

盐碱胁迫对盐生植物种子萌发的影响

代莉慧¹, 蔡禄¹, 吴金华³, 张鲁刚², 贾晋^{1*}

(1. 内蒙古科技大学数理与生物工程学院, 内蒙古 包头 014010; 2. 西北农林科技大学园艺学院, 陕西 杨凌 712100;

3. 河北农业大学农学院, 河北 保定 071001)

摘要: 采用不同浓度的 NaCl(中性盐)和 Na₂CO₃(碱性盐)胁迫三种盐生植物盐地碱蓬、碱蓬和盐爪爪正在萌发的种子, 以研究不同类型盐对种子萌发特性的影响。结果表明, 随着两种盐浓度的升高, 种子萌发率下降, 萌发率与盐浓度间呈现显著的负相关关系; 盐地碱蓬、碱蓬和盐爪爪种子萌发率与 NaCl 胁迫相关系数分别为 0.9206、0.8989 和 0.8956, 与 Na₂CO₃ 胁迫相关系数分别为 0.9148、0.7193 和 0.6327; 蒸馏水中三种盐生植物种子萌发率最高, Na₂CO₃ 对种子萌发的抑制作用强于 NaCl。

关键词: 盐胁迫; 萌发率; 盐生植物; 种子

中图分类号: S58; Q945.34 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)06-0134-05

盐碱土是广泛分布于世界上的一种土壤类型, 是在农业生产中具有潜在利用价值的重要土地资源。据统计, 全球约有 9.5 亿 hm² 土地出现不同程度的盐渍化, 占陆地面积的 10%^[1], 其中我国约有 9 913 万 hm² 盐渍化土地, 占全国可耕地面积的 25%^[2]。在盐碱土上种植盐生植物, 能够显著降低土壤含盐量, 增加土壤有机质, 具有重要的生态价值。目前人们正试图在盐碱土上种植经济盐生植物, 以实现盐碱地的开发利用和发展咸水灌溉农业^[3]。盐碱胁迫下盐生植物种子萌发是其种群建立的关键及敏感阶段^[4]。目前已有关于盐碱胁迫影响藜科盐生植物种子萌发的研究报道^[5-7], 但比较不同类型盐影响盐生植物种子萌发的报道较少。

三种盐生植物盐地碱蓬 (*Suaeda salsa*)、碱蓬 (*Suaeda glauca*) 和盐爪爪 (*Kalidium foliatum*) 均为具肉质叶的藜科盐生植物, 主要生长于极端盐碱化的荒漠土壤。本研究探讨了 NaCl 和 Na₂CO₃ 胁迫对三种盐生植物种子萌发的影响, 比较了三种盐生植物种子萌发对盐碱胁迫的耐受能力, 试验结果为盐生植物萌发的生理生化研究奠定了基础, 同时对恢复已退化盐碱生态系统具有一定的指导意义。

1 材料与方法

1.1 材料

供试盐生植物种子均采自内蒙古巴彦淖尔市重度盐渍化地区。

1.2 方法

随机选取饱满种子 50 粒, 采用 1% 高锰酸钾溶液浸种消毒 10 min, 无菌水冲洗干净, 吹干后将种子置于培养皿中, 采用浓度为 0、0.05、0.1、0.2、0.3、0.4 mol/L 和 0.5 mol/L 的 NaCl 和 Na₂CO₃ 溶液浸泡 12 h 后, 转入铺有双层滤纸直径为 9 cm 的培养皿中, 加入 5 mL 相应浓度 NaCl 和 Na₂CO₃ 溶液, 用封口膜密封后置于 15/30℃ 的变温光照培养箱内培养, 每处理 3 次重复。试验过程中, 用称重法每天早晚各 1 次补充蒸发失去的水分, 保持盐浓度恒定^[8-9]。若发现轻微发霉的种子, 需取出用水冲洗后放回原处萌发。若发霉数目较多, 及时更换滤纸。

1.3 测定项目

每日统计萌发种子数(种子萌发以胚根长至种子长度的 1/2 为标准), 计算种子萌发率(以 10 d 萌发的种子数占全部种子数的百分率表示)、累积萌发率(以最终萌发的种子数占全部种子数的百分率表示)。

1.4 数据处理

采用 Excel 和 Spss 13.0 软件对试验数据进行回归分析、相关性分析和单因素显著性检验, 采用 LSD 法于 $P = 0.05$ 水平以上进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同类型盐对种子萌发率的影响

2.1.1 不同浓度 NaCl 对种子萌发率的影响 图 1 显示, 随着 NaCl 浓度上升, 三种盐生植物种子萌发率呈现下降趋势。NaCl 浓度为 0.05 mol/L 时, 盐地碱蓬、碱蓬和盐爪爪种子萌发率分别为对照的

收稿日期: 2012-06-26

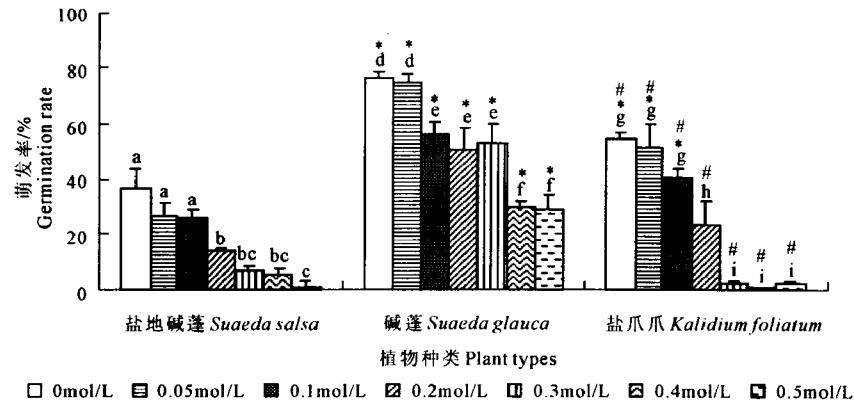
基金项目: 内蒙古自然科学基金(2009BS0303); 内蒙古教育厅基金(NJzy08076); 内蒙古科技大学创新基金(2009NC059)

作者简介: 代莉慧(1987—), 女, 河北省辛集市人, 在读硕士, 主要从事能源植物育种与植物抗逆基因工程研究。

* 通信作者: 贾晋(1975—), 女, 内蒙古巴彦淖尔市人, 教授, 博士, 硕士生导师, 主要从事能源植物育种与植物抗逆基因工程研究。E-mail: jiajin0201@yahoo.com.cn。

71%、98% 和 94%, 表明低浓度 NaCl 胁迫使三种盐生植物种子萌发率略有下降, 无显著差异, NaCl 浓度高于 0.1 mol/L, 三种盐生植物种子萌发率均显著低于对照, 表明较低浓度 NaCl (0.05 mol/L) 即可抑

制三种盐生植物种子萌发, 0.1 mol/L NaCl 对碱蓬种子萌发具有显著的抑制作用, NaCl 浓度高于 0.2 mol/L (含 0.2 mol/L), 对三种植物种子萌发均有显著的抑制作用。



注: 同一列中平均值上的不同字母表示在 $P < 0.05$ 水平上差异显著; * 和 # 分别表示同一处理下盐地碱蓬与碱蓬、盐爪爪及碱蓬与盐爪爪之间在 $P < 0.05$ 水平上差异显著, 图 2 同此。

Note: Different letters following mean values in the same line show significantly different at 0.05 level, * and # respectively show significantly different at 0.05 level between *Suaeda salsa* and *Suaeda glauca*, between *Suaeda salsa* and *Kalidium foliatum* between *Suaeda glauca* and *Kalidium foliatum* at the same test. Fig. 2 is the same.

图 1 不同浓度 NaCl 对盐生植物种子萌芽率的影响

Fig. 1 Effect of different concentrations NaCl on seeds germination rate of halophytes

2.1.2 不同浓度 Na_2CO_3 对种子萌发率的影响 由图 2 可见, 三种盐生植物种子萌发率随 Na_2CO_3 浓度上升下降显著。 Na_2CO_3 浓度为 0.05 mol/L, 盐地碱蓬种子萌发率下降, 与对照相比差异不显著, 碱蓬和盐爪爪种子萌发率也下降, 与对照相比差异显著。

Na_2CO_3 浓度高于 0.1 mol/L, 盐爪爪种子停止萌发; Na_2CO_3 浓度高于 0.3 mol/L, 碱蓬种子几乎停止萌发; Na_2CO_3 浓度为 0.5 mol/L, 盐地碱蓬种子仍然有一定萌发率 (2.67%)。

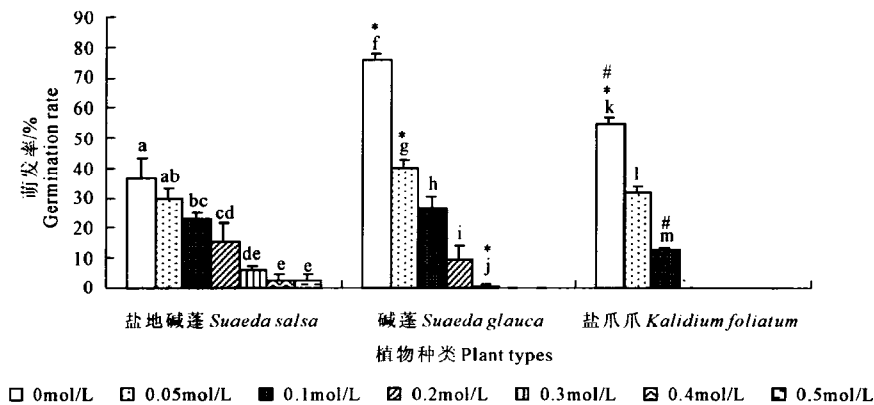


图 2 不同浓度 Na_2CO_3 对种子萌芽率的影响

Fig. 2 Effect of different concentrations Na_2CO_3 on seeds germination rate of halophytes

2.2 不同类型盐对种子萌发进程影响

2.2.1 不同浓度 NaCl 对种子萌发进程影响 从图 3 可以看出, NaCl 浓度低于 0.5 mol/L, 盐地碱蓬种子第 1 天即可萌发, NaCl 浓度为 0.5 mol/L, 盐地碱蓬种子萌发推迟至第 3 天; 在不同浓度的 NaCl 溶液中碱蓬种子均可于第 1 天萌发, 且萌发较整齐; NaCl

浓度低于 0.3 mol/L 盐爪爪种子萌发即推迟至第 3 天, NaCl 浓度高于 0.3 mol/L, 其种子萌发推迟至第 5 天。三种植物种子萌发速率均随萌发时间延长而逐渐降低。表明 NaCl 胁迫不仅降低三种盐生植物种子萌发率, 还可推迟种子初始萌发时间; 降低种子的萌发速率。

2.2.2 不同浓度 Na_2CO_3 对种子萌发进程影响 图 4 显示, Na_2CO_3 浓度低于 0.4 mol/L, 盐地碱蓬种子第 1 天即可萌发, Na_2CO_3 浓度高于 0.4 mol/L, 种子萌发推迟至第 3 天, Na_2CO_3 浓度高于 0.3 mol/L, 盐地碱蓬种子第 5 天即停止萌发; Na_2CO_3 浓度低于 0.4 mol/L, 碱蓬种子第 1 天即可萌发, Na_2CO_3 浓度

高于 0.4 mol/L, 碱蓬种子停止萌发; Na_2CO_3 浓度低于 0.2 mol/L, 盐爪爪种子萌发即推迟至第 3 天, Na_2CO_3 浓度高于 0.2 mol/L 时, 盐爪爪种子停止萌发。结果表明随着 Na_2CO_3 上升, 三种盐生植物初始萌发时间均推后。

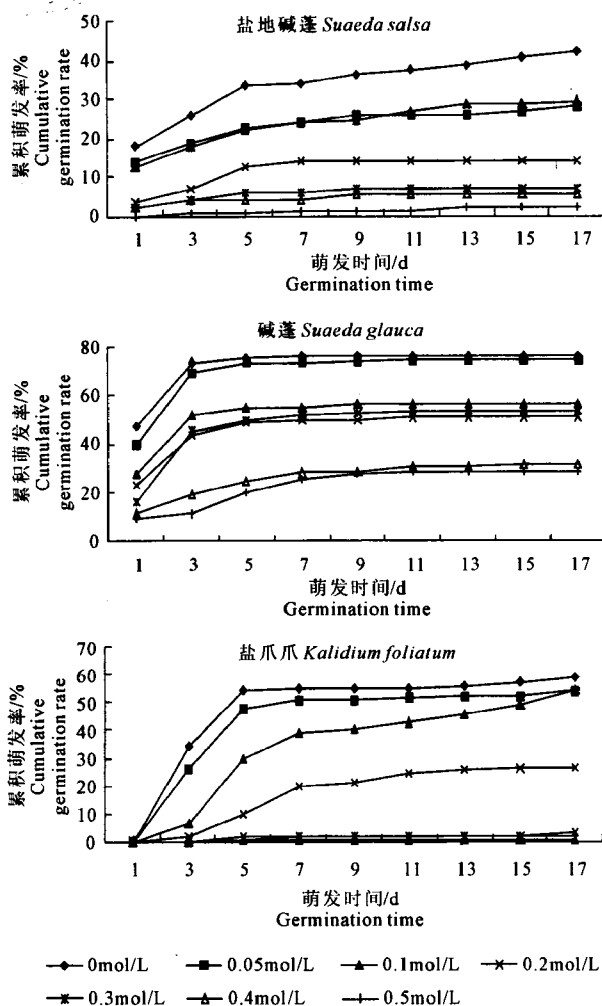


图 3 不同浓度 NaCl 对种子萌发进程影响

Fig.3 Germination courses of halophytes at different NaCl concentrations

2.3 不同类型盐与种子萌发率的相关性回归分析

2.3.1 NaCl 与种子萌发率的相关性回归分析 由图 5 可知, 三种盐生植物种子萌发率与 NaCl 浓度呈显著的负相关关系。假定三种盐生植物种子萌发率均为 75%、50% 和 25%, 根据回归方程可计算影响三种盐生植物种子萌发 NaCl 浓度的适宜值、临界值和极限值^[10]。据种子萌发适宜值可知, 无 NaCl 环境对三种盐生植物种子萌发最为有利; 种子萌发临界值和极限值表明, 碱蓬种子萌发对 NaCl 胁迫的耐受能力显著高于其它两种盐生植物(表 1)。

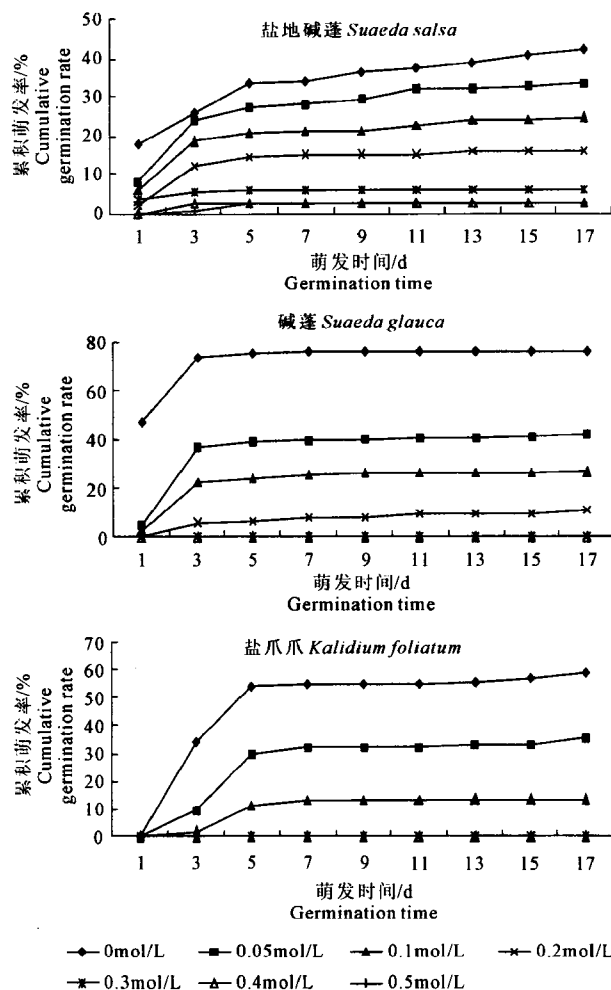


图 4 不同浓度 Na_2CO_3 对种子萌发进程影响

Fig.4 Germination courses of halophytes at different Na_2CO_3 concentrations

2.3.2 Na_2CO_3 与种子萌发率的相关性回归分析

由图 6 可见, 随 Na_2CO_3 浓度的上升, 三种盐生植物种子萌发率呈现下降趋势。假定种子的萌发率均为 75%、50% 和 25%, 根据回归方程可计算三种盐生植物种子萌发的 Na_2CO_3 浓度的适宜值、临界值和极限值^[10]。据种子萌发适宜值可知, 无 Na_2CO_3 环境对三种盐生植物种子萌发最为有利; 种子萌发临界值和极限值表明, 碱蓬种子萌发对 Na_2CO_3 胁迫的耐受能力显著高于其它两种盐生植物(表 2)。

表 1 种子萌发与 NaCl 的相关性

Table 1 Correlation between NaCl concentration and germination percentage

盐生植物 Halophyte	回归方程 Linear regression	相关系数 Correlation coefficient	适宜值 Adaptive value /(mmol·L ⁻¹)	临界值 Critical value /(mmol·L ⁻¹)	极限值 Limit value /(mmol·L ⁻¹)
盐地碱蓬 <i>Suaeda salsa</i>	$y = -67.402x + 31.401$	0.9206	0	0	95
碱蓬 <i>Suaeda glauca</i>	$y = -95.72x + 73.864$	0.8989	0	249	510
盐爪爪 <i>Kalidium foliatum</i>	$y = -121.89x + 51.942$	0.8956	0	16	221

注: y 代表萌发率; x 代表适宜值; 临界值和极限值, 表 2 同此。
Note: y stands for germination rate, x stands for adaptive value, critical value, limit value. Table 2 is the same.

表 2 种子萌发与 Na₂CO₃ 相关性

Table 2 Correlation between Na₂CO₃ concentration and germination percentage

盐生植物 Halophyte	回归方程 Linear regression	相关系数 Correlation coefficient	适宜值 Adaptive value /(mmol·L ⁻¹)	临界值 Critical value /(mmol·L ⁻¹)	极限值 Limit value /(mmol·L ⁻¹)
盐地碱蓬 <i>Suaeda salsa</i>	$y = -70.009x + 32.075$	0.9148	0	0	101
碱蓬 <i>Suaeda glauca</i>	$y = -128.96x + 50.27$	0.7193	0	2	196
盐爪爪 <i>Kalidium foliatum</i>	$y = -91.405x + 34.431$	0.6327	0	0	103

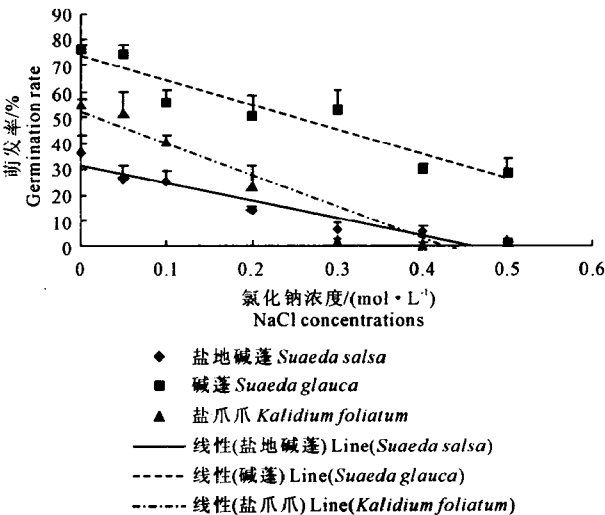


图 5 种子萌发率与 NaCl 浓度的关系

Fig.5 Correlation between the seed germination rate of halophytes and NaCl concentrations

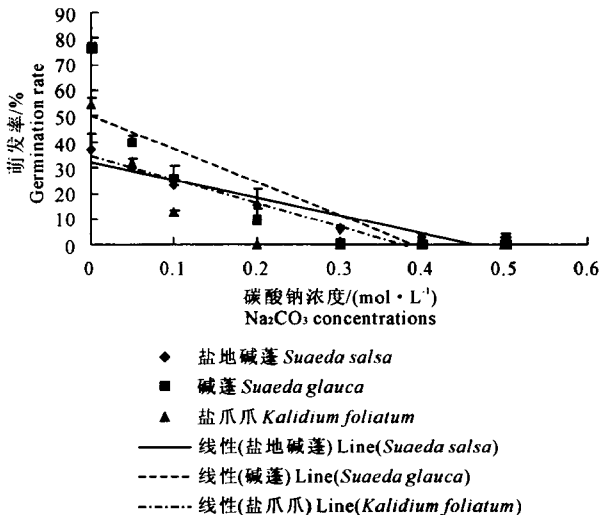


图 6 种子萌发率与 Na₂CO₃ 浓度的关系

Fig.6 Correlation between the seed germination rate of halophytes and Na₂CO₃ concentrations

3 讨 论

盐生植物多为种子繁殖,种子能否正常萌发是其种群建立及维持的基础和前提,研究不同类型和不同浓度的盐对盐生植物种子萌发的抑制作用具有重要意义。本研究分析了中性盐和碱性盐胁迫下三种盐生植物的种子萌发特性。结果发现,随着两种盐浓度增加,三种盐生植物种子萌发率显著下降,与盐含量呈显著的负相关关系;三种盐生植物种子萌发对中性盐的耐受能力强于碱性盐;碱蓬种子萌发的耐盐碱能力显著高于盐地碱蓬和盐爪爪。在盐碱

胁迫下,种子萌发率高对种群的建立非常有利,后续采用分子生物学技术克隆在盐碱胁迫下碱蓬种子萌发基因的表达差异,对通过转基因途径改善盐碱环境中农作物种子的萌发能力具有重要意义。

盐碱胁迫对种子萌发的影响一般归结为渗透效应和离子效应^[11],渗透效应表现在种子萌发时对水分吸收的影响,离子效应则表现在影响植物正常的生理代谢,干扰细胞代谢过程^[12]。在相同浓度不同盐胁迫下,Na₂CO₃ 对种子萌发的抑制作用大于 NaCl,在其它植物中也有相同的结论^[13-14],推测可能是溶液的酸碱性影响了种子萌发,中性盐使溶液呈

中性,其对植物的影响只表现为盐胁迫效应,而碱性盐使溶液呈碱性,其对植物的影响除了盐胁迫效应之外,还有碱胁迫效应。本试验结果证明了碱性盐对植物种子萌发具有更强的抑制作用。

植物除自身耐盐性和适应性存在差异外,外界环境因素如干旱、强光、高温也会加剧盐胁迫对植物的影响,此外,人类栽培、灌溉等生产活动也能间接影响植物耐盐性表现^[15]。盐生植物长期适应盐碱环境,进化形成了复杂的耐盐机制。植物耐盐性性状表现非常复杂,受多个基因控制,因此决定了其耐盐机理的复杂性。试验从种子萌芽水平初步分析了三种盐生植物种子萌发的耐盐特性,该研究结果为后续的种子萌发复杂机理的阐明奠定了基础,后续还需要从以下方面进行深入研究:(1)采用不同浓度的 NaCl 和 Na₂CO₃ 模拟了盐碱环境不能反映土壤中含盐成分的复杂情况,后续研究将模拟盐碱土中含盐成分及含盐量,运用多种盐分协同处理种子,以反映种子萌发的耐盐碱情况;(2)盐碱胁迫对三种盐生植物种子萌发的生理代谢影响尚待进一步研究;(3)后续研究还需要克隆盐碱胁迫下盐生植物种子萌发差异表达基因,并采用转基因途径改善盐碱环境中农作物种子的萌发能力。

参考文献:

- [1] 赵福庚,何龙飞,罗庆云.植物逆境生理生态学[M].北京:化学工业出版社,2004:137.
- [2] 王 慰,黄胜利,丁国剑.盐胁迫下舟山新木姜子 1 年生苗形态变化及生理反应[J].浙江林学院学报,2007,24(2):168-172.
- [3] 毛建华,陆文龙.发展盐土农业促进农业产业结构调整[J].天津农业科学,2006,6(3):49-51.
- [4] Khan M A, Heith K H. Effects of different levels of salinity on seed germination and growth of *Capsicum annum*[J]. Biol J, 1996,22:15-16.
- [5] Mohammed B, Kinet J M, Lutts S. Osmotic and ionic effects of NaCl on germination, early seedling growth and ion content of *Atriplex halimus* (Cheropodiaceae)[J]. Can J Bot, 2002,80(3):297-304.
- [6] 乔永旭,张永平,陈 超,等.温度、光照、盐分和 pH 值对碱蓬种子萌发的影响[J].北方园艺,2009,(11):60-63.
- [7] 管 博,于君宝,陆兆华,等.黄河三角洲滨海湿地水盐胁迫对盐地碱蓬幼苗生长和抗氧化酶活性的影响[J].环境科学,2011,32(8):2422-2429.
- [8] 韩清芳,李崇巍,贾志宽.不同苜蓿品种种子萌发期耐盐性的研究[J].种子,2008,27(10):20-25.
- [9] 桂 枝,高建明,袁庆华.6 个紫花苜蓿品种的耐盐性研究[J].华北农学报,2008,23(1):133-137.
- [10] 王庆亚,刘 敏,张守栋,等.盐胁迫对盐角草种子与幼苗生长效应的研究[J].江苏农业科学,2002,(2):69-71.
- [11] 红 雨,孔广超,岳 超,等.小黑麦耐盐生理特性的研究[J].新疆农业科学,2007,44(S3):77-81.
- [12] 郑九华,冯永军,于开芹,等.微咸水处理对玉米和棉花发芽和出苗的影响[J].山东农业大学学报(自然科学版),2002,33(2):158-161.
- [13] 颜 宏,矫 爽,赵 伟,等.不同大小碱地肤种子的萌发耐盐性比较[J].草业学报,2008,17(2):26-32.
- [14] 陈冠宜,周美利,孟国花,等.NaCl 和 Na₂CO₃ 对盐地碱蓬和小花碱茅幼苗生长的比较研究[J].现代农业科技,2010,22:260-262.
- [15] 王文恩,李 颖,苏 农,等.盐胁迫对多花木蓝种子萌发的影响[J].湖北农业科学,2011,50(2):321-324.

Effects of salinity and alkalinity on seed germination of halophytes

DAI Li-hui¹, CAI Lu¹, WU Jin-hua³, ZHANG Lu-gang², JIA Jin^{1*}

(1. College of Mathematics, Physics and Chemical Engineering, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou, Inner Mongolia 014010, China; 2. College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China)

Abstract: A study was carried out to determine the germination ability of seeds in three halophytes, which were treated with various concentrations of NaCl (neutral salt) and Na₂CO₃ (basic salt). The result showed that seed germination rate decreased as salinity increased and that negative correlation between the seeds germination percentage and salt concentration was marked. The related coefficient of *Suaeda salsa*, *Suaeda glauca* and *Kalidium foliatum* are 0.9206, 0.8989 and 0.8956 in neutral salt (NaCl), and 0.9148, 0.7193 and 0.6327 in basic salt (Na₂CO₃). The optimal germination of the seeds of three halophytes was obtained in distilled water. The inhibitory effect of Na₂CO₃ on seed germination was stronger than that of NaCl.

Keywords: salt stress; germination rate; halophytes