

栽培大豆和野生大豆耐盐性及离子效应的比较

於丙军, 罗庆云, 曹爱忠, 刘友良

(南京农业大学农学系, 江苏 南京 210095)

摘要: 以国际上常用的耐盐大豆 (*Glycine max* L.) 品种 Lee68 为对照, 在发芽期和苗期两个阶段, 利用发芽指数、盐害指数和耐盐系数等指标对一年生具盐腺野生大豆 (*Glycine soja* L.) 和部分栽培大豆 (*Glycine max* L.) 及某些野生大豆品系或品种的耐盐性进行了比较, 讨论了耐盐指标的可行性。从离子效应方面比较了 Na^+ 和 Cl^- 对大豆发芽率的影响, 并对具盐腺野生大豆的耐盐机理进行了初步分析。结果表明, 大豆品种的耐盐性在发芽期和苗期无一致相关性。轻度等渗胁迫下, Na^+ 对种子发芽率的抑制作用大于 Cl^- , 而重度等渗胁迫下则相反。通过减少由根系吸收的 Na^+ 、 Cl^- 向叶片的运输, 维持叶片中较高含量的 K^+ , 减轻盐离子毒害, 可能是具盐腺野生大豆耐盐的主要生理机制之一。

关键词: 栽培大豆; 野生大豆; 耐盐系数; 耐盐性; 离子效应

中图分类号: S565.1; Q945.78 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2001)01-0025-05

Comparison of salt tolerance and ion effect in cultivated and wild soybean YU Bing-jun, LUO Qing-yun, CAO Ai-zhong, LIU You-liang (Department of Agronomy, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2001, 10(1): 25-29

Abstract: In contrast with the international common-used salt-tolerant soybean species Lee68, the salt tolerance of some wild (including one with salt glands) and cultivated cultivars in phases of seed germination and seedling were compared by germination index, salt injury index and salt tolerant efficiency. The feasibility of salt tolerance indexes was discussed, and the mechanism of salt tolerance in wild soybean with salt glands was also preliminarily analysed. The results showed that the salt tolerance of soybean in germination phase was not interrelated to that in seedling phase. Under light iso-osmotic stress, the inhibition of Na^+ on germination was more than that of Cl^- , which was contrary to that under heavy iso-osmotic stress. The wild soybean with salt glands can alleviate ion injury by decreasing the transport of Na^+ , Cl^- from roots to leaves and maintaining high level of K^+ in leaves. This may be one of the main physiological mechanisms of salt tolerance in this species.

Key words: *Glycine max* L.; *Glycine soja* L.; salt tolerant efficiency; salt tolerance; ion effects

随着全球经济的飞速发展和气候变化, 土壤次生盐渍化现象日趋严重, 人类可利用的耕地资源逐年减少, 治理和开发不断扩大的盐碱地已经成为从根本上缓解土地危机的重要措施, 而培育耐盐新品种则是开发和利用盐渍地的有效方法之一^[1,2]。

大豆是我国的主要农作物之一^[3], 种类繁多, 可分为栽培大豆 (*Glycine max* L.) 和野生大豆 (*Glycine soja* L.) 两大类。栽培大豆属于中度耐盐淡土植物, 盐适应方式主要为拒盐型 (salt exclusion); 野生大豆的分布限于东亚地区, 我国野生大豆资源丰富, 分布广泛, 陆静梅等^[4]首次在盐碱滩地上发现了具盐腺的一年生野生大豆种群, 但其耐盐机理不甚清楚。根据野生大豆与栽培大豆类群间遗传信息交流容易

的特点, 利用野生大豆拓宽栽培大豆的遗传基础, 进行种质的创新, 是培育耐盐新品种的有效途径。

在大豆耐盐性鉴定方面, 邵桂花等^[3]建立了一套大豆种质资源耐盐性的田间鉴定方法, 并对大豆种质进行了广泛的筛选, 已选出数个全生育期耐盐的品种。马淑时等^[5]使用盐害指数指标对 1 020 份大豆品种分别于发芽期和苗期进行抗盐碱性鉴定。王洪新等^[6,7]提出用水培法结合耐盐系数 (salt tolerant efficiency) 指标鉴定大豆品种耐盐性的新方

收稿日期: 2000-08-02

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (39870069); 高等学校博士学科点专项基金项目 (1999002005)

作者简介: 於丙军 (1970-), 男, 安徽寿县人, 在职博士生, 讲师, 主要从事植物逆境生理研究。

法。而在盐害机理方面,就离子效应而言,大豆盐害主要是 Na^+ 效应,还是 Cl^- 效应,目前尚未有定论。

基于上述设想和方法,针对目前国内外对野生大豆耐盐性缺乏系统研究的状况,本文以国际上常用的耐盐大豆品种 Lee68 为对照,对具盐腺野生大豆和部分栽培大豆及某些野生大豆品种或品系的耐盐性,从发芽期和苗期两个阶段进行了比较,并从离子效应角度对其耐盐或盐害机理进行了初步研究。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

供试材料为:栽培品种:Jackson (*Glycine max* L., USA), N23674 (*Glycine max* L., 溧水中子黄豆乙 Lishui, Jiangsu), Lee68 (*Glycine max* L., USA), N5461 (*Glycine max* L., 南农 1138-2 Nanjing, Jiangsu) 和苏协 1 号 (*Glycine max* L., Jiangsu); 野生品系: N23234 (*Glycine soja* L., 安徽亳县 Boxian, Anhui), N23227 (*Glycine soja* L., 江苏大丰 Dafeng, Jiangsu), N23232 (*Glycine soja* L., 江苏高淳 Gaochun, Jiangsu)。均由国家大豆改良中心南京农业大学大豆研究所提供。

1.2 耐盐性鉴定

1.2.1 发芽期鉴定 上述供试材料每品种或品系取饱满种子 120 粒,经切皮破种(限野生种)后,用自来水浸泡约 12 h,然后分对照和处理两组,分别放入含 10 mL 去离子水或 150 mmol/L NaCl 溶液、垫有滤纸的培养皿(直径 9 cm)中,每皿 20 粒。25℃ 恒温避光催芽,每日记录每皿发芽数(以芽长即胚根长度大于种子长度一半为标准)。分别记录第 3 天和第 7 天发芽数,计算其发芽势和发芽率,按马淑时等^[5]方法和耐盐性分级标准计算盐害指数,鉴定其耐盐性,按张士功等^[8]方法计算发芽指数。

1.2.2 苗期鉴定 参照王洪新等^[6]耐盐系数(salt tolerant efficiency)指标法,对上述供试材料和具盐腺野生大豆 BB52 品系 (*Glycine soja* L., 山东垦利 Kenli, Shandong, 由东北师范大学陆静梅教授惠赠)用水培法(使用 1/2 Hoagland 溶液)进行耐盐性鉴定。具体步骤为:每品种或品系种子经 0.1% HgCl_2 消毒 5 min,自来水冲洗干净后,经切皮破种(限野生种),置于装有自来水的石英砂钵中于 30℃ 恒温箱中培养出苗,然后移至含营养液的塑料周转箱中培养,并

使根系与营养液保持良好接触。自然光照,每日通气约 30 min。待植株成活后,分对照和处理两组,对照组每隔 5 d 更换新的营养液,处理组先加含 0.2% NaCl 的营养液,以后每隔 5 d 更换为 NaCl 浓度递增 0.2% 的营养液。每日记录叶片出现青枯斑的植株数,直至全部出现为止。分别按第 1 株、50% 植株、100% 植株出现青枯斑的时间计算耐盐系数。

植株体内 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 提取按文献[9]中第 2 种方法进行,略加改动。样品经 105℃ 杀青 5 min 后,于 70~80℃ 烘干至恒重,磨碎过筛(30 目)后各称取约 100 mg,加入 20 mL 蒸馏水,摇匀后置沸水浴中约 1.5 h,冷却后定容至 50 mL 备测。其中 Na^+ 、 K^+ 含量用上海分析仪器厂 6400 型火焰光度计测定, Cl^- 含量采用 AgNO_3 滴定法^[10]测定,稍加改动,以含 4.2% (W/V) K_2CrO_4 和 7.0% (W/V) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 的中性指示剂取代 0.5% K_2CrO_4 。

1.3 离子效应比较

采用等渗离子胁迫方法^[11],分别选取经发芽期鉴定后耐盐性较强和较弱的栽培大豆和野生大豆代表品种或品系,即 Lee68、N23227 (耐盐性较强),N5461、N23234 (耐盐性较弱),比较 Na^+ 和 Cl^- 对各品种发芽率的影响。

1.3.1 重度渗透胁迫 对照:Hoagland 溶液;Na-Hoagland 溶液:28 mmol/L Na_2SO_4 + 9 mmol/L NaH_2PO_4 + 210 mmol/L NaNO_3 + Hoagland 溶液;Cl-Hoagland 溶液:35 mmol/L CaCl_2 + 76 mmol/L MgCl_2 + 108 mmol/L KCl + Hoagland 溶液;NaCl-Hoagland 溶液:250 mmol/L NaCl + Hoagland 溶液。上述 3 组处理溶液的渗透势为 -1.1 mPa。

1.3.2 轻度渗透胁迫 3 组处理液浓度分别为重度渗透胁迫的 1/2,其渗透势为 -0.55 mPa。

以上各处理均为 3 个重复。

2 结果与分析

2.1 耐盐性鉴定

2.1.1 发芽期鉴定 依据盐害指数指标,供试大豆各品种发芽期的耐盐性由强至弱依次为:N23674 > 苏协 1 号 > Lee68 > Jackson > N5461 > N23227 > N23232 > N23234,栽培品种耐盐性大于野生品系,且均处于高耐水平,其中盐胁迫下发芽指数下降最少

的是苏协 1 号,降低最多的是 N23232(表 1)。

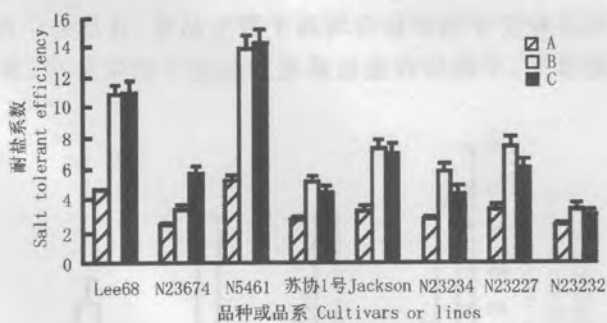
2.1.2 苗期鉴定 耐盐系数数值越大,表示耐盐性越强。当以 1/2 Hoagland 溶液为营养液时,以伤害症状达 100% 时的耐盐系数为标准,供试大豆各品种或品系苗期的耐盐性由强至弱依次为: N5461 > Lee68 > Jackson > N23227 > N23674 > 苏协 1 号 > N23234 > N23232(图 1)。

同样以伤害症状达 100% 时的耐盐系数为标准,将具盐腺野生大豆 BB52 和其他供试野生大豆品系苗期耐盐系数进行比较,其耐盐性由强至弱依次为: BB52 > N23227 > N23234 > N23232,其中具盐腺野生大豆 BB52 的耐盐性明显高于其他三品系(图 2)。

表 1 NaCl 胁迫下栽培大豆和野生大豆发芽势、发芽率、发芽指数、盐害指数及耐盐性比较¹⁾
Table 1 Comparison of germination potential, germination rate, germination index, salt injury index and salt tolerance in cultivated and wild soybean under NaCl stress¹⁾

品种或品系 Cultivars or lines	处理组 Groups	发芽势 (%) Germination potential	发芽率 (%) Germination rate	发芽指数 ²⁾ Germination index ²⁾	盐害指数 (%) ³⁾ Salt injury index ³⁾	耐盐性 Salt tolerance
Jackson	control	80.0	98.3	30.37	10.17	高耐 High tolerance
	treatment	71.7	88.3	23.20		
N23674	control	88.3	100	34.75	0	高耐 High tolerance
	treatment	71.7	100	23.11		
Lee68	control	88.3	98.3	39.84	8.44	高耐 High tolerance
	treatment	81.7	90.0	26.33		
N5461	control	86.7	96.7	31.21	10.34	高耐 High tolerance
	treatment	60.0	86.7	20.27		
苏协 1 号 Suxie No. 1	control	86.7	100	30.72	8.30	高耐 High tolerance
	treatment	73.3	91.7	23.39		
N23234	control	35.0	58.3	14.96	51.46	低耐 Low tolerance
	treatment	18.3	28.3	6.71		
N23227	control	71.7	95.0	28.84	27.78	耐 Tolerance
	treatment	56.7	70.0	16.76		
N23232	control	83.3	90.0	30.64	37.00	耐 Tolerance
	treatment	38.3	56.7	12.93		

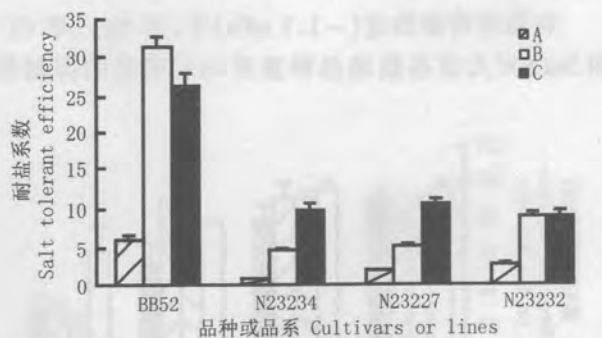
¹⁾ NaCl 浓度为 150 mmol/L The NaCl concentration is 150 mmol/L; ²⁾ 发芽指数 = $\sum(t \text{ 日期发芽数} / \text{相应发芽天数})$ germination index = $\sum(Gt/Dt)$, Gt is the germination number on date of the t, Dt is the corresponding germination days; ³⁾ 盐害指数 = $[(\text{对照组发芽率} - \text{处理组发芽率}) \times 100] / \text{对照组发芽率}$ Salt injury index = $[(\text{germination rate of the control} - \text{germination rate of the treatment}) \times 100] / \text{germination rate of the control}$.



本试验中幼苗培养条件为自然光照,昼夜温度为(28 ± 3)℃和(20 ± 2)℃。耐盐系数 A 按第 1 株幼苗的真叶出现伤害症状时计算;B 按 50% 幼苗的真叶出现伤害症状时计算;C 按 100% 幼苗的真叶出现伤害症状计算。The seedlings were cultured under the natural light, and the temperatures of day and night were (28 ± 3)℃ and (20 ± 2)℃, respectively. Salt tolerance A was calculated when salt injury appeared on the leaf of the first plant seedling; B was calculated when salt injury appeared on the leaf of 50% plant seedlings; C was calculated when salt injury appeared on the leaf of 100% plant seedlings.

图 1 栽培大豆和野生大豆耐盐系数的比较

Fig. 1 Comparison of salt tolerant efficiency in cultivated and wild soybeans



本试验中幼苗培养条件为自然光照,昼夜温度为(10 ± 3)℃和(3 ± 2)℃。耐盐系数 A 按第 1 株幼苗的真叶出现伤害症状时计算;B 按 50% 幼苗的真叶出现伤害症状时计算;C 按 100% 幼苗的真叶出现伤害症状时计算。The seedlings were cultured under the natural light, and the temperatures of day and night were (10 ± 3)℃ and (3 ± 2)℃, respectively. Salt tolerance A was calculated when salt injury appeared on the leaf of the first plant seedling; B was calculated when salt injury appeared on the leaf of 50% plant seedlings; C was calculated when salt injury appeared on the leaf of 100% plant seedlings.

图 2 野生大豆耐盐系数的比较

Fig. 2 Comparison of salt tolerant efficiency in wild soybeans

与其他 3 个野生品系相比,具盐腺野生大豆 BB52 品种在高盐胁迫下(NaCl 浓度高达 1.8%)仍可维持一定的存活率,而其余 3 个品系幼苗在同样的胁迫处理下,均已枯死。从其植株体内 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 离子分布来看, Na^+ 、 Cl^- 含量较对照均有大幅度增加,其中叶中 Na^+ 的增幅最大达 59.50 倍,茎中 Cl^- 的增幅最大达 58.89 倍,但 K^+ 含量的降低幅度较小,下降最多的是茎中的 K^+ ,仅为 47.50%,且叶片中 Na^+ 、 Cl^- 含量相对较低,而 K^+ 含量维持在较高的水平, Na^+/K^+ 值较根、茎均低(表 2)。

表 2 野生大豆 BB52 植株体内 Na^+ 、 K^+ 和 Cl^- 含量(干重)
Table 2 Analysis of Na^+ 、 K^+ and Cl^- contents in wild soybean BB52 (DW)

部位 Organ	Na ⁺ 含量	K ⁺ 含量	Na ⁺ /K ⁺	Cl ⁻ 含量
	Na ⁺ content (mmol/g)	K ⁺ content (mmol/g)		Cl ⁻ content (mmol/g)
对照 control				
根 Root	0.04±0.002	1.00±0.003	0.04	3.88±0.69
茎 Stem	0.04±0.004	0.80±0.005	0.05	1.95±0.07
叶 Leaf	0.02±0.002	0.81±0.009	0.03	4.29±0.27
处理 treatment				
根 Root	1.73±0.451	0.57±0.044	3.04	60.91±5.86
茎 Stem	1.97±0.108	0.42±0.022	4.69	116.78±0.37
叶 Leaf	1.21±0.099	0.75±0.002	1.61	73.30±2.19

2.2 离子效应比较——发芽率鉴定

在轻度等渗胁迫(-0.55 mPa)下,各胁迫处理对栽培品种发芽率略有抑制,但各处理间无显著差异;对野生品系有明显的抑制作用,且单 Na^+ 毒害效应大于单 Cl^- 处理(图 3)。

在重度等渗胁迫(-1.1 mPa)下,单 Na^+ 、单 Cl^- 和 NaCl 对大豆各栽培品种发芽均有明显的抑制作

用,其顺序是: NaCl > 单 Cl^- 处理 > 单 Na^+ 处理;对于野生品系,与对照相比,各处理的发芽率均显著受到抑制,尤其是对品系 N23234 发芽率的抑制作用更明显(图 4)。

3 讨论

3.1 大豆品种发芽期和苗期耐盐性的相关性

本试验中使用 1/2 Hoagland 营养液,对供试大豆品种或品系耐盐性进行比较,可以看出,苗期耐盐性较强有 N5461、Lee68 等,耐盐性较弱的有 N23232、N23674 等。同一大豆品种或品系发芽期和苗期耐盐性有的呈现一致性,有的则具有差异,如 Lee68 在发芽期和苗期均有较强的耐盐性,N23232、N23234 在芽期和苗期均有较弱的耐盐性,Jackson 在发芽期和苗期的耐盐性均处于中等水平,而 N5461、N23674 等则表现出不一致的特点。这表明,评价栽培和野生大豆的耐盐性不能一概而论,就大豆对盐分最敏感发的发芽期和苗期而言,有的品种或品系表现正相关性,而有的则表现负相关性,对栽培和野生大豆均为如此。这与马淑时等^[5]对 1 020 份大豆品种抗盐性鉴定,得出的大豆品种发芽期耐盐碱性和苗期的耐盐碱性无相关性的结果是一致的。

3.2 大豆品种耐盐性指标的确定

在发芽期进行抗盐性比较的常用指标是发芽率,而发芽势、发芽指数、盐害指数等都与之有关。本文用盐害指数分级标准进行比较,可看出所用栽培品种发芽期耐盐性均高于野生品系,且均处于高耐水平。不同品种或品系在盐胁迫下的发芽率、发

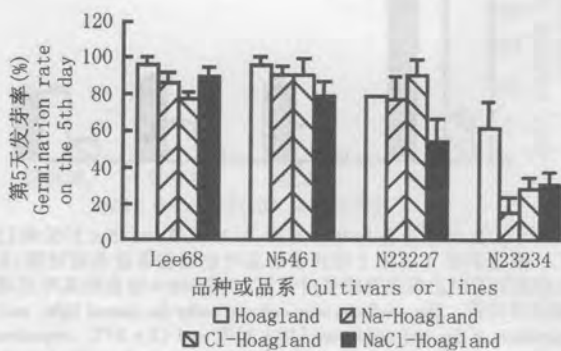


图 3 轻度等渗胁迫(-0.55 mPa)下 Na^+ 和 Cl^- 对栽培大豆和野生大豆发芽率的影响

Fig. 3 Effects of light iso-osmotic stress of Na^+ and Cl^- on germination rate of cultivated and wild soybeans

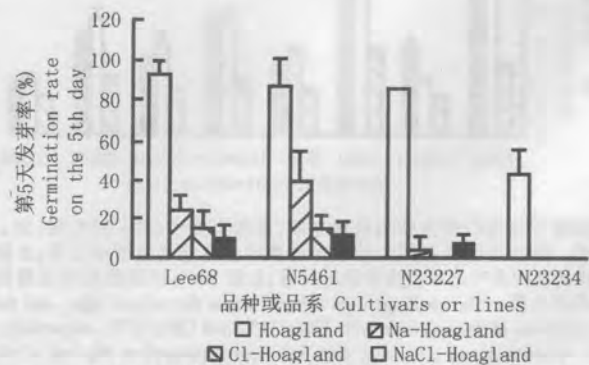


图 4 重度等渗胁迫(-1.1 mPa)下 Na^+ 和 Cl^- 对栽培大豆和野生大豆发芽率的影响

Fig. 4 Effects of heavy iso-osmotic stress of Na^+ and Cl^- on germination rate of cultivated and wild soybeans

芽势、发芽指数等指标的下降程度虽有差异,但很难就耐盐性进行排序比较。因此,使用盐害指数指标基本能反映各品种或品系在发芽期的耐盐性差异。

在大豆苗期,耐盐指数、耐盐系数和植株体内 Na^+ 、 K^+ 和 Cl^- 含量是比较其耐盐性的主要指标。王洪新等^[6]研究表明,耐盐指数指标不适于野生大豆耐盐性的评价。就耐盐系数而言,本文使用 1/2 Hoagland 营养液,采用 A、B 和 C 三种耐盐系数指标衡量大豆不同品种或品系苗期的耐盐性,均可看出 N5461、Lee69 两品种耐盐性较强,而 N23232 较弱,但 B 和 C 在数值上更接近,尤其是在图 1,2 中用 B、C 指标排序时,N23227、N23234 和 N23232 三个野生品系的耐盐性强弱顺序完全一致。而 A 指标仅以第 1 株幼苗真叶出现青枯斑为计算耐盐系数的终止时间,未标明群体数量和伤害比例。图 2 中耐盐系数数值均较图 1 高,可能与低温条件下植株遭受同等程度的盐胁迫,伤害减轻有关^[12]。另外,图 1 中 Jackson 品种耐盐系数与 Hu 等^[7]结果有差异,可能与试验过程中培养条件如气温、光线等不一致有关。

3.3 具盐腺野生大豆 BB52 品系耐盐的可能机理

测定植株各部位 Na^+ 、 K^+ 和 Cl^- 含量,有助于了解盐分被植株根系吸收及其在体内的运输和分配情况,并揭示植物耐盐或盐害机理。

在供试的四个野生品系中,在逐步增加盐溶液浓度时,具盐腺野生大豆 BB52 幼苗可忍耐浓度高达 1.8% (相当于 308 mmol/L) 的 NaCl 胁迫,维持一定的存活率,而其余品系在同等处理下早已枯死。就植株体内的 Na^+ 、 K^+ 和 Cl^- 等离子分布来看,各品种对照植株体内的 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 和 Na^+/K^+ 值,基本处于同一数量级水平(资料未列出)。在高盐胁迫下,BB52 植株根、茎、叶中 Na^+ 、 Cl^- 含量均大幅度增加, K^+ 含量明显下降,但叶中 Na^+ 、 Cl^- 含量相对较低,而 K^+ 含量仍维持较高水平, Na^+/K^+ 值较根、茎均低(表 2)。Durand 等^[13]研究表明,进入栽培大豆木质部液流中的 Na^+ 在向叶片运输过程中,可被木质部薄壁细胞重新吸收或截留,跨膜横向运输至韧皮部,再运送至根系。BB52 品种在盐土中种植时,也发现

其植株由根、茎至叶, Na^+ 和 Cl^- 含量和 Na^+/K^+ 值递减, K^+ 含量递增,各叶位叶片由老至嫩也呈现类似规律(待发表资料)。重度等渗胁迫下, Cl^- 对大豆种子发芽率的抑制作用大于 Na^+ (图 4)。该品种植株通过减少根系吸收的 Na^+ 和 Cl^- (特别是 Cl^-) 向叶片的运输,维持叶片中较高含量的 K^+ ,可减轻盐离子毒害,增强耐盐性。茎木质部中 Na^+ 和 Cl^- 等离子的重新吸收、截留或叶片盐腺泌盐机理,尚待进一步研究。

参考文献

- [1] 郭 蓓,邱丽娟,邵桂花,等. 大豆耐盐基因的 PCR 标记[J]. 中国农业科学,2000,33(1):10-16.
- [2] 於丙军,刘友良. 大豆耐盐性研究进展[J]. 大豆科学,2000,19(2):154-159.
- [3] 邵桂花,常汝镇,陈一舞. 大豆耐盐性研究进展[J]. 大豆科学,1993,12(3):244-248.
- [4] 陆静梅,刘友良,胡 波,等. 中国野生大豆盐腺的发现[J]. 科学通报,1998,43(19):2074-2078.
- [5] 马淑时,王 伟. 大豆品种资源的抗盐碱性研究[J]. 吉林农业科学,1994,4:69-71.
- [6] 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 研究[J]. 植物学报,1997,39(1):39-42.
- [7] Hu Z A, Wang H X. Salt tolerance of wild soybean (*Glycine soja*) in natural populations evaluated by a new method [J]. Soybean Genetics Newsletter, 1997, 24: 79-80.
- [8] 张士功,高吉寅,宋景芝. 水杨酸和阿斯匹林对盐胁迫下小麦种子萌发的作用[J]. 植物生理学通讯,1999,35(1):29-32.
- [9] 王宝山,赵可夫. 小麦叶片中 Na、K 提取方法的比较[J]. 植物生理学通讯,1995,31(1):50-52.
- [10] 龚 明,赵方杰,吴颂如,等. NaCl 胁迫对大麦硝酸盐吸收和有关酶活性的影响[J]. 植物生理学通讯,1990,(2):13-16.
- [11] Kinsbury R W, Epstein E. Salt sensitivity in wheat [J]. Plant Physiol, 1986, 80: 651-654.
- [12] 波杰科夫-梅伯 A,盖尔 J 主编. 盐渍环境中的植物[M]. 赵可夫译. 北京:科学出版社,1980.
- [13] Durand M, Lacan D. Sodium partitioning within the shoot of soybean [J]. Physiologia Plantarum, 1994, 91: 65-71.

(责任编辑:惠 红)