

姚梦楠,王永强,周恩强,等. 86 份大豆种质成熟期耐盐性评价[J]. 江苏农业科学,2025,53(7):59-67.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2025.07.008

## 86 份大豆种质成熟期耐盐性评价

姚梦楠,王永强,周恩强,周瑶,薛冬,汪凯华,魏利斌,赵娜,李波,缪亚梅,顾春燕,王学军  
(江苏沿江地区农业科学研究所,江苏南通 226001)

**摘要:**为研究盐胁迫对大豆成熟期的影响,明确不同大豆种质成熟期耐盐性差异,筛选出耐盐大豆品种,为大豆耐盐品种选育提供理论依据,在江苏南通以 86 份大豆种质为试验材料,分别测定在中盐度(盐分 3.8‰~4.1‰)和低盐度(盐分<1‰)2 个不同生长条件下大豆成熟后株高、底荚高、主茎节数、有效分枝、单株有效荚数和产量等 6 个性状指标,基于相关性、主成分、隶属函数、聚类分析综合评价大豆耐盐性,筛选耐盐材料。结果表明,盐胁迫显著影响成熟期大豆的株高、底荚高、主茎节数、有效分枝数、单株有效荚数和产量,不同性状指标间存在相关性。主成分分析结果显示,6 个性状指标转化成 3 个主成分因子,累计贡献率达 82.60%,主茎节数、有效分枝数、产量可作为大豆成熟期耐盐性主要评价指标。隶属函数耐盐性综合评估结果显示,明天 1299、南 752-11、通豆 17-211、通豆 15-02 等为参试种质材料中耐盐性较强种质。聚类分析将 86 份大豆分为 5 类,其中高度耐盐材料 2 份,耐盐材料 18 份,中等耐盐材料 40 份,盐敏感材料 24 份,高度敏感材料 2 份。

**关键词:**大豆;成熟期;耐盐性;种质资源;综合评价

**中图分类号:**S565.103.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2025)07-0059-09

土壤盐渍化被认为是世界上最严重的环境问题之一<sup>[1]</sup>,是限制土地利用和粮食生产的主要因素之一<sup>[2]</sup>。我国盐碱地具有面积大、分布广的特点,

据统计,我国盐渍土面积约 1 亿  $\text{hm}^2$ ,具有农业开发利用前景的盐碱地超 6 700 万  $\text{hm}^2$ <sup>[3]</sup>。耐盐品种的选育是耐盐遗传改良的基础<sup>[4]</sup>,能够增加产量和降低成本,对于提高生产力和粮食产量起到重要作用<sup>[5]</sup>。大豆起源于中国,是重要优质的蛋白来源,需求量随着人民生活水平的提高也在不断增加<sup>[6]</sup>。大豆是中度耐盐作物,种植耐盐品种能够发挥盐碱地生产潜力<sup>[7]</sup>,提高土地利用效率,增加耕地面积,从而提高粮食产量<sup>[8]</sup>,筛选及培育耐盐大豆具有重要意义。

收稿日期:2024-05-21

基金项目:南通市科技项目(编号:JC12022059);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(22)2011]。

作者简介:姚梦楠(1994—),女,山西朔州人,硕士,研究实习员,主要从事豆类遗传育种研究。E-mail:20212004@jaas.ac.cn。

通信作者:王学军,研究员,主要从事豆类遗传育种研究。E-mail:wangxj4002@sina.com。

[J]. 黑龙江畜牧兽医,2018(4):173-175.

[14]王翠琴,傅达奇. 泛素-蛋白酶体系统影响植物农艺性状的研究进展[J]. 生物技术通报,2023,39(1):72-83.

[15]韩锦峰. 烟草栽培生理[M]. 北京:中国农业出版社,2003:7-12.

[16]李章海,王能如,冯勇刚,等. 天然型脱落酸和微量元素对烤烟种子萌发的影响[J]. 烟草科技,2006,39(2):53-55.

[17]萧浪涛,王三根. 植物生理学实验技术[M]. 2版. 北京:中国农业出版社,2023:55,94,139-143.

[18]彭玉龙,张乾申,韩丽珍,等. 促烟草种子萌发的细菌菌株筛选及促生特性研究[J]. 中国烟草科学,2020,41(5):68-72.

[19]王建平,王晓丽,王昌军,等. 聚- $\gamma$ -谷氨酸对烟草种子萌发及苗期生长的影响[J]. 华中农业大学学报,2007,26(3):340-343.

[20]王科,周冀衡,柳均,等. 烟草根系分泌物化感潜力研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学版),2011,26(2):236-239.

[21]沈奕,高智谋,王革,等. 几丁寡糖对烟草种子萌发及有关酶活性的影响[J]. 中国农学通报,2009,25(14):138-141.

[22]马文广,崔华威,李永平,等. 不同药剂处理对低温逆境下烟草种子发芽和幼苗生长的影响[J]. 科技通报,2011,27(6):873-880.

[23]喻会平,龙友华,安启菲,等. 生物菌剂对烟草种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 贵州农业科学,2016,44(3):47-52.

[24]张会慧,包卓,许楠,等. 钙对低温高光锻炼下烤烟幼苗光合的促进效应[J]. 核农学报,2011,25(3):582-587.

[25]徐高强,石秋环,李丽华,等. 低钾胁迫下钙调素拮抗剂对烟草幼苗钾积累的影响[J]. 中国烟草科学,2022,43(2):25-32.

[26]王国平,潘威,牛永志,等. 不同活力烟草种子抗氧化酶活性差异与相关性分析[J]. 种子,2021,40(10):104-109.

[27]刘玲玲,丁永乐,程传策,等. 4 个烟草品种干旱胁迫下萌发和苗期生理特性及抗旱性评价[J]. 江苏农业科学,2015,43(5):104-107.

与光温、水分等胁迫不同,盐碱危害存在于植物整个生长期<sup>[9]</sup>。刘欣玥等对 8 份大豆种质萌发期进行盐胁迫,发现盐胁迫后发芽率和芽长均下降,随后根据 48 份大豆的试验结果,将萌发期大豆的耐盐性分为 5 级<sup>[10]</sup>。韩岱等对 60 份大豆开展苗期耐盐性鉴定评价,发现处理后测定指标较对照均明显下降,且各指标间存在相关关系<sup>[11]</sup>。张兆宁等在萌发期对 62 份大豆材料进行盐胁迫,发现测定指标的耐盐系数间存在正相关关系,测定指标的耐盐系数可分为 4 个主成分,并且 62 份材料被分为 5 类<sup>[12]</sup>。目前对大豆耐盐性的鉴定多集中在芽期和苗期<sup>[13-15]</sup>,而成熟期耐盐性的鉴定对耐盐品种的培育更具意义。本试验选用沿江地区大豆种质材料在不同盐分环境下种植,采用相关性分析、主成分分析、隶属函数、聚类分析等方法对成熟期大豆的耐盐性进行综合评价,旨在为耐盐大豆新品种的培育提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

86 份大豆种质材料由江苏沿江地区农业科学研究所豆类团队收集,2023 年种植于试验单位,当年试验。品种编号及名称见表 1。

### 1.2 试验方法

试验于 2023 年在江苏沿江地区农业科学研究所大豫基地开展,基地位于江苏省如东东部濒海地区(121.358°E,32.307°N),沙质土壤,中盐度(盐分 3.8‰~4.1‰);以低盐度(盐分<1‰)为对照,对照位于江苏沿江地区农业科学研究所薛窑基地(120.640°E,32.137°N),潮土。两试验点同期同密度播种,田间水肥管理参照当地生产田,成熟后根据《大豆种质资源描述规范和数据标准》调查大豆株高、底荚高、主茎节数、有效分枝、单株有效荚数、产量等性状<sup>[16]</sup>。每个性状指标由同一人测量,3 次重复。

大豆形态特征测定:取 200 粒种子置于考种分析仪上,利用考种分析仪计算出种子平均面积、周长、长度、宽度和百粒重。

大豆品质性状测定:取 200 粒种子放入近红外光谱仪盒,根据标准曲线直接读出粗蛋白(干基)和粗脂肪(干基)含量。

### 1.3 数据分析

使用 Microsoft Excel 2010 进行数据整理,使用

表 1 大豆种质资源材料编号及名称

编号	名称	编号	名称	编号	名称
1	通豆 17-058	30	南农 99-6	59	通豆 13
2	通豆 17-211	31	南农 J0-8	60	通豆 16-009
3	20J-2	32	南农 J1-13	61	通豆 16-02
4	20X-9	33	南农 J1-14	62	通豆 16-058
5	21J-05	34	南农 W202	63	通豆 19-03
6	21X-38	35	南农 W204	64	通豆 20-13
7	赣黑豆 3 号	36	南农 X222	65	通黄 15
8	荷豆 33 号	37	南夏豆 40	66	徐豆 18
9	荷育 13	38	南夏豆 56	67	徐豆 27
10	华豆 2119	39	宁沃豆 1 号	68	盐豆 19081
11	华豆 25	40	齐黄 34	69	盐豆 1 号
12	华科 208	41	启豆 33	70	郧豆 1 号
13	淮豆 13	42	圣豆 102	71	中江 2127
14	淮豆 20	43	圣豆 104	72	通豆 15-02
15	嘉豆 2 号	44	圣豆 115	73	通豆 18-02
16	俊 JH18-18	45	圣豆 119	74	圣豆十号
17	科豆 116	46	圣豆 137	75	圣豆 16
18	科豆 117	47	圣豆 146	76	华科 7 号
19	科豆 1709	48	圣豆 29	77	18-013
20	明天 1299	49	圣豆 34	78	NN2007
21	南 752-11	50	苏 20X00	79	09-168
22	南农 1606	51	苏豆 13	80	19-212
23	南农 19090	52	苏豆 28	81	16-225
24	南农 193	53	苏豆 7 号	82	徐豆 13
25	南农 1971	54	苏黄 1 号	83	徐豆 28
26	南农 201	55	苏夏 18	84	徐豆 23
27	南农 48	56	苏夏 1913	85	19-241
28	南农 64	57	苏夏 22-885	86	19-060
29	南农 77	58	通豆 10 号		

SPSS 26.0 进行差异性分析、相关性分析、隶属函数分析、主成分分析及聚类分析。

耐盐系数 = 盐胁迫处理值/正常生长处理值。

变异系数 = 标准差/均值。

权重系数  $W_i = C_i / \sum_{i=1}^n C_i$ ,  $C_i$  为第  $i$  个指标的综合贡献率。

隶属函数值  $\mu(X_i) = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ ,  $X_i$  为第  $i$  个指标的平均值,  $X_{\min}$  为第  $i$  个指标的最小值,  $X_{\max}$  为第  $i$  个指标的最大值。

耐盐性综合评价值  $D = \sum_{i=1}^n [\mu(X_i) \times W_i]$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同大豆材料理化特性结果统计

86 份大豆种质材料理化特性均符合正态分布(图 1)。粗蛋白含量变幅为 39.64%~48.29%,最

低的是 49 号材料,最高的是 16 号材料;粗脂肪含量变幅为 16.78% ~ 21.25%,最低的是 16 号材料,最高的是 12 号材料;种子平均面积变幅为 40.24 ~ 75.8 mm<sup>2</sup>,最小的是 18 号材料,最大的是 79 号材料;种子平均周长变幅为 23.68 ~ 32.84 mm,最小的是 18 号材料,最大的是 79 号材料;种子长度变幅为

7.74 ~ 11.09 mm,最短的是 18 号和 49 号材料,最长的是 79 号;种子宽度变幅为 6.55 ~ 8.82 mm,最窄的是 18 号材料,最宽的是 37 号材料;百粒重变幅为 14.10 ~ 33.71 g,最轻的是 49 号材料,最重的是 79 号材料。所选大豆材料具有丰富的多样性和差异性,可以开展耐盐性鉴定。

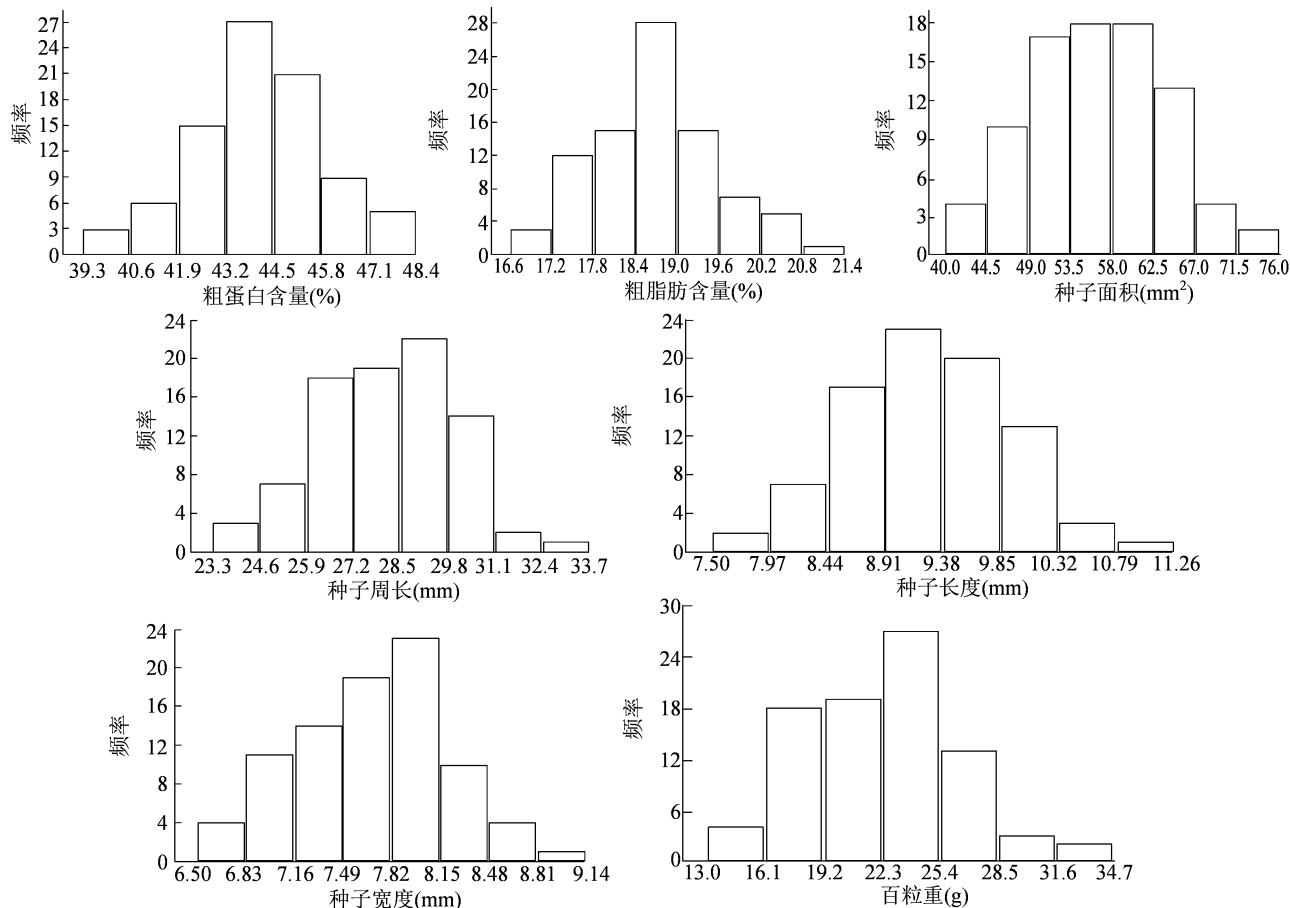


图1 大豆材料理化特性

## 2.2 大豆材料全生育期农艺性状测定值分析

在成熟期分别对 2 个生长条件下的大豆材料开展农艺性状测定,结果见表 2。低盐度条件下,大豆材料变异系数介于 0.177 ~ 0.541 之间,其中 28 号材料产量最高,为 4 820.624 kg/hm<sup>2</sup>,86 号材料产量最低,为 890.004 kg/hm<sup>2</sup>,盐地环境中,各指标变异系数介于 0.158 ~ 1.167 之间,其中 2 号材料产量最高,为 1 901.343 kg/hm<sup>2</sup>,65 号材料产量最低,为 17.188 kg/hm<sup>2</sup>;中盐度条件下,各测定指标均极显著降低,表明盐地对大豆生长产生影响,7 个指标均对盐胁迫响应敏感,且不同大豆植株对盐的响应程度不同,具有明显差异。此外,大豆在 2 个生长条件下各指标的相关系数介于 -0.019 ~ 0.534 之间,表明不同农艺性状对盐胁迫的响应存在差异。

大豆在 2 种环境下农艺性状变幅不同,结果见图 2。低盐度下大豆主茎有效分枝和产量呈正态分布,株高、底荚高、主茎节数和单株有效荚数偏态分布,84.9% 的材料株高介于 42 ~ 86 cm 之间,77.9% 的材料底荚高介于 6 ~ 18 cm 之间,82.6% 的材料主茎 12 ~ 18 节,79.1% 的材料有效分枝数为 1.6 ~ 4.8 个,58.1% 的材料单株 31.5 ~ 52.5 个有效荚,84.88% 的材料产量在 1 620 ~ 3 240 kg/hm<sup>2</sup> 之间;中盐度下大豆株高、底荚高、主茎节数呈正态分布,单株有效荚数偏态分布,69.8% 的材料株高介于 22 ~ 40 cm 之间,83.7% 的材料底荚高介于 6 ~ 18 cm 之间,73.7% 的材料主茎 8.2 ~ 11.5 节,80.2% 的材料单株有效荚数介于 3 ~ 12 个之间,主茎有效分枝数和产量则主要集中在部分区间内,近一半(45.3%)材

表 2 不同环境下大豆材料成熟期差异性分析

处理	参数	株高 (cm)	底荚高 (cm)	主茎节数 (节)	有效分枝数 (个)	单株有效荚数 (个)	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
低盐度	最大值	109.337	47.444	26.221	6.000	106.333	4 820.624
	最小值	37.333	5.214	11.667	0.667	16.667	890.004
	极差	72.003	42.231	14.554	5.333	89.667	3 930.620
	平均值	62.233	14.793	14.899	3.340	44.085	2 435.048
	标准差	16.672	7.997	2.636	1.196	15.284	615.614
	变异系数	0.268	0.541	0.177	0.358	0.347	0.253
中盐度	最大值	52.500	25.000	13.000	2.000	22.330	1 901.343
	最小值	13.500	4.833	6.000	0.000	1.252	17.188
	范围	39.000	20.167	7.000	2.000	21.078	1 884.155
	均值	29.991	12.430	9.772	0.467	7.536	517.550
	标准差	8.467	4.713	1.544	0.545	4.175	446.106
	变异系数	0.282	0.379	0.158	1.167	0.554	0.862
	<i>t</i> 检验	21.207 **	2.702 **	18.773 **	23.159 **	22.999 **	23.182 **
	相关系数	0.534	0.270	0.358	0.311	0.265	-0.019

注：\*、\*\* 分别代表在 0.05、0.01 水平上差异显著。

料的有效分枝数小于 0.3 个,66.28% 材料的产量小于 580 kg/hm<sup>2</sup>。

2.3 不同大豆农艺性状耐盐系数及其与理化特性相关性分析

为消除不同大豆材料间存在的差异,使用各指标的相对耐盐系数进行评价。由表 3 可知,同一指标的耐盐系数在不同材料间差异明显,变异系数介于 0.174 ~ 1.149 之间,同一材料在不同指标间系数也不尽相同,表明不同指标对盐胁迫的响应程度不同。

将各指标耐盐系数进行相关性分析,结果见表 4。株高与底荚高、主茎节数、产量均极显著正相关,相关系数分别为 0.374、0.809、0.315;底荚高还与主茎节数、有效分枝数、单株有效荚数显著或极显著相关,相关系数分别为 0.226、-0.393、-0.436,主茎节数还与单株有效荚数显著正相关,相关系数为 0.254;有效分枝数与单株有效荚数极显著正相关,相关系数为 0.424;单株有效荚数与产量极显著正相关,相关系数为 0.464。结果表明,不同性状指标间存在相关性,与大豆耐盐能力存在相互关联性。

2.4 主成分分析

利用主成分分析法对 86 份大豆的 6 个农艺性状耐盐系数降维,如表 5 所示,前 3 个主成分特征值均大于 1,分别是 1.947、1.729、1.281,贡献率依次为 32.443%、28.812%、21.344%,共能够解释

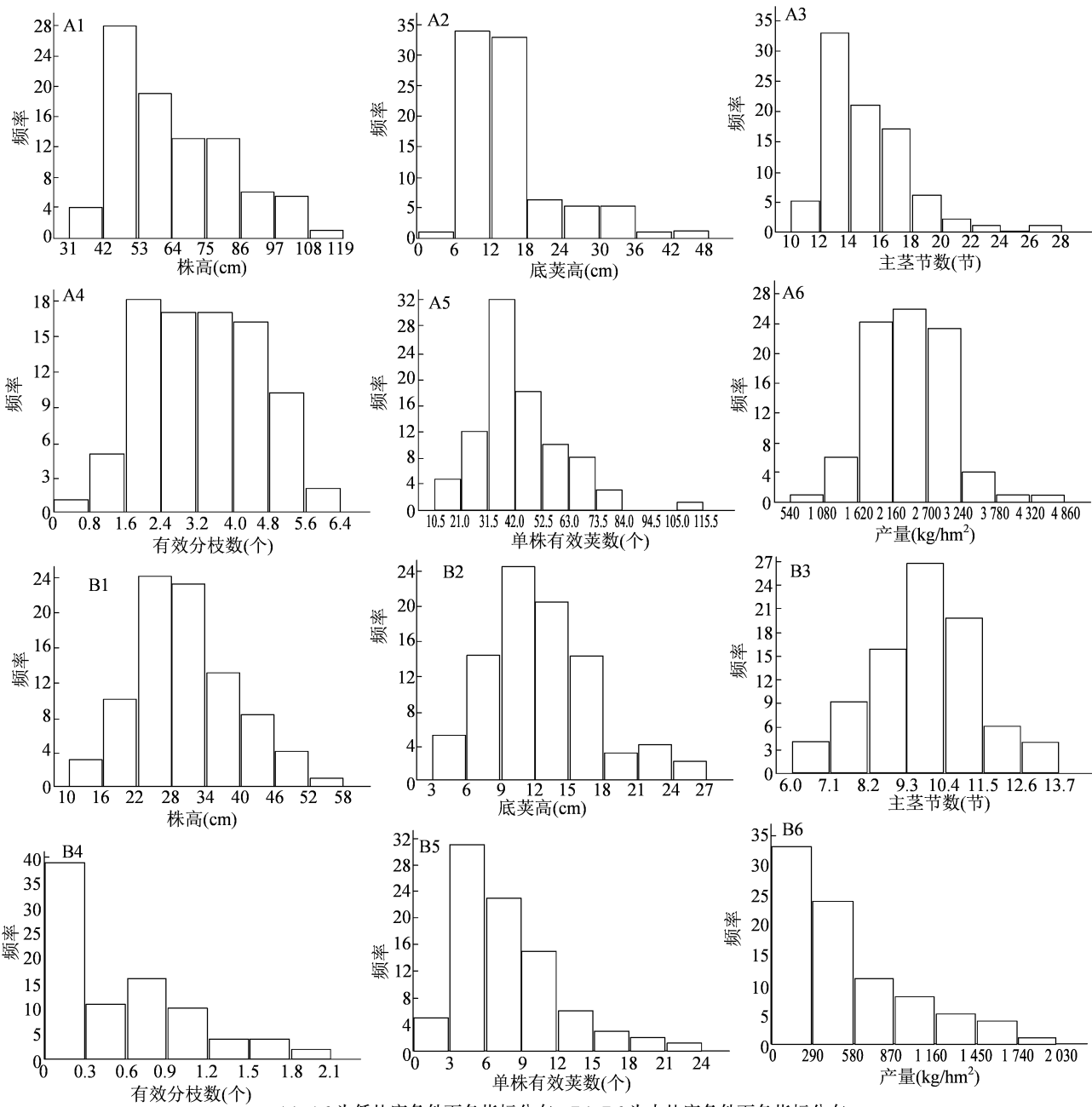
82.60% 的变量信息,分别用  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$  表示。这 3 个综合指标为 3 个新的相互独立的综合指标,能代表 6 个单项指标的绝大部分信息,作为大豆盐胁迫的有效成分。主成分 1 中,主茎节数和株高贡献率最高,主成分 2 中,有效分枝数贡献率最高,主成分 3 中,产量贡献率最高,所以主茎节数、有效分枝数、产量可用来衡量大豆耐盐能力。

2.5 大豆耐盐性隶属函数综合评价分析

将 86 份大豆材料的主成分得分运用隶属函数公式计算出相应的隶属函数值和耐盐性综合评价值( $D$  值),根据  $D$  值大小进行排序,综合评价大豆材料成熟期耐盐性强弱,越大耐盐性越强。由表 6 可知, $D = 0.157 \sim 0.809$ ,根据  $D$  值,耐盐性强的前 10 份材料分别为 20、21、2、72、85、23、26、83、84、16 号材料。

2.6 聚类分析及耐盐级别划分

如图 3 所示,基于  $D$  值进行系统聚类,在欧氏距离为 8 时将 86 份大豆材料划分为 5 个耐盐等级:高度耐盐、耐盐、中耐、盐敏感、高度敏感,第 1 级为中等耐盐材料,共有 40 份材料,占材料总数 46.51%,第 2 级为盐敏感材料,包括 24 份,占材料总数 27.91%,第 3 级为高度敏感材料,包括 49、61 号 2 份,占材料总数 2.33%,第 4 级为高度耐盐材料,包括 20、21 号 2 份,占材料总数 2.33%,第 5 级为耐盐材料,包括 18 份,占材料总数 20.93%。



A1~A6 为低盐度条件下各指标分布；B1~B6 为中盐度条件下各指标分布  
图2 不同环境下大豆农艺性状指标分布情况

表 3 大豆农艺性状指标耐盐系数

指标	耐盐系数					
	最大值	最小值	极差	平均值	标准差	变异系数
株高	0.763	0.240	0.523	0.495	0.126	0.255
底荚高	3.457	0.246	3.211	1.014	0.604	0.596
主茎节数	0.927	0.365	0.561	0.667	0.116	0.174
有效分枝数	0.667	0.000	0.667	0.141	0.162	1.149
单株有效荚数	0.533	0.021	0.512	0.184	0.104	0.565
产量	0.850	0.007	0.843	0.225	0.204	0.907

表 4 耐盐系数相关性

指标	相关系数				
	株高	底荚高	主茎节数	有效分枝数	单株有效荚数
底荚高	0.374 **				
主茎节数	0.809 **	0.226 *			
有效分枝数	-0.132	-0.393 **	-0.096		
单株有效荚数	0.165	-0.436 **	0.254 *	0.424 **	
产量	0.315 **	-0.083	0.190	0.045	0.464 **

注：\*、\*\* 分别表示显著( $P < 0.05$ )、极显著( $P < 0.01$ )相关。

表 5 盐胁迫下各指标主成分向量特征及贡献率

指标	因子载荷		
	$F_1$	$F_2$	$F_3$
株高	0.921	-0.136	0.191
底荚高	0.394	-0.701	-0.203
主茎节数	0.935	0.019	0.087
有效分枝数	-0.010	0.865	-0.121
单株有效荚数	0.221	0.684	0.540
产量	0.143	0.030	0.943
特征值	1.947	1.729	1.281
贡献率	32.443	28.812	21.344
累计贡献率	32.443	61.255	82.599
权重	0.393	0.349	0.258

3 讨论与结论

3.1 大豆耐盐性鉴定及耐盐指标筛选

植物的耐盐性受多方面因素影响,耐盐性的评价标准和指标多种多样,仅用某一指标难以全面评价,应综合多个指标进行评价<sup>[17-18]</sup>。Yu 等利用主成分、隶属函数、聚类及回归分析的方法对紫花苜蓿 14 个性状的耐盐系数进行了分析,并对 20 个苜蓿品种苗期耐盐性进行了评价,发现 SFW、 $K^+$ / $Na^+$ 、SDW、SFW/RFW、SSA 和 SRV 可作为 150 mmol/L NaCl 处理下苜蓿幼苗耐盐性评价指标<sup>[19]</sup>。周玉杰等选用 9 个耐盐指标对 23 个水稻种质资源开展全生育期耐盐筛选,通过多元统计分析方法筛选出主穗总粒数、成活率和单株穗数可作为热带水稻全生育期耐盐性评价的关键指标<sup>[20]</sup>。张翠平等采用隶属函数和主成分分析方法对 18 份大豆材料进行苗期耐盐性鉴定,发现  $F_v/F_m$ 、蒸腾速率和可溶性糖含量等指标可作为大豆耐盐碱性筛选指标<sup>[21]</sup>。胡亮亮等通过主成分分析、隶属函数分析和耐盐性综合评价等方法对 346 份绿豆种质 12 个苗期耐盐

性指标鉴定评价,发现地上部鲜重、根鲜重、根干重、根长、根体积和根分枝数能够作为绿豆苗期耐盐性评价指标<sup>[22]</sup>。本试验对 86 份材料在低盐度和中盐度 2 种环境下成熟后的株高、底荚高、主茎节数、有效分枝数、单株有效荚数、产量 6 个农艺性状指标进行统计,发现盐胁迫显著影响大豆生长,种质材料耐盐性不同,不同测定指标对盐胁迫的响应程度存在差异,通过主成分分析将 6 个单项指标转换为 3 个相互独立的综合指标,累计贡献率达到 82.60%,其中主茎节数、有效分枝数、产量可主要衡量大豆耐盐能力。

3.2 大豆耐盐性评价与筛选

除鉴定指标外,合适的评价方法是快速、准确筛选耐盐品种的关键<sup>[2]</sup>。对于植物耐盐性的评价,试验人员大多采用多种分析方法进行研究。Zhang 等采用室内模拟发芽期、苗期和田间自然鉴定的方法,对东北地区 57 个花生品种进行耐盐性鉴定,根据隶属函数分析和聚类分析将 57 个花生品种分为 3 类,通过采用主成分加权隶属函数和聚类分析,共鉴定出 16 个耐盐品种和 27 个盐敏品种<sup>[2]</sup>。李玉骁等对 20 个向日葵品种进行芽期和苗期的盐胁迫处理,采用相关性、主成分、隶属函数值、聚类等分析和耐盐性综合评价判断向日葵的耐盐性,并鉴定出 2 个耐盐品种<sup>[22]</sup>。Zhang 等采用 120 mmol/L NaCl 对 114 个水稻品种进行了耐盐性评估和筛选,对各参数进行主成分分析、模糊函数分析、逐步回归分析、相关分析,发现幼苗活力指数是识别水稻品种耐盐性的可靠参数,采用系统聚类分析方法,根据水稻萌发期耐盐发育情况将水稻品种分为 5 组,分为高耐盐品种 8 个,耐盐品种 23 个,耐盐中等品种 42 个,盐敏品种 33 个,高盐敏感品种 8 个<sup>[23]</sup>。本试验采用隶属函数分析计算  $D$  值对大豆耐盐性进行综合评价,根据  $D$  值大小进行排序,聚类分析结果显示,86 份大豆在欧氏距离为 8 时分为 5 类,高度耐盐材料 2 份,耐盐材料 18 份,中等耐盐材料 40 份,盐敏感材料 24 份,高度敏感材料 2 份,其中明天 1299 和南 752-11 极耐盐,圣豆 34 和通豆 16-02 极敏感。耐盐材料的筛选可以为沿江地区耐盐大豆品种的培育和耐盐分子机理研究提供理论依据。

参考文献:

[1] Liang S, Wang S N, Zhou L L, et al. Combination of biochar and functional bacteria drives the ecological improvement of saline-alkali

表 6 大豆成熟期耐盐性隶属函数分析

编号	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$	$D$ 值	排名
1	-0.692	0.432	0.472	0.353	0.531	0.454	0.441	41
2	0.522	0.862	1.898	0.625	0.610	0.803	0.666	3
3	0.103	-0.045	1.393	0.531	0.444	0.680	0.539	18
4	-0.198	0.795	0.064	0.463	0.597	0.354	0.482	27
5	-0.975	-0.692	1.807	0.289	0.325	0.781	0.429	44
6	1.537	-0.017	-0.041	0.852	0.449	0.328	0.576	12
7	0.282	0.418	1.371	0.571	0.528	0.674	0.583	13
8	1.128	0.641	-0.658	0.760	0.569	0.177	0.543	19
9	-0.389	0.239	-0.170	0.421	0.496	0.297	0.415	46
10	0.295	-1.008	0.179	0.574	0.267	0.382	0.417	47
11	1.340	-0.637	0.604	0.808	0.335	0.486	0.560	14
12	0.316	-0.903	0.882	0.579	0.287	0.554	0.470	33
13	0.880	-0.598	0.123	0.705	0.342	0.369	0.492	24
14	1.022	-1.412	-0.503	0.737	0.193	0.215	0.413	49
15	0.465	0.447	-0.388	0.612	0.534	0.243	0.489	25
16	1.576	0.132	0.468	0.861	0.476	0.453	0.621	10
17	0.240	-0.943	1.022	0.562	0.279	0.589	0.470	34
18	1.643	-1.090	-0.712	0.876	0.252	0.164	0.475	28
19	0.358	-1.301	2.702	0.588	0.214	1.000	0.564	15
20	2.196	2.195	0.487	1.000	0.854	0.458	0.809	1
21	0.238	2.526	2.146	0.561	0.915	0.864	0.763	2
22	1.938	-1.933	-1.382	0.942	0.098	0.000	0.404	52
23	1.400	1.057	0.428	0.821	0.645	0.443	0.662	6
24	0.646	-2.467	2.014	0.653	0.000	0.832	0.471	35
25	-0.900	1.810	-1.100	0.306	0.784	0.069	0.412	50
26	0.747	1.757	0.510	0.675	0.774	0.463	0.655	7
27	-1.512	1.323	0.946	0.169	0.694	0.570	0.456	38
28	1.848	0.018	-1.027	0.922	0.455	0.087	0.544	20
29	-0.502	-0.327	2.019	0.395	0.392	0.833	0.507	23
30	-2.248	-0.754	2.413	0.004	0.314	0.929	0.351	64
31	-1.618	0.278	1.532	0.145	0.503	0.714	0.417	48
32	-0.481	-0.606	-0.336	0.400	0.341	0.256	0.342	68
33	-0.833	-0.380	0.740	0.321	0.382	0.520	0.394	58
34	-0.631	-0.561	0.061	0.366	0.349	0.353	0.357	62
35	-0.946	0.477	-0.893	0.296	0.539	0.120	0.335	69
36	-0.521	-0.951	-0.712	0.391	0.278	0.164	0.293	76
37	0.060	-0.063	0.404	0.521	0.440	0.437	0.471	36
38	-0.770	0.666	0.968	0.335	0.574	0.575	0.480	29
39	-0.285	-0.168	0.498	0.444	0.421	0.460	0.440	42
40	-0.466	-0.313	0.313	0.403	0.395	0.415	0.403	53
41	-0.924	0.031	-0.773	0.301	0.458	0.149	0.316	72
42	-0.312	-1.002	-0.453	0.438	0.268	0.227	0.324	73
43	0.269	-0.862	-0.629	0.568	0.294	0.184	0.373	61
44	-0.318	-0.626	-0.804	0.436	0.337	0.142	0.326	70
45	0.301	-1.006	-0.855	0.575	0.268	0.129	0.353	65
46	1.004	0.324	-0.588	0.733	0.511	0.194	0.517	21

表 6(续)

编号	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$	$D$ 值	排名
47	-0.739	-0.929	-0.446	0.342	0.282	0.229	0.292	77
48	-0.347	-0.781	-0.202	0.430	0.309	0.289	0.351	66
49	-1.828	-0.992	-0.249	0.098	0.270	0.277	0.204	85
50	0.800	-0.117	0.250	0.687	0.430	0.400	0.523	22
51	0.855	-0.711	-0.718	0.699	0.322	0.162	0.429	45
52	0.192	-0.228	0.602	0.551	0.410	0.486	0.485	26
53	-1.776	0.680	-1.141	0.110	0.576	0.059	0.259	83
54	-0.341	-0.423	0.021	0.431	0.374	0.343	0.389	59
55	0.466	-0.526	-0.898	0.612	0.355	0.119	0.395	54
56	0.412	-0.105	0.101	0.600	0.433	0.363	0.481	30
57	0.040	0.103	-0.291	0.517	0.471	0.267	0.436	43
58	-0.513	1.021	-0.040	0.393	0.639	0.329	0.462	39
59	-0.788	-0.133	1.731	0.331	0.428	0.762	0.476	31
60	-0.342	-0.371	0.074	0.431	0.384	0.357	0.395	55
61	-2.265	-0.898	-0.477	0.000	0.287	0.221	0.157	86
62	-1.381	0.082	-0.618	0.198	0.467	0.187	0.289	78
63	-0.576	-0.900	-0.810	0.379	0.287	0.140	0.285	79
64	-0.449	-0.847	-0.760	0.407	0.297	0.152	0.303	74
65	-1.049	0.000	-0.963	0.273	0.452	0.103	0.291	80
66	-1.316	0.393	-0.897	0.213	0.524	0.119	0.297	75
67	-0.427	-0.650	-1.205	0.412	0.333	0.043	0.289	81
68	-0.928	1.464	-0.671	0.300	0.720	0.174	0.414	51
69	-0.399	0.313	-0.466	0.418	0.509	0.224	0.400	56
70	-0.754	0.331	-1.171	0.339	0.512	0.052	0.325	71
71	0.395	-1.785	-1.277	0.596	0.125	0.026	0.285	82
72	1.447	-0.340	1.860	0.832	0.390	0.794	0.668	4
73	0.064	-0.295	-1.203	0.522	0.398	0.044	0.355	63
74	0.184	0.277	-0.008	0.549	0.503	0.336	0.478	32
75	1.191	-1.745	-1.322	0.775	0.132	0.014	0.354	67
76	0.766	-0.118	-0.899	0.679	0.430	0.118	0.448	40
77	-0.692	1.134	-0.838	0.353	0.660	0.133	0.403	57
78	-1.656	0.589	-1.248	0.137	0.560	0.033	0.257	84
79	-0.023	1.453	-1.109	0.503	0.718	0.067	0.465	37
80	0.018	2.992	-1.309	0.512	1.000	0.018	0.555	16
81	0.806	1.333	0.372	0.688	0.696	0.429	0.624	11
82	-0.976	0.581	-0.078	0.289	0.558	0.319	0.391	60
83	0.805	0.902	1.072	0.688	0.617	0.601	0.641	8
84	1.428	1.607	-0.519	0.828	0.746	0.211	0.640	9
85	1.779	1.041	0.069	0.906	0.643	0.355	0.672	5
86	1.080	0.837	-0.762	0.750	0.605	0.152	0.545	17

soil[J]. Plants,2023,12(2):284.

[2]Zhang N,Zhang H,Ren J Y,et al. Characterization and comprehensive evaluation of phenotypic and yield traits in salt - stress - tolerant peanut germplasm for conservation and breeding[J]. Horticulturae, 2024,10(2):147.

[3]张海欧,孙小梅,王迎国. 盐碱地的生态化治理研究进展[J]. 农技服务,2022,39(4):88 - 91.

[4]Liu P,Zhu Y X,Liu H,et al. A combination of a genome - wide association study and a transcriptome analysis reveals circRNAs as new regulators involved in the response to salt stress in maize[J].



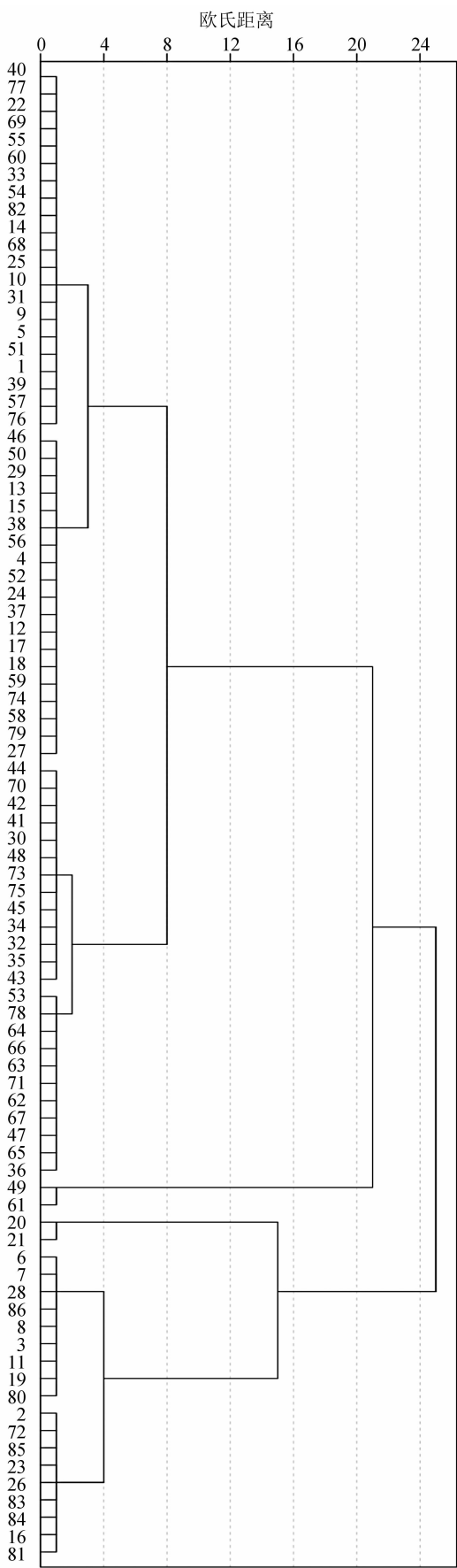


图3 大豆耐盐性系统聚类图

International Journal of Molecular Sciences, 2022, 23(17):9755.

[5] Laksana C, Sophiphun O, Chanprame S. *In vitro* and *in vivo* screening for the identification of salt - tolerant sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) clones: molecular, biochemical, and physiological responses to salt stress [J]. Saudi Journal of Biological Sciences, 2023, 30(6):103655.

[6] 谭化, 孙浩轩, 孔明明, 等. 中国大豆起源、育种及栽培技术的发展[J/OL]. 分子植物育种, 2024:1-9(2024-04-08)[2024-05-01]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20240403.1743.021.html>.

[7] 王春雨, 朱冠雄, 田艺心, 等. 大豆耐盐碱生理机制及种质筛选研究进展[J]. 大豆科学, 2024, 43(1):107-113.

[8] 张笛, 袁明, 韩冬伟, 等. 松嫩平原耐盐碱大豆品种筛选与利用[J]. 黑龙江农业科学, 2024(4):25-30.

[9] 马晓蕾, 胡朋举, 郭頌, 等. 花生耐盐碱品种的筛选及评价[J]. 华北农学报, 2023, 38(增刊1):145-153.

[10] 刘欣玥, 郭潇阳, 王欣茹, 等. 大豆萌发期耐盐性鉴定方法建立及耐盐大豆资源筛选[J]. 作物学报, 2024, 50(8):2122-2130.

[11] 韩岱, 时晓磊, 丁孙磊, 等. 60份大豆种质资源苗期耐盐性鉴定评价[J]. 大豆科学, 2023, 42(4):494-505.

[12] 张兆宁, 李江辉, 赵怡宇, 等. 不同程度盐胁迫下大豆萌发期耐盐性鉴定[J]. 大豆科学, 2023, 42(3):335-343.

[13] 林峰, 赵慧艳, 史飞飞, 等. 大豆种质资源苗期耐盐鉴定及遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2024, 56(6):945-956.

[14] 周秀文, 张晓蕊, 孙贺祥, 等. 大豆种质萌发期和苗期耐盐性评价[J]. 沈阳农业大学学报, 2022, 53(3):257-264.

[15] 张新草, 薛项潇, 姜深, 等. 大豆种质发芽期耐盐碱性鉴定及指标筛选[J]. 西北农业学报, 2020, 29(3):374-381.

[16] 邱丽娟, 常汝镇. 大豆种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社, 2006:25-30.

[17] 王宁, 万畅, 高山, 等. 80份紫花苜蓿引进品种萌发期耐盐性评价[J]. 干旱地区农业研究, 2024, 42(2):17-25, 52.

[18] 段俊枝, 杨翠苹, 王楠, 等. WRKY 转录因子在植物耐盐基因工程中的应用进展[J]. 江苏农业科学, 2023, 51(5):71-80.

[19] Yu R, Wang G, Yu X, et al. Assessing alfalfa (*Medicago sativa* L.) tolerance to salinity at seedling stage and screening of the salinity tolerance traits[J]. Plant Biology, 2021, 23(4):664-674.

[20] 周玉杰, 贺治洲, 林秋云, 等. 热带水稻种质资源全生育期耐盐性鉴定与评价[J]. 南方农业学报, 2023, 54(7):1944-1952.

[21] 张翠平, 王鹏年, 张春兰, 等. 18份大豆品种耐盐性筛选与综合鉴定[J]. 种子, 2020, 39(8):17-23.

[22] 胡亮亮, 王素华, 王丽侠, 等. 绿豆种质资源苗期耐盐性鉴定及耐盐种质筛选[J]. 作物学报, 2022, 48(2):367-379.

[23] 李玉晓, 谭美莲, 汪磊, 等. 不同基因型向日葵芽期和苗期耐盐性分析[J]. 中国油料作物学报, 2025, 47(1):115-125.

[24] Zhang R, Hussain S, Wang Y, et al. Comprehensive evaluation of salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) germplasm at the germination stage[J]. Agronomy, 2021, 11(8):1569.