

黄河三角洲野生大豆种子和幼苗对盐胁迫的响应

赵春

(东营职业学院, 山东 东营 257091)

摘要: 采用不同浓度的 NaCl 盐溶液和混合盐溶液处理, 考察了野生大豆种子在发芽和幼苗阶段对盐胁迫的反应, 并利用发芽率、相对生长速率、干物质积累量等指标, 对其耐盐性进行了分析和评价。结果表明: 盐浓度低于 $50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 野生大豆种子的发芽率、相对发芽率、相对盐害率、幼苗干物质积累和相对生长率不受影响; 随着盐浓度增高, 种子发芽率逐渐下降, 同时盐浓度对种子的萌发进程有明显滞后的影响。盐浓度高于 $100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 野生大豆幼苗干物质积累、相对生长率降低幅度明显, 差异均达显著水平。结果还表明野生大豆对不同盐胁迫表现出的反应不同, 受单盐胁迫的影响较大, 对混合盐处理不敏感。

关键词: 野生大豆; 盐胁迫; 耐盐性

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

DOI: 10.11861/j.issn.1000-9841.2015.01.0071

Responses of Seed and Seedling of *Glycine soja* in Yellow River Delta to Salt Stress

ZHAO Chun

(Dongying Vocation College, Dongying 257091, China)

Abstract: Responses of seed and seedling of *Glycine soja* treated with sodium chloride and natural mixed salt solutions were studied, the salt tolerance was evaluated with parameters including the germination rate, relative growth rate and dry matter accumulation. The results showed that salt solution lower than $50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ had no effects on germination rate, relative germination rate, relative salt-injury rate, dry matter and relative growth rate of seedling of *Glycine soja*. With salinity increasing, germination rate decreased gradually. At the same time, the germination process was lagged by the high salt concentration sharply. The relative growth rate and dry matter accumulation of *Glycine soja* seedlings decreased evidently when salt solution higher than $100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, and significantly different compared to its control. The result also indicated that *Glycine soja* had different response to the different salt stress, and single salt stress had more influence than mixed salt solutions.

Key words: *Glycine soja*; Salt stress; Salt tolerance

土壤盐渍化已成为导致全球可利用耕地日益减少、限制作物产量和品质提高的几种主要非生物逆境之一^[1-2]。据报道我国盐渍土地面积约 3 600 万 hm^2 , 且随着国民经济的发展、城市面积的扩大和人口的不增长, 呈逐年增加的趋势^[3-5]。种子作为植物繁殖体, 其萌发率高低、萌发速度快慢、幼苗强弱与产量有密切关系。种子能够在盐胁迫下萌发成苗, 是植株在盐碱条件下生长发育的前提, 因此研究盐胁迫下种子萌发成苗生理具有重要意义。

野生大豆是一年生豆科草本植物, 在我国各地广泛分布, 因其茎叶中营养成分较高, 饲用价值潜力较大, 是一种优质牧草资源。近年来, 我国野生大豆研究者从多学科多角度探究了盐胁迫对其生长发育的影响^[6-7], 但从目前的资料来看, 大多数研究工作只限于单盐胁迫对植物幼苗期生理指标的影响, 但盐碱地大部分为盐碱相伴而生, 情况较复杂, 模拟混合盐胁迫下的植物萌发期和幼苗期受害情况研究

的比较少^[8-9]。为此以滩涂野生大豆为研究对象, 研究了不同浓度的盐碱土浸提液和 NaCl 盐溶液处理对萌发和苗期两个阶段的影响差异, 以期为进一步探索野生大豆整体性抗逆研究提供参考, 为今后利用野生大豆改良栽培大豆的耐盐性提供重要的理论依据和实践途径。

1 材料与方法

1.1 试验材料

野生大豆种子采集于山东黄河三角洲国家级自然保护区大汶流管理站的沿海滩涂, 千粒重为 $(12.06 \pm 0.01) \text{ g}$ 。土壤环境情况: pH7.44 ~ 7.64, 含水量 0.27% ~ 0.32%, 盐分含量 $3.87 \sim 4.94 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 总的土壤情况为中低盐分、弱碱性、中含水量。土壤浸提液是用野生大豆采集地土壤蒸馏水溶解, 沉淀 48 h 后, 取上清液, 煮沸干燥配制而成。其主要的离子组成是 Cl^- , Na^+/K^+ , SO_4^{2-} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , HCO_3^- 。

收稿日期: 2014-04-25

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划(2009BADA7B04, 2008BAD95B12); 东营职业学院院级课题。

作者简介: 赵春(1978-), 女, 博士, 讲师, 主要从事植物生理生态研究。E-mail: zhchmeimei@163.com。

1.2 试验方法

精选优质饱满种子 50 粒,经臭氧消毒 24 h,种子划破种皮后用 NaCl 和土壤浸提液分别进行处理,每种盐浓度梯度为:50, 100, 150, 200, 250 mmol · L⁻¹,蒸馏水处理为对照。在洁净的培养皿中垫上 2 层滤纸,分别加各处理溶液至滤纸饱和为止,每个处理 3 次重复。定期补充所蒸发的水分,使各处理盐浓度维持不变,培养期间,室内温度:白天(25 ± 2)℃,晚上(18 ± 2)℃。在发芽实验结束后计算相对发芽率、相对盐害率等指标。

发芽率(%) = 发芽终期(规定日期内)全部正常发芽种子数/供试种子数 × 100

相对发芽率(%) = 处理发芽率/对照发芽率 × 100

相对盐害率(%) = (对照发芽率 - 处理发芽率) × 100/对照发芽率

取上述发芽一致的材料播于盛有石英砂的具孔塑料杯,置于盛有 1/2 Hoagland 营养液的周转箱中,自然光照,昼夜温度分别为(25 ± 2)℃和(18 ± 2)℃。待第一对真叶长出时,移苗至具孔的泡沫板上,在盛有 1/2 Hoagland 营养液的周转箱中进行水培。当幼苗长至第 1 片复叶展开时,各材料设对照(1/2 Hoagland 营养液)和处理(用 1/2 Hoagland 营养液配制的 50, 100, 150, 200, 250 mmol · L⁻¹ NaCl 溶液和土壤浸提液)。共处理 6 d,随机选取 10 株测量处理前后株高,相对生长速率(%) = [(处理后株

高 - 处理前株高)/处理时间(d)]/处理前株高。然后将各材料用去离子水冲洗干净,吸干,105℃杀青 10 min 后于 80℃烘干至恒重,得干物质积累量。

1.3 数据分析

所有生理生化指标分析均进行 3 次生物学重复。使用 Excel 2007 计算平均值及显著性差异分析。

2 结果与分析

2.1 不同浓度盐胁迫对野生大豆种子发芽率的影响

如表 1 所示,在盐胁迫条件下,野生大豆种子的发芽率随溶液浓度的升高而不断下降。当浓度为 50 mmol · L⁻¹时,NaCl 和复合盐胁迫处理野生大豆种子的发芽率与对照差异均不显著;浓度达到 100 mmol · L⁻¹时,NaCl 和复合盐胁迫处理野生大豆种子发芽率与对照处理相比均达到显著水平($P < 0.05$),混合盐处理比 NaCl 处理发芽率略高;NaCl 浓度达到 150 mmol · L⁻¹时,野生大豆种子发芽率极显著低于对照($P < 0.01$),此时复合盐处理野生大豆种子发芽率显著低于对照($P < 0.05$);NaCl 浓度增至 200 mmol · L⁻¹、混合盐浓度为 250 mmol · L⁻¹时,发芽率基本相同,分别是 19.00%, 22.67%, 相对盐害率也相似,分别达到 80.14%, 76.30%。这表明野生大豆种子萌发期对 NaCl 胁迫较敏感,而对混合盐胁迫耐性较强。

表 1 盐胁迫对野生大豆种子的发芽率、相对发芽率和相对盐害率的影响

Table 1 The effect of different salt treatments on germination rate, relative germination rate and relative salt - injury rate(%)

盐浓度 Salt concentration/mmol · L ⁻¹	NaCl 胁迫 NaCl stress			混合盐胁迫 Mixed salt stress		
	发芽率 Germination rate	相对发芽率 Relative germination rate	相对盐害 Relative salt - injury rate	发芽率 Germination rate	相对发芽率 Relative germination rate	相对盐害率 Relative salt - injury rate
0	95.67	100.00	0	95.67	100.00	0
50	95.33 ns	99.64	0.36	95.67 ns	100.00	0
100	81.00 *	84.67	15.33	85.67 *	89.55	10.45
150	59.33 **	62.02	37.98	76.33 *	79.78	20.22
200	19.00 **	19.86	80.14	50.00 **	52.26	47.74
250	0	0	100.00	22.67 **	23.70	76.30

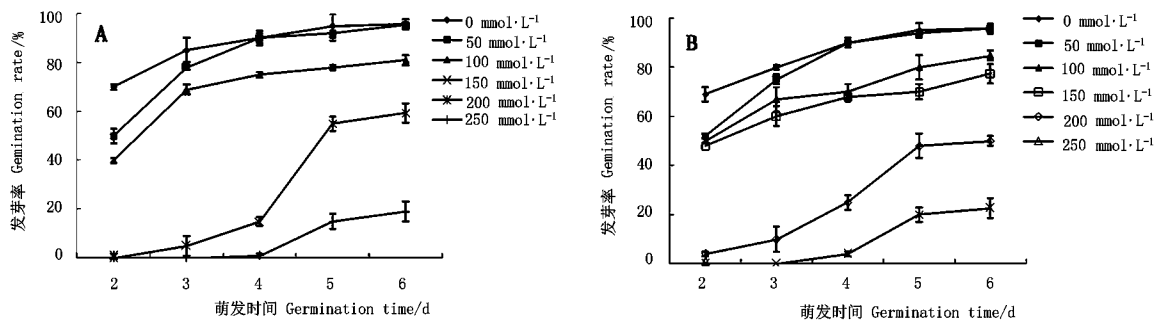
ns 表示差异不显著; * 表示 $P < 0.05$; ** 表示 $P < 0.01$ 。

ns indicates no significant differences; * indicates $P < 0.05$; ** indicates $P < 0.01$.

2.2 不同浓度盐胁迫对野生大豆种子萌发情况的影响

由萌发曲线可以看出,总的变化趋势是盐浓度增大,曲线高度下降且趋于平缓,说明增强胁迫使种子累计发芽率降低,发芽速度下降,发芽整齐度下降;盐浓度增大,曲线左端的点往下往右移动,表示发芽始数减少,发芽开始时间推后。图 1A 在无胁

迫和低盐浓度处理(0 ~ 100 mmol · L⁻¹),野生大豆种子于发芽试验开始后第 2 天发芽,种子发芽快而整齐,处理间差异不显著。随盐浓度加大,野生大豆种子开始发芽的时间推迟,种子发芽进程减慢,萌发曲线逐渐后移并趋于平缓。在 200 mmol · L⁻¹的 NaCl 溶液中直到第 4 天种子才开始萌发,在 250 mmol · L⁻¹的 NaCl 溶液无发芽现象。



A:NaCl 处理;B:混合盐处理。

A:NaCl; B: Mixed salt.

图 1 不同浓度盐胁迫处理对野生大豆种子累积发芽率的影响

Fig. 1 Effects of different concentrations of salt stress on accumulated germination

由图 1B 可以看出 150 mmol · L⁻¹ 以下的混合盐溶液中种子萌发的速率较快,随着处理时间的延长,4 d 内萌发率基本趋于稳定,处理间无显著差异;而 200 和 250 mmol · L⁻¹ 混合盐溶液处理对种子的萌发时间有显著的延迟作用,并且其萌发高峰时间较低浓度盐开始晚,而且总的萌发率都很低,与低盐浓度处理间差异达极显著水平。两种不同盐分胁迫相比较,NaCl 单盐胁迫对野生大豆种子萌发的影响较大,野生大豆能够耐受较高浓度的混合盐胁迫,这可能是野生大豆在盐碱环境中能够生存的原因之一。

2.3 盐胁迫对野生大豆幼苗生长的影响

如图 2 所示,野生大豆幼苗经不同浓度 NaCl 溶液处理 6 d 后,与对照相比相对干物质积累量(以占对照的百分数表示)均下降,且随 NaCl 溶液浓度增加干物质积累下降显著。其中 50 mmol · L⁻¹ 处理与对照间无显著差异,150 mmol · L⁻¹ 处理下降最明显(51.25%),100 mmol · L⁻¹ 处理降幅介于上述变化之间,且相互间差异显著。相对生长速率的变化趋势与干物质积累相似,但随浓度梯度的增加下降速度更快。150 mmol · L⁻¹ 处理降幅最大(79.73%),200 和 250 mmol · L⁻¹ 处理野生大豆幼苗生长不良,无法测定各项指标。

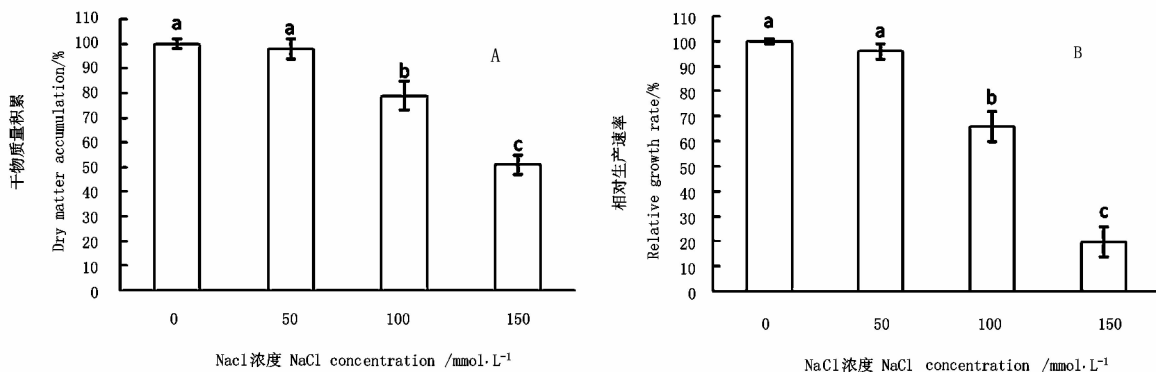


图 2 不同浓度 NaCl 处理野生大豆幼苗干物质积累(A)和相对生长速率(B)的变化

Fig. 2 Changes in dry matter (A) and relative growth rate (B) (as percentages of control) of seedlings of *Glycine soja* under different concentrations of NaCl

如图 3 所示,野生大豆幼苗经不同浓度混合盐溶液处理 6 d 后,与对照相比随浓度的升高,干物质积累量和幼苗相对生长速率下降幅度增加。其中 50 mmol · L⁻¹ 处理对野生大豆幼苗的生长基本无影响,100 和 150 mmol · L⁻¹ 处理相互间差异不显著,但均显著低于对照,200 mmol · L⁻¹ 处理干物质积累和幼苗相对生长速率分别下降到对照的 55.74% 和 84.89%。两种不同盐溶液处理相比较,野生大豆幼苗对单盐胁迫较敏感,对混合盐的耐受力较强。

3 结论与讨论

在盐渍化土壤上,作物种子的萌发和成苗是关键时期,因此种子发芽期和苗期是进行植物耐盐性鉴定和评价经常选用的生育阶段。植物种子在不同的盐浓度下,发芽会受到不同程度的影响,野生大豆种子的发芽率均随溶液浓度升高而下降,但低盐浓度对植物种子发芽基本没有不利影响^[12]。有研究表明大豆全生育期中,芽期较耐盐,苗期较敏感,之后随生育时期的推进,耐盐性有加强的趋势^[10]。因

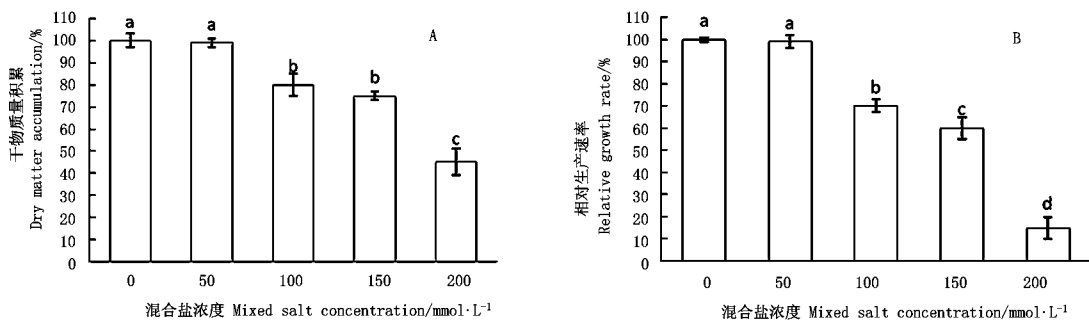


图3 不同浓度混合盐处理野生大豆幼苗干物质积累(A)和相对生长速率(B)的变化

Fig. 3 Changes in dry matter(A) and relative growth rate (B) of seedlings of *Glycine soja* under different concentrations of mixed salt

此,本研究选用萌发期和出苗期研究野生大豆的耐盐性。试验中盐浓度低于 100 mmol·L⁻¹时野生大豆的发芽率与对照差异不显著,这与段德玉等^[11]对碱蓬种子萌发实验的结论一致。但随盐浓度升高,盐胁迫对种子萌发的抑制作用不仅表现在降低种子的萌发速率,而且还推迟了种子的初始萌发时间,经 200 mmol·L⁻¹的 NaCl 盐溶液处理的种子,萌发率降低至 19%,初始萌发时间推迟了 4 d。从野生大豆幼苗植株干物质积累量和相对生长速率的结果都可以看出,经 200 mmol·L⁻¹的盐溶液处理后,野生大豆幼苗在混合盐处理中能够生长,但在 NaCl 处理中无法生活。试验表明野生大豆种子对混合盐胁迫具有更大的萌发耐受能力和生活力,其萌发盐溶液的敏感区间和苗期盐敏感浓度都要高于单盐 NaCl 溶液。

一种植物抗盐能力的大小是多种代谢的综合表现,只有经过多种指标的综合分析,才能客观地评价植物的真实抗盐性,种子发芽率只适合作为发芽期的耐盐指标,而干物质积累和幼苗相对生长速率能够反映盐胁迫对幼苗生长的影响程度^[13-14]。供试的野生大豆种群采自沿海盐渍生境,耐盐性较强,因此,此次试验的结果可以作为黄河三角洲野生大豆耐盐性鉴定的参考数据。试验表明,野生大豆种子的萌发能耐受中等浓度的盐胁迫,在环渤海地区的大片 0.5%~1.0% 的盐碱土上广泛进行盐渍地野生大豆的种植具有广阔的前景。

参考文献

- [1] Ashraf M, Foolad M R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance[J]. *Environmental and Experimental Botany*, 2007, 59: 206-216.
- [2] Chinnusamy V, Jagendorf A, Zhu J K. Understanding and improving salt tolerance in plants[J]. *Crop Science*, 2005, 45: 437-448.
- [3] Munns R, Tester M. Mechanisms of salinity tolerance[J]. *Annual Review of Plant Biology*, 2008, 59: 651-681.
- [4] 杨劲松. 中国盐渍土研究的发展历程与展望[J]. *土壤学报*, 2008, 45(5): 837-845. (Yang J S. Development and prospect of the research on salt-affected soils in China[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2008, 45(5): 837-845.)
- [5] Bhatnagar Mathur P, Vadez V, Sharma K K. Transgenic approaches for abiotic stress tolerance in plants: Retrospect and prospects [J]. *Plant Cell Report*, 2008, 27: 411-424.
- [6] 周三, 赵可夫. 关于野大豆盐腺问题的探讨[J]. *植物学报*, 2003, 45(5): 574-580. (Zhou S, Zhao K F. Discussion on the problem of salt gland of *Glycine soja* [J]. *Acta Botanica Sinica*, 2003, 45(5): 574-580.)
- [7] 王洪新, 胡志昂, 钟敏, 等. 盐渍条件下野大豆群体的遗传分化和生理适应: 同工酶和随机扩增多态 DNA [J]. *植物学报*, 1997, 39(1): 34-42. (Wang H X, Hu Z A, Zhong M, et al. Genetic differentiation and physiological adaptation of wild soybean (*Glycine soja*) populations under saline conditions: Isozymatic and random amplified polymorphic DNA study [J]. *Acta Botanica Sinica*, 1997, 39(1): 34-42.)
- [8] 杜莉莉, 於丙军. 栽培大豆和滩涂野大豆及其杂交后代耐盐性、农艺性状与籽粒品质分析[J]. *中国油料作物学报*, 2010, 32(1): 77-82. (Du L L, Yu B J. Analysis of salt tolerance, agronomic traits and seed quality of *Glycine max*, salt-born *Glycine soja* and their hybrids [J]. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2010, 32(1): 77-82.)
- [9] 陈宣钦, 刘怀攀, 罗庆云. 耐盐性不同的野大豆种子和幼苗对等渗水分和 NaCl 胁迫的响应[J]. *南京农业大学学报*, 2006, 29(4): 28-32. (Chen X Q, Liu H P, Luo Q Y. Responses of seed and seedling of *Glycine soja* with different salt tolerance to isoosmotic water and NaCl stresses [J]. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 2006, 29(4): 28-32.)
- [10] Pang T H, Shao G H, Lam H M. Salt tolerance in soybean [J]. *Journal of Integrative Plant Biology*, 2008, 50(10): 1196-1212.
- [11] 段德玉, 刘小京, 冯凤莲, 等. 不同盐分胁迫对盐地碱蓬种子萌发的效应[J]. *中国农学通报*, 2003, 19(6): 168-172. (Duan D Y, Liu X J, Feng F L. Effect of salinities on seed germination of Halophyte *Suaeda salsa* [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2003, 19(6): 168-172.)
- [12] 沈禹颖, 王锁民, 陈亚明. 盐胁迫对牧草种子萌发及其恢复的影响[J]. *草业学报*, 1999(3): 54-60. (Shen Y Y, Wang S M, Chen Y M. The effect of saline condition on the germination and its recovery of pasture species [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 1999(3): 54-60.)
- [13] 罗庆云. 野生大豆和栽培大豆耐盐机理及遗传研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2003. (Luo Q Y. Study on mechanism and inheritance of salt tolerance in wild soybean (*Glycine soja*) and cultivated soybean (*G. max*) [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2003.)
- [14] 郑青松, 杨文杰, 刘兆普, 等. 外源氯处理对向日葵幼苗生长、养分吸收及植株硝态氮含量的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2007, 13(6): 1161-1165. (Zheng Q S, Yang W J, Liu Z P, et al. Effects of supplemental chloride on growth, nutrient absorption and nitrate content of sunflower seedlings [J]. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 2007, 13(6): 1161-1165.)