



尚金程,王铭凡,戴思文,等. PEG-6000 模拟干旱胁迫对三种苜蓿种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 黑龙江农业科学,2021(7):92-96.

PEG-6000 模拟干旱胁迫对三种苜蓿种子萌发和幼苗生长的影响

尚金程,王铭凡,戴思文,田荷婷,杨诗琪,岳莉然

(东北林业大学 园林学院,黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要:为筛选适宜在北方寒地采石场生态修复中应用的优秀植物材料,以3种苜蓿属种子(紫苜蓿、野苜蓿、花苜蓿)为材料,采用不同PEG-6000浓度(0%、5%、10%、15%和20%)对3种苜蓿属种子进行处理,验证其抗旱性。结果表明:在5%~15%PEG-6000模拟干旱胁迫环境下,3种苜蓿属种子发芽势和发芽率无明显降低,而在5%浓度处理下,野苜蓿和花苜蓿种子发芽率有所增长,20%浓度PEG-6000处理,3种苜蓿属种子发芽率和发芽势明显降低。3种苜蓿属种子均有较强抗旱性,其中抗旱性顺序为:花苜蓿>野苜蓿>紫苜蓿。

关键词:苜蓿;干旱;种子萌发;幼苗生长

植物修复是废弃采石场生态修复工作的重要环节,废弃采石场土壤水分匮乏,水分供给困难^[1]。而干旱胁迫常常影响植物的生长发育^[2],而且在采石场生态修复植物选择方面宜选择具有固氮能力的豆科植物^[3]。紫花苜蓿是世界上广泛分布且享有盛誉的优良牧草,被称为“牧草之王”,在我国已有2000多年的种植、食用、饲用及药用历史^[4],富含蛋白质、维生素等多种营养物质,抗旱、抗寒、耐盐碱,能够固氮改土,改善生态环境^[5]。而在植物的生命周期中,种子萌发及幼苗生长期是最为敏感的时期,且种子萌发是植物生命周期的初始和重要阶段^[6],种子萌发期的耐旱状况,在一定程度上反映了种子的耐旱性^[7]。PEG渗透胁迫法简单易行,条件容易控制,重复性好,试验周期短,适于大批量品种(系)苗期抗旱性早期鉴定^[8]。本试验选取3种在黑龙江地区的苜蓿属植物种子,分别为紫苜蓿(*Medicago sativa* L.)、野苜蓿(*Medicago falcata* L.)和花苜蓿[*Medicago ruthenica* (L.) Trautv.],通过PEG-6000模拟干旱胁迫对3种植物的种子萌发

和幼芽生长的影响,来验证其抗旱性,旨在为北方寒地采石场生态修复提供抗旱性较好的植物材料。

1 材料与方法

1.1 材料

紫苜蓿(*Medicago sativa* L.)、野苜蓿(*Medicago falcata* L.)和花苜蓿[*Medicago ruthenica* (L.) Trautv.]种子采购自当地花卉市场。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 PEG-6000模拟干旱胁迫。试验于2020年12月在东北林业大学逸夫教学楼恒温培养室进行,分别挑取大小均匀、饱满的紫苜蓿、野苜蓿和花苜蓿种子,用75%的酒精消毒30 s,无菌水漂洗1 min重复3次后,用浓度2%的NaClO溶液漂洗10 min,再用无菌水洗1 min重复3次。置于垫有两层滤纸的培养皿中,每只培养皿30粒。分别加入浓度为5%、10%、15%和20%的PEG-6000溶液,以加入等体积无菌水为对照,每组设置3个重复,测定重量,置于恒温培养室中进行培养,每24 h统计各培养皿发芽数,每48 h向培养皿补无菌水至初始重量,保持溶液浓度基本不变,减少试验误差。

1.2.2 测定项目及方法 每天测量各培养皿种子发芽数(萌发标准为胚根伸出种皮2 mm),在

收稿日期:2021-04-10

基金项目:大学生创新创业项目(202010225208)。

第一作者:尚金程(2000—),男,在读学士,专业为风景园林。

E-mail:1731970362@qq.com。

通信作者:岳莉然((1978—),女,博士,副教授,从事植物物种资源与应用研究。E-mail:ms_yueliran@163.com。

试验结束时测定根长、芽长、计算根长比。

发芽率(%)=(发芽种子总数/供试种子总数)×100^[9]

发芽势(%)=前 5 d 内的发芽数×100/供试种子数^[10]

$$GI = \sum (DG/DT)$$

式中:GI 为发芽指数,DG 为逐日发芽数,DT 为相应 DG 的发芽天数^[11]。

1.2.3 数据分析 数据统计使用 Excel 2019 软件,采用 IBM SPSS Statistics 25.0 软件进行数据分析、多重比较和显著性分析。

2 结果与分析

2.1 PEG-6000 干旱胁迫对苜蓿种子萌发的影响

2.1.1 发芽率 发芽率表征的是种子发芽能力,相对发芽率反映的是 PEG 胁迫下种子发芽能力受抑制程度,相对值越高,受抑制程度越低^[12]。由图 1 可知,处理 16 d 时随着 PEG 浓度的升高,紫苜蓿种子发芽率逐渐降低,PEG 浓度为 20%时紫苜蓿种子发芽率在 8%左右,相比对照组(60%)降低了 87%;由图 2 可知,PEG 浓度为 5%时野苜蓿种子发芽率为 44%,相比对照组(40%)增加 10%,PEG 浓度为 20%时野苜蓿种子发芽率为 21%,相比对照组降低了 48%;由图 3 可知,PEG 浓度为 5%和 15%时花苜蓿发芽率相比对照组有所增加。PEG 浓度为 15%时花苜蓿发芽率为 53%,比对照组(42%)增加了 26%,PEG 浓度为 20%时花苜蓿种子发芽率为 28%,相比对照组降低了 33%。在 PEG-6000 模拟干旱胁迫情况下,紫苜蓿发芽率受影响降低明显,花苜蓿发芽率受影响最小。

2.1.2 发芽势 由表 1 可知,随 PEG 浓度升高,紫苜蓿种子发芽势逐渐降低,PEG 浓度为 15%和 20%时紫苜蓿种子发芽势下降明显,其中 PEG 浓度为 20%紫苜蓿种子发芽势为 2%,相比对照组显著下降了 96%;随 PEG 浓度的升高野苜蓿种子发芽势先升高又降低再升高后降低,PEG 浓度为 5%和 15%时野苜蓿发芽势相比对照组有所增加,PEG 浓度为 5%时野苜蓿发芽势为 42%,相

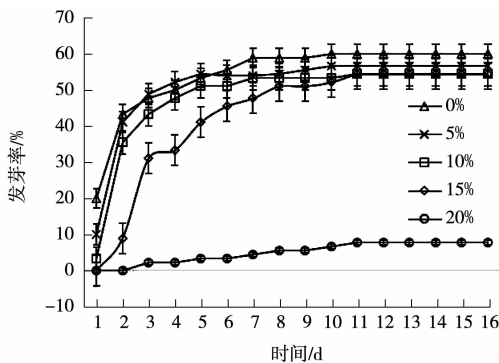


图 1 不同 PEG 浓度对紫苜蓿种子发芽率的影响

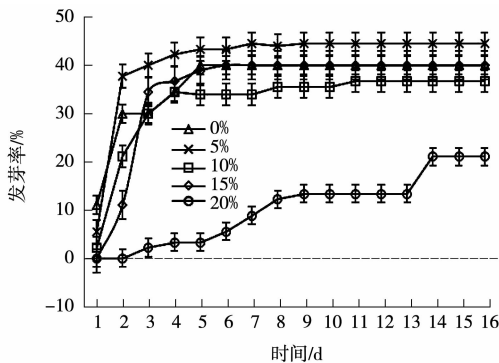


图 2 不同 PEG 浓度对野苜蓿种子发芽率的影响

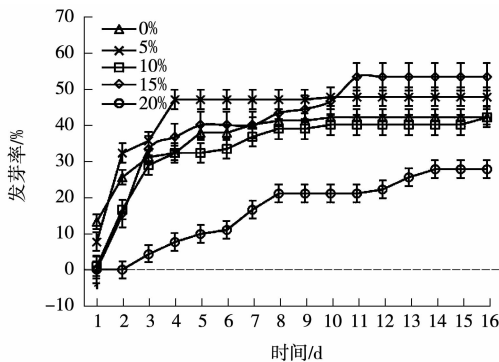


图 3 不同 PEG 浓度对花苜蓿种子发芽率的影响

比对照组增加了 24%,PEG 浓度为 20%时野苜蓿发芽势为 3%,相比对照组显著降低了 91%;随 PEG 浓度的升高花苜蓿种子发芽势先升高又降低再升高后降低,PEG 浓度为 5%和 15%时花苜蓿种子相比对照组有所增加。PEG 浓度为 5%时花苜蓿种子发芽势为 47%,相比对照组增加了 47%,PEG 浓度为 20%花苜蓿发芽势为 8%,相比对照组显著降低了 75%。PEG-6000 模拟干旱胁迫情况下,紫苜蓿发芽势受影响下降最为显著,花苜蓿发芽势受影响最小。

表 1 不同 PEG 浓度对苜蓿种子发芽势的影响

PEG 浓度/%	发芽势/%		
	紫苜蓿	野苜蓿	花苜蓿
0(CK)	50±3 a	34±8 a	32±12 a
5	50±21 a	42±12 a	47±9 a
10	48±5 a	33±15 a	32±17 a
15	33±0 a	36±12 a	37±3 a
20	2±2 b	3±3 b	8±2 b

注:同列不同小写字母代表差异显著($P<0.05$),下同。

2.1.3 发芽指数 由表 2 可知,随着 PEG 浓度升高,紫苜蓿种子发芽指数逐渐降低,且降低较为明显,对照组紫苜蓿种子发芽指数最高,为43.63,PEG 浓度为 20%时紫苜蓿种子发芽指数为2.59,相比对照组显著降低了 94%;随 PEG 浓度的升高野苜蓿种子发芽势先升高后降低,PEG 浓度为 5%时野苜蓿发芽指数最高(31.46),相比对照组增加了 8%,PEG 浓度为 20%时野苜蓿发芽指数最低(4.91),相比对照组显著降低了 83%;随 PEG 浓度的升高花苜蓿种子发芽指数先升高后降低后又升高再降低,PEG 浓度为 5%时花苜蓿种子发芽指数最高(32.84),相比对照组增加 13%,PEG 浓度为 20%时处理下花苜蓿发芽指数最低(8.42),相比对照组显著降低了 71%。3 种苜蓿属种子发芽指数整体随 PEG 浓度增长而减小,PEG 浓度为 5%时,野苜蓿种子和花苜蓿发芽指数受影响没有下降反而有所增加,在高浓度 PEG 处理下,发芽指数下降率花苜蓿<野苜蓿<紫苜蓿。

表 2 不同 PEG 浓度对苜蓿种子发芽指数的影响

PEG 浓度/%	发芽指数		
	紫苜蓿	野苜蓿	花苜蓿
0(CK)	43.63±5.87 a	29.21±7.73 a	29.13±14.29 a
5	39.16±13.71 ab	31.46±7.93 a	32.84±9.15 a
10	34.91±4.58 ab	23.32±7.70 a	22.69±9.65 ab
15	26.30±2.31 b	22.98±5.93 a	26.27±1.41 a
20	2.59±1.76 c	4.91±0.59 b	8.42±3.28 b

2.2 PEG-6000 干旱胁迫对苜蓿种子幼苗生长的影响

2.2.1 根长 由表 3 可知,随 PEG 浓度增加,紫苜蓿种子根长先增长后下降,PEG 浓度为 10%时

紫苜蓿种子发芽根长最长(72.47 mm),较对照组显著增加了 21.12 mm,PEG 浓度为 5%、10%和 15%时紫苜蓿根长均相比对照组均有所增长,但差异不显著,PEG 浓度为 20%时紫苜蓿根长(32.50 mm)较对照组下降了 18.85 mm;随 PEG 浓度增加,野苜蓿种子根长先增加后下降,PEG 浓度为 10%时野苜蓿种子发芽根长最长(82.06 mm),较对照组显著增加了 46.86 mm,PEG 浓度为 5%~20%时野苜蓿根长均相比对照组均匀不同程度增长;随 PEG 浓度增加,花苜蓿种子根长先增加后下降,PEG 浓度为 5%时花苜蓿种子发芽根长最长(60.60 mm),较对照组显著增加了30.17 mm。总体来说,不同 PEG 浓度对花苜蓿的根长影响较小

表 3 不同 PEG 浓度对苜蓿种子根长的影响

PEG 浓度/%	根长/mm		
	紫苜蓿	野苜蓿	花苜蓿
0(CK)	51.35±35.32 ab	35.20±27.71 c	30.43±18.68 b
5	65.80±34.09 ab	65.00±39.51 ab	60.60±30.65 a
10	72.47±19.95 a	82.06±32.08 a	59.10±31.56 a
15	54.55±23.91 ab	53.25±23.43 bc	38.60±21.65 b
20	32.50±27.58 b	43.36±22.06 c	37.00±13.71 b

2.2.2 芽长 由表 4 可知,随 PEG 浓度增加,紫苜蓿种子芽长逐渐下降又增长之后又下降,对照组紫苜蓿种子芽长最长(22.70 mm)。不同浓度 PEG 处理下紫苜蓿芽长均短于对照组,在 PEG 浓度为 10%时,紫苜蓿芽长最短(16.21 mm),较对照差异显著。而在不同 PEG 浓度下,野苜蓿和花苜蓿的芽长逐渐减小,但整体变化不显著。因此,紫苜蓿芽长受干旱胁迫减短最为显著,花苜蓿芽长受干旱胁迫影响减短最弱。

表 4 不同 PEG 浓度对苜蓿种子芽长的影响

PEG 浓度/%	芽长/mm		
	紫苜蓿	野苜蓿	花苜蓿
0(CK)	22.70±6.92 a	15.84±4.10 a	17.24±7.95 a
5	19.40±4.26 ab	14.95±5.08 a	15.20±4.07 a
10	16.21±3.78 b	15.13±3.65 a	15.20±4.86 a
15	20.30±4.73 ab	13.05±3.82 a	14.65±5.00 a
20	17.00±2.83 ab	12.55±6.36 a	14.27±6.37 a

2.2.3 根芽比 水分胁迫下紫花苜蓿根芽比的变化是反映地上部与地下部之间关系最典型的指标,干旱胁迫下植物的根芽比与耐旱性正相关,可反映品种抗旱性的强弱^[13-14]。由表 5 可知,随 PEG 浓度增加,紫苜蓿种子根芽比先增加后下降,PEG 浓度为 10% 时紫苜蓿种子根芽比最大(4.62),相比对照组显著增加了 2.41,PEG 浓度为5%~15%时紫苜蓿根芽比较对照组均有增加,只有 PEG 浓度为 20% 时紫苜蓿根芽比(2.08)较对照组下降了 0.13;随着 PEG 浓度的增加,野苜蓿种子根芽比先增加后下降,PEG 浓度为 10% 时野苜蓿种子根芽比最大(5.74),较对照组显著增加了 3.55,PEG 浓度为 5%~20% 时野苜蓿根芽比均较对照组增加;随 PEG 浓度增加,花苜蓿种子根芽比先增加后下降又增加,PEG 浓度为 5% 时花苜蓿种子根芽比最大(4.09),相比对照组显著增加了 2.04,PEG 浓度为 5%~20% 时花苜蓿根芽比均相比对照组增加。综上,在 PEG-6000 模拟干旱胁迫情况下,紫苜蓿根芽比受影响最小,野苜蓿根芽比受影响最大。

表 5 不同 PEG 浓度对苜蓿属种子根芽比的影响

PEG 浓度/%	紫苜蓿	野苜蓿	花苜蓿
0(CK)	2.21±1.09 b	2.19±1.56 c	2.05±1.34 b
5	3.36±1.49 ab	4.38±2.34 ab	4.09±2.18 a
10	4.62±1.47 a	5.74±2.79 a	3.80±1.82 a
15	2.75±1.26 b	4.33±2.19 ab	2.80±1.57 ab
20	2.08±1.97 b	3.81±2.02 b	3.10±2.01 ab

3 讨论与结论

抗旱性受多种复杂因素的影响,不同植物种子对同一干旱水平的抗性反应不一定相同^[14]。本试验结果表明,3 种苜蓿属的植物在 5%~15% PEG-6000 模拟干旱胁迫下发芽势、发芽率无明显降低,与刘佳月等^[15]研究的结果相似,均显示低浓度 PEG 促进发芽,高浓度 PEG 抑制发芽,在 5%~10% PEG-6000 模拟干旱胁迫下根长和根芽比呈现上升趋势,且 10% 浓度的促进作用要比

5% 的促进作用明显,随着 PEG 浓度的进一步增加,促进作用有所下降,但除去 20% 的紫苜蓿处理组之外,其他组都表现出促进根生长的作用。与郝俊峰等^[16]的研究结果一定的干旱胁迫对根系的生长表现为促进作用相同。在 5% 浓度 PEG-6000 模拟干旱胁迫情况下,野苜蓿和花苜蓿发芽率、发芽势和发芽指数均有所上升,而在 10% 浓度 PEG-6000 模拟干旱胁迫情况下野苜蓿和花苜蓿发芽率、发芽势及发芽指数下降明显高于紫苜蓿,在 20% 浓度 PEG-6000 模拟干旱胁迫情况下 3 种苜蓿属植物发芽率、发芽势和发芽指数都有大幅度下降,其下降幅度为花苜蓿<野苜蓿<紫苜蓿。综上所述,3 种苜蓿属植物都有较强抗旱性,其中抗旱性花苜蓿>野苜蓿>紫苜蓿,本试验中的 3 种苜蓿在采石场生态修复过程中的表现将在下一步试验中进行研究。

参考文献:

[1] 徐芳,张亚红,刘敏,等. 废弃采石场生态修复植物的抗旱性评价[J]. 江西农业学报,2019,31(10):57-62.

[2] 高亚敏,于静,萨日娜,等. 16 个紫花苜蓿品种在通辽地区气候适宜性试验研究[J]. 畜牧与饲料科学,2021,42(1):91-97.

[3] 王琼. 华东地区采石场自然恢复特征及人工生态恢复研究[D]. 北京:北京林业大学,2009.

[4] 杨青川,孙彦. 中国苜蓿育种的历史、现状与发展趋势[J]. 中国草地学报,2011,33(6):95-101.

[5] 康俊梅,杨青川,樊育成. 干旱对苜蓿叶片可溶性蛋白的影响[J]. 草地学报,2005(3):199-202.

[6] 李硕,苗丽宏,聂中南,等. 干旱胁迫对不同紫花苜蓿品种生产性能的影响[J]. 草原与草坪,2020,40(3):15-22.

[7] 贾蓉,庞妙甜,杜利霞,等. 5 个苜蓿品种种子萌发期干旱耐受性研究[J]. 中国草地学报,2018,40(5):114-119.

[8] 杨春杰,张学昆,邹崇顺,等. PEG-6000 模拟干旱胁迫对不同甘蓝型油菜品种萌发和幼苗生长的影响[J]. 中国油料作物学报,2007(4):425-430.

[9] 郑丽,冯玉龙. 紫茎泽兰叶片化感作用对 10 种草本植物种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 生态学报,2005(10):2782-2787.

[10] 李培英,孙宗玖,阿不来提. PEG 模拟干旱胁迫下 29 份假麦草种质种子萌发期抗旱性评价[J]. 中国草地学报,

2010,32(1):32-39.

[11] 顾增辉,徐本美,郑光华.测定种子活力方法之探讨(定种发芽的生理测定法[J].种子,1982(3):11-17.

[12] 张立全,贾旭慧,赵静玮.PEG模拟干旱胁迫对紫花苜蓿种子发芽及幼苗生长的影响[J].分子植物育种,2020,18(11):3759-3764.

[13] 张立全,贾旭慧,赵静玮.PEG模拟干旱胁迫对紫花苜蓿种子发芽及幼苗生长的影响[J].分子植物育种,2020,18(11):3759-3764.

[14] 牛奎举,金小煜,李慧萍,等.甘肃野生草地早熟禾萌发期抗旱性鉴定与评价[J].草地学报,2016,24(5):1041-1049.

[15] 刘佳月,杜建材,王照兰,等.紫花苜蓿和黄花苜蓿种子萌发期对PEG模拟干旱胁迫的响应[J].中国草地学报,2018,40(3):27-34,61.

[16] 郝俊峰,张玉霞,贾玉山,等.PEG-6000胁迫下苜蓿萌发期抗旱性鉴定与评价[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2020,48(11):23-32.

Effects of PEG-6000 Simulated Drought Stress on Seed Germination and Seedling Growth of Three Alfalfa Species

SHANG Jin-cheng, WANG Ming-fan, DAI Si-wen, TIAN He-ting, YANG Shi-qi, YUE Li-ran
(College of Landscape Architecture, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: In order to screen excellent plant materials suitable for ecological restoration in northern cold quarry, three alfalfa seeds (*Medicago sativa*, *Medicago falcate*, *Medicago ruthenica*) were treated with different concentrations of PEG-6000 (0%, 5%, 10%, 15% and 20%) to verify their drought resistance. The results showed that under 5%-15% PEG-6000 simulated drought stress environment, the seed germination potential and germination potential of three alfalfa species did not decrease significantly, but under 5% PEG-6000 treatment, the seed germination rate of *Medicago falcate* and *Medicago ruthenica* increased, while under 20% PEG-6000 treatment, the seed germination rate and germination rate of three alfalfa species decreased significantly, and the order of drought resistance was *Medicago ruthenica* > *Medicago falcate* > *Medicago sativa*.

Keywords: alfalfa; drought; seed germination; seedling growth

(上接第 86 页)

Investigation on Wild Medicinal Plant Resources in Anda City of Heilongjiang Province

WANG Yi-ran¹, WANG Chen², ZHANG Xin-xin², SUN Yan¹

(1. Institute of Modern Agriculture and Ecological Environment, Heilongjiang University, Harbin 150080, China; 2. College of Life Science and Technology, Harbin Normal University, Harbin 150025, China)

Abstract: In order to understand the species composition, distribution and reserves of wild medicinal plant resources in Anda City, and further protect the diversity of medicinal plant resources, this paper investigated and analyzed the local medicinal plant resources through field investigation and literature review. The results showed that there were 237 species of wild medicinal plants in Anda City, belonging to 148 genera of 52 families. The dominant families were 2 families, and the diversity of genera was high. Herbaceous plants accounted for more than 90% of the life form composition, with absolute superiority. The main parts used for medicine were herba, root and rhizome. The total reserves of medicinal plants investigated were 536.44 t, and the distribution of reserves and annual yield was uneven. Therefore, there are abundant plant species in Anda City, but the reserves of some genuine medicinal materials are low. We should strengthen the protection of wild genuine medicinal materials and develop their cultivation and production appropriately.

Keywords: Anda City; wild medicinal plants; reserves; general survey of traditional Chinese medicine resources