影响[J]. 生态环境学报, 2018, 27(09): 1602-1609.
- [5] 王国倩, 王学全, 吴波, 等. 中国的荒漠化及其防治策略(英文)[J]. Journal of Resources and Ecology, 2012, 3(02): 97-104.
- [6] 彭钊植, 吉小敏, 姜黎. 温度与盐分对荒漠植物骆驼蓬种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 北方园艺, 2023, (02): 50-56.
- [7] 刘建新, 胡浩斌, 赵国林. NaCl胁迫对骆驼蓬幼苗液泡膜H⁺-ATPase和H⁺-PPase活性的影响[J]. 中国沙漠, 2008, (02): 274-279.
- [8] 李香云, 岳平, 程欢, 等. 乌拉特荒漠草原红砂生物量预测模型[J]. 干旱区研究, 2020, 37(02): 462-469.
- [9] 卜海燕. 青藏高原东部高寒草甸植物种子的萌发与休眠研究[D]. 兰州大学, 2007.
- [10] 杨靖, 张晓明, 陈越, 等. PEG模拟干旱对4种冰草属植物种子萌发特性的影响[J]. 耕作与栽培, 2023, 43(01): 24-29.
- [11] 王桔红, 马瑞君, 陈文. 冷层积和室温干燥贮藏对河西走廊8种荒漠植物种子萌发的影响[J]. 植物生态学报, 2012, 36(08): 791-801.
- [12] 吴琴霞, 胡宇辰, 陈颖, 等. 不同品种文冠果种子萌发对低温储藏的响应[J]. 广西植物, 2024, 44(03): 541-553.
- [13] 王桔红, 陈文, 马瑞君. 不同贮藏方式对河西走廊四种茄科植物种子萌发的影响[J]. 生态学杂志, 2013, 32(7): 1807-1812.
- [14] 郑秀芳, 陈文, 王桔红, 等. 低温层积和室温干燥贮藏对4种蒺藜科草本植物种子萌发的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(04): 53-59.
- [15] 闫兴富, 周立彪, 思彬彬, 等. 不同温度下PEG-6000模拟干旱对柠条锦鸡儿种子萌发的胁迫效应[J]. 生态学报, 2016, 36(07): 1989-1996.
- [16] 陈晓翠. 多裂骆驼蓬种子微形态、萌发特性及其适应意义[D]. 石河子大学, 2016.

作者简介:

张雁明(1991--), 男, 汉族, 山西省阳高县人, 硕士研究生, 讲师, 恢复生态学。