

大豆苗期耐盐性鉴定指标的检验^{*}

罗庆云 於丙军 刘友良^{**}

(南京农业大学农业部作物生长调控重点实验室, 南京 210095)

摘要 在大豆2叶1心期,以含NaCl浓度分别为0、50、100和150mmol·L⁻¹的1/2Hoagland营养液进行培养。14天后,以植株衰亡叶面积率结合正常植株率为指标鉴定了6个栽培大豆品种的苗期耐盐性,同时考查NaCl胁迫对大豆苗期生长状况和发育进程以及大豆体内K⁺、Na⁺和Cl⁻分配情况的影响。结果表明, Lee68和南农1138-2的耐盐性较强;南农88-31为中度耐盐大豆品种;苏协1号和Jackson的耐盐性较差;中子黄豆乙的耐盐性最弱。NaCl抑制植株地上部干物质的积累,使植株的茎节数减少和株高变小,提高根冠比;在NaCl胁迫下,耐盐性强的品种对K⁺的选择性吸收和对Na⁺、Cl⁻的排斥性以及根部对Na⁺和Cl⁻的截留作用强。

关键词 大豆;耐盐性;耐盐性鉴定;K⁺;Na⁺;K⁺/Na⁺;Cl⁻

中图分类号 S332.1 文献标识码 A 文章编号 1000-9841(2001)03-0177-06

盐渍化土壤对植物生长的影响主要表现为降低种子发芽率、出苗率和成苗率^[1,2],使植株叶片失绿^[3]和提早衰亡^[4],降低植株的绝对/相对生长速率^[5]和生物量的积累^[6]。而耐盐性强的植株在盐渍生境下能表现出具有遗传性的耐盐性状^[3],且与植株所处的生长发育阶段有关^[7]。

栽培大豆属于中度耐盐植物,为我国的主要油料作物之一,在盐渍条件下,其产量下降,盐敏感品种较耐盐品种受盐胁迫的影响更大^[8]。为了进行耐盐大豆种质资源评价和筛选,人们采用了多种方法对栽培和野生大豆耐盐性进行了评价。其中代表性的有邵桂花等^[9]建立的大豆种质资源耐盐性的田间鉴定方法,马淑时等^[10]使用的盐害指数和Hu等^[11]提出的耐盐系数为指标的室内鉴定法。由于大豆耐盐性的田间鉴定结果易受日照、气温、降水、风力等田间气候的影响,而使鉴定结果的可重复性降低^[12],耐盐系数鉴定法所需时间相对较长,且盐害症状的辨别会因实验人员的经验不同而存在差异。

本研究在前人工作的基础上,以石英砂为基质,用含不同浓度NaCl的营养液进行胁迫培养,以植株衰亡叶面积占总叶面积的百分率结合正常植株率

为指标对栽培大豆苗期的耐盐性进行鉴定,同时分析了K⁺、Na⁺和Cl⁻在植株体内的分配情况,以期为大豆种质资源和大豆耐盐育种早期世代耐盐性室内快速鉴定提供合理的形态和生理指标。

1 材料和方法

1.1 大豆品种

本实验选用6个栽培大豆(*Glycine max* L. Merrill)品种为材料,包括苏协1号、南农1138-2、Jackson、中子黄豆乙、Lee68和南农88-31。其中Lee68为耐盐品种, Jackson为盐敏感品种^[13]。所有参试品种均由国家大豆改良中心馈赠。

1.2 大豆耐盐性室内鉴定

于2000年6月至9月期间在南京农业大学玻璃室内进行。将供试品种种子用浓度为0.1%的HgCl₂溶液浸泡5分钟后用去离子水漂洗6次,吸干。在25℃下用去离子水浸泡12小时,使种子充分吸胀后置于发芽床上闭光催芽48小时。选取胚根长度一致者转播于盛有厚度一致(10cm)石英砂($\Phi=1-1.5\text{mm}$)的塑料杯中,每杯播8粒,上覆

* 收稿日期:2000-11-13

** 通讯联系人, E-mail: zwslsh@public.ptt.js.cn

基金项目: 国家自然科学基金(39870069), 教育部博士点基金(1999002005)和瑞典国际科学基金(IFS)(C3143-1)资助项目

作者简介: 罗庆云(1974-), 男, 博士研究生, 主要从事植物逆境生理和遗传研究。

致谢: 大豆所刘莹、韩立德、吴敏、杨晓英、本实验室郑青松、吉晓佳和刘俊同学在实验和论文写作过程中给予大力帮助, 在此一并致谢!

0.5cm厚石英砂,将其转置于盛有液面高5cm的1/2Hoagland营养液^[14]的周转箱中。培养至两小叶完全展开(两叶一心期)后,进行定苗,使每只塑料杯中生长5株发育程度一致的植株。同时,将上述塑料杯分为四组,每组3只。将第一至四组植株分别置于盛有液面高约5cm含NaCl 0、50、100、150mmol·L⁻¹的1/2Hoagland营养液中培养。14天后考查各组植株衰老叶面积占总叶面积的百分率,并将植株完整地从小塑料杯中取出,清洗,吸干。分别测定有关形态和生理指标。在整个试验过程中,每2天更换一次营养液。实验条件:昼/夜温度为29±2℃/19±2℃,每日光照11—13小时。

1.3 K⁺、Na⁺、Cl⁻的测定

样品的处理参照王宝山等^[15]方法。用6410型火焰光度计测定Na⁺、K⁺的含量;用AgNO₃滴定法测Cl⁻的含量。

1.4 形态指标的测定和计算

用称量法测定衰老叶面积和植株总叶面积,衰

亡叶面积率(%)=100×衰老叶面积/植株总叶面积。考查植株茎高、茎(去除子叶)干/鲜重、叶片干/鲜重、地下部干/鲜重。

2 结果与分析

2.1 NaCl胁迫下叶片衰老情况

从图1可以看出,随着盐胁迫强度的提高,所有参试品种正常植株百分率下降,叶片部分衰老植株百分率和衰老植株百分率上升。不同品种之间存在较大差异,南农1138-2和Lee68两品种的叶片正常植株百分率能够维持在相对较高的水平,叶片部分衰老植株百分率和衰老植株百分率能够维持在相对较低的水平,以Lee68表现最为明显。说明, Lee68和南农1138-2两品种的耐盐性较强。而南农88-31在150mmol·L⁻¹NaCl胁迫下,其参试植株中仍有部分表型正常,为中度耐盐大豆品种。

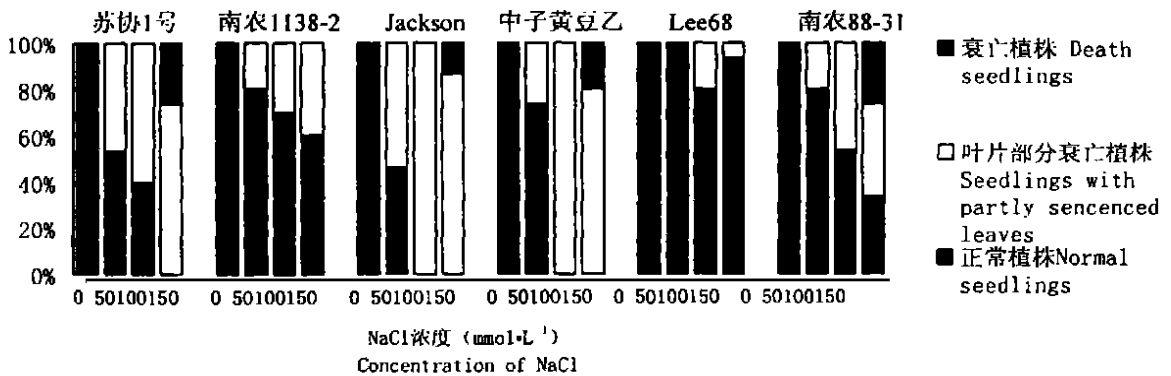


图1 NaCl胁迫下大豆盐害情况

Fig. 1 Effect of NaCl on senescence of leaves

苏协1号在150mmol·L⁻¹NaCl胁迫下即全部受害, Jackson和中子黄豆乙在100mmol·L⁻¹NaCl胁迫下即全部受害,表现出相对较弱的耐盐性。此外,从图2可以看出在中低盐(100、50mmol·L⁻¹NaCl)胁迫下,参试品种间平均衰老叶面积百分率的差异小;而在高盐(150mmol·L⁻¹NaCl)胁迫下,参试品种间平均衰老叶面积百分率的差异增大,耐盐性相对较强的品种的平均衰老叶面积百分率能够维持在相对较低的水平,耐盐性相对较弱品种的平均衰老叶面积百分率上升幅度较大。因而,利用高强度的盐胁迫条件能够很好地鉴别参试品种间的耐盐性差异。

2.2 NaCl胁迫对生长的影响

NaCl胁迫对大豆地上部生长的影响主要表现

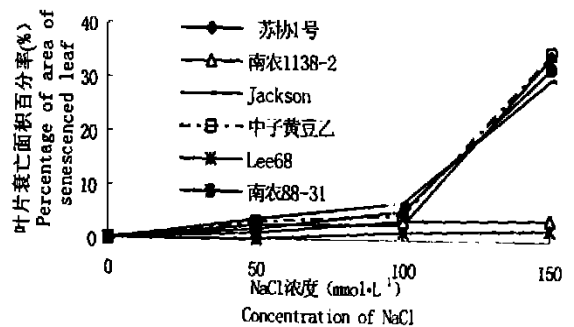


图2 NaCl胁迫大豆叶片衰老的影响

Fig. 2 Effect of NaCl on senescence of leaves

为降低株高和使茎节数减少。但是,耐盐性较强的品种(Lee68)在低盐(50mmol·L⁻¹NaCl)胁迫下,其植株高度不但没有下降,反而有所提高(为对照的

102.5%); 在中高盐(100、150mmol·L⁻¹ NaCl)胁迫下, 其植株高度低于其他参试品种。而耐盐性最差的品种(中子黄豆乙)的植株高度下降幅度最大(为对照的75.2%); 但在中高盐胁迫条件下, 其植株高度高于其他参试品种(图3)。盐胁迫使植株发育迟缓, 茎节数减少, 其胁迫程度也因大豆品种耐盐性不同而存在差异。在高盐胁迫下, 耐盐性强的品种(Lee68)的植株茎节数所受的胁迫程度较大(为对照的56.1%), 而耐盐性相对较弱的品种的植株茎节数所受胁迫程度较小(为对照的64.4—69.6%)(图4)。盐胁迫对根长的影响相对较小, 不同盐胁迫强度下植株最大根长的差异不及株高明显, 苏协1号、中子黄豆乙和南农88—31的最大根长表现为受低盐促进、高盐抑制(图5)。

2.3 NaCl胁迫对生物量的积累和分配的影响

随着NaCl胁迫强度的加大, 植株地下部和地上部生物量积累减少。但苏协1号、中子黄豆乙、Lee68和南农88—31地下部生物量的累积表现为受低盐促进、高盐抑制(图6)。苏协1号和Jackson地上部生物量的积累受低强度盐胁迫的促进(图7)。NaCl胁迫促进植株体内生物量向地下部累积相对增多, 根冠比增大。在高盐胁迫下耐盐性差的品种的根冠比大于耐盐强的品种(图8)。

2.4 NaCl胁迫对Cl⁻分布的影响

随着NaCl胁迫强度的加大, 大豆植株根、茎、叶中的Cl⁻含量逐渐增大。耐盐性不同的品种, 其根、茎、叶中的Cl⁻含量分布情况不同。在低盐胁迫下, 耐

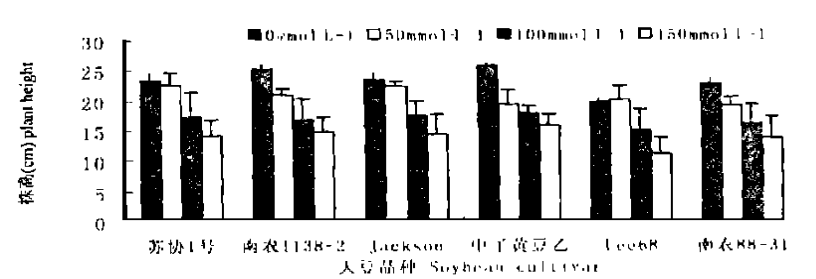


图3 NaCl对大豆株高的影响

Fig. 3 Effect of NaCl on height of seedlings

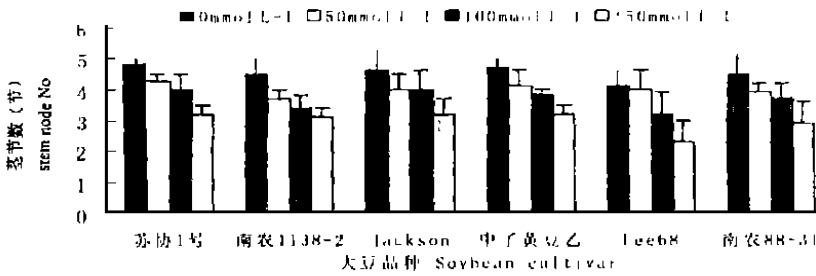


图4 NaCl对大豆茎节数影响

Fig. 4 Effect of NaCl on stem node No. of seedlings

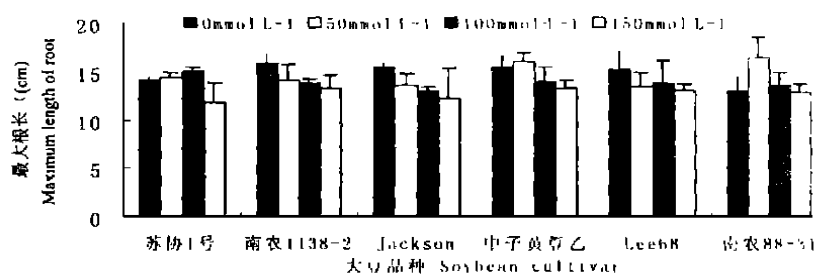


图5 NaCl对大豆最大根长的影响

Fig. 5 Effect of NaCl on maximum height of root

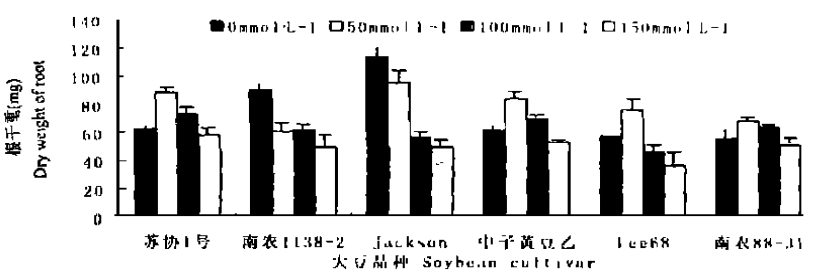


图6 NaCl对大豆根干重的影响

Fig. 6 Effect of NaCl on dry weight of root

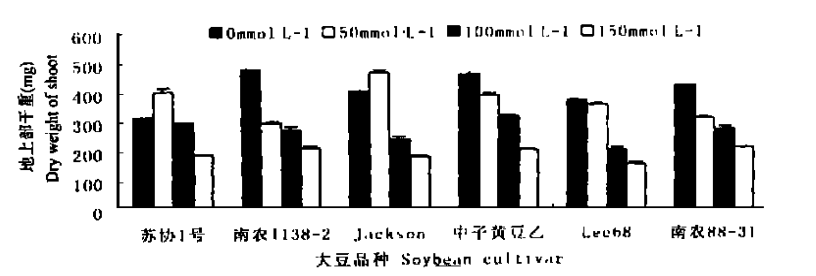


图7 NaCl对大豆地上部干重的影响

Fig. 7 Effect of NaCl on dry weight of shoot

盐性较强的品种(南农 1138-2 和 Lee68) 其各部位的 Cl^- 含量分布情况为根>茎>叶, 以叶片中 Cl^- 含量最低。尤以 Lee68 品种表现最为明显, 在中低盐胁迫强度下, 其叶片中的 Cl^- 含量为 0; 而只有在高盐胁迫强度其叶片中才有 Cl^- 的分布。而对于苏协 1 号、中子黄豆乙和 Jackson 耐盐性较弱的品种, 在低盐胁迫强度下, 其各部位的 Cl^- 含量分布情况为茎<根<叶, 以茎中 Cl^- 含量最低, 叶片中 Cl^- 含量最高; 在中高盐胁迫强度下, 其各部位的 Cl^- 含量分布情况为根<茎<叶, 以根中 Cl^- 含量最低, 叶片中 Cl^- 含量最高。而对于耐盐性中等的南农 88-31, 其各部位 Cl^- 含量分布情况介于上述两种情况之间, 在低盐胁迫强度下, 其各部位的 Cl^- 含量分布情况为根>茎、叶; 在中高盐胁迫强度下, 其各部位的 Cl^- 含量分布情况为根>叶>茎(图 9)。

2.5 NaCl 胁迫对 K^+ 分布的影响

随着 NaCl 胁迫强度的加大, 大豆植株根、茎、叶中的 K^+ 含量逐渐降低。 K^+ 含量分布情况为叶>根>茎, 以叶片中 K^+ 含量最高, 茎中 K^+ 含量最低, 品种间差异不明显。但是, 在中低盐胁迫强度下, 耐盐性强的 Lee68 和南农 1138-2 的茎中 K^+ 含量较其他参试品种为高, 且随着 NaCl 胁迫强度的加大, 其茎中 K^+ 含量下降较其他品种缓慢, 始终维持在比较高的水(图 10)。

2.6 NaCl 胁迫对 Na^+ 分布的影响

随着 NaCl 胁迫强度的加大, 根、茎、叶中的 Na^+ 含量逐渐增大, 各部位的 Na^+ 含量分布情

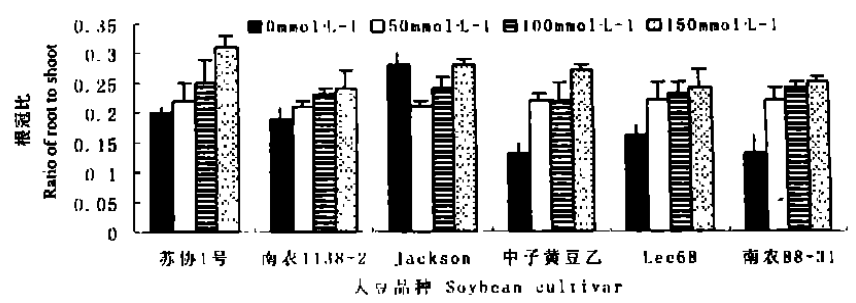


图 8 NaCl 对大豆根冠比的影响

Fig. 8 Effect of NaCl on ratio of to shoot

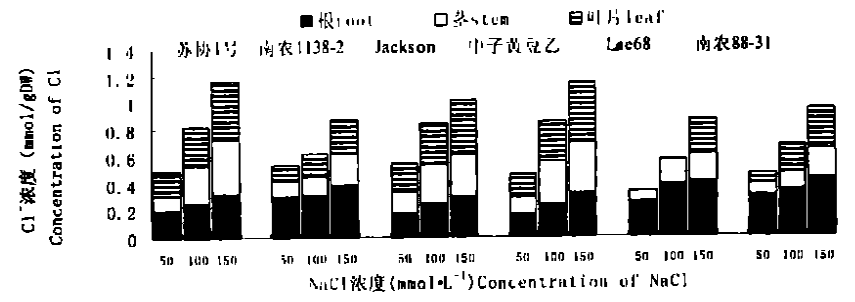


图 9 NaCl 对 Cl^- 分布的影响

Fig. 9 Effect of NaCl on distribution of Cl^-

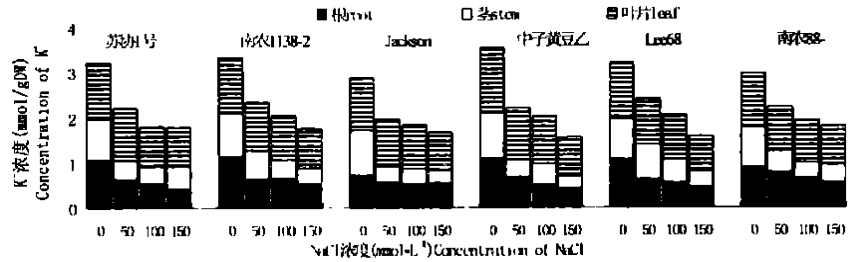


图 10 NaCl 对 K^+ 分布的影响

Fig. 10 Effect of NaCl on distribution of K^+

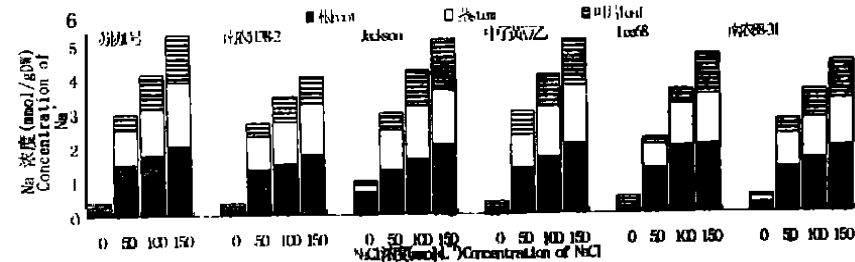


图 11 NaCl 对 Na^+ 分布的影响

Fig. 11 Effect of NaCl on distribution of Na^+

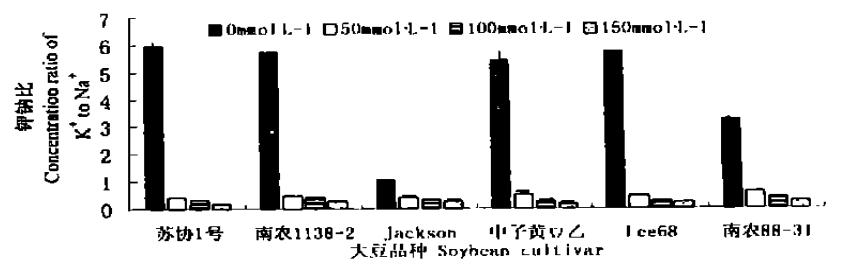


图 12 NaCl 对根钾钠比的影响

Fig. 12 Effect of NaCl on concentration ratio of K^+ to Na^+ in root

况为根>茎>叶,以根中Na⁺含量最高,叶片中Na⁺含量最低。在高、中盐胁迫强度下,耐盐性较强的南农1138-2、Lee68和南农88-31的茎和叶片中Na⁺含量都低于耐盐性较弱的苏协1号、中子黄豆乙和Jackson(图11)。

2.7 NaCl胁迫对K⁺/Na⁺的影响

随着NaCl胁迫强度加大,根、茎、叶中的K⁺/Na⁺下降。在对照条件下,耐盐性不同的品种,其根、茎、叶中的K⁺/Na⁺分布情况基本一致,叶>茎>根。但随着NaCl胁迫强度的加大,根、茎、叶中的K⁺/Na⁺分布情况因品种耐盐性不同而存在差异。在低盐胁迫强度(50mmol·L⁻¹NaCl)下,耐盐性较强的南农1138-2和Lee68各部位K⁺/Na⁺分布情况与对照相同,为叶>茎>根。随着NaCl胁迫强度的加大,各部位的K⁺/Na⁺分布情况仍为叶>茎>根。而耐盐性较弱苏协1号、中子黄豆乙、南农88-31和Jackson体内的K⁺/Na⁺分布情况为叶>根>茎,叶部K⁺/Na⁺最高,茎部K⁺/Na⁺最低。在同一盐胁迫水平上,耐盐性较强的品种的茎和叶部K⁺/Na⁺值高于耐盐性较弱的品种的相应部位(图12-14)。

3 讨论

3.1 大豆耐盐性评价对大豆耐盐种质的筛选以及大豆耐盐生理的研究具有极其重要的意义。在植物耐盐性评价中,常采用植株存活率、绝对生长量和相对生长量等三个指标。特别是植株在高盐胁迫下的存活状况,已成为大麦、小麦和番茄等作物资源耐盐性评价的基本指标^[16]。人们在对大豆种质资源的耐盐性进行评价时,往往采用中等的盐浓度进行胁迫鉴定^[2-10]。本研究以低中高盐进行胁迫鉴定。结果表明,在高强度盐胁迫条件下,大豆品种间的耐盐性差异能够得到很好的区分。耐盐性强者,其植株死亡面积率和植株死亡率都较耐盐性弱者低;同时,其正常植株百分率较耐盐性弱者高。此外,在高强度的盐胁迫条件下,大豆植株的盐害症状出现所需时间缩短,从而提高耐盐性鉴定效率。

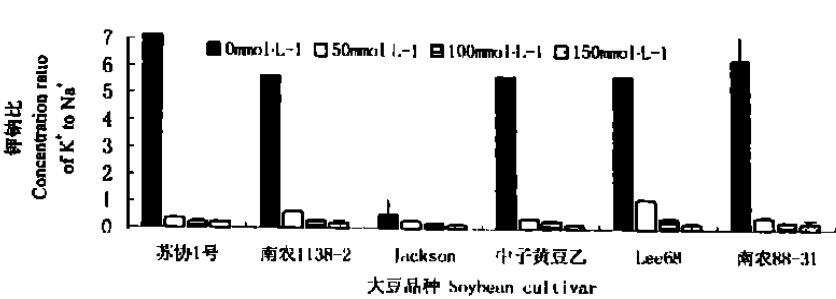


图 13 NaCl 对茎钾钠比的影响

Fig. 13 Effect of NaCl on concentration ratio of K⁺ to Na⁺ in stem

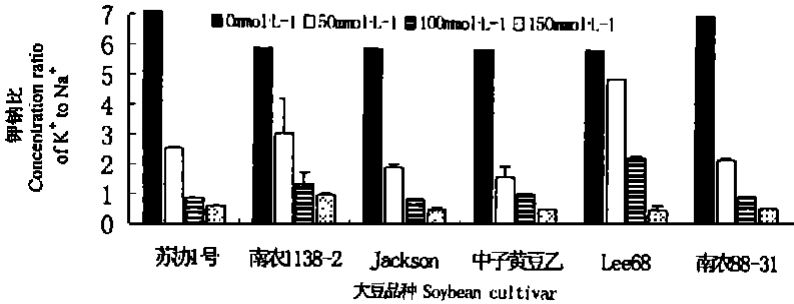


图 14 NaCl 对叶片钾钠比的影响

Fig. 14 Effect of NaCl on concentration ratio of K⁺ to Na⁺ in leaf

3.2 盐胁迫使植株的生长量减少,从生理的角度上可以归纳为碳同化减少、渗透调节能耗和维持能耗等三个原因^[17]。盐胁迫下大豆的生长表现为株高降低和茎节数减少;地上部和地下部的生物量累积减少,且地上部生长所受的抑制作用大于根部。大豆的耐盐性越强,其地上部生长所受的抑制作用越大,在高盐胁迫下的存活率越高。这可能与植株的避盐机理有关。

3.3 大豆根部Cl⁻、Na⁺以及植株地上部对K⁺的选择性吸收能力与其抗盐性大小有关。植株根部对Cl⁻和Na⁺的截留作用越强,使其地上部,特别是叶部的Cl⁻和Na⁺维持在相对较低的水平,则其耐盐性越强。叶片中Cl⁻的积累量与大豆品种之间耐盐性大小相关,盐敏感品种的茎和叶中大量积累Cl⁻,耐盐品种则排斥Cl⁻。本研究结果表明,耐盐性强的大豆品种的茎和叶部的Cl⁻含量低于耐盐性弱的品种。同时,大豆地上部对K⁺的选择性吸收能力越大,其叶部的K⁺能够维持在相对较高的水平,则其耐盐性越强。

参考文献

1 Stumpf, D. K. , Prisco, J. T. , Weeks, J. R. , et al. , Salinity and *Salicornia bigelovii* Torr. Seedling establishment[J] . *Water relations. J. Exp. Bot.* 1986(37): 160-169.

2 Wahid, A. , Rao, A. R. , Rasul, E. Germination of seeds and propagules under salt stress[S] . In: Peessarakli, M. (Ed). *Hand-*

- book of Plant and Corp Stress 2, Marcel Dekker, New York, 1999, pp 153—167.
- 3 Wahid, A., Rao, A. R., Rasuk, E. Identification of salt tolerance traits in sugarcane lines[J]. Field Crops Res., 1997(54): 9—17.
 - 4 Lutts S., Kinet, J. M. Bouharmont, J. NaCl induced senescence in leaves of rice(*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance[J]. Ann. Bot. 1996(78): 389—398.
 - 5 Garcia, A., Semadhira Flowers, T. J., et al, The effect of selection for sodium transport and for agronomic characteristic upon salt resistance in rice(*Oryza sativa* L.) [J]. Theor. Appl. Genet, 1995 (90): 1106—1111.
 - 6 Francois, L. E., Salinity effects on four sunflower hybrids[J]. Agron. J. 1996(88): 215—219.
 - 7 龚明, 刘友良, 丁念诚, 等. 大麦不同生育期的耐盐性差异[J]. 西北植物学报, 1994, 14(1): 1—7.
 - 8 常汝镇, 陈一舞, 邵桂花, 等. 盐对大豆农艺性状及籽粒品质的影响[J]. 大豆科学, 1994, 13(2): 101—105.
 - 9 邵桂花, 常汝镇, 陈一舞, 等. 大豆耐盐性研究进展[J]. 大豆科学, 1993, 12(3): 244—248.
 - 10 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.
 - 11 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.
 - 12 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.
 - 13 George H. Abel, Arnold J. Mackenzie. Salt tolerance of soybean varieties (*Glycine max* L. Merrill) during germination and later growth[J]. Crop Science 1966, 4: 157—160.
 - 14 毛达如主编. 植株营养研究方法[M]. 北京, 北京农业大学出版社, 1994, 17.
 - 15 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.
 - 16 刘祖祺, 张石城主编. 植物抗性生理学[M]. 北京, 中国农业出版社, 1993, 278.
 - 17 徐云岭, 余叔文. 植物适应盐逆境过程中的能量消耗[J]. 植物生理学通讯, 1990(6): 70—73.

EFFECT OF NaCl ON THE GROWTH, K^+ , Na^+ AND Cl^- DISTRIBUTION IN SEEDLINGS OF 6 SOYBEAN CULTIVARS (*Glycine max* L. Merrill)

Luo Qingyun Yu Bingjun Liu Youliang

(Key Lab of Crop Growth Regulation, Ministry of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095)

Abstract Seedlings with two fully expanded leaves were cultivated in $1/2$ 'hoagland' nutrient solution containing 0, 50, 100, 150 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl for 14 days. Then average percentage of senesced leaf area and percentage of normal seedling were employed as indexes in salt tolerance of 6 soybean cultivars (*Glycine max* L. Merrill). The evaluation of NaCl effects on the growth, K^+ , Na^+ and Cl^- distribution in seedlings were surveyed. The results showed that, according to their ability of salt tolerance, "Lee68" and "Nannong 1138—2" were ranged as 'strong', "Nannong 88—31" was ranged as 'moderate', "No. 1 of Suxie" and "Jackson" were ranged as 'weak' and "Jiangsu Zhongzi huangdou—yi" was the 'weakest' one. Accumulation of shoot biomass, height and stem node No. of seedling were reduced dramatically. Ratio of roots to shoots was increased. Compared to salt sensitive varieties, the leaf of salt tolerance 'strong' varieties was characterized as strong selector of K^+ , and their shoots and roots were characterized as strong impediments in upward transport of Na^+ and Cl^- .

Key words Soybean; Salt tolerance; Evaluation of salt tolerance; K^+ ; Na^+ ; Ratio of K^+ to Na^+ ; Cl^-