

不同钠盐浸种对 NaCl 胁迫下萝卜种子萌发的影响

赵雨云, 高晓琴, 骆鹰, 郭晓贤, 李常健 (湖南科技学院生命科学与化学工程系, 湖南永州 425100)

摘要 [目的] 为农作物的耐盐育种和栽培提供试验依据。[方法] 通过不同钠盐浸种和 NaCl 溶液胁迫萌发试验, 找出萝卜 (*Raphanus sativus* L.) 种子抗盐的有效方法和耐盐程度。分别用浓度为 200 mmol/L 的 NaCl、NaHCO₃、混合盐 (NaHCO₃, NaCl) 3 种溶液浸种, 然后配置 4 种浓度的 NaCl 胁迫溶液: 40、80、120、160 mmol/L, 分别对萝卜种子的萌发进行盐胁迫。[结果] 混合盐浸种明显提高萝卜种子发芽指数和活力指数, 促进幼苗生长。NaHCO₃ 浸种明显抑制种子萌发, 但明显促进侧根数目增多并提高了叶绿素的含量。促进种子萌发的影响因子顺序是: 混合盐浸种 > NaCl 浸种 > 对照组 > NaHCO₃ 浸种。不同浸种方法处理, 均表现出随 NaCl 胁迫溶液浓度升高, 抑制种子萌发, 而对幼苗生长的影响在 NaCl 胁迫溶液浓度较低时, 随 NaCl 胁迫溶液浓度升高促进幼苗生长。相反, 在 NaCl 胁迫溶液浓度较高时, 随 NaCl 胁迫溶液浓度升高, 抑制幼苗生长。[结论] 混合盐浸种促进种子萌发和幼苗的生长。

关键词 钠盐; 浸种; 萝卜; NaCl 胁迫; 萌发

中图分类号 S631.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)21-08893-03

Effect of Different Sodium Salt Soaking on Seed Germination of *Raphanus sativus* L. under NaCl Stress

ZHAO Yu yun et al (Department of Biology Science, Hunan University of Science and Engineering, Yongzhou, Hunan 425100)

Abstract [Objective] The aim of the research was to provide references for salt tolerant breeding and cultivation of crops. [Method] The effective method and extent of salt resistance of radish (*Raphanus sativus* L.) seed was investigated by trial using different sodium salt soaking seeds under NaCl stress. 200 mmol/L NaCl, NaHCO₃ and mixed salt (NaHCO₃, NaCl) solutions were used in seeds presoaking, then 4 kinds of NaCl solutions with concentrations equally spread from 40 to 160 mmol/L were used in seed germination of radish under NaCl stress. Effect of different sodium salt soaking seeds on seed germination of radish under NaCl stress was analyzed through determination of germination percentage, germinative force, vitality index, germination index, lamina fresh weight, lateral root number and chlorophyll content of seedlings. [Result] Mixed salt soaking improved the germination index and vitality index of radish seed, and stimulated the seedling growth significantly. NaHCO₃ soaking seed inhibited germination, but improved the number of lateral root and chlorophyll content. The effect of stimulate germination was as follow, mixed salt soaking seed > NaCl soaking seed > control group > NaHCO₃ soaking seed. Under different soaking seed treatment, with the increase of the concentration of NaCl stress solution, the germination was inhibited, while the seedling growth increased at low concentration of NaCl with the increase of the concentration of NaCl stress solution. On contrast, the seedling growth was inhibited with the increase of the concentration of NaCl stress solution when the NaCl concentration was high. [Conclusion] Mixed salt soaking could promote seed germination and seedling growth.

Key words Sodium salt; Soaking seed; *Raphanus sativus* L.; NaCl stress; Germination

目前国内外通过盐溶液浸种的方法来提高植物的抗性的报道比较多^[1-3], 有关盐胁迫对植物种子萌发的影响也有报道^[4-7], 而有关不同钠盐浸种对 NaCl 胁迫下萝卜 (*Raphanus sativus* L.) 种子萌发影响的研究尚未见报道。该试验选取萝卜为材料, 用不同钠盐溶液进行浸种处理, 再用不同浓度的 NaCl 胁迫种子萌发, 从而探究出植物种子抗盐的有效方法和种子耐盐的程度, 为农作物的耐盐育种和栽培提供试验依据。

1 材料与试验方法

1.1 材料与试剂 萝卜种子由广州杨伟星种子公司提供。试剂: 95% 乙醇(化学纯), NaCl(分析纯), NaHCO₃(分析纯), K₂MnO₄(分析纯)。

1.2 方法

1.2.1 萝卜种子的预处理。 该试验共分 4 组对种子进行预处理。第 1 组为对照组, 不进行浸种处理; 第 2 组用浓度为 200 mmol/L 的混合盐 (NaHCO₃, NaCl) 浸种; 第 3 组用浓度为 200 mmol/L 的 NaHCO₃ 浸种; 第 4 组用浓度为 200 mmol/L 的 NaCl 浸种。在室温无光照条件下进行浸种, 时间为 24 h, 然后再用浓度 0.3% 的 K₂MnO₄ 溶液消毒 20 min, 用水洗净, 最后用干燥机在 15℃ 无光照条件下回干 24 h 备用。

1.2.2 NaCl 胁迫下萝卜种子的催芽。 配置 NaCl 胁迫溶液, 浓度分别为: 40、80、120、160 mmol/L, 对预处理的 4 组萝卜种子的萌发进行 NaCl 胁迫试验, 分别重复 3 次。试验时, 每个

培养皿装 100 粒种子, 加入 10 ml NaCl 胁迫溶液, 然后置于 25℃ 光照培养箱中, 24 h 连续光照; 每隔 12 h 分别加入适量去离子水, 并逐日观察记录发芽种子数, 4 d 后统计发芽势, 10 d 完成发芽。

1.2.3 种子发芽统计、计算方法及叶绿素含量的测定。

$$\text{发芽势}(G) = n/N \times 100\% \quad (1)$$

n 为规定天数内发芽种子数, N 为种子总数。

$$\text{发芽率}(Q) = n_1/N_1 \times 100\% \quad (2)$$

n_1 为发芽种子数, N_1 为种子总数。

$$\text{发芽指数}(G) = G/D \quad (3)$$

G 为在 t 日的发芽数, D 为相应的发芽日数。

$$\text{活力指数}(V) = S \times G/D \quad (4)$$

其中, G 为在 t 日的发芽数, D 为相应的发芽日数, S 为叶片鲜重。叶绿素含量的测定采用分光光度法^[8]。

1.3 数据统计 利用 SPSS11.5 for Windows 进行数据统计和分析, 双重比较采用 2 个正态 t 检验 (Independent Sample t Test), 试验数据以 (平均值 \pm 样本值标准误差) (Mean \pm SE) 表示, $P < 0.05$ 被视为存在显著性差异。

2 结果与分析

2.1 不同钠盐溶液浸种对 NaCl 胁迫下萝卜种子发芽情况的影响 将不同钠盐溶液浸种对 NaCl 胁迫下萝卜种子发芽率和发芽势分别进行单因子方差分析 (One-Way ANOVA), 结果表明 (表 1), 不同钠盐溶液浸种和不同浓度的 NaCl 胁迫下, 萝卜种子发芽率都比较高, 这一结果说明萝卜种子是一种发芽率高的耐盐优质作物。NaHCO₃ 浸种萝卜种子发芽率下降, 而在 NaCl 胁迫溶液浓度达 120 mmol/L 以上时, 萝卜种

基金项目 湖南省教育厅青年项目 (04B017); 湖南省自然科学基金项目 (05JJ40035)。

作者简介 赵雨云 (1963 -), 男, 湖南邵东人, 副教授, 从事植物生理生态学研究。

收稿日期 2008-04-18

子发芽率下降显著($P < 0.05$)。从发芽势看,经过 NaHCO_3 浸种萝卜种子发芽势下降显著或极显著($P < 0.05$, 或 $P < 0.01$)。混合盐浸种发芽势稍有提高,但在 NaCl 胁迫溶液浓度 80 mmol/L 时,混合盐浸种发芽势下降显著($P < 0.05$)。

表1 不同钠盐溶液浸种的 NaCl 胁迫下的萝卜种子发芽率与发芽势

Table 1 Germination rate and germination energy of *Raphanus sativus* L. seed under NaCl stress and seed soaking with sodium salt %

NaCl 胁迫溶液浓度 mmol/L NaCl stress solution concentration	对照组 Control group		混合盐 Mixed salt		NaHCO_3		NaCl	
	发芽率 Germination rate	发芽势 Germination energy	发芽率 Germination rate	发芽势 Germination energy	发芽率 Germination rate	发芽势 Germination energy	发芽率 Germination rate	发芽势 Germination energy
0	100.00 aA	98.66 ±4.00 aA	100.00 aA	98.66 ±4.00 aA	97.33 ±8.00 aA	86.66 ±8.00 abA	100.00 aA	98.66 ±4.00 aA
40	100.00 aA	98.66 ±4.00 aA	100.00 aA	100.00 aA	98.66 ±4.00 aA	90.66 ±8.00 aA	100.00 aA	100.00 aA
80	100.00 aA	97.33 ±4.00 aA	100.00 aA	92.00 ±12.00 abA	94.66 ±8.00 aA	74.66 ±11.00 bcA	100.00 aA	97.33 ±4.00 aA
120	100.00 aA	85.33 ±4.00 aA	98.66 ±4.00 aA	88.00 ±13.00 aA	88.00 ±8.00 abA	62.66 ±8.00 aAB	100.00 aA	85.33 ±8.00 aA
160	93.33 ±12.00 aA	70.66 ±12.00 aA	96.0 ±8.00 aA	72 ±12.00 aA	84.00 ±8.00 abA	46.66 ±12.00 abA	94.66 ±12.00 aA	68.00 ±18.00 aA

注: 同列不同小写、大写字母表示差异在 0.05 、 0.01 水平显著。下同。

Nte: Different lowercases and capital letters in a row mean significant differences at 0.05 and 0.01 levels, respectively. The same as follows.

将不同钠盐溶液浸种对 NaCl 胁迫下萝卜种子发芽指数和活力指数分别进行单因子方差分析(One-Way ANOVA), 结果见表2。由表2可知,混合盐浸种提高了发芽指数,在 NaCl 胁迫溶液浓度 40 mmol/L 时,混合盐浸种发芽指数提高显著($P < 0.05$); NaHCO_3 浸种降低萝卜种子发芽指数,在 NaCl 胁迫溶液浓度为 0 、 40 和 120 mmol/L 时,发芽指数降低显著

或极显著($P < 0.05$, 或 $P < 0.01$)。 NaCl 浸种和混合盐浸种提高了种子活力指数,当 NaCl 胁迫溶液浓度为 120 mmol/L 以上时,其活力指数存在显著或极显著性差异($P < 0.05$, 或 $P < 0.01$),说明 NaCl 浸种和混合盐浸种在一定程度上缓解了萝卜种子所受的盐胁迫。 NaHCO_3 浸种种子活力指数下降,说明 NaHCO_3 浸种使萝卜种子品质趋劣。

表2 不同钠盐溶液浸种的 NaCl 胁迫下的萝卜种子发芽指数与活力指数

Table 2 Germination index and vigor index of *Raphanus sativus* L. seed under NaCl stress and seed soaking with sodium salt

NaCl 胁迫溶液浓度 mmol/L NaCl stress solution concentration	对照组 Control group		混合盐 Mixed salt		NaHCO_3		NaCl	
	发芽指数 Germination index	活力指数 Vigor index	发芽指数 Germination index	活力指数 Vigor index	发芽指数 Germination index	活力指数 Vigor index	发芽指数 Germination index	活力指数 Vigor index
0	50.84 ±5.25 aA	44.82 ±4.63 aA	51.02 ±6.08 aA	45.59 ±6.33 aA	43.57 ±8.42 abA	37.26 ±7.01 aAB	52.04 ±2.08 aA	45.60 ±1.69 aA
40	52.62 ±5.75 bA	47.48 ±5.19 aB	54.65 ±6.50 abA	51.81 ±6.16 aAB	44.62 ±6.56 bcA	38.52 ±5.42 abA	53.49 ±2.17 bA	48.45 ±1.97 aB
80	44.23 ±4.50 aAB	38.09 ±3.87 aB	44.62 ±5.35 aB	38.75 ±6.29 aB	35.47 ±12.20 aB	26.78 ±6.46 abB	47.15 ±3.92 aAB	40.20 ±3.34 aAB
120	36.54 ±4.45 aA	30.28 ±5.35 aA	35.12 ±5.22 aA	28.69 ±6.49 abA	25.30 ±7.15 aAB	15.13 ±4.00 bBC	38.01 ±6.20 aA	27.44 ±5.92 bAB
160	21.07 ±5.25 aA	12.86 ±4.46 cA	26.22 ±8.50 aA	19.32 ±5.28 abA	16.83 ±6.25 aA	7.64 ±3.04 cA	26.69 ±7.27 aA	18.15 ±4.53 bcA

由表1、表2可知,无论哪种浸种方法处理,均表现出随 NaCl 胁迫溶液浓度升高,萝卜种子发芽势、发芽指数和活力指数呈下降的趋势。

2.2 不同钠盐溶液浸种对 NaCl 胁迫下萝卜幼苗生长的影响 将不同钠盐溶液浸种对 NaCl 胁迫下萝卜种子幼苗生长分别进行单因子方差分析,结果表明(表3),混合盐浸种叶片鲜重升高显著($P < 0.05$)。 NaHCO_3 浸种叶片鲜重极显著下

降($P < 0.01$)。当 NaCl 胁迫溶液浓度达 120 mmol/L 以上时, NaCl 浸种叶片鲜重极显著下降($P < 0.01$),而 NaHCO_3 浸种侧根数目极显著增多($P < 0.01$)。当 NaCl 胁迫溶液浓度为 80 mmol/L 时,混合盐浸种、 NaHCO_3 浸种和 NaCl 浸种侧根数目均显著增多($P < 0.05$),这说明混合盐浸种能促进萝卜幼苗生长,且效果明显。

表3 不同钠盐溶液浸种的 NaCl 胁迫下的萝卜种子叶片鲜重与侧根数

Table 3 Leaf fresh weight and lateral root number of *Raphanus sativus* L. seed under NaCl stress and seed soaking with sodium salt

NaCl 胁迫溶液浓度 mmol/L NaCl stress solution concentration	对照组 Control group		混合盐 Mixed salt		NaHCO_3		NaCl	
	叶片鲜重 g Leaf fresh weight	侧根数 条 Lateral root number	叶片鲜重 g Leaf fresh weight	侧根数 条 Lateral root number	叶片鲜重 g Leaf fresh weight	侧根数 条 Lateral root number	叶片鲜重 g Leaf fresh weight	侧根数 条 Lateral root number
0	0.88 ±0.01 bA	23.90 ±1.20 cA	0.89 abA	27.57 ±4.80 cA	0.86 bAB	30.30 ±1.60 abA	0.88 ±0.01 bA	29.40 ±2.80 bcA
40	0.90 ±0.01 aAB	27.13 ±2.60 bA	0.95 ±0.01 aAB	29.10 ±6.90 bA	0.86 ±0.01 aBC	32.60 ±3.00 abA	0.91 aB	31.50 ±1.80 bA
80	0.86 bA	22.10 ±1.40 dA	0.87 abA	22.83 ±2.20 cdA	0.76 ±0.02 bAB	23.70 ±2.50 abA	0.86 ±0.02 bA	23.03 ±2.20 bcA
120	0.83 ±0.01 aA	13.13 ±3.80 aA	0.82 ±0.01 aAB	13.60 ±4.90 aA	0.60 ±0.01 aCD	15.50 ±2.70 aA	0.72 ±0.01 aBC	14.50 ±1.80 aA
160	0.61 ±0.01 aC	0 dA	0.73 ±0.01 aAB	3.93 ±1.50 cdA	0.45 ±0.01 aCD	7.37 ±4.30 abA	0.68 ±0.01 aBC	6.13 ±2.80 bcA

将不同钠盐溶液浸种对 NaCl 胁迫下萝卜种子Chla含量和Chb含量分别进行单因子方差分析,结果见表4。由表4可知,混合盐浸种、 NaHCO_3 浸种和 NaCl 浸种叶绿素a的含量

均显著或极显著提高($P < 0.05$, 或 $P < 0.01$),当 NaCl 胁迫溶液浓度为 80 mmol/L 以下时,这3个盐浸种均显著或极显著提高了叶绿素b的含量($P < 0.05$, 或 $P < 0.01$)。

表4 不同钠盐溶液浸种的NaCl胁迫下的萝卜种子Chla与Chlb含量

Table 4 Chla and Chlb contents of *Raphanus sativus* L. seed under NaCl stress and seed soaking with sodium salt

μg/g

NaCl胁迫溶液 浓度 mmol/L NaCl stress solution concentration	对照组 Control group		混合盐 Mixed salt		NaHCO ₃		NaCl	
	叶绿素a Chla	叶绿素b Chlb	叶绿素a Chla	叶绿素b Chlb	叶绿素a Chla	叶绿素b Chlb	叶绿素a Chla	叶绿素b Chlb
0	1 050.67 bC	372.00 aD	1 145.00 bBC	415.67 aCD	1 557.67 aAB	578.33 aAB	1 284.00 abB	463.33 aBC
40	1 472.67 aC	548.33 aA	1 566.67 aAB	493.00 aAB	1 543.67 aBC	575.33 aA	1 480.00 aC	542.67 aA
80	1 510.33 aA	427.00 bC	1 240.00 aAB	464.00 abC	1 500.33 aA	480.00 aBC	1 436.00 aA	500.00 aAB
120	853.33 cB	347.33 aA	899.00 abB	334.00 aA	923.00 aAB	344.00 aA	883.00 bcB	358.33 aA
160	642.00 cA	299.00 aA	739.00 abA	352.67 aA	706.67 bcA	300.67 aA	719.67 bA	269.00 aA

由表3、表4可知,无论哪种浸种方法处理,随NaCl胁迫溶液浓度升高,叶片鲜重、侧根数目和叶绿素含量均呈现“低-高-低”的趋势,即当NaCl胁迫溶液浓度较低时,随NaCl胁迫溶液浓度升高,叶片鲜重、侧根数目和叶绿素含量均上升;相反,当NaCl胁迫溶液浓度较高时,随NaCl胁迫溶液浓度升高叶片鲜重、侧根数目和叶绿素含量均下降。这说明NaCl胁迫浓度低于80 mmol/L时,最适宜萝卜种子萌发和幼苗生长。

3 结论与讨论

Youn-HanYoon等^[9]、N.Svitepe等^[10]用无机盐溶液浸种提高了不同作物种子的萌发以及幼苗的生长。该研究表明萝卜种子经过不同盐溶液浸种处理后,缩短了萝卜种子的发芽时间,促进了幼苗的生长,提高了种子的活力指数、发芽指数。而未经盐浸种处理的种子即使是在蒸馏水中培养,其发芽率、活力指数、发芽指数等指标均不如经过盐溶液预处理的种子。萝卜种子经不同盐溶液浸种和回干,在蒸馏水中萌发的各种指标最好,而后随着处理的混合盐浓度的增大,萝卜的发芽率、发芽指数、活力指数逐步降低。各种盐溶液浸种对萝卜种子萌发的影响依次是:NaHCO₃ > 混合盐 > NaCl,这与颜宏等对向日葵进行不同盐溶液浸种的试验结果相一致^[11]。张慧丽等研究了NaHCO₃对小麦种子萌发的影响,结果表明NaHCO₃对小麦种子萌发有明显的抑制作用^[12],这与该研究结果一致。同时也说明NaHCO₃浓度较高时,导致pH值较高,萝卜种子发芽较慢,而且发芽指数和活力指数都低于对照组。贺军民等研究认为,在NaCl胁迫下,番茄种子萌发过程中超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化氢酶(CAT)活性明显降低,丙二醛(MDA)含量和电解质渗漏显著增加,种子内Na⁺含量大幅度上升,而K⁺大量外渗,从而明显抑制种子萌发^[13]。将种子进行“吸湿-回干”处理后再置于NaCl胁迫下,NaCl的上述伤害得到明显缓解。“吸湿-回干”处理有可能通过提高细胞膜保护酶活性,抑制膜脂过氧化来维持细胞膜结构的完整性,因而减少Na⁺的大量吸收及K⁺的外渗,最终提高了盐胁迫下种子的萌发能力。盐胁迫会破坏种子细胞膜的结构和功能,导致代谢紊乱,活力降低乃至失去萌发能力。不同发芽盐浓度对萝卜幼苗叶绿素含量的影响表明:萝卜幼苗叶片Chla、Chlb含量随盐浓度的增加呈现“低-高-低”的动态趋势,以浓度1.5%NaCl浸种的幼苗的Chla变化幅度较大,说明Chla可能对盐渍最为敏感。随发芽盐浓度提高幼苗叶片Chla/Chlb比下降,在0.7%的高浓度下下降

相当明显。特别是NaHCO₃浸种组的叶绿素含量达到最高(叶绿素最高值是NaHCO₃在0 mmol/L时获得),这与郁万文等^[14]对刺槐幼苗的试验结果一致。对于产生上述影响结果,N.Svitepe等研究曾指出盐溶液浸种由于提高了植物体K、Ca的含量,从而增加了植物的抗性^[10]。

萝卜种子是一种耐盐的发芽率高的优质作物。混合盐浸种促进种子萌发和幼苗的生长,效果明显,并且混合盐浸种能在一定程度上缓解了萝卜种子所受的盐胁迫,提高了种子抗性,适宜作为抗盐的浸种方法。在试验中,不论采用哪种浸种处理方法,在NaCl胁迫浓度为80 mmol/L以上时,均表现出随NaCl胁迫溶液浓度升高,萝卜种子萌发和幼苗生长受到抑制,说明NaCl胁迫浓度为80 mmol/L以下适宜萝卜种子萌发和幼苗生长。试验发现在NaCl胁迫溶液浓度高的情况下,NaCl浸种和混合盐浸种在一定程度上缓解了萝卜种子所受的盐胁迫,且效果明显,其原因有待进一步研究。

参考文献

- [1] CAYUELA E,PEREA A E,CARO M,et al.Pi nning of seeds with NaCl induces physiological changes in tomato plants grown under salt stress[J].Physiol Plant,1996,96:231-236.
- [2] PASSAMH C,KAKOURI O I S D.The effects of osmotic conditioning on the germination,emergence and early plant growth of cucumber under saline conditions[J].Sci Hort,1994,57:233-240.
- [3] 郭群利,胡晋,洪中川.高锰酸钾浸种对杂交水稻种子发芽率、成秧率的影响[J].种子,2007(6):87-88.
- [4] 苏慧,尉红梅,马岩,等.Na₂CO₃胁迫对牧草种子萌发特性影响的研究[J].内蒙古民族大学学报:自然科学版,2005,20(2):168-171.
- [5] 翁森红,蒋尤泉,王承斌.牧草耐盐性鉴定指标和方法的初步研究[J].中国草地,1992(1):30-34.
- [6] 翁森红,徐恒刚.可在内陆盐碱地上推广的几种禾本科草的评价[J].四川草原,1997(1):3-5.
- [7] 徐恒刚.禾本科牧草发芽期和苗期耐盐性的初步研究[J].中国草地,1988(4):53-55.
- [8] 上海植物生理研究所,上海市植物生理学会.现代植物生理学实验指南[M].上海:上海科学技术出版社,1999.
- [9] YOUN H Y,HARVY J,LANG B,et al.Pi nning with salt solution improves germination of Parsy seed at high temperatures[J].Hort Science,1997,32:248-250.
- [10] SVRTEPE N,SVRTRPE H O,ERIS A.The effects of NaCl pi nning on salt tolerance in melon seedlings grown under saline conditions[J].Scientia Horticulturae,2003,97:229-237.
- [11] 颜宏,赵伟,陈文静,等.不同盐溶液浸种对向日葵种子萌发的影响[J].种子,2007(2):69-72.
- [12] 张慧丽,曲力涛,李景文,等.NaHCO₃对小麦种子萌发特性的影响[J].塔里木农垦大学学报,2001(2):10-13.
- [13] 贺军民,余小平,张键.番茄种子吸湿-回干处理对盐胁迫伤害的缓解效应[J].园艺学报,2000,27(2):123-126.
- [14] 郁万文,曹帮华,吴丽云,等.盐浸种对刺槐种子抗盐萌发和幼苗生长的影响[J].山东林业科技,2004(6):12-14.