

生态护坡植物种子萌发需水阈值构建与抗旱性研究

毛 静¹, 李绍才^{1,2}, 孙海龙^{1,2}, 李付斌²

(1. 四川大学 生命科学学院 四川 成都 610064; 2. 四川省励自生态技术有限公司 四川 成都 610031)

摘 要: 探讨不同水势梯度环境下对于黑麦草、苇状羊茅、批碱草几种草本生态护坡植物的吸水萌发速率的影响。设置 4 个水势梯度(0、-0.5、-0.8、-1.2 MPa)的边界条件, 利用聚乙二醇 PEG 溶液对植物种子模拟水分胁迫处理, 通过 20 d 的发芽盒培养, 统计种子的每天萌发率, 拟合试验的水势—时间曲线, 计算种子的相对萌发率和种子的萌发需水阈值。结果表明: 随着环境水势的降低, 3 种草本植物的相对发芽率呈显著下降, 达到其 50% 萌发率的时间也相应增加。黑麦草、苇状羊茅、批碱草的需水阈值分别为 -1.7907、-1.9660、-2.2146 MPa, 抗旱性比较为: 批碱草> 苇状羊茅> 黑麦草。

关键词: 生态护坡; 需水阈值; 抗旱性
中图分类号: S 687.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)05-0083-04

在铁路、公路、堤坝等工程建设中, 经常要开挖大量边坡, 边坡的开挖破坏了原有植被覆盖层, 导致出现大量的次生裸地以及产生严重的水土流失现象, 造成生态环境的严重失衡。在人工形成的边坡中, 岩石边坡占有相当大的比重, 但由于岩石边坡不具备植被生长所必需的土壤环境, 水热容量小, 造成生态因子变化激烈与频繁的特殊生境^[1]。其中岩石坡面植物萌发所需的水分问题已成为岩石边坡植被护坡的关键要素。因此, 对岩石边坡植被护坡适应性植物的抗旱性研究具有重大意义。

与此同时, 近年对植物水分关系的探讨已成为植物生理生态学研究领域的重要课题之一^[2]。水分是植物生存、生长和发育的限制因子^[3]。由于黑麦草、批碱草、苇状羊茅在工程边坡护理、水土保持等方面有着广泛应用前景, 现以这 3 种草本生态护坡植物作为试验材料, 利用 PEG 溶液对植物种子模拟水分干旱胁迫, 精确研究水势与萌发时间的对应关系, 计算需水阈值, 分析比较其抗旱性, 可以得出边坡护坡植物黑麦草、批碱草、苇状羊茅的萌发生长对水分的响应关系, 确定 3 种草本植物萌发的水势边界条件, 为生态护坡工程中的种植提供水分管理条件, 还可为进一步研究各种土

壤含水量下黑麦草、批碱草、苇状羊茅的生理以及生态特征。

1 材料与方法

1.1 试验材料

0.3%高锰酸钾消毒 10 min 的黑麦草、批碱草、苇状羊茅各 50 粒。PEG-6000(分析纯)作为渗透剂, 模拟水分胁迫。主要仪器: 人工气候箱, 发芽盒, 气候箱, 发芽纸。

1.2 试验方法

1.2.1 人工气候箱边界条件的设定。

表 1 适应性植物种子萌发需水
试验因子及水平设置

试验因子	水平数	梯度设计	备注
水势	4	0 MPa	
		-0.5 MPa	
		-1.8 MPa	
		-1.2 MPa	
温度	1	25℃ 8 h; 18℃ 16 h	
相对湿度	1	全天 75% 的湿度	
光照	1	1 000 lx, 8 h/d	

1.2.2 试件设置 选用尺寸为 12 cm×12 cm×6 cm 的发芽盒, 底部铺设 140 g 沙子(过 2 mm 筛, 去除小于 0.25 mm 粒), 倒入 70 mL 溶液, 晃匀铺平后, 上铺 2~4 层发芽纸, 达到发芽纸表面润湿, 并有少量溶液。每天用渗透压仪测定发芽盒中溶液的水势, 如果水势变化过大, 则向发芽盒中加入少量蒸馏水, 2 h 后待其混合均匀再次测定溶液水势并记录。每个物种在一个水势梯度下设置 3 个重复, 每个处理按照种子的大小放入 50 粒, 将种子放入发芽盒中, 分别加入 70 mL PEG 溶液或者蒸馏水, 发芽盒加盖后放入气候箱中, 在全天 75% 的湿度, 8 h 光照 1 000 lx、25℃和 16 h 无光照、

第一作者简介: 毛静(1985-), 女, 硕士, 现主要从事岩石边坡生态防护方面研究工作。E-mail: jumby.mj@163.com。
通讯作者: 李绍才(1965-), 男, 博士, 教授, 现主要从事植被护坡和岩土工程方面研究。
基金项目: 国家重大基础研究(973)计划资助项目(2003CB415104); 国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2007BAQ00040)。
收稿日期: 2009-12-20

18℃条件下培养 20 d。

1.2.3 高渗溶液配制 按照预先试验中得出的 PEG 溶液质量分数与水势之间的标准曲线, 求出预设水势对应的 PEG 溶液质量分数, 配制 PEG-6000 溶液, 渗透势依次为 0、-0.5、-0.8、-1.2 MPa, 相对应的浓度(g/g)为 15.76%、20.75%、24.06%。

1.2.4 观测指标与方法 发芽率: 种子胚根长度达到种子长度(或宽度)后, 认为该种子萌发, 每天记录种子的萌发和出苗情况。试验结束后, 同时分类统计未萌发种子的状况(硬实、新鲜、霉烂、空粒、虫粒等)。

1.2.5 种子相对萌发率计算 相对萌发率是指在胁迫条件下种子的萌发率占对照条件下萌发率的百分率, 即: 相对萌发率(%) = 胁迫条件下的萌发率/ 对照条件下的萌发率 × 100%。

1.2.6 种子萌发需水阈值的计算 一般定义群体 50% 萌发或出苗的时间即为某一群体在特定环境水分条件下萌发或出苗的时间。用下述方程对不同品种不同环境条件下的萌发过程进行拟合, 并据拟合后的方程求出群体一半萌发的时间, 即可得出某一品种在特定环境水分条件下达到萌发所需要的时间^[4]。发芽累计曲线的适配: 以 Weibull 函数 $Y = M \times \{1 - \exp^{[-K \times (t-z)^c]}\}$ 配种子发芽曲线, 其中 Y 为第 t 天的发芽率, t 为发芽调查时间, M 为最高发芽率, k, z, c 为常数。以不同水势条件下的发芽数据代入求出各水势条件下所对应的 k, z, c 的值。再将之代入 Weibull 函数中, 计算在发芽率达到 10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80% 时之发芽天数^[5]; 需水阈值的计算: 按照 Scott 的方法, 植物萌发过程中所需时间与环境水势的关系可用方程 $1/t = a + bw$ 表示。其中 t 为萌发率达到 50% 所需时间, w 为环境水势, 方程中 a 和 b 2 个参数的生物学意义为 $1/a$ 代表正常供水时(0 MPa)达某一阶段所需的最低时间下限, $-a/b$ 代表该阶段种苗所能忍耐的需水阈值。利用该公式对不同水分条件下种子萌发时间与环境水势的关系进行拟合, 即可求出单一品种达到萌发所能忍耐的最低环境水势, 即需水阈值^[9]。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对种子萌发的影响

表 2 种子在不同水势梯度下的萌发率

水势梯度/MPa	0(CK)	-0.5	-0.8	-1.2
黑麦草	0.986667a	0.986667a	0.98a	0.873333b
披碱草	0.673333a	0.826667b	0.753333ab	0.5c
苇状羊茅	0.833333a	0.86a	0.733333b	0.446667c

注: 行间不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平上差异显著, 下表同。

表 3 种子在不同水势梯度下的相对萌发率

水势梯度/MPa	0(CK)	-0.5	-0.8	-1.2
黑麦草	1a	1a	0.99324324a	0.88513514b
披碱草	1a	1.22772277b	1.11881188c	0.74257426d
苇状羊茅	1a	1.032b	0.88c	0.536d

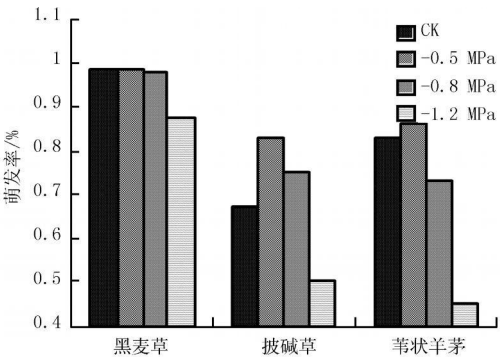


图 1 不同水势梯度下的萌发率

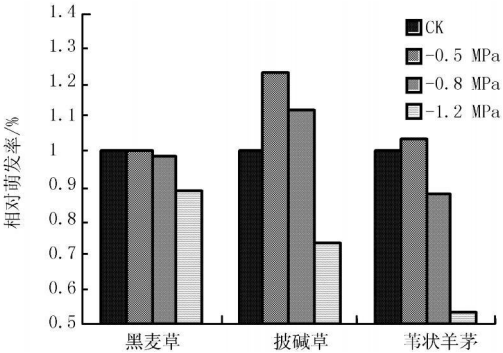


图 2 不同水势梯度下的相对萌发率

由图 1、2 和表 2、3 可见, 黑麦草、披碱草和苇状羊茅在 0 MPa(对照)水势环境下, 萌发率均达到 50% 以上; 随着环境水势的降低, 种子的萌发率总体呈下降趋势。其中, 在环境水势为 -0.5 MPa 时, 3 种草本相对萌发率趋势均为: 黑麦草 < 苇状羊茅 < 披碱草; 在水势为 -0.8 MPa 时, 其相对萌发率苇状羊茅 < 黑麦草 < 披碱草, 当环境水势为 -1.2 MPa 时其相对萌发率苇状羊茅 < 披碱草 < 黑麦草。说明在中度干旱胁迫下披碱草的萌发抗旱性强, 但在低水势条件下黑麦草的萌发抗旱性强于披碱草和苇状羊茅。在 -0.5 MPa 的水势条件下 3 个物种的萌发率高于对照条件(0 MPa)下的萌发率。

不同物种在同一水势下发芽率存在显著差异。在水势环境达到 -1.2 MPa 时, 黑麦草、披碱草和苇状羊茅虽萌发率与相对萌发率有所降低, 但是除苇状羊茅萌发率为 44.6667%, 黑麦草和披碱草萌发率均在 50% 以上, 黑麦草高达 87.3333%。由上可得, 黑麦草、狗尾草、披碱草和苇状羊茅具有较强的抗旱性, 均能在较低水分条件下萌发。

2.2 种子吸水萌发的需水阈值

以 Weibull 函数 $Y = M \times \{1 - \exp^{[-K \times (t-z)^c]}\}$ 配种子发芽曲线, 所得的拟合曲线以及达到种子 50% 萌发的所需时间(表 4)。用方程 $1/t = a + bw$ 对种子萌动

时间与环境水势进行曲线拟合, 并根据拟合后的方程求出种子萌动时对环境水势的最低要求即需水阈值。由表 5 和图 3 可见, 随环境水势的降低黑麦草、披碱草、苇状羊茅 3 种植物种子达萌发的时间亦相应推迟。

表 4 种子萌发时间曲线拟合方程及 50%萌发时间				
物种名称	水势/MPa	拟合曲线	R ²	50%萌发时间/ d
黑麦草	0	$Y=0.9867 \times \{1-\exp[-0.395 \times (x-1.915) 1.509]\}$	0.9985	3.33
	-0.5	$Y=0.9867 \times \{1-\exp[-1.413 \times (x-4) 1.054]\}$	0.99994	4.52
	-0.8	$Y=0.98 \times \{1-\exp[-0.335 \times (x-5.342) 1.456]\}$	0.99947	6.94
	-1.2	$Y=0.8733 \times \{1-\exp[-0.283 \times (x-5.837) 0.942]\}$	0.99702	9.18
披碱草	0	$Y=0.6733 \times \{1-\exp[-0.26 \times (x-2.913) 0.84]\}$	0.98797	6.13
	-0.5	$Y=0.8267 \times \{1-\exp[-0.355 \times (x-3.771) 1.263]\}$	0.99831	5.16
	-0.8	$Y=0.7533 \times \{1-\exp[-0.019 \times (x-4.715) 2.208]\}$	0.99569	9.46
	-1.2	$Y=0.50 \times \{1-\exp[-0.07 \times (x-5.726) 1.358]\}$	0.99536	13.42
苇状羊茅	0	$Y=0.8333 \times \{1-\exp[-0.157 \times (x-5.318) 1.435]\}$	0.99651	8.11
	-0.5	$Y=0.86 \times \{1-\exp[-0.037 \times (x-5.046) 2.159]\}$	0.9972	8.68
	-0.8	$Y=0.7333 \times \{1-\exp[-0.002 \times (x-5.916) 2.79]\}$	0.99408	15.07
	-1.2	$Y=0.4467 \times \{1-\exp[-3.595 \times (x+10.414) 11.419]\}$	0.99163	19.82

表 5 种子萌发时间与环境水势的关系及需水阈值

物种名称	拟合方程	R ²	需水阈值/MPa
黑麦草	$1/t=0.2975+0.1661w$	0.999970922	-1.7907
苇状羊茅	$1/t=0.1302+0.0662w$	0.999995244	-1.9660
批碱草	$1/t=0.1871+0.0845w$	0.999938522	-2.2146

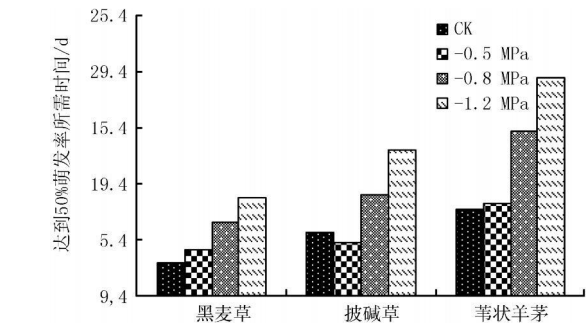


图 3 不同水势梯度下种子达到 50% 萌发率的时间

3 结论与讨论

植物对干旱胁迫的适应机理是多方面的, 某方面的胁迫适应性为甚强或超强, 并不代表其它方面的能力亦强, 超旱生植物中亦存在类似现象。萌发期植物的抗旱性评定仅是一方面, 为全面评定植物的抗旱性, 应通过田间和室内盆栽试验, 对其不同生长期的形态、生长、生理生化特性等进行进一步验证。植物抗旱性的鉴定不能仅依据不同种源在水分胁迫下的发芽情况最终确定不同种源的抗旱性, 作为抗旱性的初步鉴定是可行的^[7]。用一定浓度的聚乙二醇(PEG)溶液模拟干旱逆境处理种子, 使之产生渗透胁迫来研究水分胁迫下种子的生理反应, 已有较多报道, 有研究表明种子吸水力与其抗旱性呈正相关, 吸水力强的种子在干旱胁迫下能够保持较高的发芽势和发芽率, 而吸水力弱的种子则相

不同水势梯度环境下, 黑麦草萌发时间最短, 苇状羊茅最长。从得出的种子萌发时所能忍耐的最低环境水势阈值, 即需水阈值: 黑麦草> 苇状羊茅> 披碱草。

反^[8]。用相对发芽率评价植物种子萌发期的抗旱性, 可避免不同基因型种子在正常条件(对照)下发芽率差异对试验结果的影响, 能客观鉴定水分胁迫条件下待测种子的萌发水平, 评价种子萌发期的抗旱性^[9]。黑麦草、披碱草、苇状羊茅在水势环境为-1.2 MPa 下, 仍能具备较高的发芽率, 该研究初步认定 3 种草本护坡植物具有较强的抗旱特性。超过植物种子对干旱胁迫的忍受限度时, 种子就不能萌发^[10]。对 3 种植物需水阈值的构建, 说明黑麦草、披碱草、苇状羊茅植物种子萌发的最低水势即为: -1.7907、-1.9660、-2.2146 MPa, 比较抗旱性为: 批碱草> 苇状羊茅> 黑麦草。

参考文献

[1] 李绍才, 孙海龙, 杨志荣等. 坡面岩体—基质—根系互作的力学特性[J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(12): 2074-2081.
[2] 郭卫华, 李波, 黄永梅等. 不同程度的水分胁迫对中间锦鸡儿幼苗气体交换特征的影响[J]. 生态学报, 2004, 24(12): 2716.
[3] Kramer P J. Water Relations of Plants [M]. New York: Academic Press 1983.
[4] 王春虎. 玉米种子成苗各阶段水分需求的量化研究[J]. 河南职业技术学院学报, 1997, 25(3): 16-18.
[5] 余宣颖, 郭华仁, 彭云明. 小花蔓泽兰种子田间萌芽之预测[J]. 消化蔓泽兰危害与管理研究会专刊, 2003: 51-67.
[6] 苏佩, 山仑. 玉米种子萌发成苗不同阶段需水阈值的研究[J]. 西北植物学报, 1996, 16(1): 34-37.
[7] 宋丽华, 周月君. PEG 胁迫对几个臭椿种源种子萌发的影响[J]. 种子, 2008, 27(10): 10-13.
[8] 姚维传, 熊际友. 水分胁迫下皖麦品种种子萌发及幼苗生长差异性研究[J]. 安徽农业科学, 2000(5): 608-609.
[9] 景蕊莲, 吕小平. 用渗透胁迫鉴定小麦种子萌发期抗旱性的方法分析[J]. 植物遗传资源学报, 2003, 4(4): 292-296.
[10] 梁国玲. 聚乙二醇对羊茅属 4 种植物种子萌发特性的影响研究[J]. 草业科学, 2007, 24(6): 50-54.

贮藏温度对百合花粉生活力的影响

乔红莲^{1,2}, 刘忠华¹, 霍喜颖^{2,3}

(1. 北京林业大学 生物科学与技术学院, 北京 100083; 2. 中国农业科学院 蔬菜花卉研究所, 北京 100081; 3. 吉林农业大学 生命科学院, 吉林 长春 130118)

摘要:以花粉萌发率为指标, 利用离体萌发法研究了 4 种贮藏温度对 6 个百合品种花粉生活力的影响。结果表明: ‘Justina Zantrijus’、‘Sheila’、‘Elite’ 和 ‘岷江百合’ 花粉最适合于 4℃ 干燥冷藏, 在最适贮藏条件下萌发能力最长可分别保持 84、35、28、84 d; ‘Brunello’ 花粉最适合 4℃ 冷藏, 萌发能力可保持 70 d; 而 ‘兰州百合’ 花粉最适合 -18℃ 冷冻贮藏, 萌发能力可保持 49 d。花粉萌发率随贮藏时间的延长呈下降趋势, 但在贮藏的某些阶段有明显上升的现象。

关键词: 百合; 花粉; 贮藏温度; 萌发率

中图分类号: S 682.2⁺9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)05-0086-04

花粉生活力是指花粉具有存活、生长、萌发或发育的能力^[1]。花粉具有生活力是确保杂交育种成功的一个先决条件。在杂交育种过程中, 经常会有花期不遇的问题, 而花粉贮藏是解决这个问题方法之一。因此, 研究花粉的贮藏条件, 对百合育种具有重大意义。

第一作者简介: 乔红莲(1981-), 女, 在读硕士, 研究方向为百合育种。E-mail: qhl0335@126.com。

通讯作者: 刘忠华(1969-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为植物引种驯化和发育生物学。E-mail: liuzh6@bjfu.edu.cn。

基金项目: 863 计划资助项目(2006AA100109); 国家科技支撑计划资助项目(2006BAD01A18); 北京市花卉重点资助项目(YLHH2006001)。

收稿日期: 2009-11-20

罗凤霞等研究认为 -18℃ 冷藏条件可使花粉保持萌发能力的时间延长到 1 a, 4℃ 次之, 常温条件最差^[2]; Rhee-HyeKyung 利用 4、-20、-70℃ 共 3 种温度贮藏百合花粉, 表明 -20℃ 条件下贮藏 1 a 后的花粉仍可用于育种^[3]; 孙晓梅、何林研究认为百合花粉冷冻贮藏效果好于 4℃ 冷藏^[4-5]; 李雨通过对丹东野百合花粉萌发率和贮藏条件的关系研究表明, 4℃ 干燥冷藏能使花粉保持萌发能力的时间达 45 d^[6]。蔡荣靖等对辣椒花粉贮藏特性的研究表明低温贮藏效果优于冷冻贮藏^[7]。‘Justina Zantrijus’、‘Sheila’、‘Elite’、‘Brunello’、‘兰州百合’(*Lilium davidii* var. *unicolor*)、‘岷江百合’(*Lilium regale*) 都是百合育种的优良亲本, 但目前在常温、4、-18、-80℃ 贮藏温度条件下对其进行花粉萌发率的研究尚未见报道。现以 6 种优良的百合品种

Water-Requirement Threshold Construction and Drought Tolerance Study on Seeds Germination of Ecological Slope Protection Plant

MAO Jing¹, LI Shao-cai^{1,2}, SUN Hai-long^{1,2}, LI Fu-bin²

(1. College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610064; 2. Sichuan Lizi Bioenvironmental Engineering Limited Company, Chengdu, Sichuan 610031)

Abstract: The effects of different water potential on three herbaceous plants for ecological protection such as *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea*, *Elymus dahuricus* seed germination rate were discussed. Through 4 levels of water potential (0, -0.5, -0.8, -1.2 MPa) treating the seeds during their germination for 20 days with boxes and statistics of seeds germination, experiment water potential-time curve was fitted and relative seeds germination and water-requirement threshold were calculated. The results showed that with the decrease of environment water potential, relative seeds germination of three herbaceous plants dropped notably, and the time of reaching 50% germination rate increase relatively. Water-requirement threshold of *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea*, *Elymus dahuricus* were -1.7907, -1.9660, -2.2146 MPa, and comparing of drought tolerance: *Elymus dahuricus* > *Festuca arundinacea* > *Lolium perenne*.

Key words: ecological protection; water-requirement threshold; drought tolerance