

硬枝碱蓬种子萌发对盐旱胁迫的响应

韩占江, 程 龙, 杨赵平, 张 玲, 石 强

(塔里木大学 植物科学学院, 新疆生产建设兵团塔里木盆地生物资源保护利用重点实验室, 新疆 阿拉尔 843300)

摘 要:以硬枝碱蓬种子为试材,在最适的温光条件下,研究不同 NaCl 和 PEG(分子量为 6 000)处理对硬枝碱蓬种子萌发特性的影响。结果表明:低浓度的盐(NaCl 浓度为 100 mmol/L)显著缩短了硬枝碱蓬种子的萌发进程,但对硬枝碱蓬种子的最终萌发率无显著影响;中等或高浓度的盐(NaCl 浓度为 200~500 mmol/L)显著延长了硬枝碱蓬种子的平均萌发时间,降低了种子的最终萌发率。轻度干旱(外界渗透势为 -0.2 MPa 时)显著促进硬枝碱蓬种子萌发,缩短平均萌发时间,快速达到最终萌发率,完成萌发进程,最终萌发率最高,为 99%,显著高于对照;中度和严重干旱(渗透势在 $-1.2\sim-0.4$ MPa 范围时)显著抑制硬枝碱蓬种子萌发,随着外界渗透势的降低,种子最终萌发率呈显著下降的趋势,平均萌发时间延长,达到最终萌发率的速度较慢,完成萌发进程用时延长;在外界渗透势为 -1.2 MPa 时最终萌发率最低,仅为 28%。硬枝碱蓬种子的耐盐(NaCl)阈值和极限值分别为 394.30 mmol/L 和 894.30 mmol/L;硬枝碱蓬种子的耐旱(PEG-6000)阈值和极限值分别为 -0.88 MPa 和 -1.79 MPa。综上所述,硬枝碱蓬种子萌发时表现出较强的抗盐性和抗旱性。

关键词:硬枝碱蓬;盐胁迫;干旱胁迫;萌发特性

中图分类号:S 647 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)04-0063-04

土壤的盐渍化、干旱均是农业生产中不容忽视的严峻问题。盐分胁迫会导致渗透胁迫、离子毒害等作用,扰乱植物的营养元素平衡^[1],并诱发氧化胁迫等次生胁迫作用,但盐渍土是一种重要的土地资源,具有很大的生产潜力。干旱是影响作物生长的重要因素之一,干旱通过导致植物水分平衡失调,进而引起代谢紊乱^[2-3],从而影响植物正常生长^[3-4],干旱胁迫会不同程度地降低作物产量,全世界作物因干旱导致的减产超过其它因素造成减产的总和^[5]。

硬枝碱蓬(*Suaeda rigida* Kung et G. L. Chu)属藜科碱蓬属中最高大的一种强木质化草本^[6-7],是塔里木盆地的特有植物,真盐生植物,其植株高大,枝叶繁茂,是一种营养丰富的野生蔬菜,又是当地优良的牧草资源,具有重要的经济价值和生态价值^[8-9]。前人对硬枝碱蓬的地理分布、群落特征、生境土壤状况、叶片解剖特

征及种子形态等进行了一系列研究,发现硬枝碱蓬是很好的耐盐植物材料^[10-11],但关于硬枝碱蓬抗旱性的研究尚鲜见报道。

种子萌发到幼苗阶段是荒漠植物种群生活史中数量亏损最严重的时期,也是其更新过程中最薄弱的环节^[12-13],因此该阶段抗逆性的强弱对于植物能否存活和适应不利环境条件至关重要。室内模拟盐碱、干旱胁迫条件的方法,因其操作简单、条件易控制、重复性好而常用于植物的抗性研究中^[13-14]。现采用人工模拟胁迫的方法,研究盐碱、干旱胁迫对硬枝碱蓬种子萌发特性的影响,旨在阐明其种子萌发时对盐旱胁迫的响应规律,揭示硬枝碱蓬种子萌发阶段对生境的适应策略。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试成熟的硬枝碱蓬(*Suaeda rigida* Kung et G. L. Chu)种子,于 2013 年 9 月采自新疆维吾尔自治区巴楚县,在 4℃ 条件下贮藏备用。

1.2 试验方法

1.2.1 种子萌发试验 种子用 5% 的次氯酸钠溶液消毒 3~5 min,再用蒸馏水清洗 3 次,每个处理 50 粒种子,3 次重复。将种子置于直径为 90 mm 垫有 2 层湿润滤纸的培养皿(使用前高压灭菌消毒)培养,每隔 24 h 检测 1 次,种子的萌发以胚根的出现为标志,记录萌发的种子数,并将已萌发的种子移走,持续观察 7 d 不萌发时计为

第一作者简介:韩占江(1979-),男,黑龙江绥化人,博士,副教授,现主要从事植物资源与抗逆生理等研究工作。E-mail:hanzhan-jiang@126.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31360055);新疆生产建设兵团博士资金资助项目(2013BB008);塔里木大学校长基金资助项目(TDZKBS201204);国家级大学生创新创业训练计划资助项目(201310757006)。

收稿日期:2014-11-06

萌发结束。

1.2.2 盐胁迫试验 设置 6 个 NaCl 浓度,分别为 0、100、200、300、400、500 mmol/L,各处理种子在最适温光条件下(25℃、12 h 黑暗/30℃、12 h 光照)进行胁迫试验。

1.2.3 干旱胁迫试验 模拟干旱条件,设置 7 个 PEG-6000 浓度,渗透势分别为 0、-0.2、-0.4、-0.6、-0.8、-1.0、-1.2 MPa,各处理种子在最适温光条件下(25℃、12 h 黑暗/30℃、12 h 光照)进行胁迫试验。

1.3 项目测定

计算不同处理种子的最终萌发率(GF)、平均萌发时间(MGT)以及种子萌发进程,确定种子萌发适宜温度、光照条件。

种子最终萌发率(GF)=(一段时间内总萌发种子数/参试种子数)×100%。平均萌发时间(MGT)= $\sum(Dn)/\sum n$ 。其中, n 是在时间 D 的种子萌发数, D 是从萌发开始的天数。耐盐(旱)阈值:种子最终萌发率为对照的 50%时外界盐浓度(渗透势)。耐盐(旱)极限值:种子最终萌发率为 0 时的外界盐浓度(渗透势)。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 软件进行数据分析和作图,采

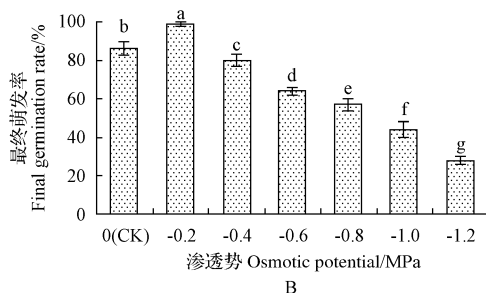
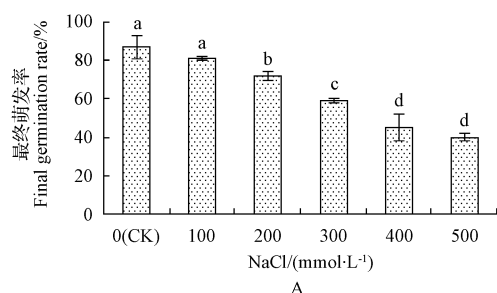
用 SPSS 19.0 软件进行方差分析及 LSD 检验($P<0.05$),并应用 DPS 7.55 软件分别进行分析。

2 结果与分析

2.1 盐、旱胁迫对硬枝碱蓬种子萌发的影响

2.1.1 盐、旱胁迫对硬枝碱蓬种子最终萌发率的影响

由图 1-A 可以看出,与对照相比,100 mmol/L 的 NaCl 对硬枝碱蓬种子最终萌发率无显著影响,NaCl 浓度为 200~500 mmol/L 时,随着盐浓度的增加,硬枝碱蓬种子最终萌发率总体呈显著下降的趋势,在 500 mmol/L 时达到最低为 40%,说明低浓度盐对硬枝碱蓬种子最终萌发率无显著影响,未造成胁迫,但中等或高浓度盐则会显著降低硬枝碱蓬种子的最终萌发率。由图 1-B 可以看出,外界渗透势为 -0.2 MPa 时,硬枝碱蓬种子最终萌发率最高为 99%,显著高于对照;渗透势在 -1.2~-0.4 MPa 范围时,随着渗透势的降低,种子最终萌发率呈显著下降的趋势,在 -1.2 MPa 时达到最低为 28%,说明中度和严重干旱会对硬枝碱蓬种子萌发造成胁迫,显著降低其种子最终萌发率,但轻度干旱反而提高其种子最终萌发率。



注:不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)。下同。

Note: Different lowercase letters show significant differences among different treatments at 0.05 level. The same below.

图 1 盐、旱胁迫对硬枝碱蓬种子最终萌发率的影响

Fig. 1 Effect of salt and drought stress on final germination rate of seed of *Suaeda rigida*

2.1.2 盐、旱胁迫对硬枝碱蓬种子平均萌发时间的影响

由图 2-A 可以看出,与对照相比,100~200 mmol/L 的 NaCl 对硬枝碱蓬种子平均萌发时间无显著影响,NaCl

浓度为 300~500 mmol/L 时,随着盐浓度的增加,硬枝碱蓬平均萌发时间呈显著增加的趋势,在 400、500 mmol/L 时达到最大,说明轻度盐胁迫对硬枝碱蓬种子的平均萌

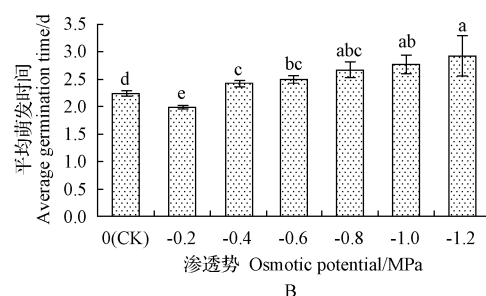
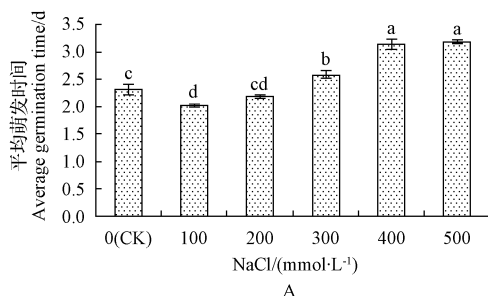
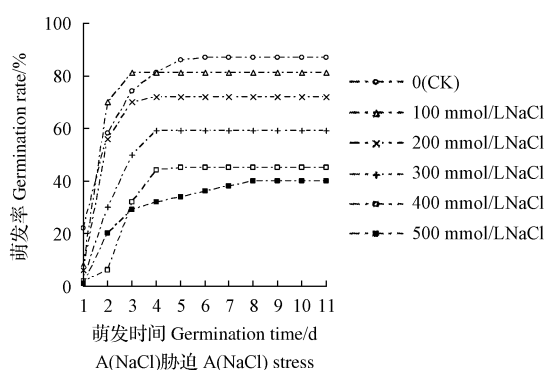


图 2 盐、旱胁迫对硬枝碱蓬种子平均萌发时间的影响

Fig. 2 Effect of salt and drought stress on average germination time of seed of *Suaeda rigida*

发时间无显著影响,但中等或重度盐胁迫则会显著延长该种子的平均萌发时间。由图 2-B 可以看出,外界渗透势为 -0.2 MPa 时,硬枝碱蓬种子的平均萌发时间最短,且显著低于对照;渗透势为 $-1.2\sim-0.4$ MPa 时,硬枝碱蓬种子的平均萌发时间显著增长,说明中度和严重干旱显著延长其萌发时间,但轻度干旱反而缩短萌发时间,促进其萌发。

2.1.3 盐、旱胁迫对硬枝碱蓬种子萌发进程的影响 由图 3-A 可以看出,对照(NaCl 浓度为 0)的硬枝碱蓬种子第 1 天的初始萌发率最高,随着盐浓度的增加,NaCl 浓度为 $100\sim 500$ mmol/L 时,硬枝碱蓬在第 1 天的初始萌发率呈下降趋势,对照和 100 mmol/L NaCl 处理分别于第 6 天和第 3 天达到最大萌发率(最终萌发率),完成了萌发过程。综合图 1 结果分析可知,对照和 100 mmol/L



NaCl 处理的硬枝碱蓬种子最终萌发率显著高于其它处理,但二者间的最终萌发率无显著差异,再结合萌发进程结果可知, 100 mmol/L NaCl 处理的硬枝碱蓬种子能在更短的时间内达到最高的最终萌发率。由图 3-B 可以看出,对照(渗透势为 0)的硬枝碱蓬种子第 1 天的初始萌发率最高,随着渗透势的降低,硬枝碱蓬种子第 1 天的初始萌发率下降, $-0.6\sim-1.2$ MPa 时,硬枝碱蓬种子第 1 天未萌发,第 2 天才开始萌发,说明中度和严重干旱对其最初萌发率有一定抑制作用。外界渗透势为 -0.2 MPa 时,硬枝碱蓬种子在第 5 天时达到最大萌发率(最终萌发率),其它处理的硬枝碱蓬种子在第 5~10 天时达到最大萌发率,完成萌发。结合图 1 结果可知, -0.2 MPa 处理的硬枝碱蓬种子的最终萌发率显著高于其它处理,且达到最大萌发率的用时最短。

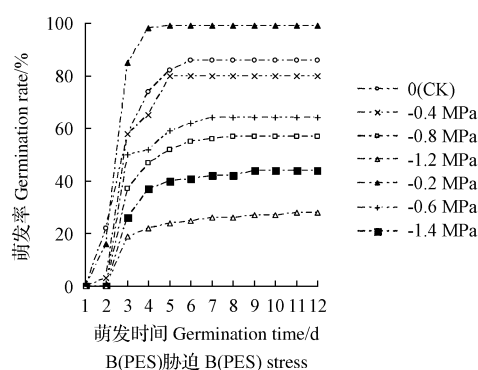


图 3 盐、旱胁迫对硬枝碱蓬种子萌发进程的影响

Fig. 3 Effect of salt and drought stress on germination process of seed of *Suaeda rigida*

2.2 硬枝碱蓬种子萌发期的耐盐、耐旱阈值和极限值

以 NaCl 浓度为 x , 以种子最终萌发率为 y , 做逐步回归方程, 得 $y = -0.001x + 0.8943 (r = 0.9909^*)$, 由此方程计算得硬枝碱蓬种子的耐盐(NaCl)阈值和极限值分别为 394.30 mmol/L 和 894.30 mmol/L。

以外界渗透势为 x , 以种子最终萌发率为 y , 做逐步回归方程, 得 $y = 0.5482x + 0.9832 (r = 0.9544^*)$, 由此方程计算得硬枝碱蓬种子的耐旱(PEG)阈值和极限值分别为 -0.88 MPa 和 -1.79 MPa。

3 讨论

荒漠植物能够在恶劣的环境中生存和繁殖, 是因为自身具有较强的生理生态适应能力, 种子萌发特性及与生态因子关系的研究是种子生理生态学的重要内容^[15]。种子萌发是植物生长发育的关键环节之一, 种子萌发期对盐碱、干旱等生态因子适应能力往往影响其种群的更新和分布范围^[16], 对来自不同生境的植物种子萌发特性进行研究, 可以为该植物的保护、利用与恢复提供依据。对种子萌发期的盐胁迫研究最能反映该植物的耐盐性^[17]。土壤的盐分含量影响种子的萌发, 种子萌发对盐

分的响应反映了植物抗逆的生态机制^[18]。该研究发现, 低浓度的盐(NaCl 浓度为 100 mmol/L)对硬枝碱蓬种子萌发有一定促进作用, 主要表现在对最终萌发率无显著影响, 但显著缩短萌发进程, 加速其萌发, 这与前人研究结果相似^[19]; 中等或高浓度的盐(NaCl 浓度为 $200\sim 500$ mmol/L)对硬枝碱蓬种子的萌发具有明显的抑制作用, 表现为显著延长平均萌发时间, 降低种子的最终萌发率。究其原因, 一方面可能是 NaCl 的单盐毒害加剧, 另一方面可能是由于离子浓度增大, 渗透作用增强, 致使硬枝碱蓬种子萌发率下降^[19]。

干旱胁迫也是限制植物种子萌发的因素之一。该研究发现, 轻度干旱(外界渗透势为 -0.2 MPa 时)会促进硬枝碱蓬种子萌发, 表现为显著缩短平均萌发时间, 使其快速达到最终萌发率, 完成萌发进程; 中度和严重干旱(渗透势在 $-1.2\sim-0.4$ MPa 范围时)会抑制硬枝碱蓬种子萌发, 表现为随着外界渗透势的降低, 种子最终萌发率呈显著下降的趋势, 平均萌发时间延长, 达到最终萌发率的速度较慢, 完成萌发进程用时也延长。

该研究结果还表明, 硬枝碱蓬种子萌发期的耐盐(NaCl)的阈值和极限值分别达到 394.30 mmol/L 和

894.30 mmol/L,耐旱(PEG-6000)阈值分别达到-0.88 MPa和-1.79 MPa,表现出较强的抗盐性和抗旱性。硬枝碱蓬种子为自身繁殖的需要,一旦遇到合适的条件,种子快速萌发,即使遇到一定的盐碱或干旱环境,但凭借其较强的抗性,也能保持较高的萌发率,这对硬枝碱蓬种群的建立和延续非常有利。该试验仅对硬枝碱蓬种子萌发期对盐旱胁迫的响应作了初步研究,不同程度盐旱胁迫对其不同生长发育阶段的影响还有待于进一步研究。

参考文献

- [1] Stepien P, Klbus G. Water relations and photosynthesis in *Cucumis sativus* L. leaves under salt stress[J]. *Biologia Plantarum*, 2006, 50(4): 610-616.
- [2] 谭永芹, 柏新富, 侯玉平, 等. 土壤盐分对三角叶滨藜抗旱性能的影响[J]. *生态学报*, 2013, 33(23): 7341-7347.
- [3] 张志刚, 尚庆茂, 王立浩, 等. 亚适温、弱光照及盐胁迫下辣椒叶片活性氧代谢特征[J]. *园艺学报*, 2009, 36(11): 1603-1610.
- [4] 韩冰, 孙锦, 郭世荣, 等. 钙对盐胁迫下黄瓜幼苗抗氧化系统的影响[J]. *园艺学报*, 2010, 37(12): 1937-1943.
- [5] 段慧荣, 李毅, 马彦军. PEG 胁迫对沙冬青种子萌发过程的影响[J]. *水土保持研究*, 2011, 18(3): 221-225.
- [6] 孔宪武, 朱格麟, 简焯坡, 等. 中国藜科植物[J]. *植物分类学报*, 1978, 16(1): 99-123.
- [7] 中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 25 卷. 2 分册. 北京: 科学出版社, 1979.
- [8] 冯纛, 严成, 尹林克. 新疆植物特种及其分布[J]. *西北植物学报*, 2003, 23(2): 263-273.
- [9] Zhao K, Song J, Feng G, et al. Species, types, distribution, and economic potential of halophytes in China[J]. *Plant Soil*, 2011, 342(1-2): 495-509.
- [10] 柳维扬, 杨赵平, 高艳红, 等. 塔里木盆地特有种硬枝碱蓬适盐性与土壤养分初步研究[J]. *塔里木大学学报*, 2009, 21(4): 18-21.
- [11] 杨赵平, 段黄金, 黄文娟. 塔里木盆地硬枝碱蓬群落物种组成和生物多样性[J]. *草业科学*, 2011, 28(12): 2186-2189.
- [12] 安桂香, 曾凡江, 刘波, 等. 胡杨种子出苗对沙埋和供水条件的响应[J]. *中国沙漠*, 2011, 31(2): 436-441.
- [13] 王海珍, 韩路, 贾文锁. 胡杨(*Populus euphratica*)与灰胡杨(*Populus pruinosa*)种子萌发对不同盐类胁迫的响应[J]. *中国沙漠*, 2013, 33(3): 743-750.
- [14] 安永平, 强爱玲, 张媛媛, 等. 渗透胁迫下水稻种子萌发期特性及抗旱性鉴定指标研究[J]. *植物遗传资源学报*, 2006, 7(4): 421-426.
- [15] 贺慧, 燕玲. 5 种荒漠植物种子萌发特性及其吸水特性的研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2008(1): 184-188.
- [16] Fouzia B A, Janis S M. Germination and seedling survival of Argan(*Argan spinosa*) under experimental saline condition[J]. *Journal of Arid Environments*, 2001, 49: 533-540.
- [17] 焦保峰, 崔玲, 张悦, 等. 混合盐胁迫对鹰嘴豆种子萌发的影响[J]. *新疆农业大学学报*, 2011, 34(3): 218-221.
- [18] 王桔红, 陈文. 黑果枸杞种子萌发及幼苗生长对盐胁迫的响应[J]. *生态学杂志*, 2012, 31(4): 804-810.
- [19] 高瑞如, 赵瑞华, 张双凤, 等. 盐分和温度对盐节木种子萌发的影响[J]. *西北植物学报*, 2007, 27(11): 2281-2285.

Response of Seed Germination to Salt and Drought Stress in *Suaeda rigida*

HAN Zhan-jiang, CHENG Long, YANG Zhao-ping, ZHANG Ling, SHI Qiang

(College of Plant Science, Tarim University, Xinjiang Production and Construction Corps Key Laboratory of Protection and Utilization of Biological Resources in Tarim Basin, Alar, Xinjiang 843300)

Abstract: Taking *Suaeda rigida* Kung et G. L. Chu seed as materials, effects of different treatments of NaCl and PEG (molecular weight 6000) on seed germination characteristics were studied. The results showed that low concentration of salt (NaCl concentration 100 mmol/L) shorten significantly germination process of *Suaeda rigida*, whereas had no significant effect on its final germination rate. Medium or high salt concentration (NaCl concentrations were 200—500 mmol/L) prolonged significantly average germination time and reduced final germination rate of *Suaeda rigida*. The mild drought (osmotic potential was -0.2 MPa) promoted significantly seed germination of *Suaeda rigida*, shorten average germination time, and reached quickly final germination rate to complete germination process. And its final germination rate was the highest, 99%, significantly higher than the control. The moderate and severe drought (osmotic potentials were at range of -1.2 to -0.4 MPa) inhibited significantly seed germination of *Suaeda rigida*. As external osmotic potential reducing, final germination rate of *Suaeda rigid* seed showed a significant downward trend, average germination time was prolonged, reached final germination rate slowly, and time for completing germination process was also prolonged. When the external osmotic potential was -1.2 MPa, its final germination rate was the lowest, only 28%. The threshold and limit of salt tolerant (NaCl) in *Suaeda rigida* seed were 394.30 mmol/L and 894.30 mmol/L, respectively. While the threshold and limit of drought tolerant (PEG-6000) in *Suaeda rigida* seed were -0.88 MPa and -1.79 MPa, respectively. *Suaeda rigida* seed showed a higher salt and drought tolerance at germination stage.

Keywords: *Suaeda rigida* Kung et G. L. Chu; salt stress; drought stress; germination characteristics