

盐胁迫对黍子种子萌发的影响

甄莉娜^{1,2}, 高茹雪³, 张美艳², 韩建国²

(1. 大同大学 农学院 山西 大同 037009; 2. 中国农业大学 草地研究所 北京 100193; 3. 福建农林科技大学 福建 福州 350002)

摘要: 选取浓度为 0.4%、0.8%、1.2%、1.6%、2.0%、2.4% 的 NaCl、MgCl₂ 和 Na₂SO₄ 对黍子种子进行发芽试验。结果表明: 黍子种子在不同种类的盐胁迫下发芽率、发芽势、发芽指数、发芽值均低于对照组, 且随着盐浓度的升高而降低。在 NaCl、Na₂SO₄ 及 MgCl₂ 胁迫下, 黍子种子萌发可忍耐的浓度范围分别为 0%~1.2%、0%~1.6%、0%~2.0%。3 种单盐胁迫条件下对黍子种子萌发的抑制作用依次为 NaCl>Na₂SO₄>MgCl₂。

关键词: 黍子种子; 盐胁迫; 种子萌发

中图分类号: S 516 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)10-0028-04

地球上约有 9.5×10^8 hm² 盐碱地, 其中中国的盐渍地面积约为 9.9×10^7 hm²^[1], 土壤盐渍化是影响农业生产以及生态环境的一个全球性问题^[2]。盐碱地在我国东部沿海、东北和西北内陆等地均有分布, 几乎占国土面积的 1/3, 其中已开发的只占 17%^[3], 在我国北方干旱半干旱地区, 由于降水不足、淋溶作用弱、地下水的蒸发和蒸腾强烈, 使土壤表层或土体中积聚过多的可溶性盐类, 发生盐渍化或次生盐渍化^[4]。土壤盐渍化可能会引起可耕地的废弃, 严重影响植物的生长发育^[1]。

利用耐盐、抗盐植物是进行盐碱地改良的经济有效措施^[1]。种子萌发期是植物生活史中最为关键的发育阶段, 决定着植物能否成功定居。盐渍化地区, 由于蒸发和毛管水上升, 可溶性盐富集于表层土壤, 而植物种子萌发主要在此层发生, 可见种子萌发期的耐盐性对盐渍地区植物存活与生长发育至关重要^[5]。高盐度对植物的毒害可以从植物产量减少和死亡率的升高得到验证^[6]。无论是盐生植物还是甜土植物在高于 1.5% NaCl 的盐度下不萌发或萌发率降低。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^[4], 明确作物的耐盐机理, 培育和选择耐盐作物品种, 合理调控土壤和环境因子, 对于提高作物产量、满足日益增长的粮食

需求、促进农业可持续发展具有重要意义^[2]。禾本科植物的耐盐性较强, 是改良盐碱地的先锋植物^[4]。黍子 (*Panicum miliacea*) 是单子叶禾本科 1 a 生草本植物, 生长在北方, 生育期短、抗逆性强、营养价值较高, 是北方冷凉地区的主要抗逆渡荒作物, 在张家口的阳原、蔚县及山西、内蒙部分县是重要的粮食作物, 尤其是晋中和晋北地区, 具有明显的地区优势和生产优势, 是当地主要栽培的小杂粮作物之一, 也是生土地上种植面积较大的先锋作物^[7]。由于我国北方干旱、半干旱地区分布着大面积的盐渍土壤, 而其中又以氯化物、硫酸盐为主^[8], 该试验设计了 NaCl、MgCl₂ 和 Na₂SO₄ 的 3 种单盐胁迫, 以晋黍 4 号为研究材料, 分析了不同种类单盐及不同浓度处理对黍子种子萌发的影响, 旨在探讨黍子种子萌发期的耐盐性, 以期为我国北方干旱、半干旱地区盐渍土壤的可持续利用和耐盐作物新品种的培育提供科学有效的依据^[4]。

1 材料与方法

1.1 试验材料

晋黍 4 号, 千粒重 7.89 g。设计 3 种单盐溶液(均用分析纯试剂配制), 分别为 NaCl (A)、MgCl₂ (B) 和 Na₂SO₄ (C), 这 3 种单盐是我国北方干旱、半干旱地区土壤盐分的主要组分^[4]。盐浓度分别设 0(CK)、0.4%(1)、0.8%(2)、1.2%(3)、1.6%(4)、2.0%(5) 和 2.4%(6)。

1.2 试验方法

用 NaCl、MgCl₂ 和 Na₂SO₄ 溶液对黍子种子进行胁迫, 每种盐设 6 个浓度处理。首先选取饱满粒大的种子, 用 0.2% 的甲醛溶液消毒 30 min 后, 用蒸馏水中洗并晾干, 在干净的培养皿内铺 2 层经过灭菌的滤纸, 取 100 粒预处理过的种子整齐地摆放在培养皿内, 种子之间留

第一作者简介: 甄莉娜(1983-), 女, 山西洪洞人, 在读博士, 现从事牧草种子及牧草生态研究工作。E-mail: zhenln2003@163.com。

通讯作者: 韩建国(1958-), 男, 内蒙古人, 博士, 教授, 博士生导师, 现从事草地管理与牧草种子研究工作。E-mail: grasslab@public3.bta.net.cn。

收稿日期: 2010-01-12

有一定的距离,加入处理液 10 mL,以蒸馏水作为对照(CK),各处理均重复 3 次。把培养皿置于 25℃恒温培养箱中发芽,每天定时补充蒸馏水,使各处理的盐浓度保持不变,并且每天观察记载种子萌发情况及发芽粒数,以芽长相当于种子一半长作为发芽标准。在发芽试验结束后计算发芽势、相对发芽势、发芽率、相对发芽率、相对发芽指数、相对盐害率、发芽值。

发芽率(GP)=(7 d 种子的发芽数/种子总数)×100%;相对发芽率(RGP)=(盐处理种子发芽率/对照种子发芽率)×100%;发芽势(GE)=(前 3 d 种子的发芽数/种子总数)×100%;相对发芽势(RGE)=处理发芽势×100/对照发芽势;相对发芽指数(RGi)=处理发芽指数×100/对照发芽指数。发芽指数(Gi)=Σ(Gt/Dt)(式中,Gt为在时间 t 天的发芽数,Dt 为相应的发芽天数);相对盐害率(%)=(对照发芽率-处理发芽率)×100%/对照发芽率;发芽值(GV)=PV·MDG(式中,PV 为高峰值-发芽高峰时的百分数/发芽高峰日的天数,MDG 为日平均发芽率-总发芽率/总发芽天数)^[4]。采用 SPSS 15.0 统计软件进行方差分析,显著水平为 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 。

2 结果与分析

2.1 盐胁迫对黍子种子相对发芽率的影响

由图 1 可知,黍子种子在不同种类的盐胁迫下除个别浓度处理外,发芽率均低于对照,并且随着盐浓度的上升,种子相对发芽率总体呈下降趋势,这说明盐胁迫对黍子种子的萌发产生了抑制作用。在 NaCl 处理下,当浓度为 0.8‰时,种子的发芽率最高且高于对照组,但没有达到显著水平,当浓度≥1.6‰时,NaCl 处理的相对发芽率极显著地低于对照,当浓度为 2.4‰时接近于零。在 MgCl₂ 处理下,当浓度≤1.6‰时,相对发芽率随浓度升高而降低的速率缓慢且较均一;当浓度>1.6‰时,相对发芽率降低的速率增大,与对照相比达到显著水平。在 Na₂SO₄ 处理下,当浓度≤1.6‰时,种子的相对发芽率大致相似,但在浓度>1.6‰时,相对发芽率随浓度升高而降低,并极显著地低于对照。由上可知,随着盐胁迫浓度的增加,对黍子种子萌发的抑制作用增强,当浓度≤1.6‰时,3 种盐胁迫对黍子种子萌发有影响但不显著,在 3 种盐胁迫中,NaCl 的抑制作用最强。

2.2 盐胁迫对黍子种子发芽整齐度的影响

发芽整齐度在一定程度上反映了种子的优劣。发芽势和平均发芽天数都是种子活力的指标,它们都能够较好的反映种子萌发的速度和整齐性^[4]。由图 2 可知,在 MgCl₂ 和 Na₂SO₄ 处理下,随着盐浓度的升高,种子相对发芽势降低,当 MgCl₂ 浓度为 2.4‰,Na₂SO₄ ≥2.0‰

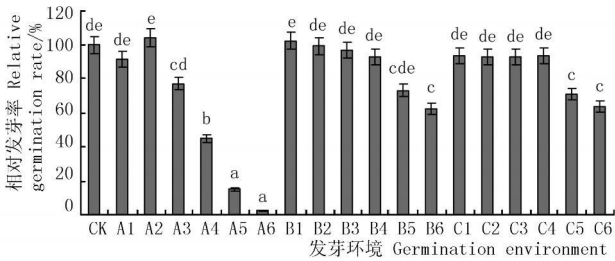


图 1 盐胁迫对黍子种子相对发芽率的影响

Fig. 1 Effects of salt stress on relative germination rate of millet seeds

时,均极显著地低于对照水平;在 NaCl 处理下,浓度为 0.8‰时,相对发芽势最高,当浓度≥1.2‰时,相对发芽势随浓度的升高而降低,达到显著水平,当浓度高于 1.6‰时,达到极显著水平。由图 3 可知,黍子种子在盐胁迫下,随着盐浓度的升高,平均发芽天数均有所延长。其中,当 NaCl 浓度≥1.6‰时,极显著地高于对照发芽天数,当浓度为 2.4‰时,平均发芽天数达到最大值 5.875 d。在 MgCl₂ 和 Na₂SO₄ 的盐溶液处理下,延长速率较 NaCl 盐溶液处理较为缓慢,当 Na₂SO₄ 为 2.4‰时,显著高于对照天数。由此可知,NaCl 的处理对黍子种子的发芽整齐度影响最大,在高盐浓度下,种子发芽速度减缓,发芽日期有所推迟,这可能是由于在高盐浓度下,种子的膜结构被破坏,代谢紊乱,致使种子发芽势降低^[9]。

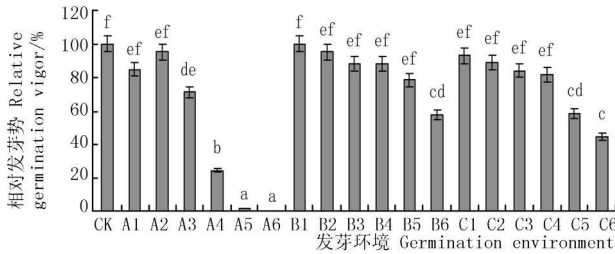


图 2 盐胁迫对黍子种子相对发芽势的影响

Fig. 2 Effects of salt stress on relative germination vigor of millet seeds

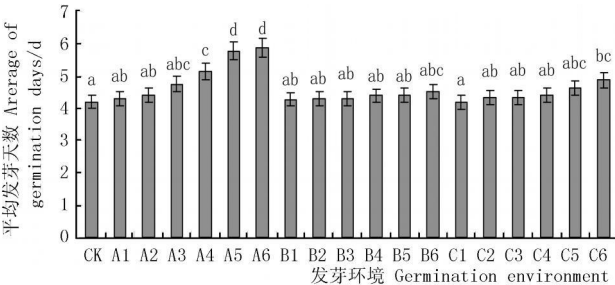


图 3 盐胁迫对黍子种子平均发芽天数

Fig. 3 Effects of salt stress on MLIT of millet seed

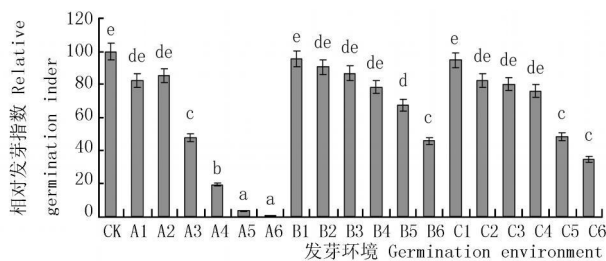


图4 盐胁迫对黍子种子相对发芽指数的影响

Fig. 4 Effects of salt stress on relative germination index of millet seeds

2.3 盐胁迫对黍子种子发芽指数的影响

发芽指数在一定程度上可以反映种子发芽速度,种子在发芽前期发芽越多,发芽指数就相对越大^[9]。由图4可知,在3种单盐胁迫下,种子的发芽指数均低于对照组,而且随着浓度的不断升高,种子相对发芽指数总体呈下降趋势,但在不同的处理下,相对发芽指数的下降速率有差异。其中,在NaCl处理下,当浓度 $\geq 1.2\%$ 时,种子相对发芽指数随浓度升高极显著下降,当浓度为 2.4% 时,相对发芽指数近似为零;在MgCl₂、Na₂SO₄处理下,种子相对发芽指数变化缓慢,当浓度 $\geq 2.0\%$ 时,发芽指数均极显著地低于对照。

2.4 盐胁迫对黍子种子萌发的抑制作用

由图5可知,黍子种子除了在浓度为 0.8% 的NaCl和浓度为 0.4% 的MgCl₂处理下相对盐害率为负值以外,在其它浓度处理下,随着盐浓度的升高,相对盐害率逐渐升高。当NaCl、MgCl₂和Na₂SO₄3种单盐浓度分别高于 1.2% 、 2.0% 、 1.6% 时,相对盐害率均极显著地高于对照。由此可知,这3种盐对黍子种子的萌发均有一定的抑制作用,抑制作用的大小依次为NaCl $>$ Na₂SO₄ $>$ MgCl₂。

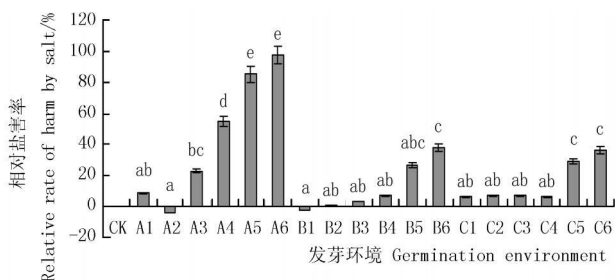


图5 盐胁迫对黍子种子相对盐害率的影响

Fig. 5 Effects of salt stress on relative rate of harm of millet seeds

2.5 盐胁迫对黍子种子发芽值的影响

由图6可知,对照组的发芽值高于3种单盐胁迫下的发芽值,且发芽值随着盐浓度的不断升高呈下降的趋

势。当浓度 $\geq 1.2\%$ 时,NaCl处理组的种子发芽值低于对照并达到极显著的水平。在MgCl₂处理下,当浓度 $\geq 1.6\%$ 时,种子发芽值显著低于对照水平,当浓度 $\geq 2.0\%$ 时达到极显著水平。在Na₂SO₄处理下,当浓度 $\geq 2.0\%$ 时,种子发芽值低于对照水平并达到极显著水平。

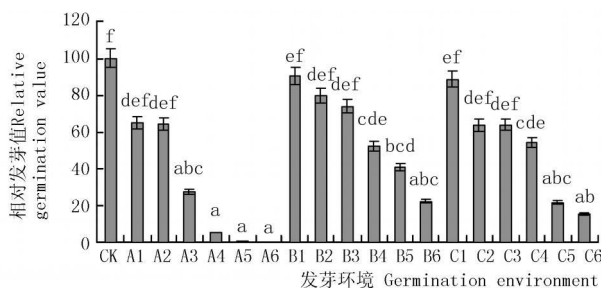


图6 盐胁迫对黍子种子相对发芽值的影响

Fig. 6 The germination value under salt stress of millet seeds

3 结论与讨论

3种单盐中NaCl对黍子种子萌发的抑制作用最大,Na₂SO₄次之,MgCl₂最小。胡生荣等^[4]研究发现这3种盐对2种无芒雀麦种子萌发抑制作用的大小依次为NaCl $>$ Na₂SO₄ $>$ MgCl₂;高新中等发现3种高浓度的钠盐不利于达乌里胡枝子种子的发芽,种子对3种盐的耐受程度大小为:NaCl $>$ Na₂SO₄ $>$ Na₂CO₃^[9]。但种子耐盐性因种的不同有一定的差异,不同植物或不同品种对盐种类的反应由于离子数量和离子价态不同也不尽相同。

试验结果表明,在盐胁迫下,黍子种子的萌发受到了不同程度的影响,随着盐浓度的不断升高,发芽势、发芽率、发芽指数、发芽值总体呈下降趋势,即高浓度盐不利于种子萌发。盐胁迫对植物的破坏作用主要是通过渗透胁迫、离子毒害、营养失衡,以及盐胁迫的次级反应如氧化胁迫等过程来实现^[9]。在高盐浓度下,盐分大量积累,使种子内部难以达到萌发需要的含水量,大量的活性氧和过氧化物自由基的产生,使种子膜组织遭到很大破坏;高盐浓度使种子内某些物质代谢发生紊乱,内源激素的含量发生变化,与呼吸作用相关酶的活性受到抑制,使呼吸作用减弱,不能产生足够的能量供种子萌发,致使发芽率下降^[9]。刘宝玉等发现萌发种子贮藏物质的运转以及水化作用均受到盐胁迫明显的抑制,萌发种子初期生长受到的抑制明显大于萌发率受到的抑制^[9]。

离子吸收对植物正常生长至关重要,盐分干扰了种子萌发中的离子动态平衡。种子对盐胁迫的敏感性可能是因为不能够防止或忍耐高水平的Na⁺和Cl⁻^[9]。

K⁺、Na⁺和Cl⁻是盐胁迫下植物进行渗透调节的主要无机离子,但Na⁺和Cl⁻的过量积累是有害的,是盐胁迫引起植物生长下降的主要原因之一^[1]。由该试验可知,Na⁺对黍子种子的毒害作用最大。

该试验中0.8%的NaCl和0.4%的MgCl₂处理下,发芽率分别是88%和86.67%,均高于对照组,而相对盐害率为负值。张洁明等发现低浓度的盐胁迫对荆条和白蜡种子的萌发有促进作用。这种增效作用原因可能是低盐浓度下,种子内水分胁迫与盐分胁迫重新达到动态平衡,细胞质内环境的平衡得以维持,使种子发芽率升高,也可能与低盐促进细胞膜渗透调节作用相关,或与微量的无机离子(Na⁺)激活了某些酶有关^[10-11]。

该试验仅选用单一黍子品种为研究对象,难以概括所有黍子种质资源的耐盐水平,在今后试验中应选择多个品种进行比较,以期找出对盐胁迫耐受力较强的品种。若根据盐碱地中盐分含量与浓度,运用多种盐分共同处理种子,则更能体现种子的实际耐盐能力。此外,通过改善发芽环境或者适当的种子预处理,可提高黍子种子在盐胁迫中的发芽率^[4]。

参考文献

[1] 陈托兄, 陈小兵, 郝文军 等. 盐分对紫花苜蓿品种萌发的影响[J]. 北方园艺. 2008 12: 38-40.

[2] 陈惠哲, Ladatko N, 朱德峰 等. 盐胁迫下水稻苗期Na⁺和K⁺吸收与分配规律的初步研究[J]. 植物生态学报. 2007, 31(5): 937-945.
[3] 宋丽华, 周月君. 盐胁迫对臭椿种子发芽的影响[J]. 种子. 2008, 27(9): 22-25.
[4] 胡生荣, 高永, 武飞, 等. 盐胁迫对两种无芒雀麦种子萌发的影响[J]. 植物生态学报. 2007, 31(3): 513-520.
[5] 刘宝玉, 张文辉, 刘新成, 等. 沙枣和柠条种子萌发期耐盐性研究[J]. 植物研究. 2007, 27(6): 721-728.
[6] 廖岩, 彭友贵, 陈桂珠. 植物耐盐性机理研究进展[J]. 生态学报. 2007, 27(5): 2077-2089.
[7] 张永清, 苗果园. 生土施肥对黍子根系生长及生理生态效应的影响[J]. 水土保持学报. 2006, 20(3): 158-169.
[8] 王遵亲, 祝寿泉, 俞仁培 等. 中国盐渍土[M]. 北京: 科学出版社. 1993: 278-286.
[9] 高新中, 赵祥, 孙洁, 等. 盐胁迫对达乌里胡枝子种子萌发的影响[J]. 草原与草坪. 2008, 128(3): 49-51.
[10] 王素平, 郭世荣, 胡晓辉, 等. NaCl胁迫对黄瓜幼苗体内K⁺、Na⁺和Cl⁻分布的影响[J]. 生态学杂志. 2007, 26(3): 348-354.
[11] 张洁明, 孙景宽, 刘宝玉 等. 盐胁迫对荆条、白蜡、沙枣种子萌发的影响[J]. 植物研究. 2007, 27(6): 721-728.
[12] 阎顺国, 沈禹颖. 生态因子对碱茅种子萌发期耐盐性影响的数量分析[J]. 植物生态学报. 1996, 20(5): 414-422.
[13] 刘祖祺, 张石城. 植物抗性生理学[M]. 北京: 中国农业出版社. 1994: 222-223.

Effect of Salt Stress on the Seed Germination of *Panicum miliacea*

ZHEN Li-na^{1,2}, GAO Ru-xue³, ZHANG Mei-yan², HAN Jian-guo²

(1. College of Agriculture Datong University, Datong, Shanxi 037009; 2. Grassland Research Institute of China Agricultural University, Beijing 100093; 3. Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002)

Abstract: Our objective was to compare the germination ability of the saline-tolerant millet. Applied NaCl, MgCl₂ and Na₂SO₄ at concentrations of 0.4%, 0.8%, 1.2%, 1.6%, 2.0%, 2.4% for salt stress treatments and recorded germination percentage, relative germination percentage, germination energy, relative germination energy, relative germination index, germination value etc. The results showed that under salt stress the germination rate was lower than the control and declined with increasing of salinity in general. The seed germination reduced significantly when the solution of NaCl above 1.2%. In MgCl₂ and Na₂SO₄ solution, the concentrations of 2.0% and 1.6% had the significant effects on the seed germination respectively. Generally, the order of tolerance of millet seeds under salt stress was MgCl₂, Na₂SO₄ and NaCl.
Key words: millet seeds; salt stress; seed germination