

大豆种质资源耐盐性鉴定与研究

姜奇彦, 胡 正, 张 辉, 王萌萌, 唐俊源, 倪志勇, 姜 锋

(中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

摘要: 通过对 793 份大豆种质资源进行芽期耐盐性鉴定, 以及部分品种进行苗期和全生育期耐盐性鉴定, 筛选出芽期、苗期及全生育期耐盐品种 117 份、41 份和 35 份。其中有 3 个品种(WDD1812, 晋豆 23 和晋遗 38 号)在芽期和苗期都表现高耐盐性; 1 个品种(晋豆 23)在芽期、苗期、全生育期都表现高耐盐性。晋豆 23 还具有高度抗旱、高抗病毒病、耐红蜘蛛等特性, 而晋遗 38 号来源于晋豆 23。芽期或苗期耐盐性为一级的品种, 如中黄 13、新大豆 1 号、陕豆 125、东农 46、东大 1 号、合丰 38 等, 不但具有高耐盐性, 而且具有很好的丰产性, 有些品种还具有优质和抗逆等优异的农艺性状。本研究筛选到的耐盐品种将为大豆耐盐育种提供优异的种质资源, 同时对大豆全生育期耐盐性鉴定的指标和方法的探讨, 将为大豆耐盐性鉴定科学方法的建立提供重要信息。

关键词: 大豆; 耐盐性; 芽期; 苗期; 全生育期

Evaluation for Salt Tolerance in Soybean Cultivars(*Glycine max* L. Merrill)

JIANG Qi-yan, HU Zheng, ZHANG Hui, WANG Meng-meng, TANG Jun-yuan, NI Zhi-yong, JIANG Feng

(Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: Seven hundred and ninety-three soybean varieties were evaluated for salt tolerance during the germination, seedling stage, and later growth. Among tested varieties, 117 and 41 with salt tolerance (Grade 1 and 2) were identified at the germination stage and the seedling stage respectively. Two hundreds and eighty soybean varieties were evaluated for salt tolerance in the whole growing season in 2009 and 2010, and 35 varieties were more salt tolerant than salt-tolerant control soybeans in two years. Three varieties, WDD1812, Jindou 23, and Jinyi 38 showed high salt tolerance at the germination stage and the seedling stage. Besides these two stages, Jindou 23 was more salt tolerant than the control soybeans in the whole growing season. Besides the salt tolerance, some varieties, such as Jindou 23, Jinyi 38, Zhonghuang 13, Xindadou 1, Shandou 125, Dongnong 46, Dongda 1, and Hefeng 38 were high yield and quality. The excellent salt-tolerant germplasm resources screened in this study provide the genetic materials for soybean breeding to improve salt tolerance. This paper described the methods and index of evaluation for salt tolerance in the whole growing season, providing the basis for standard method of evaluation of salt tolerance in soybean.

Key words: Soybean; Salt tolerance; Germination stage; Seedling stage; Whole growing season

据联合国教科文组织(UNESCO)和联合国粮农组织(FAO)不完全统计, 全世界盐渍土面积约 10 亿 hm^2 ^[1]。我国盐渍土面积约 1 亿 hm^2 , 这些盐渍土是我国重要的土地资源的一部分, 尤其是在北方地区, 荒地资源中盐渍土占很大比重, 有关农作物中、低产地的改造, 几乎都涉及盐渍土的改良。大量研究结

果表明, 筛选利用耐盐植物新品种的生物措施是改良盐碱地最经济有效的方法之一^[2-4]。我国从 20 世纪 80 年代起, 对水稻、小麦、大麦、高粱、谷子等多种作物种质资源开展了耐盐性鉴定^[5-6], 筛选出一批耐盐性强的种质资源, 并开始在生产上利用。对大豆耐盐性的研究, 国外学者主要集中在盐对大豆

收稿日期: 2011-08-12 修回日期: 2011-10-23

基金项目: 农业部农作物种质资源保护与利用项目(NB2010-2130135)

作者简介: 姜奇彦, 博士, 主要从事农作物种质资源抗逆鉴定与评价、转基因作物环境安全评价。E-mail: jiangqiyang@caas.net.cn

通讯作者: 张辉, 博士, 研究员, 主要从事农作物种质资源抗逆鉴定与评价。E-mail: zhang_hui@mail.caas.net.cn

的影响及大豆耐盐生理生化机理方面^[7-9],而对大豆种质资源进行大规模鉴定评价的工作在国内报道的相对较多^[10-14]。

由于室内鉴定耐盐性具有时间短、容量大、重复性强、环境影响小等优点,对大豆的大规模耐盐性鉴定多采用芽期、苗期的室内鉴定。早在“七五”期间,由原中国农科院作物品种资源研究所主持,对我国 10128 份大豆资源进行芽期和苗期耐盐性鉴定,筛选出芽期耐盐品种 924 份、苗期耐盐品种 457 份、芽期和苗期都表现耐盐的品种 283 份^[10]。李星华等^[11]对山东省 760 份大豆品种分别进行芽期和苗期耐盐性鉴定,筛选到芽期耐盐品种 141 份、苗期耐盐品种 90 份、芽期和苗期均耐盐的品种 25 份。马淑时等^[12]对来源于吉林省和内蒙古的 1020 份大豆品种进行耐盐性鉴定,筛选出芽期和苗期均耐盐的大豆品种 42 份。

芽期和苗期的鉴定结果可以作为大豆耐盐性强弱的参考指标,但是要想把筛选出的耐盐品种应用于实际生产,还必须在更接近于大田生产实际的田间进行全生育期的耐盐性鉴定。邵桂花^[13]通过海水与淡水混合灌溉,进行大田耐盐筛选研究来评定品种耐盐级别,通过试验建立了一套大豆种质资源耐盐性田间鉴定方法。接着用此方

法,对来源于国内外的 1716 份大豆种质资源进行耐盐性鉴定,筛选出 7 个全生育期耐盐品种^[14]。但大田鉴定受到气候因素影响较大,若将田间鉴定和室内鉴定结合起来,鉴定结果会更可靠。本研究对从全国各地收集的 793 份大豆种质资源进行了芽期的耐盐性鉴定,并对其中一些品种进行了苗期和全生育期(大田)的耐盐性鉴定,旨在筛选耐盐性强、丰产性能好的大豆品种,同时也为我国大豆耐盐鉴定、耐盐育种和耐盐机理研究等提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试品种

从全国各地收集大豆品种 793 份,由中国农业科学院作物科学研究所检疫基地统一提供。

1.2 芽期耐盐性鉴定方法

对参试材料做发芽试验,以自来水发芽为对照(CK),盐胁迫处理采用 1.2% NaCl 溶液发芽(T),在 25℃光照培养箱内发芽。各品种每个处理重复 3~4 次,每个重复 20 或 30 粒种子,种子放在垫有滤纸的培养皿内,发芽 7d 后调查处理组和对照组的发芽率(图 1),根据下列公式计算相对盐害率,并分级。

相对盐害率(%) =
$$\frac{(CK1 + CK2 + CK3)/3 \times 100 - (T1 + T2 + T3)/3 \times 100}{(CK1 + CK2 + CK3)/3 \times 100} \times 100\%$$

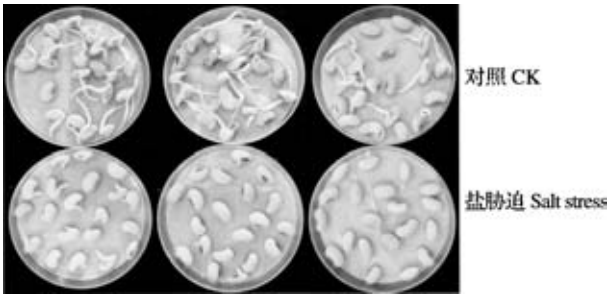


图 1 芽期耐盐鉴定
Fig.1 Evaluation of salt tolerance at the germination stage

公式中 CK1、CK2 和 CK3 分别代表对照重复 I、

重复 II 和重复 III 的发芽率。T1、T2 和 T3 分别代表盐处理重复 I、重复 II 和重复 III 的发芽率。

1.3 苗期耐盐性鉴定方法

将生长至 1 叶期的 20 株大豆幼苗移植到带孔的泡沫板上,泡沫板浮漂在内装 Hoagland 营养液的 0.5m×0.4m×0.3m 塑料培养盒中,置 25℃光照培养箱内生长。待幼苗长到 2 叶 1 心时,开始盐胁迫处理,不断调整培养液,使其电导率始终维持在 21±3dSPm 的胁迫强度下。25℃恒温,水培 20d 后,调查幼苗生长情况。根据生长状况将苗情分为 6 级(表 1),按下列公式计算盐害指数,并确定各材料的耐盐等级(表 2)。

盐害指数(%) =
$$\frac{\sum (0 \text{ 级苗数} \times 0 + 1 \text{ 级苗数} \times 1 + 2 \text{ 级苗数} \times 2 + 3 \text{ 级苗数} \times 3 + 4 \text{ 级苗数} \times 4 + 5 \text{ 级苗数} \times 5)}{5 \text{ 级} \times 100} \times 100\%$$

1.4 全生育期耐盐性鉴定方法

选择 280 份大豆品种,于 2009 年和 2010 年开展田间全生育期耐盐鉴定。试验在河北省农林科学院滨海农业研究所试验基地进行,由于试验地点盐

碱不均,所有参试材料和对照品种采用完全随机排列方式,3 次重复。每间隔 25 行种植一组对照,包括 4 个品种,即耐盐品种文丰 7、中野 1 号、铁丰 8 号和中黄 10。条播,行距 50cm,行长 2m,每行播种 30

表 1 盐处理后的苗情分级标准

Table 1 The classification standard of seedling after salt treatment

级别 Grade	分级标准 Grading standard
0	生长正常,无受害症状
1	生长基本正常,个别叶片变黄或叶尖青枯
2	生长基本正常,有 3 片绿叶
3	生长受抑制,有 2 片绿叶
4	严重受害,仅有 1 片绿叶或仅心叶存活
5	植株枯死或接近死亡

表 2 大豆芽期和苗期耐盐性分级标准

Table 2 Grade standard of salt tolerance at the germination stage and the seedling stage in soybean

级别 Grade	耐盐性 Salt tolerance	芽期相对盐害率(%) Relative salt harm rate	苗期盐害指数(%) Salt harm index
1	高耐	0 ~ 20.0	0 ~ 20.0
2	耐盐	20.1 ~ 40.0	20.1 ~ 40.0
3	中耐	40.1 ~ 60.0	40.1 ~ 60.0
4	敏感	60.1 ~ 80.0	60.1 ~ 80.0
5	高感	80.1 ~ 100.0	80.1 ~ 100.0

粒种子。成熟期调查每个重复的生物量和子粒重量。计算相对耐盐指数:

表 3 芽期耐盐品种

Table 3 Salt tolerant varieties at the germination stage

品种名称 Variety	耐盐级数 Salt-tolerance grade	品种名称 Variety	耐盐级数 Salt-tolerance grade	品种名称 Variety	耐盐级数 Salt-tolerance grade	品种名称 Variety	耐盐级数 Salt-tolerance grade
L64-1061	1	SRF100	2	L85-2352	2	L73-879	2
淮 9912	1	豫豆 28	2	TD-14	2	7651-1	2
陕豆 125	1	HF93-035	2	WDD1815	2	L69-3207	2
Grahite	1	WDD1778	2	鲁宁 1 号	2	湘春豆 21 号	2
01-29	1	WDD1834	2	PI437654	2	沧 9404	2
8588	1	L81-4420	2	褐黑豆	2	吉科豆 7 号	2
Hartwig × 晋 1267	1	泗阳 268	2	秦豆 8 号	2	OAC Vision	2
中黄 13 号	1	NE3399	2	坡黄	2	半野生 YDD722	2
Du you kong	1	东辛 9708	2	九农 30	2	湘春豆 18 号	2
L73-54	1	汾豆 58	2	汾旱 8 号	2	WDD1746	2
Jang Yeob Kong	1	227	2	铁丰 30	2	OAC Walton	2
猫眼豆	1	九农 26	2	Titan	2	Hartwig × 晋 1261	2
Clark	1	Haroson	2	吉农 13 号	2	商豆 1099	2
赣豆 4 号	1	通豆 3 号	2	沧豆五号	2	M3992008857	2
新大豆 1 号	1	翻秋豆	2	WDD1756	2	京豆 2 号	2
WDD1973	1	OAC Stratford	2	凤交 66-22	2	WDD2011	2
通农 10 号	1	I2-3	2	淮豆 3 号	2	WDD1978	2
湘春 01-11	1	晋遗 30 号	2	黑豆	2	冀豆 12-2,3	2
那坡棕黄豆	1	L89-2435	2	L74-836	2	吉黑 69 号	2
七门黑豆	1	元豆	2	PI486355	2	M38788861	2

相对耐盐指数 =

$$\frac{\text{参试品种性状表现值}}{(\text{对照性状表现平均值 1} + \text{对照性状表现平均值 2})/2}$$

其中对照性状表现平均值 1、2 指的是紧邻参试品种的前后两组对照,每组 4 个品种的平均表现值。相对耐盐指数大于 1 即认为该品种的耐盐性优于对照,属耐盐品种。

2 结果与分析

2.1 大豆芽期耐盐性分析

2002 – 2005 年完成了 793 份大豆品种的芽期耐盐性鉴定,其中耐盐性为 1 级的品种 20 份、2 级 97 份、3 级 231 份、4 级 328 份、5 级 117 份,分别占鉴定总数的 2.52%、12.23%、29.13%、41.36%、14.75%。分析芽期对照发芽率与盐胁迫处理发芽率的相关性,Pearson 相关系数为 0.375,二者达到极显著水平($P < 0.01$)。说明各个品种在盐胁迫处理条件下的发芽率与对照条件下的发芽率呈正相关关系。大豆芽期耐盐性相对苗期要高,共鉴定到耐盐品种(1 级和 2 级)117 份(表 3)。

续表

品种名称	耐盐级数	品种名称	耐盐级数	品种名称	耐盐级数	品种名称	耐盐级数
Variety	Salt-tolerance grade	Variety	Salt-tolerance grade	Variety	Salt-tolerance grade	Variety	Salt-tolerance grade
晋遗 38 号	2	汾豆 65	2	赣豆 3 号	2	郑 97210-6	2
WDD1812	2	吉育 68 号	2	蚕丝豆	2	M4174008828	2
晋豆 23	2	Mustang	2	鲁豆 12 号	2	02V793-97	2
淮 00-08	2	LN89-5717	2	秋黑豆	2	Baeun kong	2
野选 157	2	涟水黑豆	2	青豆	2	宁明高脚豆	2
MN1900	2	Ls90-1920	2	中黄 27	2	02V788-92	2
L80-5427	2	盘石豆	2	Williams	2	02V853-57	2
淮 9910	2	Croton319	2	郑 92116	2	8693446N00013	2
WDD1752	2	桂 199	2	鲁 99-2	2	Hartwig × 晋 1267	2
WDD1857	2						

2.2 大豆苗期耐盐性分析

2004 – 2005 年完成了 586 份大豆品种的苗期耐盐性鉴定,其中耐盐性 1 级品种 7 份、2 级 34 份、3 级 128 份、4 级 229 份、5 级 188 份,分别占鉴定总数的 1. 19%、5. 80%、21. 84%、39. 08% 和 32. 08%。苗期耐盐品种(1 级和 2 级)41 份(表 4),占鉴定总

数的比例很小(7%)。同是耐盐 1 级的品种,盐害指数大小也有所不同,反应其耐盐性也存在差异。本研究所鉴定的 7 个苗期耐盐性为 1 级的品种中,东农 46 的盐害指数为 0,也就是全部鉴定苗都表现为生长正常,无受害症状,其苗期耐盐性在所有参试品种中表现最好。

表 4 苗期耐盐品种

Table 4 Salt tolerant varieties at the seedling stage

品种名称	耐盐级数	品种名称	耐盐级数	品种名称	耐盐级数	品种名称	耐盐级数
Variety	Salt-tolerance grade	Variety	Salt-tolerance grade	Variety	Salt-tolerance grade	Variety	Salt-tolerance grade
Dekabig	1	晋遗 36	2	绥农 18	2	WDD2150	2
A-100	1	Anand	2	绥农 19	2	9204-1221	2
东农 46	1	抗线虫 4 号	2	抚垦 203	2	汾豆 59	2
东大一号	1	Kottman	2	WDD1799	2	吉育 71 号	2
合丰 38	1	晋豆 20	2	淮 9902	2	WDD 1776	2
Stout	1	汾豆 57	2	Kwan gan kong	2	WDD1936	2
Tiffin	1	晋遗 37	2	L72-1853	2	日本晴 3 号	2
晋遗 38 号	2	9613-112	2	汾豆 55	2	WDD268	2
WDD1812	2	L76-1010	2	WDD1923	2	Deka fast	2
晋豆 23	2	Strong	2	HS93-4118	2	辽 8880	2
黑农 45	2						

2.3 大豆全生育期耐盐性分析

分别在 2009 年和 2010 年完成了 280 份大豆品种全生育期的 2 次重复耐盐性鉴定。在全生育期的耐盐性鉴定中,采用相对耐盐指数来衡量品种的耐盐性。相对耐盐指数大于 1 即认为该品种的耐盐性优于对照,属耐盐品种。研究表明,盐敏感品种与耐盐品种相比,株高、主茎节数、分枝数、

单株荚数、单株粒重、百粒重等性状受盐害的影响不同^[8,10,15-18],这些性状可以衡量大豆品种的耐盐性。本研究选择能够综合反映这些性状的生物量和子粒重作为衡量大豆品种耐盐性的指标性状,在 2009 年和 2010 年分别做了调查,相对耐盐指数和生物量及子粒重之间达到了显著或者极显著的相关关系(表 5)。

表 5 相对耐盐指数和生物量及子粒重的相关性

Table 5 The correlation analysis of relative salt-tolerance index(RSTI) and biomass as well as grain weight

性状 Trait	2009 年 In 2009				2010 年 In 2010			
	生物量相对耐盐指数		子粒重相对耐盐指数		生物量相对耐盐指数		子粒重相对耐盐指数	
	RSTI of biomass		RSTI of grain weight		RSTI of biomass		RSTI of grain weight	
	相关性	<i>p</i> 值	相关性	<i>p</i> 值	相关性	<i>p</i> 值	相关性	<i>p</i> 值
	Pearson	<i>p</i> -value	Pearson	<i>p</i> -value	Pearson	<i>p</i> -value	Pearson	<i>p</i> -value
2009 生物量	0.999 **	0	0.088 *	0.020	0.175 **	5.1×10^{-6}	0.105 **	0.006
2009 子粒重	0.076 *	0.044	0.913 **	5.7×10^{-276}	0.370 **	4.0×10^{-23}	0.377 **	5.7×10^{-24}
2010 生物量	0.154 **	6.4×10^{-5}	0.508 **	4.3×10^{-45}	0.812 **	2.3×10^{-158}	0.531 **	5.9×10^{-50}
2010 子粒重	0.120 **	0.002	0.629 **	6.3×10^{-75}	0.698 **	1.1×10^{-98}	0.694 **	4.0×10^{-97}

2009 年生物量的相对耐盐指数大于 1 的品种有 75 个,子粒重的相对耐盐指数大于 1 的品种有 51 个,2010 年分别是 203 个和 189 个。这 2 个性状的相对耐盐指数都大于 1 的品种在 2009 年有 42 个,2010 年有 173 个。而 2 个性状的相对耐盐指数在 2 年均大于 1 的品种有 35 个(表 6)。这些品种在盐碱地上生长,从全生育期看,其生物量和子粒重都高于耐盐的对照品种,且 2009 年和 2010 年表现一致(表 6)。虽然 2009 年和 2010 年的生物量($r =$

$0.468, P < 0.01$)以及 2 年的子粒重($r = 0.294, P < 0.01$)的相对耐盐指数之间达到了极显著相关关系,也就是说不同品种之间相对耐盐指数的相对大小受年份影响不大,但是其绝对值在 2 年间差异却较大。例如,在 2010 年 2 个性状相对耐盐指数都大于 1 的品种有 189 个,而在 2009 年只有 42 个,且这 42 个中还有 7 个不包括在 189 个之中,所以有 154 个品种在 2009 年都被鉴定为相对于对照的非耐盐品种。

表 6 全生育期耐盐品种

Table 6 Salt tolerant varieties in the whole growing season

品种名称 Variety	相对耐盐指数 Salt-tolerance index				品种名称 Variety	相对耐盐指数 Salt-tolerance index			
	2009 年		2010 年			2009 年		2010 年	
	生物量	子粒重	生物量	子粒重		生物量	子粒重	生物量	子粒重
H6686RR	1.79	1.37	2.66	3.14	晋遗 34	1.22	1.54	1.65	1.43
95-5383	1.51	1.50	3.38	2.58	HS93-4118	1.21	1.21	2.21	3.85
L80-5427	1.48	1.49	2.55	2.63	秦豆 5 号	1.21	2.40	1.96	2.25
L83-4744	1.48	1.40	1.29	1.44	晋豆 20	1.20	1.32	1.50	2.15
沧 9404	1.40	1.14	2.55	2.23	商豆 7 号	1.19	1.16	1.83	1.36
秦豆 8 号	1.33	1.86	2.45	3.93	沧 9405	1.17	1.08	2.64	1.97
PI486355	1.30	1.31	3.08	1.03	许豆 3 号	1.17	1.02	2.40	1.69
五星 1 号	1.29	1.18	2.16	2.14	淮 9902	1.17	1.04	1.91	1.79
郑 9525-8	1.26	1.32	2.58	2.40	鲁豆 12 号	1.16	1.23	2.12	1.07
郑 98120-1	1.25	1.47	2.28	1.11	蚕丝豆	1.15	1.04	2.49	1.74
Hartwig × 晋 1265	1.08	1.79	1.52	1.81	Williams	1.15	1.01	2.58	3.15
盘石豆	1.25	1.18	1.84	2.06	涟水大粒豆	1.13	1.04	1.72	1.14
PI548402 Peking	1.24	1.06	1.76	2.56	沧 9401	1.13	1.15	2.31	2.14
晋豆 23	1.23	1.36	2.32	1.31	辽豆 16	1.08	1.01	1.50	1.59
TN4-94	1.23	1.09	2.17	2.05	汾豆 58	1.03	1.27	1.15	1.14
商豆 1099	1.22	1.14	2.06	2.15	郑 98005	1.01	1.04	2.28	2.03
沧豆五号	1.22	1.30	2.29	2.12	辽豆 14	1.01	1.05	1.88	1.96
NE3400	1.22	1.14	2.83	1.71					

2.4 大豆芽期、苗期与全生育期耐盐性的比较

本试验鉴定的大豆品种中,芽期耐盐品种(1 级和 2 级)共 117 份,苗期耐盐品种(1 级和 2 级)仅 41 份,其中只有 3 份品种(WDD1812、晋豆 23 和晋遗 38

号)的芽期与苗期耐盐级别同时达到 2 级。分析芽期与苗期耐盐级别的相关性,相关系数为 $-0.042 (P > 0.05)$ 没有达到极显著水平。表明二者之间没有相关关系,即品种在芽期耐盐性强,苗期耐盐性不一定强。

本试验结果说明大豆品种的芽期耐盐级别与苗期耐盐级别并没有可比性,它们都有其自身的意义。

2009 年和 2010 年全生育期生物量和子粒重的相对耐盐指数都大于 1 的品种共 35 个,属耐盐品种,其中有 11 个苗期属于耐盐品种(耐盐级别为 2 级);有 3 个芽期属于耐盐品种(耐盐级别为 2 级);只有晋豆 23 这一个品种在芽期、苗期和全生育期均表现为耐盐(芽期和苗期耐盐级别均为 2 级)。说明同一品种不同生长发育阶段耐盐性存在差异。

3 讨论

3.1 耐盐品种的筛选

本试验通过芽期耐盐性鉴定筛选到较多的耐盐品种,耐盐性 1 级有 20 份,2 级有 97 份(表 3);通过苗期耐盐性鉴定筛选的耐盐品种 1 级有 7 份,2 级有 34 份(表 4)。通过全生育期耐盐性鉴定,2009 和 2010 两年鉴定其耐盐性都好于对照,属于耐盐品种的共 35 份(表 6)。其中有 3 个品种(WDD1812、晋豆 23 和晋遗 38 号)的芽期与苗期耐盐级别同时达到 2 级,1 个品种(晋豆 23)芽期、苗期和全生育期都表现耐盐性。

芽期或苗期耐盐性为 1 级的品种,如中黄 13、新大豆 1 号、陕豆 125、东农 46、东大 1 号和合丰 38 等,不但具有高耐盐性,而且具有很好的丰产性,有些品种还具有优质和抗逆等优异的农艺性状^[19]。这些品种都可以作为耐盐育种的优良亲本,培育既优质高产又耐盐的新品种。晋遗 23 是以丰产性好并有一定抗旱能力的晋大 28 号为母本,以综合抗病性强的诱变 30 号为父本育成,具有高度抗旱、高抗病毒病、耐红蜘蛛等特性^[20],耐盐性鉴定发现,该品种在不同生育期都具有较高的耐盐性。而晋遗 38 号是以晋豆 23 为亲本育成的新品种^[21],在芽期和苗期都具有较高耐盐性。这些通过芽期、苗期以及全生育期的耐盐性鉴定,初步筛选到的在不同生育阶段表现出相对较高耐盐性的大豆品种,将为我国的大豆耐盐育种提供重要信息。

除此之外,有些品种只在某个时期表现较强的耐盐性,这些品种可以作为耐盐机理研究和耐盐育种的基础材料。例如,苗期是盐碱伤害最敏感的时期^[7],本研究通过苗期耐盐性鉴定,筛选出 7 个品种耐盐级别为 1 级。其中东农 46 的盐害指数为 0,其苗期耐盐性最强。苗期盐溶液的电导率维持在 $21 \pm 3 \text{ dSPm}$ 范围内,对东农 46 幼苗没有产生可见的盐害症状,所以东农 46 应该可以耐受更高浓

度的盐害。

3.2 芽期耐盐性鉴定与种子活力的关系

衡量一个品种芽期耐盐性高低的标准是根据每个材料在正常条件和盐胁迫条件下的发芽率,计算相对盐害率并分级。有的研究表明,盐处理与清水处理条件下的发芽率并没有什么相关关系^[22]。本研究中,盐处理与清水处理条件下的发芽率呈极显著正相关,在小麦芽期耐盐性鉴定过程中,也发现了同样的规律。这个不难理解,各品种在淡水中的发芽率反应了该品种的种子活力,种子活力比较高的品种在盐处理条件下发芽率也相对高,种子活力比较低的品种在盐处理条件下发芽率也相对低,所以盐处理条件下的发芽率不但与品种耐盐性有关,还与品种种子活力有关,而种子活力过低也会影响耐盐性鉴定的结果。所以,衡量大豆品种芽期耐盐性,除了综合考虑正常条件下的发芽率和盐胁迫条件下的发芽率外,还要考虑种子的活力。要尽量选择新收获的、具有正常活力的种子。

3.3 同一品种不同生长发育阶段耐盐性不同

对参试大豆品种芽期和苗期耐盐性之间进行相关性分析,结果表明二者间无明显相关关系,在其他很多研究中也得到相似的结果^[7,14,22-23]。另外,2009 年和 2010 年生物量和子粒重的相对耐盐指数都大于 1 的品种共 35 个,但只有晋豆 23 在芽期和苗期被鉴定为耐盐品种。说明大豆品种的不同生育阶段的耐盐性并没有可比性,同一品种不同生长发育阶段耐盐性不同,它们都有其本身的意义。芽期耐盐性体现的是种子吸水膨胀的能力^[24],较强的芽期耐盐性是盐渍地区大豆品种必须优先具备的特性,是保证大豆出苗的基础。而大豆苗期又是大豆一生耐盐性最薄弱的阶段,此时的盐胁迫对大豆生长有明显的影 响,苗期耐盐性又是保证苗全、苗齐的基础。整个生育期的耐盐性鉴定可以真实的反映大豆品种在盐胁迫条件下的生长状况。综上,鉴定大豆品种的耐盐性,要对各主要生育阶段进行鉴定,方能全面评价品种的耐盐性。

3.4 全生育期耐盐鉴定的指标和方法

大豆芽期和苗期的耐盐性鉴定在培养箱内恒定条件下进行,这种方法快速、简单且受环境影响小,鉴定结果可以作为大豆品种耐盐性评价的参考。但耐盐品种最终要应用于生产实际,还必须在更接近于大田生产实际的田间进行全生育期的耐盐性鉴定。作物全生育期耐盐性的鉴定着重考虑品种的绝对产量

和经济产量。也可在一定土壤含盐量的田间种植 3 个以上重复,最终与耐盐对照品种进行产量比较^[25]。

盐害会引起大豆叶片枯萎脱落^[15],使地上部和根部生长显著下降^[8]。也有研究表明盐胁迫会导致株高和植物干重降低^[7,16]。一些研究表明盐胁迫条件下,大豆株高降低,主茎节数和分枝数减少^[10,17-18]。这些研究说明盐害会影响大豆的生物量,且对耐盐品种和盐敏感品种的影响是不同的。盐胁迫还会导致大豆子粒产量下降,产量的降低幅度与品种耐盐能力有密切关系。Abel 等^[7]研究指出,加盐导致大豆产量和百粒重分别下降 30% 和 23%。邵桂花等^[10]研究盐碱地对大豆产量的影响,经多次产量测定,发现盐造成大豆减产的趋势是一致的。根据这些研究结果,本研究选用大豆品种的生物量和子粒重量相对于耐盐对照的比值,来评价大豆品种全生育期的耐盐性。

但是,由于大豆耐盐性的田间鉴定结果易受光照、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^[26]。本研究中,有 154 份品种在 2009 年被鉴定为相对于对照的非耐盐品种,而在 2010 年被鉴定为耐盐品种。只有 35 份品种 2 年的鉴定结果是一致的。分析其原因,由于 2010 年的干旱,造成大豆盐害加重,产量降低,但是参试品种和对照品种减产幅度却不同。所有参试品种的生物量和子粒重 2010 年比 2009 年分别减少 14% 和 23%,而对照品种的生物量和子粒重 2010 年比 2009 年分别减少了 53% 和 63%。对照品种受环境的影响更大。所以在 2010 年,相对盐害指数大于 1 的品种增多。选择具有相对稳定耐盐性的对照品种,对于大田全生育期耐盐性鉴定结果的准确性和可重复性非常重要。为了尽量减少这种误差,我们选择了 4 个耐盐品种作为对照。

本研究对大豆全生育期耐盐性鉴定的指标和方法做了探讨,与邵桂花等^[13-14]的鉴定方法相比,后者是通过海水与淡水混合灌溉,人为控制大田盐碱度,进行大田耐盐筛选研究来评定品种耐盐级别。本研究选择了河北省唐山市唐海县天然形成的盐碱地进行了种植,可以真实反映大豆品种在盐碱地的生长状况。另外,邵桂花等^[13-14]在花荚期对大豆盐害进行了调查,根据田间大豆盐害症状进行分级,评价大豆成熟期耐盐性。本研究选择了生物量和子粒重量进行调查,利用相对耐盐指数的大小进行大豆品种间耐盐性的比较,能更好的反应大豆全生育期的耐盐性。这些结果可为尽快建立大豆耐盐性鉴定

的科学标准提供信息。

大豆耐盐性鉴定除了这些直接鉴定方法外,最好再用生理生化指标的比较和耐盐分子标记加以辅助,以减少环境因素的影响,从而提高耐盐鉴定的准确性和效率。

参考文献

- [1] 王遵亲. 中国盐渍土 [M]. 北京: 科学出版社, 1993
- [2] 余蓓珍, 等编译. 植物的耐盐性及其改良 [M]. 北京: 农业出版社, 1989
- [3] 时津霞, 乔永利, 杨庆文, 等. 以色列野生二粒小麦 (*Triticum dicoroides*) 耐盐性鉴定 [J]. 植物遗传资源学报, 2004, 5 (4): 369-373
- [4] Stapies R, Toenniessen G H. Salinity tolerance in plants, strategies for crop improvement [M]. New York: Wiley interscience, 1984
- [5] 王洪春. 作物抗逆性鉴定的原理与技术 [M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1989
- [6] 陈志德, 仲维功, 杨杰, 等. 水稻新种质资源的耐盐性鉴定评价 [J]. 植物遗传资源学报, 2004, 5 (4): 351-355
- [7] Able G H, Makanzie A J. Salt tolerance of soybean varieties (*Glycine max* L. Merr.) during germination and late growth [J]. Crop Sci, 1964 (4): 157-161
- [8] Parker M B, Gaines T P, Hook J E, et al. Chloride and water stress effects on soybean in pot culture [J]. Plant Nutri, 1987, 10 (5): 517-538
- [9] Abd El-Samad H M A, Shaddad M A K. Salt tolerance of soybean cultivars [J]. Biol Plant, 1997, 39 (2): 263-269
- [10] 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
- [11] 李星华, 陈宛妹, 李增禄. 山东大豆种质资源耐盐性鉴定 [J]. 山东农业科学, 1996 (4): 11-13
- [12] 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
- [13] 邵桂花. 大豆种质资源耐盐性田间鉴定方法 [J]. 作物杂志, 1986, 20 (3): 36-37
- [14] 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, 19 (6): 30-35
- [15] Parker, M B, Gascho G J, Gains T P. Chloride toxicity of soybeans grown on Atlantic Coast flatwoods soils [J]. Agron J, 1983, 75: 439-443
- [16] Weil R R, Khalil N A. Salinity tolerance of winged beans as compared to that of soybean [J]. Agron J, 1985, 78: 67-70
- [17] 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
- [18] 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
- [19] 王连铮, 郭庆元. 现代中国大豆 [M]. 北京: 金盾出版社, 2007
- [20] 刘学义, 路贵和, 任冬莲, 等. 大豆抗旱抗病毒病新品种“晋豆 23”号选育 [J]. 大豆通报, 2001 (5): 19
- [21] 王建中. 大豆新品种 - 晋选 38 号 [J]. 农业科技通讯, 2007 (3): 57
- [22] 焦广音, 任建华, 逯贵生, 等. 绿豆品种资源耐盐性鉴定与研究 [J]. 作物品种资源, 1997 (2): 38-40
- [23] 马雅琴, 翁跃进. 引进春小麦种质耐盐性的鉴定评价 [J]. 作物学报, 2005, 31 (1): 58-64
- [24] 蒋武生, 芦翠乔, 吴丁. 盐分对小麦苗期生理性状的影响 [J]. 河南农业科学, 1989 (10): 1-3
- [25] 翁跃进. 作物耐盐品种及其栽培技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002
- [26] 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