

doi:10.11733/j.issn.1007-0435.2017.05.026

环境因子对西藏巴青县野生垂穗披碱草种子萌发的影响

王传旗¹, 武俊喜², 余成群², 王明涛¹, 包赛很那¹, 苗彦军^{1*}

(1. 西藏农牧学院, 西藏 林芝 860000; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要:本研究探索了西藏巴青县野生垂穗披碱草(*Elymus nutans*)种群繁殖扩散机理,为其开发利用提供必要的理论基础。试验在不同光、温、水(PEG6000)、盐处理条件下研究了垂穗披碱草种子萌发特性。结果表明:光照对垂穗披碱草种子萌发无显著影响;恒温25℃和变温20/30℃条件下垂穗披碱草种子萌发速度较快、发芽率较高,而5℃和35℃条件下种子不萌发;在PEG浓度为5%时垂穗披碱草种子发芽率略高于对照(CK),但其发芽指数和活力指数都显著低于对照(CK);在NaCl溶液浓度为0%~0.4%范围内,种子均能正常萌发,且轻度盐胁迫(0.2%)对垂穗披碱草种子萌发有促进作用。上述结果说明,低温是限制西藏巴青地区野生垂穗披碱草种子成功萌发的关键因子。

关键词:垂穗披碱草;种子萌发;温度;光照;水分胁迫;盐胁迫;西藏

中图分类号:S543.9

文献标识码:A

文章编号:1007-0435(2017)05-1103-05

Influence of Environmental Factors on Seed Germination of *Elymus nutans* in Baqing County of Tibet

WANG Chuan-qi¹, WU Jun-xi², YU Cheng-qun², WANG Ming-tao¹,

BAOSAI Hen-na¹, MIAO Yan-jun^{1*}

(1. Tibet Agricultural and Animal Husbandry University, Nyingchi Tibet 860000, China;

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: To explore the propagation and diffusion mechanism of wild *Elymus nutans* in Baqing County, Tibet, and provide the necessary theoretical basis for its development and utilization, the seed germination characteristics of *Elymus nutans* were studied under different light, temperature, water (PEG6000) and salt treatment conditions. The results showed that the light had no significant effect on *Elymus nutans* seed germination; Under the conditions of constant temperature of 25℃ and alternating temperature of 20/30℃, the seed germination speed of *Elymus nutans* was faster and the germination percentage was higher, but the seed no germination at constant 5℃ and 35℃; *Elymus nutans* seed germination percentage was slightly higher than the control (CK) when PEG concentration was 5%, but the germination index and vigor index were significantly lower than the control; In the range of 0%~0.4% NaCl solution concentration, the seeds can germinate normally, and slight salt stress (0.2%) could promote the seed germination of *Elymus nutans*. The results showed that low temperature was the key factor that limited the successful germination of the wild *Elymus nutans* seeds in the area of Baqing in Tibet.

Key words: *Elymus nutans*; Seed germination; Temperature; Light; Water stress; Salt stress; Tibet

研究显示,对于大多数作物而言,种子萌发和早期幼苗阶段对环境胁迫最为敏感^[1]。种子萌发是植物生活史中的起始阶段,影响种子萌发的条件很多,主要有水分、温度、氧和光照^[2]。此外,盐(NaCl)胁迫

对种子萌发、幼苗形态及生理变化等也有很大影响^[3]。垂穗披碱草(*Elymus nutans*)为禾本科披碱草属牧草,又名钩头草,弯穗草^[4]。原为野生种,在我国西藏、西北、华北等地均有分布,在青藏高原海

收稿日期:2017-01-03;修回日期:2017-10-12

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFC0502002);西藏自治区科技厅重点项目(2015ZDKJZC01-8)资助

作者简介:王传旗(1991-),男,河南武陟县,硕士研究生,研究方向为高原农业生态与农业可持续发展,E-mail:18889046706@163.com;

* 通信作者 Author for correspondence, E-mail:myj666@126.com

拔 2 500~4 000 m 的高寒湿润地区为建群种,是有价值的饲用植物^[5]。此外,垂穗披碱草抗逆性强、生态适应性广,对于西藏地区生态保护和生态恢复有重要意义。近年来,有关环境因子对垂穗披碱草种子萌发影响的文献报道较多,涉及到温度、光照、盐分及干旱胁迫等对垂穗披碱草种子萌发及幼苗生长的影响^[6-11]。受光、温、水、盐等各种生态因子的影响,不同地区野生垂穗披碱草种子发芽率和幼苗生长状况不同。2 个以上生态因子对垂穗披碱草种子萌发的影响研究尚未见详细报道。以往对垂穗披碱草种子萌发的研究都侧重于 1 个或 2 个生态因子。因此,有必要从光、温、水、盐等多个生态因子对垂穗披碱草种子萌发的影响进行研究,可以更准确地分析西藏巴青地区野生垂穗披碱草种子的萌发特性。试验以西藏巴青地区野生垂穗披碱草种子为材料,通过光、温、水、盐的处理,探讨 4 种生态因子对垂穗披碱草种子萌发的影响,为西藏巴青地区野生披碱草属牧草种质资源的开发利用及扩大垂穗披碱草的种植范围等提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 种子采集地自然状况

供试材料于 2010 年 9 月份采自西藏那曲巴青县(31°43′657″N,93°09′104″E,海拔 4 675 m)。该地区属高原亚寒带半湿润季风气候区,高寒缺氧、冬季多风多雪,降雪日数约在 150 d 以上。年平均气温 1.5℃,极端最低气温-38℃,极端最高气温25.6℃。年温差相对较大,无霜期短。太阳辐射强烈,年日照时数 2 400 h 左右;年降水量约 500~600 mm。采回来的种子风干后在 5℃冰箱内贮藏待用。试验前在室温条件下做预试验,测得供试材料种子千粒重为 4.88±0.06 g,平均发芽率为 76.40%。

1.2 试验方法

种子表面用 1%的 NaClO 消毒 10 min,之后用蒸馏水冲洗干净,自然晾干待用。系列发芽试验均在 PXZ 智能人工气候箱中进行。试验采用纸上发芽法,种子均在铺有两层滤纸的塑料发芽盒内排列。每个处理 3 个重复,每个重复 50 粒种子。每天统计

发芽数(胚根长度达到与种子等长、胚芽长度达到种子一半作为发芽标准^[12]),并称重加水使滤纸保持湿润,第 15 d 结束发芽试验。

种子发芽率(GP)=(发芽数/总种子数)×100%^[13];

发芽指数(GI)= $\sum(Gt/Dt)$,式中, Gt 为在 15 d 的种子发芽数, Dt 为相对应的种子发芽天数;

活力指数(VI)=平均胚根长度× GI ^[14]。

1.2.1 光照处理 在 25℃恒温条件下设置持续黑暗和 12 h 黑暗/12 h 光照,光照强度 400 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,进行种子萌发试验。

1.2.2 温度处理 试验在黑暗条件下的人工气候箱中进行。恒温试验培养温度分别为:5,10,15,20,25,30 和 35℃;变温试验培养温度分别为 10/20℃,15/25℃,20/30℃和 25/35℃,每天 12 h 低温、12 h 高温。

1.2.3 干旱处理 试验采用聚乙二醇(PEG-6000)进行干旱处理。分别配置浓度为 0%(CK),5%,10%,15%,20%和 25%的聚乙二醇(PEG)溶液作为种子萌发的培养液。在人工智能气候箱内 25℃恒温、无光照条件下进行种子萌发试验。

1.2.4 NaCl 处理 试验以单盐 NaCl 溶液作为种子萌发的培养液。在塑料发芽盒中铺双层滤纸,分别加入质量浓度为 0,0.2%,0.4%,0.8%,1.2%和 1.6%的 NaCl 溶液 10 mL。在 25℃恒温培养箱中进行萌发试验,光照设置为 12 h 黑暗/12 h 光照,光照强度 400 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

1.3 数据分析

采用 DPS 6.0 统计分析软件进行方差分析,样本间的差异显著性用 Duncans 检验,用 WPS 软件作图。

2 结果与分析

2.1 光照对种子萌发影响

由表 1 可知,在恒温 25℃的两种光照培养条件下,种子发芽率均保持在 70%以上,光照对巴青野生垂穗披碱草种子的发芽率、发芽指数和活力指数无显著影响。在全黑暗条件下,种子发芽率更高,但其幼苗表现为黄化苗。

表 1 光照对种子发芽率、发芽指数和活力指数的影响
Table 1 Effect of light on seed germination percentage, germination index and vigor index

项目 Item	光照处 Light treatments	
	光照(12 h)	持续黑暗
发芽率 <i>GP</i>	0.72±0.03 ^{aA}	0.79±0.02 ^{aA}
发芽指数 <i>GI</i>	1.64±0.03 ^{aA}	1.90±0.02 ^{aA}
活力指数 <i>VI</i>	1.91±0.06 ^{aA}	2.06±0.03 ^{aA}

注:同行不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$),不同大写字母表示处理间差异极显著($P<0.01$),下同

Note: Different small letters in the same row represent significant differences at the 0.05 level, different capital letters represent significant differences at the 0.01 level, the same below

2.2 温度对种子萌发的影响

温度对巴青县野生垂穗披碱草种子萌发具有极

表 2 恒温对种子发芽率、发芽指数和活力指数的影响

Table 2 Effect of constant temperature on seed germination percentage, germination index and vigor index

项目 Item	温度 Temperature/℃						
	5	10	15	20	25	30	35
发芽率 <i>GP</i>	0.00±0.00 ^{eE}	0.26±0.05 ^{dD}	0.43±0.03 ^{cC}	0.67±0.02 ^{bB}	0.81±0.04 ^{bA}	0.70±0.06 ^{bB}	0.00±0.00 ^{eE}
发芽指数 <i>GI</i>	0.00±0.00 ^{fF}	0.66±0.01 ^{eE}	1.00±0.1 ^{dD}	1.33±0.01 ^{cC}	2.23±0.05 ^{aA}	1.56±0.06 ^{bB}	0.00±0.00 ^{fF}
活力指数 <i>VI</i>	0.00±0.00 ^{eE}	0.88±0.01 ^{dD}	1.38±0.03 ^{cC}	2.70±0.26 ^{bB}	3.88±0.45 ^{aA}	1.46±0.06 ^{cC}	0.00±0.00 ^{eE}

表 3 变温对种子发芽率、发芽指数和活力指数的影响

Table 3 Effect of alternating temperature on seed germination percentage, germination index and vigor index

项目 Item	温度 Temperature/℃			
	10/20	15/25	20/30	25/35
发芽率 <i>GP</i>	0.47±0.02 ^{aA}	0.65±0.03 ^{bA}	0.82±0.05 ^{bA}	0.40±0.03 ^{aA}
发芽指数 <i>GI</i>	1.57±0.15 ^{cB}	2.04±0.11 ^{bA}	2.31±0.05 ^{aA}	0.97±0.02 ^{dC}
活力指数 <i>VI</i>	7.32±0.32 ^{bB}	9.61±0.48 ^{aA}	10.31±0.88 ^{aA}	4.19±0.18 ^{cC}

2.3 干旱胁迫对种子萌发的影响

随着干旱胁迫程度的加重,巴青县野生垂穗披碱草种子发芽率由 81%降低到 29%,发芽指数由 2.04 降低到 0.42,几乎呈直线下降趋势(表 4)。对照(0%)和 5%浓度 PEG 胁迫下种子发芽率差异不显著,但二者

均与 PEG 浓度为 10%,15%,20%和 25%的发芽率差异显著($P<0.05$)。在 PEG 胁迫浓度为 0%~5%下,巴青县野生垂穗披碱草发芽率可保持在 70%以上,即使在 PEG 浓度为 25%的胁迫下,种子发芽率为 29%,表明垂穗披碱草在种子萌发阶段抗旱性较强。

表 4 不同浓度聚乙二醇对种子发芽率、发芽指数和活力指数的影响

Table 4 Effects of different concentrations of polyethylene glycol on seed germination percentage, germination index and vigor index

项目 Item	聚乙二醇 PEG/%					
	0	5	10	15	20	25
发芽率 <i>GP</i>	0.76±0.02 ^{bB}	0.81±0.03 ^{bB}	0.62±0.05 ^{aA}	0.57±0.02 ^{cC}	0.41±0.01 ^{dD}	0.29±0.01 ^{dD}
发芽指数 <i>GI</i>	2.04±0.11 ^{bB}	1.93±0.28 ^{aA}	1.76±0.06 ^{aA}	1.39±0.05 ^{bB}	0.86±0.06 ^{bC}	0.42±0.08 ^{cC}
活力指数 <i>VI</i>	9.61±0.48 ^{aA}	8.11±0.17 ^{aA}	4.29±0.19 ^{bB}	1.77±0.06 ^{cC}	1.65±0.03 ^{cD}	1.31±0.15 ^{dD}

2.4 NaCl 胁迫对种子萌发的影响

巴青县野生垂穗披碱草种子发芽率随盐浓度的升高出现了先上升后下降的变化(表 5)。中轻浓度 NaCl 溶液(0.2%,0.4%)下的种子发芽率高于高浓

度 NaCl 溶液(0.8%,1.2%,1.6%)下的发芽率。与对照相比,0.2%,0.4%的盐浓度培养下,种子发芽率无显著差异;而在 1.2%和 1.6%等高浓度 NaCl 培养条件下,种子发芽率较低,呈极显著差异($P<0.01$)。

表 5 不同 NaCl 胁迫对垂穗披碱草种子发芽率、发芽指数和活力指数的影响

Table 5 Effect of NaCl on germination percentage, germination index and vigor index of *Elymus nutans*

项目 Item	NaCl 浓度 NaCl concentration /%					
	0	0.2	0.4	0.8	1.2	1.6
发芽率 <i>GP</i>	0.77±0.03 ^{aA}	0.83±0.02 ^{aA}	0.74±0.03 ^{aA}	0.57±0.05 ^{bA}	0.33±0.05 ^{dD}	0.00±0.00 ^{eE}
发芽指数 <i>GI</i>	1.02±0.03 ^{bB}	1.26±0.05 ^{aA}	1.05±0.08 ^{bB}	0.93±0.01 ^{cC}	0.43±0.04 ^{dD}	0.00±0.00 ^{eE}
活力指数 <i>VI</i>	1.43±0.06 ^{bB}	1.59±0.04 ^{aA}	1.28±0.02 ^{cC}	0.68±0.05 ^{dD}	0.29±0.06 ^{eE}	0.00±0.00 ^{eE}

3 讨论与结论

3.1 光照对垂穗披碱草种子萌发的影响

有些植物种子萌发需要光的照射,有些则不需要,这由植物的遗传性和环境共同决定^[15]。大量研究证明,光照能够促进种子的萌发,而在黑暗条件下种子萌发受到抑制^[16-17],但也存在种子在光照和黑暗条件下均能萌发的相关研究^[18-19],例如,梭梭(*Haloxyylon ammodendron*)种子无论在光照还是在黑暗环境中都能萌发^[20]。本研究表明,种子在光照和持续黑暗培养条件下其发芽率、发芽势指数和活力指数无显著差异,即种子萌发对光照没有特殊要求。虽然在全黑暗条件下种子发芽率较光照略高,但其幼苗的生长状况不佳,表现为黄弱化。

3.2 温度对垂穗披碱草种子萌发的影响

温度是影响种子萌发的重要生态因子,研究结果显示,巴青县野生垂穗披碱草种子在恒温 5℃和 35℃处理显示下无萌发,即种子萌发完全被抑制。种子在恒温 25℃和变温 20/30℃条件下其发芽率和萌发速率都达到了最佳响应。可能是由于适宜的温度使酶促过程和呼吸作用加强,使种子体内贮藏的养分快速变成胚能够利用的可溶性状态,从而提高了种子的发芽率和萌发速度。其中 20/30℃的变温培养下,种子发芽率、发芽指数和活力指数均高于恒温 25℃处理,但无显著差异性。

3.3 干旱胁迫对垂穗披碱草种子萌发的影响

巴青县野生垂穗披碱草种子在 PEG 浓度为 5%~25%的干旱胁迫范围内均能萌发,表现出了较强的抗旱性。种子在 5%的 PEG 浓度下,其发芽率高于对照但差异不显著。可能是低浓度的 PEG 对巴青野生垂穗披碱草种子萌发起到了引发作用。有研究表明,干旱胁迫不仅影响种子的发芽率,还对种子活力具有影响,具体表现在随溶液胁迫程度的加重,种子发芽率降低、发芽延缓^[21]。本研究表明,当 PEG 处理浓度为 25%时,其发芽率最低,较对照

(0%)降低了 47%。干旱胁迫对西藏巴青县野生垂穗披碱草种子萌发具有极显著影响($P<0.01$),随着 PEG 浓度的增加,其发芽率呈下降趋势,且开始发芽天数出现推迟现象。

3.4 NaCl 对垂穗披碱草种子萌发的影响

种子是植物重要的繁殖材料,他在萌发阶段的耐盐状况在一定程度上反映了该物种的耐盐程度,种子耐盐性是耐盐碱植物筛选与早期鉴定的主要依据之一^[22]。本试验中,在盐浓度为 0.2%时,种子发芽率达到了最高值 83%,且发芽指数和活力指数均高于对照(CK)。说明低浓度的 NaCl 处理对垂穗披碱草种子萌发有促进作用,这与程龙、王传旗等^[23-24]人的研究结论相一致。当盐浓度达到 1.6%时,种子发芽率为 0。其原因可能是盐胁迫使种子吸水速度变慢、吸水量降低,外界环境中 Na^+ 的进入产生单盐毒害,造成膜修复困难,甚至加剧膜结构的破坏,导致种子内大量溶质的外渗^[25]。本研究结果,随着 NaCl 胁迫浓度的升高,巴青县野生垂穗披碱草种子开始发芽时间推迟,种子发芽率、发芽指数、活力指数以盐浓度 0.4%为阈值出现了显著的下降现象;垂穗披碱草种子在盐浓度为 0.2%~0.4%范围内都能够正常萌发,且其发芽率高达 70%以上,表明种子在整个萌发阶段具有一定的耐盐能力。

巴青县野生垂穗披碱草种子萌发对光照无特殊要求,其适宜萌发温度为恒温 20~30℃、变温 15/25~20/30℃;种子在 0%~5%的 PEG 浓度下具有较高的发芽率,其适宜萌发盐浓度为 0%~0.4%。以上结果表明,西藏巴青县野生垂穗披碱草种子萌发具有较强的生态适应性,其开发利用潜力较大,可作为改善西藏地区生态环境及畜牧业发展的重要的牧草种质资源。

参考文献

[1] Ke Y Q, Pan T G. A identifyingn medthod for salt tolerance in germinating seeds and seedling of rice using NaCl agar fixation [J]. Plant physiology Communications,2001,37(5):32-34

[2] 刘燕国. 种子萌发过程中水分与温度的作用[J]. 农机化研究, 2005,5(3):308

[3] 王玉芳,贺化祥,张明生,等. 光照、温度和盐胁迫对红花大金元种子萌发的影响[J]. 种子,2009,28(12):19-22

[4] 陆光平,聂斌. 垂穗披碱草利用价值评价[J]. 草业科学,2002,19(9):13-15

[5] 陈默君,贾慎修. 中国饲用植物[M]. 北京:中国农业出版社,2002,119-120

[6] 张小娇,祁娟,曹文侠. 盐分、温度及其互作对垂穗披碱草种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 中国草地学报,2014,38(1):24-29

[7] 刘艳君,祁娟,柳茜,等. 垂穗披碱草种子萌发的耐盐性研究[J]. 草原与草坪,2014,34(4):61-65

[8] 葛庆征,张卫国,张灵菲,等. 温度对垂穗披碱草种子萌发的影响[J]. 草业科学,2012,29(05):759-767

[9] 张小娇,祁娟,曹文侠,等. 干旱胁迫对垂穗披碱草苗期抗旱生理特性的影响[J]. 草原与草坪,2014,34(5):55-59

[10] 杨月娟,周华坤,王文颖,等. 盐胁迫对垂穗披碱草幼苗生理指标的影响[J]. 兰州大学学报(自然科学版),2014,01(50):102-106

[11] 马青枝,李造哲,马文喜. 披碱草和野大麦种子萌发期抗旱性研究[J]. 内蒙古农业大学学报,2014,35(2):52-55

[12] 韩建国. 牧草种子学[M]. 北京:中国农业大学出版社,2000

[13] 刘桂霞,王静,王谦谦,等. 艾蒿水浸提液对冰草和披碱草种子萌发及幼苗生长的化感作用[J]. 河北大学学报(自然科学版),2012,32(1):82-86

[14] 邹瑜. 植物生理生化实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,1995

[15] 杨利平,宋满珍,张晶. 光照和温度对百合属 6 种植物种子萌发的影响[J]. 植物资源与环境学报,2000,9(4):14-18

[16] 许慧男,王文杰,于兴洋,等. 菊科几种入侵和非入侵植物种子需光发芽特性差异[J]. 生态学报,2010,30(13):3433-3440

[17] 方晶. 光照、温度等因子对卷丹百合种子萌发特性的影响[J]. 北方园艺,2011(04):91-92

[18] 王传旗,徐雅梅,白玛曲珍,等. 光、温对西藏三种野生披碱草属牧草种子萌发的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医,2017(05):150-154

[19] 芦站根,周文杰,孙世卫,等. 光照、温度和 NaCl 对益母草种子萌发的影响[J]. 北方园艺,2010(20):181-183

[20] 黄振英,张新时,YITZCHAK O,等. 光照、温度和盐分对梭梭种子萌发的影响[J]. 植物生理学报,2001,27(3):275-280

[21] 鱼小军,陈本建,师尚礼,等. 温度和水分对醉马草种子萌发的影响[J]. 草地学报,2009,17(2):218-221

[22] 马进,王小德,郑钢. 组织培养下盐胁迫紫花苜蓿种子的萌发特征研究[J]. 种子,2008,27(7):29-31

[23] 程龙,李志军,韩占江,等. 盐节木种子萌发对温度、光照和盐旱胁迫的响应[J]. 草业科学,2015,32(06):961-966

[24] 王传旗,谢国平,白玛曲珍,等. NaCl 对西藏不同地域野生披碱草种子萌发的影响研究[J]. 黑龙江畜牧兽医,2017(07):142-146

[25] 杨小环,马金虎,郭数进,等. 种子引发在盐胁迫下高粱种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 中国生态农业学报,2011,19(1):103-109

(责任编辑 位晓婷)