

渤海湾津唐沿海野生大豆 (*Glycine soja*) 种群高盐碱胁迫反应

肖鑫辉, 李向华, 王克晶

(中国农业科学院作物科学研究所/农作物基因资源与基因改良国家重大科学工程, 北京 100081)

摘要:以渤海湾津唐沿海地带 895 份野生大豆种群在高盐碱(3%)环境下的全生育期鉴定试验, 分析不同种群(株系)的生长发育动态以及对盐碱土壤生态适应性的分化。结果表明, 出苗阶段存在 3 种耐盐碱能力类型: 耐高盐碱胁迫发芽出苗; 耐低盐碱胁迫发芽出苗; 盐胁迫不能发芽出苗。在高盐胁迫下营养生长早期阶段种群死亡率最高, 中期以后相对降低, 成熟期死亡率较低。种群植株形态建成和生殖生长受到高盐胁迫的强烈抑制, 表现早期严重而后期较轻。植株和产量性状的受害程度由大到小依次为: 单株的地上干物质重、单株产量、种子数、百粒重和收获指数。株系间变异系数从大到小依次为: 单株产量、种子数、荚数、收获指数、地上干物质重、百粒重。研究揭示该地域种群内对盐碱土壤有很高的适应性分化, 存在高耐盐碱生态型。

关键词:野生大豆; 耐盐性; 生态适应分化; 土壤生态型; 种群

Response of the Population of Wild Soybean (*Glycine soja*) in the Bohai Bay Littoral Bestriding Tianjin and Tangshan Areas to High Salinity Soil Stress

XIAO Xin-hui, LI Xiang-hua, WANG Ke-jing

(The National Key Facility for Crop Gene Resources and Genetic

Improvement/ Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: The exploitation of crops with salinity tolerance is significant for the agriculture. Total 895 individual plants of wild soybean were collected from the littoral population in the Bohai Bay region bestriding Tianjin and Tangshan areas. The tolerance identification was carried out with three experimental treatments. The results showed that there were a series of salinity tolerant individual lines of different intensities at various growth phases in the Jin-Tang population, suggesting that edaphic ecotypic differentiation existed in this population. At seed germination, there were three kinds of lines for germination ability: germinable (high-tolerant); germinable at a reduced level of salinity stress; incapable (sensitive). The growth of plants at earlier stage was worse inhibited than subsequent stages. The damaged degrees of morphological traits in the population showed as the order: overground dry weight, yield, seed number per plant, 100-seed weight, and harvesting index. The coefficients of variation in traits between lines was ordinal yield, seed number, pod number, harvesting index, overground dry weight per plant, and 100-seed weight. The Jin-Tang population had high levels of edaphic ecological adaptation and edaphic ecotype with high levels of salinity tolerance, which was expected to become useful in developing high salinity-tolerant soybeans.

Key words: *Glycine soja*; Salt-tolerance; Ecological adaptation differentiation; Edaphic ecotype; Population

土壤盐渍化已成为困扰全球农业发展的难题, 培育耐盐新品种是开发和利用盐渍化土地最经济和

收稿日期: 2009-05-12

修回日期: 2009-09-17

基金项目: 科技部公益项目(2004DTB3J090)

作者简介: 肖鑫辉, 在读硕士。E-mail: xiaoxinhui1983@163.com

通讯作者: 王克晶, 研究员, 从事野生大豆资源研究。E-mail: wangkejing92@hotmail.com

持久的有效措施之一。植物耐盐碱的机理受多方面因素影响和制约,相当复杂,国内外在植物的耐盐性和生理机理方面开展了大量研究^[1-8]。史凤玉等^[9]综述了野生大豆耐盐碱性的研究进展。邵桂花等^[10]在盐碱地播种前浇灌地下咸水鉴定 2 万余份大豆品种,筛选到文丰 7 号和铁丰 8 号两个高耐盐碱性种质。吴春芳等^[11]在盐碱土种植筛选耐盐的大豆品种。分子生物学技术应用于大豆耐盐研究已获得了一些与耐盐相关基因连锁的分子标记^[12-14]。

许多作物将抗逆性基因的鉴定转向野生祖先种或近缘种^[15]。Pantalone 等^[16]对大豆属的多年生野生大豆进行了耐盐鉴定。野生大豆是栽培大豆祖先种,可与栽培大豆杂交产生可育后代。因此,筛选高耐盐碱性野生大豆并将其特性导入栽培大豆,对于提高大豆耐盐碱性具有十分重要的意义和良好前景。郭宝生^[14]研究显示,王克晶等^[17]利用野生大豆与栽培大豆杂交培育出中野 1 号具有耐盐性。Lu 等^[18]从山东黄河入海口的野生大豆种群中得到高耐盐野生大豆 BB52 种质。杨晓英等^[19]从江苏盐碱地野生大豆中鉴定出苗期高耐盐的 JWS 株系。杨晓英等^[19]和於丙军等^[20]对野生大豆耐盐性进行了 K^+/Na^+ 、植株离子吸收快慢和生理表现的研究。

王洪新等^[21]曾在山东黄河入海口 1% 盐碱地取样研究野生大豆群体的耐盐碱性。我国沿海地带大面积盐碱地上有野生大豆的分布,如何鉴定和利用这些基因资源是重要的课题。有关野生大豆的耐盐筛选方法采用较多的是芽期鉴定或苗期鉴定^[19,21-24]。Abel 等^[25]、邵桂花等^[10]研究指出大豆的发芽期和以后各生育阶段耐盐性之间没有明显的相关性。虽然有人在盐碱地直接种植鉴定大豆的耐盐性^[11,26],但是能够种植大豆的盐碱地其盐碱含量都相对较低,各研究者试验地土壤含盐碱浓度不同,并容易受到季节气候因素的影响,使土壤盐碱含量因季节或天气变化而变化,不能使全生育期都能持续地受到盐碱胁迫从而观察到植株对盐碱的适应性反应。

盐碱胁迫条件下的形态性状变化是耐盐基因表达和生理反应的最终体现。特别是产量性状是追求耐盐碱的最终指标,只有获得与正常条件下至少相等的产量水平才是耐盐碱研究所追求的目的。因此,研究高盐碱环境下的种群或个体形态反应是极其重要的。目前野生大豆全生育期鉴定,特别是使用海滨高含量盐碱土进行评价还很

少。海滨盐碱土鉴定更符合盐碱地土壤生态环境,在防雨设施中进行鉴定可以保持对鉴定材料稳定和持久的盐碱胁迫压力。津唐地区沿海地带野生大豆分布,生长的环境主要是村落、公路边、水塘边、水渠、农田边和干旱或盐渍荒地。这一地域种群由于农耕、海水养殖、筑路、农村和城镇建设及工业和旅游项目开发,种群分布被片断化,分布数量在减少。本文的研究目的是对津唐地区沿海地域野生大豆种群在高盐碱土壤胁迫条件下进行全生育期的耐盐碱性鉴定,阐明此过程中的植株生长发育和形态反应、土壤生态适应性以及筛选高耐盐碱的株系,为野生大豆遗传资源的高耐盐碱种质选择提供理论参考和提供可以应用于大豆耐盐碱育种的高耐盐碱种质。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2006 年在渤海湾的唐山和天津 6 个区县的沿海地带采集 895 份野生大豆单株材料。搜集地区的总体气象生态条件相似,土壤生态环境大多是不同程度盐碱土壤或干旱土壤,个别材料生长在小生境条件好的土壤上。这些地区早在 20 世纪 50 年代基本上都是盐碱地,后来由于农垦开发和工业开发,种群伴随着地块的隔离及土壤盐碱含量的变化而出现斑块片断化。搜集地海拔全部在 30m 以下。每个搜集的单株材料为一个株系(表 1)。

表 1 材料搜集地和数目

Table 1 Collection region and the number of wild soybean

收集地区 Collection region	采集株系数 No. of lines collected	采集地生境 Ecological environments
天津静海	259	盐碱地、干旱
天津塘沽	151	盐碱地
天津大港	56	盐碱地
天津汉沽	56	干旱、盐碱
天津宁河	56	干旱
河北唐海	317	盐碱地、正常土壤
合计	895	

1.2 试验方法

本试验土壤取自天津海滨的海水人工养殖池的池埂咸土,土壤总盐碱含量为 3% (称重法), pH7.8。取土点及周围没有任何野生大豆分布,只有海岸蒿草生长。鉴定种植设置 3 个处理。

处理 1:全盐碱土盆栽直接播种(直径 35cm ×

高 30cm 塑料花盆,每盆装约 13kg 盐碱土),每个株系材料 1 盆,每盆播种 5 粒种子(野生大豆种皮不易透水,播种前种皮划伤处理),共计播种 895 盆(株系)。处理 2:非盐碱土覆盖播种。全盐碱土盆栽直接播种(处理 1)通常 5~7d 就能出苗。1 周后未出苗的有 270 株系,再进行非盐碱土覆盖播种处理(考虑到未出苗可能由于对盐碱土十分敏感,播种采用底土为盐碱土,覆盖土采用大田土壤减轻胁迫压力)。5 月 28 日播种,每盆 5 粒种子。对照处理 CK:大田土壤盆栽对照 895 盆(株系),播种和生育期间管理与盐碱土盆栽处理相同。处理 1 和对照处理均在 5 月 14 日播种。用栽培大豆高耐盐品种文丰 7 号和铁丰 8 号盐碱土盆栽直接播种做对照,每个品种播种 2 盆,每盆 5 粒种子。

所有 3 个处理都是在高 4m 的人工塑料大棚防雨设施下实施(中国农业科学院作物科学研究所网室)。采用滴灌,根据盆土的湿度情况每 3~5d 滴灌 1 次,每次滴灌用水量严格控制,避免水从底部流出(处理 1 和处理 2 的每个株系盆底部放有托盘),试验盆的土壤总是保持湿润。

1.3 观察、测定与统计

出苗后及时观察和记载生长发育状况、盐害症状或死亡等。调查记载项目包括出苗时间、出现盐害的症状、死亡时期、阶段生长株高、生长速率、单株荚数、单株粒数、单株产量、单株干物重、收获指数(单株产量/地上干物质重)。每个株系所给出的调查值都是按株系(盆)为单位测定的平均值(存活株数 1~5 株不等)。出苗率统计为播种 1 周后出苗株系数占总株系数的百分率(盆内有 1 株即可算作出苗)。株系按最后个体死亡为死亡日期。死亡率统计为一定间隔期间内死亡株系(盆)占前次调查时存活株系(盆)的比率。用 SPSS16.0 软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 种群发芽出苗动态

在高盐碱环境下,2 个栽培大豆对照品种的种子不发芽或发芽畸形,在播种后 20d 内全部死亡。野生大豆出苗结果见表 2。895 野生大豆株系全盐碱土直播(处理 1)有 625 株系(69.83%)出苗,270 株系(30.17%)没有出苗。270 份未出苗株系进行了非盐碱土覆盖补种处理(处理 2),结果有 92 株系(34.07%)出苗,178 株系仍然不能出苗。

表 2 高盐碱胁迫下不同处理的出苗株系数

Table 2 Percentage of lines for emergence

处理 Treatment	株系数 No. of lines	出苗株系数 No. of lines for emergence	比率(%) Percentage
处理 1	895	625	69.83
处理 2	270	92	34.07

结果显示,高盐碱环境下播种野生大豆,出苗阶段存在 3 种类型差异,即(1)能在高盐碱土上直接发芽出苗(I 型);(2)降低胁迫压力仍能够发芽出苗(II 型);(3)完全不能发芽出苗类型(III 型)。津唐盐碱地野生大豆种群能够在盐碱含量 3% 的土壤上正常发芽出苗的 I 型株系占 69.83%,II 型占 10.28%,III 型约占 19.89%。

2.2 株系生长和株高的种群动态

由表 3 可知,与对照相比各发育生长阶段高盐碱土壤上的植株生长速率和植株高度明显受到抑制,茎受害症状主要表现为矮化。茎生长迟缓和生长被抑制是盐碱条件下的普遍现象。而本文矮化指生长点严重受到抑制,生长极其缓慢,植株矮小,有的植株伴随出现黄化叶,株系间有明显差异。

在苗期营养生长阶段(播种后第 27 天,即出苗后第 21 天,6 月 10 日测定)高盐碱土壤上存活的 317 株系的生长明显被抑制,平均株高 13.4cm,而对照平均株高 40.7cm,对照平均株高是高盐碱土处理的 3 倍,也就是说在营养生长的早期阶段(苗期)种群平均株高的生长被抑制了 67.10%。正如表 4 所显示的在高盐碱土生长的处理 1 株系的平均生长速率被抑制 3 倍,仅 0.64cm/d,而对照为 1.94cm/d。即使处理 1 中存活到成熟期的 88 株系苗期营养生长阶段平均株高变异系数也非常高,达到 81.21%,说明种群内株系间生长出现较大的适应性分化。

在营养生长中期(播种后第 59 天,7 月 11 日测定),高盐碱土上生长的株系与对照比较株高仍然被明显抑制,平均株高 107.1cm,而对照已经达到 236.8cm(表 3),但是这个阶段的生长速率加快。处理 1 存活到成熟期的 88 株系从 6 月 10 日到 7 月 11 日的 32d 平均日生长速率为 3.57cm/d,比苗期快 4.76 倍,而对照为 6.59cm/d,比苗期仅加快了 3.35 倍。从种群总体(处理 1)看,该阶段生长速率平均为 3.16cm/d,而对照为 6.54cm/d。显然处理 1 生长速率比苗期加快了 4.94 倍,对照

仅加快了3.37倍,所以生长抑制程度比苗期下降,种群平均生长速率被抑制2倍,即使处理1存活到成熟期的88株系生长速率也被抑制了1.85倍(表4)。中期的株高变异系数也大大降低,有33.45%,而对照的变异系数仅8.36%,说明从早期到中期这段时期内,株系经过高盐碱土壤胁迫的选择,不适应的株系被淘汰,存活下来的株系都显示一定的适应性,生长速率也略微加快,株系的变异系数降低。在这个阶段,处理1中存活到成熟期的88株系株高的生长也被抑制44.66%,平均株高的生长被抑制了54.77%。

到成熟期,存活下来的高耐盐碱的株系(88株系)平均株高也能达到260.7cm,对照平均株高达321.6cm(表3),也就是说在成熟时存活株系的株高仅被抑制了18.94%。显然从营养生长中期阶段到成熟阶段,高盐碱土处理存活的株系的生长速度比

以前加快,也正如到成熟期的株高的变异系数也低(19.04%),暗示在株高方面最终存活的株系之间分化相对并不很大。对照的变异系数降低到6.58%。

在成熟期非盐碱土覆盖处理(处理2)下存活的24株系平均株高266.2cm,变异系数21.74%(表3)。结果显示,播种时降低盐碱胁迫在成熟时存活株系的株高与盐碱土直接覆盖播种处理(处理1)的株高没有显著差异,处理2在最终株高上没有明显生长优势。这也许归结于两种可能:(1)处理2的株系本身遗传上在高盐碱土壤环境下发芽出苗阶段的耐盐碱能力就很弱,影响到以后株高生长;(2)与发芽出苗阶段耐盐碱性无关,出苗以后在高盐碱土壤上株高方面没有生长优势,与处理1株系同样受到强烈抑制。

表3 高盐碱胁迫下营养生长期和成熟期的株系平均株高的反应差异

Table 3 Response of mean plant height to the high level of saline soil at vegetative growth and maturation period

处理 Treatment	播种后 27d 27 d after sowing			播种后 59d 59 d after sowing			成熟 Maturation period		
	株系数 No. of lines	株高 (cm) Plant height	变异系数 (%) CV	株系数 No. of lines	株高 (cm) Plant height	变异系数 (%) CV	株系数 No. of lines	株高 (cm) Plant height	变异系数 (%) CV
处理 1	317	13.4 ± 10.9 Ab	81.34	226	107.1 ± 35.8 Ab	33.43	—	—	—
处理 2	—	—	—	—	—	—	24	266.2 ± 57.9	21.74
对照 CK	317	40.7 ± 13.3 Aa	32.68	226	236.8 ± 19.8 Aa	8.36	—	—	—
处理 1 成熟株系	88	15.8 ± 11.7 Bb	74.05	88	130.0 ± 32.0 Bb	25.15	88	260.7 ± 49.6 Bb	19.04
成熟株系 对照	88	41.3 ± 12.0 Ba	29.06	88	234.9 ± 18.6 Ba	7.92	88	321.6 ± 21.2 Ba	6.58

同一列相同大写字母表示相互比较,a,b表示差异达到1%显著水平,下同 The same capital letters imply the reciprocal comparison between treatments and controls,and the letters a and b indicate significantly difference at 1% level,the same as below

表4 高盐碱胁迫下营养生长前期和中期的株系平均生长速率

Table 4 Mean growth rates at early and medium vegetative phases under the high salinity soil

处理 Treatment	株系数 No. of lines	苗期营养生长 (cm/d) Seedling vegetative growth stage	营养生长中期 (cm/d) Medium vegetative growth stage
处理 1	317	0.64 Ab	3.16 Ab
对照 CK	317	1.94 Aa	6.54 Aa
处理 1 成熟株系	88	0.75 Bb	3.57 Bb
成熟株系对照	88	1.97 Ba	6.59 Ba

2.3 种群死亡率变化

在高盐碱土壤环境下植株持续不断地受到胁迫

迫,忍耐能力有差异的株系在不同发育时期开始逐渐死亡。图1所示种群(895株系)各发育时期的死亡率的变化曲线(处理1)。高盐碱环境下株系一直受到强胁迫的选择压力,不能忍受的株系逐步死亡被淘汰。在盐碱土壤直播处理已经出苗的625株系中,超过53%的株系在出苗1个月内死亡,其后死亡率降低,成熟阶段最低。

在营养生长的中期(31~60d)株系经过前阶段的高盐碱土壤选择后,都具备暂时的耐性,种群的死亡率相对降低,在31%左右。播种后61~90d是营养生长中后期和转入生殖生长的阶段,大部分株系开始开花,死亡率略微增加(34%左右),原因可能是开花生殖生长阶段植株对不良环境更加敏感,经过一段时间的胁迫后,一些进入开花生殖生长后不

能再继续忍受的株系死亡。在接下来的结荚生殖生长阶段(91~120d)经过前阶段的选择后,存活的株系又具备更强的一定耐性,死亡率又开始降低。由于经过持续的胁迫压力,最后生存的株系更具有耐性,体现在生育期较长的晚熟型(121~150d)的株系死亡率很低,只有9%左右。最终忍耐下来的株系维持种群的延续。说明耐盐碱鉴定的时期越是后期判断的风险性也减小。

非盐碱土覆盖处理的株系死亡率变化基本趋势同处理1,出苗1个月内也是高死亡率阶段,中期(31~60d)以后开始降低到26%左右;营养生长的中期(31~60d)和在生殖生长阶段(91~120d)维持在20%~22%左右。然而非盐碱土覆盖处理2的株系死亡率在各生长发育阶段始终低于高盐碱土壤直播处理1,显示非盐碱土壤覆盖处理后,胁迫压力降低,种子萌发率明显提高。这些结果暗示了种子发芽出苗时期降低盐碱胁迫的强度,对降低种群各发育时期的株系死亡率有明显的后续效果。其机理还不清楚,推想一非盐碱土覆盖播种处理降低了对种子形成苗时的高盐毒害,有利于建立强健的幼苗而影响以后各时期;二是也可能处理2的非盐碱土壤覆盖厚度(约1.5cm)降低了随后的各发育时期的盐碱胁迫强度,有利于各时期植株的生长发

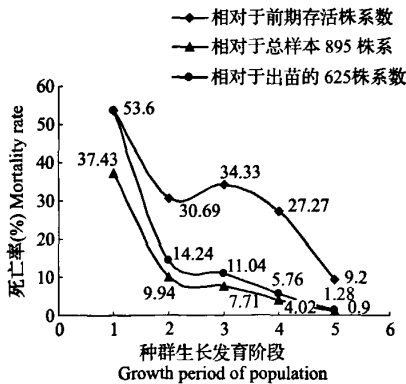


图1 野生大豆渤海湾津唐地区盐碱地种群在3%总含盐量土壤上的死亡率变化(处理1)

Fig. 1 The changes of mortality rate under a 3% salinity soil for the Jin-Tang littoral population of wild soybean in the Bohai Bay region

1: 30d内(出苗-苗期); 2: 31~60d(营养生长前期); 3: 61~90d(营养生长中后期-开花生殖生长阶段); 4: 91~120d(生殖生长期); 5: 121~150d(晚熟型成熟期)。以总体895份株系或能够出苗的625份株系为样本的各时期死亡率显示从31~60d的营养生长前期到成熟期逐渐降低

育。另外处理2的结果还表明,在发芽出苗阶段不耐高盐碱环境的Ⅱ型株系中,也存在以后各生长发育阶段表现出色的耐高盐碱环境的株系,甚至能正常开花结实(表3)。

2.4 种群内株系的结实

通常,植物在逆境环境下开花和结实率都会不同程度的降低。在相同环境条件下,株系繁殖能力的差异与其遗传上抗逆境的能力有关。本研究表明植株受盐碱毒害的花器官表现开花延迟(最大比对照晚15d)、开花后即枯死、花发育不全、花畸形和结荚极少甚至不结荚。

在895份试验株系中(处理1),有625份株系在高盐碱环境下能直接播种发芽出苗,其中只有118份能够开花,开花株系率为19%左右;最终9.5%左右(85份)能够存活并结种子,3份植株成熟期正常枯死,但是不结有效荚(占收获期株系的3.4%)(表5)。从表5中看到,种群经过高盐碱选择后,开花期至结荚成熟期的存活率大大提高,从表5中反映出最重要的现象是从开花(118株系)到结荚阶段还有25.4%的株系(30株系)不能存活到结荚成熟。这些株系有的开花后即枯死,或荚不能伸长,生长畸形脱落,花发育不全,在荚发育的早期阶段死亡。早期耐盐碱的出苗株系中有许多不能持续到生殖生长阶段,这些材料的耐盐碱性是阶段性的、不完全彻底的耐盐碱性。

2.5 株系的生物产量和经济产量变化

对忍受高盐碱胁迫存活到成熟期的株系进行了地上干重和经济产量构成因素等性状的调查(表6)。处理1有88份株系存活结荚,其中3份株系结有1~5个无种子荚。两种处理存活到成熟的株系的性状最大值、最小值和平均值除了收获指数外,都比对照显著降低,特别是在最小值株系之间的差异相当大。就种群总体而言存活到成熟期的高耐盐碱株系之间的各性状值的差异非常大,如从株系单株能结541粒种子到仅结1粒种子甚至不结种子,正如变异系数高低所显示,高盐碱土壤处理1和2株系所有性状变异系数都明显高于对照(CK)。而两个处理间的株系性状变异系数都十分相似或接近,其顺序依次为:单株产量、种子数、荚数、收获指数、地上干物质重、百粒重。单株产量变异最大,百粒重变异最小。变异系数大小同时也反应不同性状对高盐碱性的敏感程度高低。

从表6中还可以看到一个重要现象:在高盐碱土壤上两个处理最大值的株系的单株收获指数都明

表 5 高盐碱土壤胁迫下种群开花与收获的株系数
Table 5 Number of lines for flowering and maturity under the high salinity soil

处理 Treatment	播种株 系数 Sowing	出苗株系数 Emergence	开花 Flowering		成熟期收获 Total harvested lines				
			株系数 Lines	株系数率(%) Percentage	株系数 Lines	结种株系数 Lines with seeds	占总体(%) Percentage of total	未结种株系数 Lines without seeds	占收获株系(%) Percentage of total lines
处理 1	895	625	118	18.88	88	85	9.50	3	3.4
处理 2	270	92	31	33.70	24	24	8.89		

显高于对照,然而种群平均收获指数无论是在高盐碱土壤胁迫下还是正常土壤(对照)都没有变化,完全一致。这显示了虽然个别株系单株产量很高,能量分配比例在株系间有很大差异,但是种群总体的能量分配比例没有发生实质的改变。

表 7 估算了高盐碱土壤对植株干物质积累和产量性状造成的危害而减少的量。在两种处理上看到一致的结果。在最终的成熟阶段尽管株系间表现受害程度差异很大,但是两种鉴定处理的株系的结果与对照相比,各性状值减少的平均值都十分一致,受害程度表现完全一样。两个处理相似的结果也许是野生大豆在高盐碱土壤上植株危害程度的真实反

映,具体的各性状受害程度见表 7。各受害性状所减少的量显示植株受害程度相当严重;单株地上干物质重、单株产量、种子数、收获指数最严重的可比对照损失 90% 以上的程度。各性状平均减少的程度两个处理间的表现非常一致,由大到小依次为:单株地上干物质重、单株产量、单株种子数、百粒重和收获指数。研究发现在高盐碱胁迫下具有收获指数最大值的株系呈负减少的现象,说明生殖生长期的能量分配最大程度地转移到形成产量方面,这种特性和这种株系是耐高盐碱性的最值得利用的特性和种质。

表 6 高盐碱胁迫对野生大豆种群生物产量及经济产量的影响
Table 6 Effects of high salinity soil stress on biomass and yield per plant a line in the population of wild soybean

处理 Treatment	株系数 Lines	地上干物重(g) Overground dry weight				单株荚数 ¹ Number of pods			
		最大值 Max	最小值 Min	平均 Mean	CV(%)	最大值 Max	最小值 Min	平均 Mean	CV(%)
处理 1	88	10.22	1.29	3.90 ± 2.01Ab	51.58	245	1	49.00 ± 44.22	89.97
对照 CK	88	61.66	15.50	30.59 ± 9.18Aa	30.00	—	—	—	—
处理 2	24	8.85	0.97	3.14 ± 2.14Bb	55.77	176	2	47.10 ± 43.18	91.66
对照 CK	24	42.16	18.38	29.58 ± 6.78Ba	22.94	—	—	—	—
处理 Treatment	株系数 Lines	单株种子数 Number of seeds				单株收获指数 Harvesting index			
		最大值 Max	最小值 Min	平均 Mean	CV(%)	最大值 Max	最小值 Min	平均 Mean	CV(%)
处理 1	85	541	1	112.29 ± 104.53Ab	93.09	0.55	0.003	0.22 ± 1.16	73.91
对照 CK	85	782	168	427.16 ± 127.43Aa	29.83	0.32	0.08	0.22 ± 0.04	19.74
处理 2	24	401	2	100.80 ± 100.43Bb	99.63	0.50	0.01	0.22 ± 0.14	65.28
对照 CK	24	723	201	385.31 ± 125.52Ba	32.58	0.30	0.11	0.21 ± 0.04	21.02
处理 Treatment	株系数 Lines	百粒重 ² (g) 100-seed weight				单株产量(g) Yield			
		最大值 Max	最小值 Min	平均 Mean	CV(%)	最大值 Max	最小值 Min	平均 Mean	CV(%)
处理 1	85	2.33	0.20	1.20 ± 0.47Ab	39.42	7.85	0.01	1.47 ± 1.57Ab	105.38
对照 CK	85	2.91	1.40	2.00 ± 0.28Aa	14.09	16.21	4.01	8.44 ± 2.58Aa	30.56
处理 2	24	1.79	0.42	1.21 ± 0.43Bb	35.55	5.10	0.02	1.30 ± 1.40Bb	108.32
对照 CK	24	2.69	1.62	2.06 ± 0.25Ba	12.23	13.47	4.42	7.83 ± 2.41Ba	30.82

1:对照种植的单株荚数项目未调查;2:单株种子数不到百粒的株系百粒重以实际种子数估算

表 7 高盐碱胁迫下高耐株系成熟时与对照比较植株产量有关性状的减少量(%)
Table 7 Percent loss of the amount in characters related to yield per plant a line under high salinity soil against the control

处理 Treatment	地上干物重 Overground dry weight			单株种子数 Number of seeds			单株收获指数 Harvest index		
	最大值 株系 Lines of the max	最小值 株系 Lines of the max	平均 Mean	最大值 株系 Lines of the max	最小值 株系 Lines of the min	平均 Mean	最大值 株系 Lines of the max	最小值 株系 Lines of the min	平均 Mean
处理 1	83.42	91.68	87.25	30.82	99.41	73.71	-71.88	96.25	0
处理 2	79.01	94.72	89.38	44.54	99.00	73.84	-66.67	90.91	-0.05

处理 Treatment	百粒重 100-seed weight			单株产量 Yield		
	最大值 株系 Lines of the max	最小值 株系 Lines of the max	平均 Mean	最大值 株系 Lines of the max	最小值 株系 Lines of the min	平均 Mean
处理 1	19.93	85.71	40.00	51.57	99.75	82.58
处理 2	33.45	74.07	41.26	62.13	99.54	83.40

3 讨论

3.1 高盐碱土壤胁迫的研究意义

野生大豆主要分布在东亚的中国、俄罗斯远东地区、朝鲜半岛和日本列岛,作为大豆的重要遗传资源,在大豆育种和基因利用方面广泛受到重视。我国许多沿海地带野生大豆分布。尽管有若干研究者在沿海地带或盐碱地上进行耐盐碱性的筛选、鉴定、机理研究^[19-21,23],但许多研究者几乎都是只对野生大豆的苗期耐盐碱性进行鉴定评价,而对全生育期和种群缺乏耐盐碱性研究。

典型的野外种群始终处于盐碱胁迫下的生境。盐碱地或沿海地带野生大豆之所以能够生长,正是因为它们都具备一定程度的耐盐碱性,在中低度盐碱胁迫下筛选和研究意义不是很大。王洪新等^[21]在黄河入海口 1% 的盐碱地上搜集到野生大豆,他们的研究和本研究都显示了野生大豆能够良好地生长在沿海地带的盐碱地上,说明盐碱度不是很高的盐碱土壤对野生大豆生长和发育没有障碍。王洪新等^[21]通过同工酶和 RAPD 分析认证了黄河三角洲盐碱地种群与非盐碱土壤种群有很高的遗传相似性,同时研究发现中低盐碱地的种群里存在至少苗期高耐盐的株系。尽管 Lu 等^[18]从山东黄河入海口的野生大豆种群中得到高耐盐野生大豆 BB52 种质被证实不具有盐腺^[27],但是证明 BB52 野生大豆有很高的苗期耐盐碱性^[21];杨晓英等^[19]从江苏盐碱滩上鉴定出苗期高耐盐的 JWS 株系。

因此,对沿海地带或者盐碱地种群最值得研究的课题是在高盐碱土壤条件下鉴定种群全生育期的反应、适应性分化和是否存在高度耐盐碱的种质。本研究观察到的在 3% 高盐碱含量土壤上种群生长发育特征和动态是以往没有研究过的,也是早期或某个阶段性鉴定条件观察不可能获得的,因此这种方法研究耐盐碱性更具有理论和实际意义。本研究发现 3% 高盐碱土壤条件下种群平均收获指数没有发生任何变化,但是个体株系间发生分化,存在收获指数比对照高 70% 的株系;筛选到高耐盐碱、能够存活到成熟结种子的 109 份种质材料可用于大豆高耐盐碱育种。同时这些高耐盐碱种质在产量上或产量构成因素性状上也表现不同的耐盐碱性,也成为耐盐碱生物学研究中研究生殖生长过程中的耐盐性基因或基因的耐盐性的宝贵遗传材料。

3.2 渤海湾野生大豆种群内有相当高的土壤生态适应性分化

王洪新等^[21]发现种群内苗期个体间耐含盐营养液的能力差异很大,认为是区域内的土壤盐碱含量不稳定性导致群体内差异个体的存在。在津唐沿海地带大面积盐碱地域内耐高盐碱与非耐高盐碱生态型可能是土壤的含盐量异质性所致。造成土壤含盐量异质性的因素有季节性气象和气候因素。另外种群内微环境的差异及变化使个体也并非受到强度一致的胁迫。从播种到成熟阶段观察到津唐沿海地带种群内一系列耐盐碱能力水平不同的株系。

早期在高盐土壤上具有高发芽出苗能力的一些

株系能够忍耐到不同发育时期,有的完成生活史(图1)。正如表6和表7所测定的高耐盐碱株系的单株荚数、种子数、产量、地上干物重和收获指数及变异系数显示,该地域的种群内株系表现很大的变异和可塑性,另一方面也反映出该地域的种群内耐盐碱土壤的生态适应分化程度相当高。同时还测到种群中与株系产量有关的几个性状中,最容易变异或可塑性依次为单株地上干物重、单株产量、单株种子数、百粒重、单株收获指数;最稳定的性状是单株收获指数,其次变化小的是百粒重。

本文所研究的津唐沿海地带历史上就是盐碱地带,尽管现在许多地方已经被开垦成农田,但是该区域上的野生大豆种群存在相当长的历史。由于长期生长在这种生态环境下种群已经适应,小生境异质环境的适应性选择、种群内株系间微环境差异也可能发挥适应性选择作用,因此种群内发生耐受性不同的盐碱生态型。

本研究在近乎于正常土壤的小生境内也筛选到高耐盐碱株系,暗示该地域内可能是原来就已经存在高耐盐碱的野生大豆变异株系。

3.3 耐盐碱性鉴定的时期

如果在早期就能够鉴定出耐盐碱的材料是最理想的方法。早期鉴定的基础是早期与全生育期耐盐碱性具有的显著相关。邵桂花等^[26]在盐碱地鉴定2万余份栽培大豆的结果表明,不同时期对耐盐能力不同。Abel等^[25]指出大豆的发芽期和以后各生育阶段耐盐性之间没有相关性。

本研究从种群的角度获得高盐碱土壤条件下全生育期的鉴定结果显示,种群在发芽出苗阶段具有的耐盐碱性株系率是相当高的,70%的株系能够在3%盐碱土壤上出苗。出苗以后30d内死亡率最高,超过50%株系在这个阶段迅速死亡,有的株系在出苗后几天内就死亡。种群在营养生长后期转入生殖生长阶段死亡率略微上升,以后降低。

总体上从出苗以后各发育阶段,持续不断高盐的胁迫选择作用使后来存活植株的死亡率降低。图1的种群死亡率曲线暗示越是后期鉴定的株系耐盐性准确率越高。种群的死亡率与出苗阶段幼苗形成的环境条件似乎有密切的关系。在本研究中处理2,播种时期减少出苗时期的盐碱胁迫强度,全生育期各生长发育阶段死亡率降低。是由于降低了苗期盐碱胁迫强度,还是由于随后的各发育时期的盐碱胁迫强度也伴随降低而导致,还有待于研究。从这个结果看出苗期的幼苗建成过程是个关键时期。於

丙军等^[27]研究显示 N23232 野生大豆苗期对盐敏感,避开敏感时期以后在耐盐处理的各发育时期能够较好的发育生长。

本研究在高盐碱土壤条件下有种群早期耐盐碱性在全生育期胁迫下的种群生存没有某种明显相关性,如表5所示在高盐碱土壤上直接播种处理1的69.83%出苗的625株系中能存活到开花的占18.9%,存活到成熟的占14.1%,占总样本的9.5%;高盐碱土壤上直接播种处理1不能发芽出苗的再进行处理2播种,也出现以后各时期高耐盐碱性的株系,其中24株系存活到成熟。表2和表5的结果表明早期耐盐碱鉴定有很大的风险性。因为没有看到高出苗率株系带来种群成熟期的高成活率。很多株系植株叶片浓绿,除了与对照相比生长缓慢和植株大小差异外,几乎没有其他受害症状,但是存活至开花时死亡。因此如果仅以早期鉴定的结果作判断会误认为是高耐盐碱株系。

对于种群内全生育期表现高耐株系个体各不同生长阶段的耐盐碱性有多大程度的相关性值得研究,这涉及到这些株系个体的耐盐碱的遗传特性和如何应用于大豆育种改良。罗庆云等^[28]认为野生大豆一旦通过苗期的敏感阶段,以后阶段能够较顺利完成发育,这个结论还有待于从个体角度去研究证实。

参考文献

- [1] Chinnusamy V, Andre J, Jian K Z. Understanding and improving salt tolerance in plants[J]. Crop Sci, 2005, 45: 437-448
- [2] Munns R. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: Some dogma and hypotheses[J]. Plant Cell Environment, 1993, 16: 15-24
- [3] 郭宝生,翁跃进. 大豆耐盐机理及相关基因分子标记[J]. 植物学通报, 2004, 21(1): 113-120
- [4] 赵自国,陆静梅. 植物耐盐性研究及发展[J]. 长春师范学院学报, 2002, 21(2): 51-53
- [5] 于海武,李莹. 植物耐盐性研究进展[J]. 北华大学学报(自然科学版), 2004, 5(3): 257-263
- [6] 王志春,梁正伟. 植物耐盐研究概况与展望[J]. 生态环境, 2003, 12(1): 106-109
- [7] 李玉全,张海艳,沈法富. 作物耐盐的分子生物学研究进展[J]. 山东科学, 2002, 15(2): 8-14
- [8] 江香梅,黄敏仁,王明麻. 植物抗盐碱、耐干旱基因工程研究进展[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2001, 25(5): 57-62
- [9] 史凤玉,龙茹,朱英波,等. 野生大豆(*Glycine soja* L.)耐盐性研究进展[J]. 河北科技师范学院学报, 2008, 22(1): 69-72
- [10] 邵桂花,宋景芝,刘惠令. 大豆种质资源耐盐性鉴定初报[J]. 中国农业科学, 1986(6): 30-35
- [11] 吴春芳,徐修龙,徐洪琦. 滩涂耐盐大豆品种的筛选和利用[J]. 江苏农业科学, 1997(2): 29-31
- [12] 郭蓓,邱丽娟,邵桂花,等. 大豆耐盐性种质的分子标记辅助鉴定及其利用研究[J]. 大豆科学, 2002, 21(1): 74-79


(下转第304页)

(海南)相似系数为 0.323,说明两者为同名异物品种。野生荔枝 17 与南岛无核的相似系数高达 0.892,说明南岛无核可能是由野生荔枝种选育而来。

参考文献

- [1] Litt M, Lutyj A. A hypervariable microsatellite revealed by *in vitro* amplification of dinucleotide repeats within the cardiac muscle actin gene [J]. *Am J Hum Genet*, 1989, 44: 397-401
 - [2] 李明芳. 荔枝 SSR 标记的研究及其对部分荔枝种质的遗传多样性分析[D]. 海南儋州: 华南热带农业大学, 2003
 - [3] 姚庆荣. 用 SSR 标记对中国荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn.) 野生种质资源的遗传多样性分析[D]. 海南儋州: 华南热带农业大学, 2004
 - [4] Viruel M A, Hormaza J I. Development, characterization and variability analysis of microsatellites in lychee (*Litchi chinensis* Sonn., *Sapindaceae*) [J]. *Theor Appl Genet*, 2004, 108 (5): 896-902
 - [5] Sim C H, Mahani M C, Choong C Y, et al. Transferability of SSR markers from lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) to pulasan (*Nephelium ramboutan-ake* L.) [J]. *Fruits*, 2006, 60(6): 379-385
 - [6] Raymond M, Rousset F. Population genetics software for exact test and ecumenicism [J]. *Journal of Heredity*, 1995, 86: 248-249
 - [7] Botstein D, White R L, Skolnick M, et al. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment lengths polymorphisms [J]. *Am J Hum Genet*, 1980, 32: 314-331
 - [8] Nei M, Li W H. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonuclease [J]. *PNAS*, 1979, 76: 5269-5273
 - [9] Rohlf F J. NTSYS-pc: Numerical taxonomy and multivariate analysis system [P]. New York, USA, Version 2.1 Exeter Publications, 2000
 - [10] Vanhala T, Tuiskula-Haavisto M, Elo K, et al. Evaluation of genetic variability and genetic distances between eight chicken lines using microsatellite markers [J]. *Poultry Science*, 1998, 77: 783-790
 - [11] Wright S. Evolution and the genetics of population variability within and among natural population [D]. Chicago: University of Chicago Press, 1978
 - [12] 易干军, 霍合强, 陈大成, 等. 荔枝品种亲缘关系的 AFLP 分析 [J]. *园艺学报*, 2003, 30(4): 399-403
 - [13] 周俊辉, 罗浩南, 黄江波, 等. 广东 35 个荔枝品种资源的过氧化物酶同工酶分析 [J]. *仲恺农业技术学院学报*, 2001, 14(2): 20-25
 - [14] 陈业渊, 邓穗生, 张欣, 等. 海南部分荔枝种质的 RAPD 分析 [J]. *园艺学报*, 2004, 31(2): 224-226
 - [15] 王家保, 邓穗生, 徐碧玉, 等. 海南荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn.) 主要栽培品种的 RAPD 分析 [J]. *农业生物技术学报*, 2006, 14(3): 391-396
-
- (上接第 297 页)
- [13] 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): 427-432
 - [14] 郭宝生. 中野 1 号大豆耐盐生理及遗传差异分析 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2004
 - [15] Harlan J R. Genetic resources in wild relatives of crops [J]. *Crop Sci*, 1976, 16: 329-333
 - [16] Pantalone V R, Kenworthy W J, James L H. Chloride tolerance in soybean and perennial *Glycine* accessions [J]. *Euphytica*, 1997, 97: 235-239
 - [17] 王克晶, 李福山. 野生大豆种质杂交导入的育种效果 [J]. *植物遗传资源科学*, 2000, 1(3): 34-38
 - [18] Lu J M, Liu Y L, Hu B, et al. Salt glands in *Glycine soja* L. China [J]. *Science Bulletin*, 1999, 44: 923-926
 - [19] 杨晓英, 章文华, 王庆亚, 等. 江苏野生大豆的耐盐性和离子在体内的分布及选择性运输 [J]. *应用生态学报*, 2003, 14(2): 2237-2240
 - [20] 於丙军, 罗庆云, 刘友良. 盐胁迫对盐生野大豆生长和离子分布的影响 [J]. *作物学报*, 2001, 27(6): 776-780
 - [21] 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): 34-42
 - [22] 於丙军, 罗庆云, 曹爱忠, 等. 栽培大豆和野生大豆耐盐性及离子效应的比较 [J]. *植物资源与环境学报*, 2001, 10(1): 25-29
 - [23] 王敏, 朱怀梅, 苏琳婧, 等. 野生大豆耐盐性材料初步筛选 [J]. *河南农业科学*, 2005(7): 31-34
 - [24] Wahid A, Rao A R, Rasul E. Germination of seeds and propagules under salt stress [G]//Peessarakli M. *Hand Book of Plant and Corp Stress*. Marcel Dekker, New York, 1999: 1153-1671
 - [25] Abel G H, Mackenize A T. Salt tolerance of soybean varieties during germination and later growth [J]. *Crop Sci*, 1964, 4: 157-161
 - [26] 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
 - [27] 於丙军, 罗庆云, 刘友良. NaCl 胁迫下野生和栽培大豆幼苗体内离子的再转运 [J]. *植物生理与分子生物学学报*, 2003, 29(1): 39-44
 - [28] 罗庆云, 於丙军, 刘友良. 大豆苗期耐盐性鉴定指标的检验 [J]. *大豆科学*, 2001, 20(3): 177-182

应

作者: 肖鑫辉, 李向华, 王克晶, XIAO Xin-hui, LI Xiang-hua, WANG Ke-jing
作者单位: 中国农业科学院作物科学研究所/农作物基因资源与基因改良国家重大科学工程, 北京, 100081
刊名: 植物遗传资源学报 
英文刊名: JOURNAL OF PLANT GENETIC RESOURCES
年, 卷(期): 2010, 11 (3)
被引用次数: 1次

参考文献(28条)

1. 史凤玉;龙茹;朱英波 野生大豆(Glycine soja L.)耐盐性研究进展[期刊论文]-河北科技师范学院学报 2008 (01)
2. 江香梅;黄敏仁;王明庥 植物抗盐碱、耐干旱基因工程研究进展[期刊论文]-南京林业大学学报(自然科学版) 2001 (05)
3. 李玉全;张海艳;沈法富 作物耐盐的分子生物学研究进展[期刊论文]-山东科学 2002 (02)
4. 王志春;梁正伟 植物耐盐研究概况与展望[期刊论文]-生态环境 2003 (01)
5. 于海武;李莹 植物耐盐性研究进展[期刊论文]-北华大学学报(自然科学版) 2004 (03)
6. 赵自国;陆静梅 植物耐盐性研究及发展 2002 (02)
7. 郭宝生;翁跃进 大豆耐盐机理及相关基因分子标记[期刊论文]-植物学通报 2004 (01)
8. 罗庆云;於丙军;刘友良 大豆苗期耐盐性鉴定指标的检验[期刊论文]-大豆科学 2001 (03)
9. 於丙军;罗庆云;刘友良 NaCl胁迫下野生和栽培大豆幼苗体内离子的再转运[期刊论文]-植物生理与分子生物学报 2003 (01)
10. 邵桂花;常汝镇;陈一舞 大豆耐盐性研究进展 1993 (03)
11. Abel G H;Mackenzie A T Salt tolerance of soybean varieties during germination and later growth[外文期刊] 1964
12. Wahid A;Rao A R;Rasul E Germination of seeds and prcpagules under salt stress 1999
13. 王敏;朱怀梅;苏琳婧 野生大豆耐盐性材料初步筛选[期刊论文]-河南农业科学 2005 (07)
14. 於丙军;罗庆云;曹爱忠 栽培大豆和野生大豆耐盐性及离子效应的比较[期刊论文]-植物资源与环境学报 2001 (01)
15. 王洪新;胡志昂;钟敏 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 1997 (01)
16. 於丙军;罗庆云;刘友良 盐胁迫对盐生野大豆生长和离子分布的影响[期刊论文]-作物学报 2001 (06)
17. 杨晓英;章文华;王庆亚 江苏野生大豆的耐盐性和离子在体内的分布及选择性运输[期刊论文]-应用生态学报 2003 (02)
18. Lu J M;Liu Y L;Hu B Salt glands in Glycine soja L.China[外文期刊] 1999
19. 王克晶;李福山 野生大豆种质杂交导入的育种效果 2000 (03)
20. Pantalone V R;Kenworthy W J;James L H Chloride tolerance in soybean and perennial Glycine accessions 1997
21. Harlan J R Genetic resources in wild relatives of crops 1976
22. 郭宝生 中野1号大豆耐盐生理及遗传差异分析 2004
23. 郭蓓;邱丽娟;邵桂花 大豆耐盐基因的PCR标记 2000 (01)
24. 郭蓓;邱丽娟;邵桂花 大豆耐盐性种质的分子标记辅助鉴定及其利用研究[期刊论文]-大豆科学 2002 (01)

25. [吴春芳;徐修龙;徐洪琦](#) [滩涂耐盐大豆品种的筛选和利用](#) 1997(02)
26. [邵桂花;宋景芝;刘惠令](#) [大豆种质资源耐盐性鉴定初报](#) 1986(06)
27. [Munns R](#) [Physiological processes limiting plant growth in saline soils:Some dograa and hypotheses](#)
[外文期刊] 1993
28. [Chinnusamy V;Andre J;Jian K z](#) [Understanding and impmving salt tolerance in plants](#)[外文期刊]
2005(2)

引证文献(1条)

1. [蔡子平](#). [王宏霞](#). [漆燕玲](#) [NaCl胁迫对秦艽种子萌发的影响](#)[期刊论文]-[中国种业](#) 2011(3)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zwyczyxb201003008.aspx