

NaCl 和 NaHCO₃ 胁迫对车前种子萌发的影响

聂江力, 裴毅, 冯丹丹

(天津农学院 园艺园林学院, 天津 300384)

摘 要:以车前种子为试材,采用单盐胁迫的方法,研究不同浓度的 NaCl 和 NaHCO₃ 溶液胁迫处理对车前种子萌发及解除胁迫后萌发的影响,探讨车前种子耐盐碱的能力。结果表明:浓度为 4‰ 的 NaCl 和 NaHCO₃ 的溶液均对车前种子的萌发起促进作用,随着浓度的升高,盐胁迫对种子萌发的抑制作用逐渐增强,呈现显著地负相关关系;影响车前种子相对发芽率的 NaCl 浓度的适宜值和临界值分别是 4.69‰ 和 7.42‰;影响车前种子相对发芽率的 NaHCO₃ 浓度的适宜值和临界值分别是 12.44‰ 和 18.35‰;解除胁迫后,NaCl 胁迫的种子复萌率在 13.10%~56.33%,NaHCO₃ 胁迫的种子复萌率在 12.31%~36.52%。综上所述,车前种子具有较强的耐盐碱能力。

关键词:车前;种子萌发;NaCl;NaHCO₃;胁迫;复萌

中图分类号:S 567.21⁺1 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2015)05-0025-04

车前(*Plantago asiatica* L.)属车前科(Plantaginaceae)多年生草本植物,是重要的药用植物,《中国药典》记载车前的干燥成熟种子作“车前子”入药;车前的干燥全草作“车前草”入药^[1-2]。车前又是分布广泛、绿期长、地面覆盖性强、适应性强,既喜生于湿润的环境中,又对干旱环境有较好的适应性的经济地被植物^[1-2],在园林绿化中有着十分广阔的应用前景^[3-4]。

我国北方不少地区土质含盐碱量较高,土壤中的盐分主要以 NaCl 和 NaHCO₃ 为主,已成为限制植物生长的因素之一,且随着盐浓度的增加对植物生长的危害加大,植物种子在萌发阶段对土壤中的盐碱浓度尤为敏感^[5]。目前,有关车前种子萌发对盐碱胁迫的响应目前尚鲜见研究报道。

第一作者简介:聂江力(1972-),女,辽宁兴城人,博士,副教授,现主要从事植物学和药用植物及植物资源学等教学和科研工作。E-mail:njlne@126.com。

责任作者:裴毅(1971-),男,辽宁锦州人,博士,副教授,现主要从事药用植物学与生药学等研究工作。E-mail:peiyee@126.com。

基金项目:中国科学院战略性先导科技专项资助项目(XDA0550203)。

收稿日期:2014-11-10

该试验以车前为研究对象,采用单盐胁迫的方法,研究不同浓度的 NaCl 和 NaHCO₃ 溶液胁迫处理对车前种子萌发及解除胁迫后萌发的影响,探讨车前种子耐盐碱的能力,分析车前种子萌发的适宜生态条件,以期为日后盐渍土壤的植被恢复与土壤改良、地被绿化提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试车前(*Plantago asiatica* L.)种子购于河北省安国中药材种植基地,现标本保存在天津农学院园艺园林学院园林植物教研室。

1.2 试验方法

选取籽粒饱满的车前种子用 1‰ 高锰酸钾溶液对种子进行消毒 15 min,蒸馏水反复清洗至无色,滤纸吸干水分,备用。

采用培养皿(9 cm)发芽法。NaCl 和 NaHCO₃ 分别设 8 个浓度,分别是 2‰、4‰、6‰、8‰、10‰、12‰、14‰、16‰,以蒸馏水为对照液,每浓度设 3 次重复,放置在 25℃ 恒温培养箱(HH·B11·600-S-II)中培养。每日定时滴加相应浓度的处理溶液,观察种子的萌发情况并记

Abstract: To provide the profitably reference for resource exploitation and utilization and industrial development of fruit tree, the apricot germplasm resources in Mudanjiang region was investigated and preliminary analysis on their fruit traits and nutritional ingredient were conducted in this paper. To provide the effective basis of planting cold-resistant and high-quality apricot varieties for farmers, which also could give some useful suggestions for apricot's breeding in future.

Keywords: Mudanjiang region; apricot; germplasm resources

记录发芽数,以胚根突破种皮达到种子长度的 1/2 为标准记录发芽,连续观察 7 d。第 7 天取出各处理浓度组发芽的种子,称量芽的重量,量取芽的长度。

将各处理浓度组中受胁迫未萌发的种子取出,蒸馏水清洗,同样采用培养皿发芽法,进行解除胁迫后的蒸馏水复萌试验,连续观察 7 d,每日定时观察种子复萌情况并记录复萌的种子数。

1.3 项目测定

发芽能力指标参照《国际种子检验规程》^[6] 计算发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数;发芽率(GP,%)=种子发芽数/供试种子数×100%;发芽势(GE,%)=种子发芽第 4 天的发芽数/供试种子数×100%;发芽指数(GI)= $\sum G_t/D_t$, G_t 表示第 t 天的发芽个数, D_t 表示对应天数;活力指数(VI)=GI×S,式中:GI 为发芽指数, S 为幼苗鲜重;相对发芽率(%)=各处理最终的发芽率/对照组的发芽率×100%;相对盐害率(%)=(对照发芽率-盐处理发芽率)/对照发芽率×100%;恢复萌发率(%)=解除胁迫后复萌的种子数/盐胁迫下未萌发的种子数×100%^[8];耐盐适宜浓度(适宜值)=发芽率达到对照发芽率 75%时相对应的盐液浓度;耐盐半数抑制浓度(临界值)=发芽率达到对照发芽率的 50%的盐液浓度^[9]。

1.4 数据分析

利用 SPSS 19.0 中 LSD(L)和 S-N-K(S)对数据进行单因素方差分析,以 $P<0.05$ 为差异显著、 $P<0.01$ 为差异极显著。利用 Excel 2010 对上述有关的试验数据进行制图。利用 SPSS 软件中的 Probit(概率单位)回归用于分析“浓度-相对发芽率”关系,计算耐盐适宜浓度和耐盐半数抑制浓度。

2 结果与分析

2.1 NaCl 对车前种子萌发的影响

从表 1 可以看出,不同浓度的 NaCl 溶液对种子的萌发影响不同,以蒸馏水为对照组,NaCl 溶液处理的种子在浓度为 4‰时,其发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数均达到最高值,相对发芽率达到 103.61%,其相对盐害率为-3.61%,即浓度为 4‰的 NaCl 溶液对车前种子的萌发起促进作用,与对照组差异不显著,而其它处理均差异显著。从浓度为 6‰的处理开始随着溶液浓度的升高,种子的发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数均呈下降趋势。当处理浓度为 10‰时,相对盐害率为 63.86%,不适宜种子生长。处理中种子的活力指数从浓度大于 6‰时呈下降趋势,当浓度到达 14‰时,种子不再发芽,其相对发芽率为 0%,相对盐害率为 100%,其活力指数为 0。

由图 1 可知,盐溶液对种子的影响,不仅表现在对

表 1 不同浓度 NaCl 处理对车前种子发芽能力的影响

处理	发芽率 / %	发芽势 / %	发芽指数	活力指数	相对发芽率 / %	相对盐害率 / %
蒸馏水	55.33aA	18.00aAB	21.12aA	0.1845	—	—
2‰	44.00bB	17.33aAB	16.61aA	0.1317	79.52	20.48
4‰	57.33aA	24.67aA	19.18aA	0.1641	103.61	-3.61
6‰	40.00bB	16.67aAB	12.24bB	0.0876	72.29	27.71
8‰	30.67cBC	8.00bBC	6.79cC	0.0458	55.42	44.58
10‰	20.00dC	1.30bC	3.02dCD	0.0148	36.14	63.86
12‰	4.00eD	0bC	0.40dD	0.0005	7.23	92.77
14‰	0eD	0bC	0dD	0	0	100.00
16‰	0eD	0bC	0dD	0	0	100.00
18‰	0eD	0bC	0dD	0	0	100.00

注:大写字母表示 0.01 水平差异极显著;小写字母表示 0.05 水平差异显著。下同。

发芽率、发芽势及活力指数的影响,还表现为不同浓度 NaCl 处理的车前种子的初始萌发时间随盐浓度的增加而延迟,浓度为 4‰的处理在发芽的第 2~5 天,发芽率上升趋势显著。发芽的第 4 天,处理浓度为 4‰车前种子的发芽率超过浓度为 2‰处理的种子,种子发芽的第 6 天,4‰处理中的发芽率超过对照组;浓度为 2‰、4‰、6‰的处理组中种子发芽率在处理种子的 2~5 d 出现明显的增长趋势。当处理浓度大于 8‰时,种子在处理的第 4 天开始发芽,其初始萌芽时间明显晚于浓度为 2‰、4‰、6‰处理中的种子。12‰处理的种子到第 6 天才开始发芽。

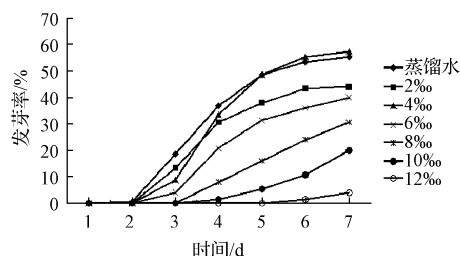


图 1 NaCl 胁迫对种子发芽率的影响

2.2 NaHCO₃ 对车前种子萌发的影响

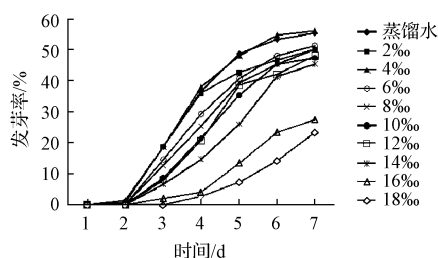
由表 2 可以看出,在 NaHCO₃ 胁迫与蒸馏水对比中可明显看出,4‰的 NaHCO₃ 处理较对照组的发芽率、发芽势、发芽指数差异性均不显著。种子的活力指数与 NaHCO₃ 溶液浓度成负相关,以 4‰浓度为例,对照组中种子的活力指数是 4‰浓度中种子的 3 倍以上,NaHCO₃ 处理的车前种子活力指数低于对照组,并且随着 NaHCO₃ 浓度的升高,处理组中的车前种子活力指数呈下降趋势。当处理浓度达到 16‰时,处理组车前种子的发芽率、发芽势、发芽指数均与对照组差异显著。处理 4‰浓度的相对发芽率为 101.20%,其盐害率为-1.20%,之后随着溶液浓度的升高其相对盐害率逐渐升高,当处理

表2 NaHCO₃ 胁迫对种子萌发的影响

处理	发芽率 /%	发芽势 /%	发芽指数	活力指数	相对发芽率 /%	相对盐害率 /%
蒸馏水	55.33aA	18.00aAB	21.12aA	0.1845	—	—
2‰	50.00aA	17.33abA	19.51abA	0.0517	90.36	9.64
4‰	56.00aA	19.33aA	21.55aA	0.0507	101.20	-1.20
6‰	53.33aA	14.67abA	18.70abAB	0.0382	92.77	7.23
8‰	50.67aA	12.67abA	16.96abAB	0.0399	90.36	9.64
10‰	46.67aA	16.00abA	15.55bcAB	0.0312	85.54	14.46
12‰	49.33aA	12.67abA	15.03bcAB	0.0277	86.75	13.25
14‰	46.00aA	8.00bA	12.14cBC	0.0258	81.93	18.07
16‰	27.33bB	2.00bA	6.06dC	0.0109	49.40	50.60
18‰	23.33bB	2.67bA	3.90dC	0.0077	42.17	57.83

浓度达到 16‰ 时相对盐害率为 50.60%，较处理浓度为 14‰ 的盐害率有大幅提高。

NaHCO₃ 溶液对车前种子影响见图 2，其中蒸馏水、2‰、4‰ 处理的种子在种子发芽在第 2~4 天基本相同，第 4 天的发芽率分别达到 36.67%、36.00%、38.00%，浓度为 4‰ 的处理发芽率超过对照组，从第 5 天开始 2‰ 处理的种子发芽率趋于平缓；浓度为 4‰ 的处理种子在试验的第 7 天的发芽率为 56%，高于对照组最终发芽率 55.33%；16‰ NaHCO₃ 溶液处理种子第 3 天开始发芽，时间较对照组有明显的推迟。对种子的抑制作用明显，其发芽率仅达到 27.33%。

图2 NaHCO₃ 胁迫对种子发芽率的影响

NaCl 和 NaHCO₃ 胁迫对车前种子产生的不同影响。如在种子发芽的第 6 天，蒸馏水、6‰ NaCl、6‰ NaHCO₃ 处理的种子发芽率为 55.33%、40.00%、53.33%，其中，以 NaCl 处理的种子发芽率最低。对照组的种子正常发芽，芽平均长度和重量分别为 4.82 mm、0.0291 g，NaCl 处理的芽长度和重量分别为 4.07 mm、0.0239 g，NaHCO₃ 处理芽长度和重量分别为 3.77 mm、0.0204 g，表明 NaCl 和 NaHCO₃ 胁迫处理的种子发芽后其长度和重量均低于对照组。观察发现在发芽第 6 天，6‰ NaHCO₃ 处理的种子已发生明显的褐变现象，其种子活力降低，不适于车前种子生长。

2.3 车前种子耐盐能力分析

利用 SPSS 软件中的 Probit(概率单位)回归用于分析“浓度-相对发芽率”关系，根据试验所得数据，2 种盐处理的种子相对发芽率与其对应的盐浓度相关分析，盐溶液浓度与种子发芽率呈负相关。如表 3 所示，NaCl 处

理中种子的耐盐适宜浓度为 4.69‰，耐盐半数抑制浓度为 7.42‰。NaHCO₃ 处理种子的耐盐适宜浓度为 12.44‰、耐盐半数抑制浓度为分别为 18.35‰。2 种盐对车前种子萌发抑制影响为 NaCl 大于 NaHCO₃。

表3 车前种子相对萌发率与盐浓度的相关性

处理	回归方程	耐盐适宜范围/%	耐盐半数抑制浓度/%
NaCl	$y=1.837-0.495x$	4.69	7.42
NaHCO ₃	$y=1.922-0.94x$	12.44	18.35

注：y 为相对发芽率，x 为盐浓度。

2.4 解除胁迫后车前种子复萌

将各处理浓度组中受胁迫未萌发的种子取出，蒸馏水清洗，同样采用培养皿发芽法，进行解除胁迫后的蒸馏水复萌试验。解除胁迫后，各浓度 NaCl 和 NaHCO₃ 溶液处理中均有恢复萌芽现象，其中来自较高浓度的溶液处理的未发芽种子具有较高的恢复萌发率。如表 4 所示，NaCl 溶液处理浓度大于 8‰ 时，各处理恢复萌芽率有明显上升，达到 12‰ 浓度时最高，其恢复萌芽率达到 59.72%，14‰ 和 16‰ 浓度处理的种子恢复萌发率分别为 52.67% 和 54.67%，均低于浓度为 12‰ 的处理；NaHCO₃ 溶液处理中 4‰ 浓度处理的种子恢复萌发率达到 19.70%，高于 2‰、6‰、8‰、10‰ 处理中的种子，当 NaHCO₃ 处理浓度大于 6‰ 时，种子的恢复萌芽率随着浓度的升高而上升。解除胁迫后，NaCl 胁迫过的车前种子除浓度为 4‰ 的处理外，其它各处理种子的恢复萌芽率均高于相应浓度的 NaHCO₃ 处理的种子。

表4 车前种子解除胁迫后恢复萌发情况

盐胁迫处理浓度 /%	NaCl 恢复萌芽率 /%	NaHCO ₃ 恢复萌芽率 /%
2	13.10	12.31
4	17.19	19.70
6	23.33	17.72
8	27.88	18.18
10	45.00	18.99
12	59.72	26.67
14	52.67	30.77
16	54.67	32.17
18	56.33	36.52

3 讨论

3.1 NaCl 和 NaHCO₃ 溶液对车前种子萌发的影响不同

盐胁迫是影响植物生长的主要逆境因素之一，通过对车前种子萌发过程进行盐胁迫，可以在一定程度上揭示车前的耐盐性，该研究在试验室模拟一定浓度的盐溶液对车前种子萌发的影响。发现不同种类的盐溶液对种子的萌发产生不同的影响，其中 NaCl 处理的种子当处理浓度大于 8‰ 时，其初始萌芽时间较对照组延迟 2 d；而 NaHCO₃ 溶液处理的种子初始萌芽时间较对照组没有明显的延迟现象。在种子解除胁迫后，种子出现恢复萌发情况，这与刘玉艳^[8]针对紫花地丁种子萌发的研究

结果相近,说明盐胁迫只是暂时抑制种子的萌发,并没有影响种子的活力。

3.2 不同浓度盐溶液对车前种子萌发的影响不同

该试验结果表明,车前种子的发芽率、发芽势、发芽指数均与溶液中盐分浓度呈负相关,试验中 NaCl 和 NaHCO₃ 溶液处理的种子在浓度为 4‰ 时发芽率、发芽势、发芽指数均达到最高值,当处理浓度大于 4‰ 时,随着浓度的升高,车前种子的发芽率和发芽势都有所降低。这组试验的结果表明,低浓度的 NaCl 和 NaHCO₃ 溶液对于种子的萌发具有促进作用,而浓度越高,其抑制作用越明显,这与部分学者得出的低浓度盐胁迫对于种子及幼芽的生长有促进作用,而高浓度则转为抑制作用的结论相符合^[9-11]。却与张建锋等^[12]针对种子萌发的研究结果相反,这是因为植物物种不同,种子的耐盐能力亦不相同。而高浓度的盐溶液对车前种子的抑制作用可能是由于高浓度的盐溶液中,水中渗透压较大,不能达到维持种子萌发所需的足够水分,而导致的种子休眠。

3.3 NaCl 和 NaHCO₃ 对车前种子萌发胁迫影响不同

NaCl 和 NaHCO₃ 对车前种子萌发胁迫影响是不一样的,NaCl 是中性盐,车前种子的耐盐适宜浓度为 4.69‰,耐盐半数抑制浓度为 7.42‰;NaHCO₃ 是碱性盐,对车前种子的影响除渗透压的影响外,还有 pH 值对车前种子的影响,试验中,车前种子对高 pH 值表现出良好的适应性,NaHCO₃ 处理种子的耐盐适宜浓度为 12.44‰、耐盐半数抑制浓度为 18.35‰。车前种子耐 NaHCO₃ 能力大于耐 NaCl 的能力。

3.4 解除 NaCl 和 NaHCO₃ 胁迫后车前种子复萌

各浓度的 NaCl 和 NaHCO₃ 处理组,解除胁迫后,在蒸馏水培养下复萌,均有不同程度萌发,其中来自较高

浓度的溶液处理的未发芽种子具有较高的复萌率,说明高浓度的盐碱溶液抑制了车前种子,使其处于休眠状态,当外界环境发生改变,盐碱的浓度降低能够恢复萌发,这对盐渍土壤的植被恢复与土壤改良、地被绿化非常有意义。

综上所述,车前作为传统的中草药,将其开发成地被植物,具有良好的应用前景。

参考文献

- [1] 耿放,孙虔,杨莉,等.车前子与车前草利尿作用研究[J].上海中医药杂志,2009,43(8):72-74.
- [2] 李振秋,李峰,孙兆姝,等.车前子的药效学研究[J].中药材,1996,19(2):87-89.
- [3] 马武昌,王雁,彭镇华.车前和紫花地丁对水分胁迫的生理反应[J].林业科学研究,2006,19(5):633-637.
- [4] 程转宏,赵树兰,多立安.3种野生地被植物对践踏胁迫的生理生态响应特征[J].植物研究,2008,28(5):614-617.
- [5] 宋丽华,周月君.盐胁迫对臭椿种子发芽的影响[J].种子,2008(9):22-25.
- [6] 国际种子检验协会(ISTA).国际种子检验规程[M].北京:北京农业大学出版社,1985:54-57.
- [7] 王志才.水盐胁迫对花花柴种子萌发的影响[J].中国沙漠,2012,32(3):750-754.
- [8] 刘玉艳.盐胁迫对紫花地丁种子萌发的影响[J].北方园艺,2011(5):82-84.
- [9] 陶月良,邱君正,林华,等.芜菁、萝卜和大头菜块根品质及营养价值比较研究[J].特产研究,2002,24(1):37-40.
- [10] 高翔.芜菁种子质量标准初探[J].新疆农业科技,2009,4(1):37.
- [11] 韩德梁,韩烈保,周晓静.中苜1号紫花苜蓿耐盐性研究[J].种子,2008,27(6):1-4.
- [12] 张建锋,李吉跃,邢尚军,等.盐分胁迫下盐肤木种子发芽试验[J].东北林业大学学报,2003,31(3):79-80.

Effect of NaCl and NaHCO₃ Stress on Seed Germination of *Plantago asiatica* L.

NIE Jiang-li, PEI Yi, FENG Dan-dan

(College of Horticulture and Landscape, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384)

Abstract: Taking seeds of *Plantago asiatica* L. as materials, by using single salt stress method, effect of different concentration of NaCl and NaHCO₃ stress on seeds germinations of *Plantago asiatica* L. and salt stress recovery were studied. The results showed that concentrations of 4‰ NaCl and NaHCO₃ promoted the germination of *Plantago asiatica* L. seeds. With increased concentrations of NaCl and NaHCO₃, the inhibition effect of salt stress on seeds germination gradually increased, showed significant negative correlation. The appropriate value, critical value of NaCl concentration which influenced on the relative germination of *Plantago asiatica* L. seeds were 4.69‰ and 7.42‰. The appropriate value, critical value of NaHCO₃ concentration were 12.44‰ and 18.35‰, after the stress being removed, the recovery germination rate of NaCl stress on *Plantago asiatica* L. seeds was 13.10%—56.33%, the recovery germination rate of NaHCO₃ stress was 12.31%—36.52%. Therefore, the *Plantago asiatica* L. seeds had strong salinity and alkali resistance.

Keywords: *Plantago asiatica* L.; seed germination; NaCl; NaHCO₃; stress; recovery germination