

42 个新疆海岛棉品种萌发期耐盐性评价

赵康 杨涛 王红刚 李生梅 庞博 马尚洁 高文伟

(新疆农业大学农学院/棉花教育部工程研究中心, 830052, 新疆乌鲁木齐)

摘要 为了解新疆海岛棉品种在萌发期的耐盐性差异, 用 150mmol/L 的 NaCl 对 42 个新疆海岛棉品种进行萌发期耐盐性评价和筛选。结果表明, 在盐胁迫下, 42 个海岛棉品种发芽率、发芽势、发芽指数和鲜重均受到不同程度的抑制; 各指标间存在极显著相关; 通过主成分分析确定了 2 个主成分, 主要反映萌发、干物质积累和含水量; 主成分综合得分值和模糊隶属函数均值之间呈极显著正相关。通过二者的综合评价, 将 42 个海岛棉品种聚为 4 类, 分别为高耐盐、中耐盐、弱耐盐和盐敏感类品种, 为海岛棉品种的耐盐性评价和鉴定提供理论基础。

关键词 海岛棉; 耐盐性评价; 主成分分析; 隶属函数

土壤盐渍化是农业生态环境恶化的主要问题之一。它不仅直接危害农作物, 导致农业减产, 而且还会导致土壤退化, 严重降低土地利用效率^[1]。新疆降水稀少, 蒸发量大, 更有特殊地质的影响, 导致土壤中无机盐聚集、浓度升高, 容易发生土壤盐渍化^[2]。棉花 (*Gossypium* spp.) 属于锦葵科, 是一种具有较好抗旱、耐盐和耐瘠薄能力的作物^[3]。而新疆等地区种植棉花有天然优势, 能缓解粮棉争地矛盾, 保障粮食生产, 发挥优势产区产能^[4-6]。

种子萌发是种胚从生命活动相对静止恢复到生理活跃状态的生长发育过程, 易受外部环境的影响, 其中盐碱胁迫是最严重的生态限制因素之一^[7]。前人在大豆^[8]、小麦^[9]、玉米^[10]和棉花^[11]等作物进行了萌发期盐胁迫处理, 用于筛选耐盐性种质资源。季波等^[12]对 10 种牧草种子的研究发现, 相对发芽指数和相对活力指数均随着盐胁迫浓度的增大呈不同程度的降幅。叶武威^[13]通过对棉花耐盐性的生理遗传研究, 确立了 0.4% 盐量胁迫法作为棉花种质耐盐性鉴定方法。张国伟等^[14]发现高强度盐胁迫 (150mmol/L) 是鉴定棉花耐盐性的适宜盐浓度。

在棉花耐盐鉴定中, 模糊隶属函数值法^[14]和主成分分析^[15]是重要的统计和评价方法, 得到广泛的应用。张国伟等^[14]利用隶属函数值法进行棉花耐盐性评价, 而吴文超等^[15]用主成分分析鉴定棉花耐盐性和选择棉花耐盐性指标。也有学者^[16]将 2 种方法

进行统一综合性评价, 但这种方法在棉花耐盐性评价上鲜有研究。因此, 本研究对 42 份棉花种质进行盐胁迫, 测定相对发芽率、相对发芽势、相对发芽指数和相对鲜重 4 个指标, 运用隶属函数值法和主成分分析对海岛棉品种进行萌发期综合评价, 筛选耐盐种质, 为棉花及耐盐新品种培育提供理论依据和鉴定方法。

1 材料与方法

1.1 试验材料

42 份海岛棉材料由新疆农业大学农学院/棉花教育部工程研究中心提供, 分别为新海 14、新海 13、新海 21、新海 24、新海 25、新海 26、新海 27、新海 28、新海 29、新海 30、新海 31、新海 33、新海 34、新海 35、新海 36、新海 32、N9247、塔 07-152、N9107、06-146、军海 1 号、吐 82-5-9、孔雀 202、孔雀 201、孔雀 200、吐 75-6、墨-1413、新海 5 号、巴 238、吐 79-713、吐 77-104、巴 66-284、巴-5507、吐 75-238、V9-2、巴州-3021、吐 75-193、新海 2 号、塔海-901、巴州-3244、巴州-3761 和吐 77-55。

1.2 试验设计

试验于 2020 年在新疆农业大学农学院进行, 参照文献^[14]方法, 棉种用 0.1% HgCl 溶液消毒 15min 后, 用蒸馏水冲洗 5 次, 消毒完后用蒸馏水浸泡种子至露白。将 50 粒种子置于铺有一层发芽纸的发芽盒内, 并于种子表面铺一层发芽纸。然

作者简介: 赵康, 研究方向为作物遗传育种, E-mail: zhaokang07@yeah.net

高文伟为通信作者, 研究方向为作物遗传育种, E-mail: gww@xjau.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金 (31771885); 国家重点研发计划 (2016YFJ01407); 新疆维吾尔自治区优秀青年科技人才培养项目 (2018Q16)

收稿日期: 2021-07-14; 修回日期: 2021-08-19; 网络出版日期: 2022-06-20

后滴加 150mmol/L 的 NaCl 溶液 10mL 为胁迫组，正常组滴加蒸馏水 10mL，均设置 2 个重复。人工气候箱设置昼夜温度 26℃/18℃，昼夜时长为 8h/16h，相对湿度 65%，光照强度 12 000lx。在种子萌发过程中，每天记录发芽情况，于第 7 天随机选取 5 株幼苗，计算发芽率、发芽势和发芽指数，称量鲜重。

1.3 计算公式

参考高春华等^[16]和 Sikder 等^[17]分别计算相对发芽率 (relative germination rate, RGR)、相对发芽势 (relative germination potential, RGP)、相对发芽指数 (relative germination index, RGI)、相对鲜重 (relative fresh weight, RGW)、发芽率盐害率 (salt injury rate of germination rate, SIRGR)、发芽势盐害率 (salt injury rate of germination potential, SIRGP)、发芽指数盐害率 (salt injury rate of germination index, SIRGI) 和鲜重盐害率 (salt injury rate of fresh weight, SIRFW)，计算公式如下：

RGR (%) = 处理发芽率 / 对照发芽率 × 100 (1)

RGP (%) = 处理发芽势 / 对照发芽势 × 100 (2)

RGI (%) = 处理发芽指数 / 对照发芽指数 × 100 (3)

RGW (%) = 处理鲜重 / 对照鲜重 × 100 (4)

SIRGR (%) = (对照发芽率 - 处理发芽率) / 对照发芽率 × 100 (5)

SIRGP (%) = (对照发芽势 - 处理发芽势) / 对照发芽势 × 100 (6)

SIRGI (%) = (对照发芽指数 - 处理发芽指数) / 对照发芽指数 × 100 (7)

SIRFW (%) = (对照鲜重 - 处理鲜重) / 对照鲜重 × 100 (8)

1.4 数据处理

利用 SPSS 20.0 软件分析数据，通过计算得到

每个指标相对值，再利用隶属函数法^[18-19]进行标准化处理，公式为：

$$\mu(X_i) = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}), i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (9)$$

式中， X_i 表示第 i 个指标值； X_{\min} 和 X_{\max} 分别表示第 i 个指标的最小值和最大值，获取每个盐浓度下每份供试材料各测定指标的隶属函数值。

2 结果与分析

2.1 盐胁迫对海岛棉萌发期各指标的影响

由表 1 可知，在盐胁迫下，42 份海岛棉资源的 RGR、RGP、RGI 和 RFW 均有所下降，但降低幅度不同，均值为 30.19%~50.83%，变异系数为 41.70%~66.30%。其中吐 82-5-9 的 RGR、RGP 和 RFW 均最大；新海 36 的 RGR、RGP 和 RGI 均最小。

在盐胁迫下，海岛棉盐害率指标表现出不同的变化幅度。盐害率指标的均值为 49.17%~69.81%，变异系数为 26.67%~46.72%。

表 1 海岛棉萌发期各指标耐盐系数					
Table 1 Salt tolerance coefficient of each index during the germination period of sea-island cotton					
指标 Index	极小值 Minimum (%)	极大值 Maximum (%)	均值 Mean (%)	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variation (%)
RGR	6.70	93.30	50.83	21.19	41.70
RGP	3.40	83.30	30.19	20.01	66.30
RGI	5.00	81.20	34.80	17.39	49.96
RFW	19.80	100.00	47.87	24.35	52.62
SIRGR	6.70	93.30	49.17	21.19	43.10
SIRGP	16.70	96.60	69.81	20.01	28.67
SIRGI	18.80	95.00	65.20	17.39	26.67
SIRFW	0.00	80.20	52.12	24.35	46.72

2.2 海岛棉各耐盐指标相关性分析

海岛棉盐胁迫下各指标相关性 (表 2) 表明。RGR、RGP、RGI 和 RFW 间均呈极显著正相关；盐害率指标间呈极显著性正相关；其中 RGI 与 RGR

表 2 盐胁迫下棉花各指标的相关性分析								
Table 2 Correlation analysis of cotton indexes under salt stress								
指标 Index	RGR	RGP	RGI	RFW	SIRGR	SIRGP	SIRGI	SIRFW
RGR	1.000							
RGP	0.724**	1.000						
RGI	0.914**	0.910**	1.000					
RFW	0.417**	0.440**	0.472**	1.000				
SIRGR	-1.000**	-0.724**	-0.914**	-0.417**	1.000			
SIRGP	-0.724**	-1.000**	-0.910**	-0.440**	0.724**	1.000		
SIRGI	-0.914**	-0.910**	-1.000**	-0.472**	0.914**	0.910**	1.000	
SIRFW	-0.417**	-0.440**	-0.472**	-1.000**	0.417**	0.440**	0.472**	1.000

“**” 代表 0.01 水平 (双侧) 上极显著相关，下同
“**” indicates highly significant correlation at 0.01 level (bilateral), the same below

和 RGP 呈极显著正相关，相关系数最高，分别为 0.914 和 0.910；RGR、RGP、RGI 和 RFW 与各自的盐害率均呈极显著负相关 ($R=-1.000$)。

2.3 海岛棉各性状指标的频率分布

由图 1 可知，42 份海岛棉种质资源的 RGR 的

分布比较集中，主要分布在 20%~90%， $\geq 50\%$ 的品种有 22 个。RGP 分布比较集中，主要分布在 0%~70%， $\geq 50\%$ 的品种有 7 个。RGI 分布比较集中，主要分布在 10%~60%， $\geq 50\%$ 的品种有 7 个。RFW 分布比较分散，主要分布在 20%~40%、60%~80%

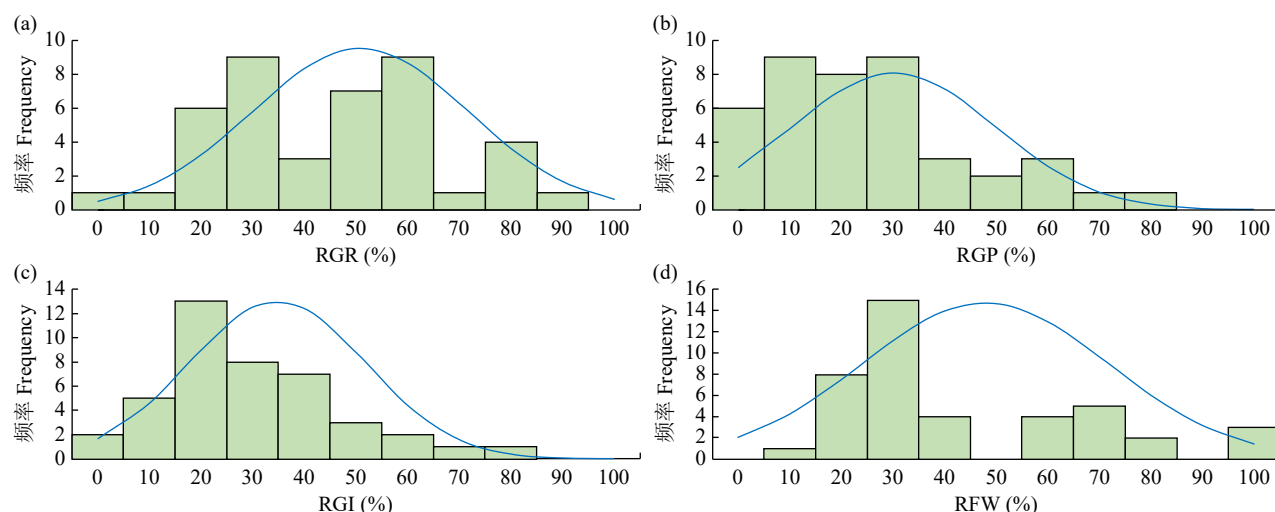


图 1 不同海岛棉品种相对耐盐指数频率的分布图

Fig.1 Frequency distribution of relative salt tolerance indexes of different sea-island cotton varieties

和 100%， $\geq 50\%$ 的品种有 14 个。

SIRGR 分布比较分散(图 2)，主要分布在 10%、30%~70%。SIRGP 分布比较集中主要分布在 30%~

100%。SIRGI 的分布比较集中，主要分布在 30%~90%。鲜重盐害率的分布比较分散，主要分布在 10%~40%和 60%~80%。

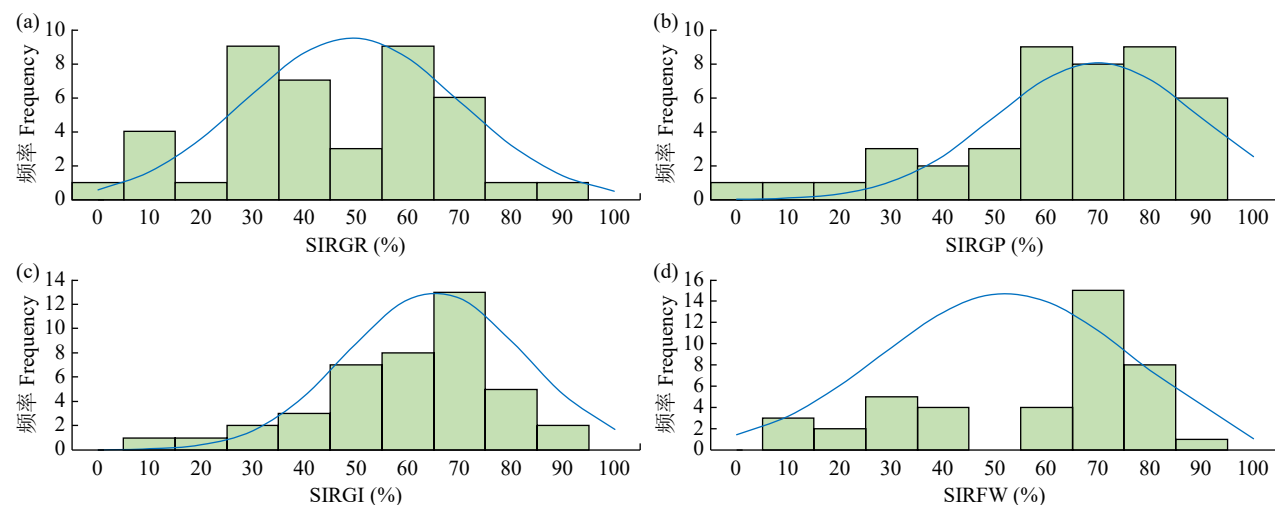


图 2 不同海岛棉品种盐害率频率分布图

Fig.2 Frequency distribution of salt damage rates of different sea-island cotton varieties

2.4 盐胁迫下海岛棉各指标主成分分析

根据主成分分析选取 2 个主成分(表 3)。第 I 主成分贡献率为 74.91%，第 II 主成分贡献率为 17.63%，2 个主成分累计贡献率为 92.54%，能有效地反映数据变化的倾向，满足主成分分析的必

要条件。

2 个主成分与载荷矩阵反映出它们之间的相关性(表 4)。第 I 主成分与 RGR、RGP、RGI 和 RFW 呈极显著或显著正相关，相关系数分别为 0.908、0.911、0.978 和 0.621；与盐害率呈极显著或显著负

相关性，相关系数分别为 0.908、0.911、0.978 和 0.621。因此第 I 主成分主要反映海岛棉萌发和干物质积累因子。第 II 主成分与 RFW 呈显著正相关，相关系数为 0.783；与 SIRFW 呈显著负相关，相关系数为 0.783，主要反映含水量，因此可称为海岛棉含水量因子。

表 3 2 个主成分的特征根值及贡献率
Table 3 Eigenvalues and contribution rates of two principal components

主成分 Principal component	特征根 Eigenvalue	贡献率 Contribution (%)	累计贡献率 Cumulative contribution (%)
I	5.993	74.91	74.91
II	1.411	17.63	92.54

表 4 各因子载荷矩阵
Table 4 Load matrix of each factor

主成分 Principal component	RGR	RGP	RGI	RFW	SIRGR	SIRGP	SIRGI	SIRFW
I	0.908**	0.911**	0.978**	0.621*	-0.908**	-0.911**	-0.978**	-0.621*
II	-0.196	-0.154	-0.173	0.783*	0.196	0.154	0.173	-0.783*

“*”代表 $P < 0.05$ 水平显著相关
“**” indicates significant correlation at $P < 0.05$

2.5 利用主成分综合得分评价海岛棉耐盐性

根据主成分得分矩阵（表 5），获得第 I 主成分的计算公式 $F_1=0.151X_1+0.152X_2+0.163X_3+0.104X_4-$

$0.151X_5-0.152X_6-0.163X_7-0.104X_8$ ，第 II 主成分的计算公式 $F_2=-0.139X_1-0.109X_2-0.122X_3+0.555X_4+$
 $0.139X_5+0.109X_6+0.122X_7-0.555X_8$ 。

表 5 成份得分系统矩阵
Table 5 Component score system matrix

主成分 Principal component	RGR	RGP	RGI	RFW	SIRGR	SIRGP	SIRGI	SIRFW
I	0.151	0.152	0.163	0.104	-0.151	-0.152	-0.163	-0.104
II	-0.139	-0.109	-0.122	0.555	0.139	0.109	0.122	-0.555

主成分的综合得分值(F)= $0.7491F_1+0.1763F_2$ 。根据主成分得分计算公式依次计算出海岛棉各品

种的 F 值，并进行排序。由表 6 可知，耐盐性最好的品种为吐 82-5-9，军海 1 号次之，塔 07-152 的耐

表 6 海岛棉各品种耐盐性主成分得分值和排序
Table 6 Score and order of main components of salt tolerance of sea-island cotton varieties

序号 Number	品种 Variety	F 值 F -value	排序 Rank	序号 Number	品种 Variety	F 值 F -value	排序 Rank	序号 Number	品种 Variety	F 值 F -value	排序 Rank	序号 Number	品种 Variety	F 值 F -value	排序 Rank
1	新海 14	-17.18	29	12	新海 33	10.66	7	23	孔雀 202	-7.07	17	34	吐 75-238	-9.87	21
2	新海 13	-23.71	36	13	新海 34	-15.23	26	24	孔雀 201	9.05	8	35	V9-2	-9.18	20
3	新海 21	-8.71	18	14	新海 35	17.53	4	25	孔雀 200	-21.07	33	36	巴州-3021	-25.04	39
4	新海 24	-1.35	14	15	新海 36	-32.40	41	26	吐 75-6	4.58	11	37	吐 75-193	3.39	12
5	新海 25	-11.34	22	16	新海 32	5.66	9	27	墨-1413	4.96	10	38	新海 2 号	-18.67	31
6	新海 26	-3.00	16	17	N9247	-2.66	15	28	新海 5 号	-9.07	19	39	塔海-901	-19.22	32
7	新海 27	-0.16	13	18	塔 07-152	-32.74	42	29	巴 238	-12.06	23	40	巴州-3244	-13.54	25
8	新海 28	-16.97	28	19	N9107	-24.39	38	30	吐 79-713	-26.52	40	41	巴州-3761	-24.35	37
9	新海 29	-21.55	34	20	06-146	-23.49	35	31	吐 77-104	-13.45	24	42	吐 77-55	12.40	6
10	新海 30	18.81	3	21	军海 1 号	24.89	2	32	巴 66-284	-15.57	27				
11	新海 31	16.86	5	22	吐 82-5-9	37.59	1	33	巴-5507	-18.00	30				

盐性最差。

2.6 利用模糊隶属函数均值评价海岛棉耐盐性

42 个海岛棉种质 8 个耐盐指标的隶属函数值如表 7 所示。隶属值越高，品种的耐盐性越强，计算隶属函数均值，确定了各品种的耐盐性及综合排序。吐 82-5-9 的隶属函数均值最高，军海 1 号次之，新海 36 的隶属函数均值最低，耐盐性最差。

2.7 不同海岛棉品种耐盐性的综合性评价及聚类分析

由图 3 可知，主成分综合得分值和模糊隶属函数均值呈极显著正相关 ($R^2=0.9719$, $P<0.01$)，因此 2 种方法结合评价海岛棉耐盐性是可行和统一的。通过将主成分综合得分值和模糊隶属函数均值进行数据标准化，并求平均值，获得综合评价值及

表 7 海岛棉各品种耐盐性指标的隶属函数均值
Table 7 membership function mean of salt tolerance indexes of sea-island cotton varieties

序号 Number	品种 Variety	隶属函数均值 Membership function mean	排名 Rank	序号 Number	品种 Variety	隶属函数均值 Membership function mean	排名 Rank	序号 Number	品种 Variety	隶属函数均值 Membership function mean	排名 Rank
1	新海 14	0.271	29	15	新海 36	0.033	42	29	巴 238	0.357	24
2	新海 13	0.168	38	16	新海 32	0.546	11	30	吐 79-713	0.143	40
3	新海 21	0.391	19	17	N9247	0.426	17	31	吐 77-104	0.362	23
4	新海 24	0.446	13	18	塔 07-152	0.044	41	32	巴 66-284	0.306	27
5	新海 25	0.368	22	19	N9107	0.152	39	33	巴-5507	0.252	31
6	新海 26	0.384	21	20	06-146	0.176	36	34	吐 75-238	0.406	18
7	新海 27	0.438	16	21	军海 1 号	0.788	2	35	V9-2	0.385	20
8	新海 28	0.272	28	22	吐 82-5-9	0.996	1	36	巴州-3021	0.170	37
9	新海 29	0.207	33	23	孔雀 202	0.442	14	37	吐 75-193	0.583	8
10	新海 30	0.775	3	24	孔雀 201	0.580	9	38	新海 2 号	0.257	30
11	新海 31	0.733	5	25	孔雀 200	0.202	34	39	塔海-901	0.216	32
12	新海 33	0.610	7	26	吐 75-6	0.551	10	40	巴州-3244	0.347	25
13	新海 34	0.318	26	27	墨-1413	0.461	12	41	巴州-3761	0.193	35
14	新海 35	0.696	6	28	新海 5 号	0.439	15	42	吐 77-55	0.762	4

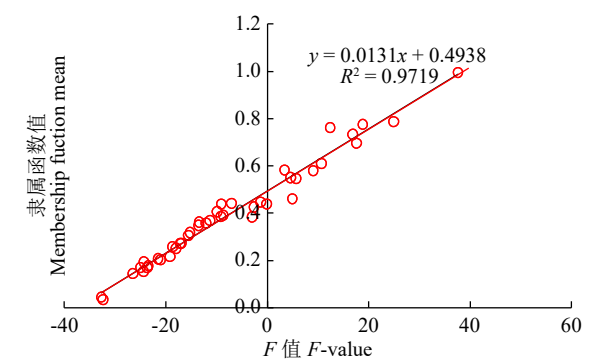


图 3 不同海岛棉品种隶属函数均值和 *F* 值的相关性分析
Fig.3 Correlation analysis of membership function mean values and *F*-values of different sea-island cotton varieties

其排序（表 8）。由表 8 可知，耐盐性综合评价值最高的是吐 82-5-9，其次是军海 1 号，与主成分分析和隶属函数分析结果一致，进一步说明综合性评价是可行的。

根据 2 种方法结合的综合评价值进行聚类分析，将 42 个海岛棉种质划分为 4 类（图 4）。第 I 类高耐盐品种，为吐 82-5-9；第 II 类耐盐品种，分别为军海 1 号、新海 30、新海 31、吐 77-55 和新海 35；第 III 类弱耐盐品种，分别为新海 21、吐 75-238、V9-2、新海 26、孔雀 202、新海 5 号、巴 238、吐 77-104、巴州-324、新海 25、新海 24、新

表 8 海岛棉品种耐盐的综合评价值及排序
Table 8 Comprehensive evaluation value and ranking of salt tolerance of sea-island cotton varieties

序号 Number	品种 Variety	综合评价值 Comprehensive evaluation value	排名 Rank	序号 Number	品种 Variety	综合评价值 Comprehensive evaluation value	排名 Rank	序号 Number	品种 Variety	综合评价值 Comprehensive evaluation value	排名 Rank
1	新海 14	-0.588	29	15	新海 36	-1.602	42	29	巴 238	-0.233	23
2	新海 13	-1.025	37	16	新海 32	0.744	10	30	吐 79-713	-1.168	40
3	新海 21	-0.052	19	17	N9247	0.213	15	31	吐 77-104	-0.264	24
4	新海 24	0.300	14	18	塔 07-152	-1.587	41	32	巴 66-284	-0.458	27
5	新海 25	-0.186	22	19	N9107	-1.082	39	33	巴-5507	-0.657	30
6	新海 26	0.106	17	20	06-146	-1.000	36	34	吐 75-238	-0.054	20
7	新海 27	0.318	13	21	军海 1 号	1.890	2	35	V9-2	-0.081	21
8	新海 28	-0.579	28	22	吐 82-5-9	2.757	1	36	巴州-3021	-1.061	38
9	新海 29	-0.869	34	23	孔雀 202	0.115	16	37	吐 75-193	0.76	9
10	新海 30	1.674	3	24	孔雀 201	0.926	8	38	新海 2 号	-0.666	31
11	新海 31	1.517	4	25	孔雀 200	-0.866	33	39	塔海-901	-0.777	32
12	新海 33	1.045	7	26	吐 75-6	0.723	11	40	巴州-3244	-0.302	25
13	新海 34	-0.42	26	27	墨-1413	0.527	12	41	巴州-3761	-0.987	35
14	新海 35	1.453	5	28	新海 5 号	0.047	18	42	吐 77-55	1.447	6

海 27、N9247、新海 33、孔雀 201、新海 32、吐 75-193、吐 75-6 和墨-1413；第Ⅳ类盐敏感品种，分别为新海 36、塔 07-152、新海 34、巴 66-284、巴-5507、新海 2 号、新海 14、新海 28、新海 29、孔雀 200、塔海 901、N9107、巴州-302、06-146、巴州-376、新海 13 和吐 79-713。

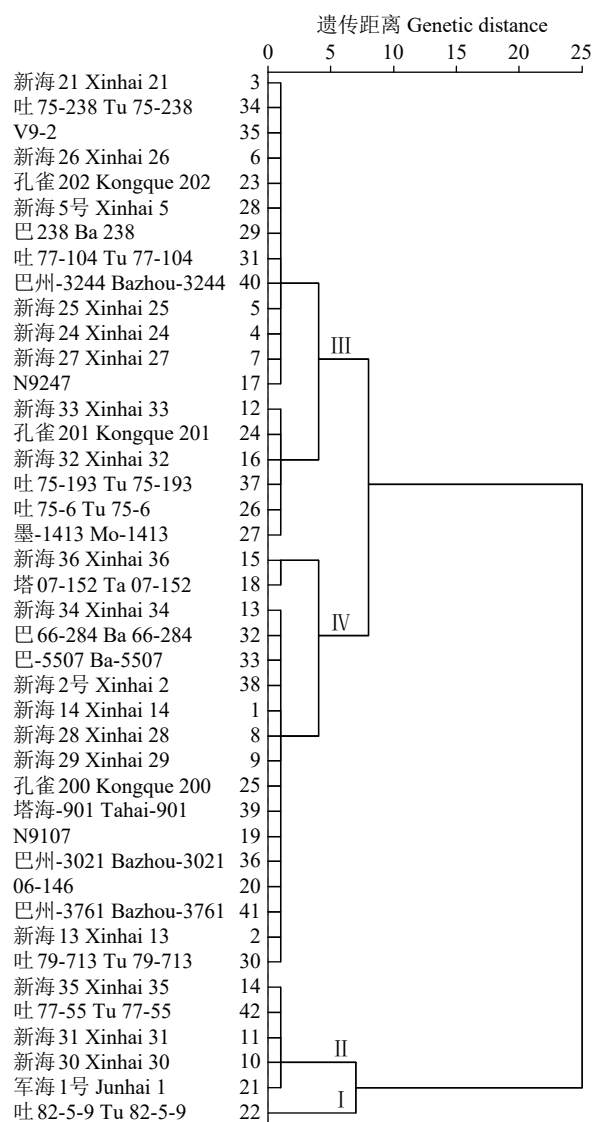


图 4 42 个海岛棉品种聚类图

Fig.4 Cluster diagram of 42 sea-island cotton varieties

3 讨论

本研究以新疆自育的 42 个海岛棉种质为试验材料，进行萌发期海岛棉耐盐性鉴定。结果表明，在盐胁迫下 RGR、RGP、RGI 和 RFW 均受到不同程度的抑制，这与杨涛等^[11]和苏秀娟等^[20]的研究结果一致。本研究表明，在盐胁迫下棉花的耐盐性指标和鲜重盐害率间均呈极显著负相关。

不同海岛棉种质的各耐盐指标频率分布不均，RGR、RGP、RGI 和 RFW $\geq 50\%$ 的品种数分别为 22、7、7 和 14，表明盐胁迫对发芽势的影响大于发芽率，与前人^[21]研究一致。此外，本研究发现盐胁迫对发芽指数的影响大于鲜重。发芽势和发芽指数应作为海岛棉耐盐性的首要指标。

本研究中，主成分对应较大的特征因子是 RGR、RGP、RGI 和 RFW，这与王宁等^[22]研究结果一致。同时表明这 4 个指标应作为棉花萌发期耐盐性指标。多种分析方法综合评价能有效弥补单一指标造成评价片面的缺陷^[23]。部分学者^[14]用隶属函数法评价棉花耐盐性，但忽略了不同指标的权重。主成分分析作为基础的数学分析方法，是一种常用的多变量分析方法^[24]。吴文超等^[15]用此方法评价棉花耐盐性，但当主成分的因子符号有正有负时，反映原始变量意义不明确。本研究通过这 2 种方法比较了海岛棉种质的耐盐性，并发现二者之间呈极显著正相关 ($R^2=0.9719$, $P<0.01$)，与前人^[16]研究结果一致。本研究认为，吐 82-5-9 为高耐盐品种，这与部分学者^[21,25]评价结果不一致，可能是前人研究材料较多，分布范围较广有关。

4 结论

通过对 42 份海岛棉种质进行萌发期耐盐性胁迫，表明在盐胁迫下各海岛棉的发芽率、发芽势、发芽指数和鲜重均受到不同程度的抑制；盐胁迫对相对发芽势的影响大于相对发芽率，对相对发芽指数的影响大于相对鲜重；确定相对发芽率、相对发芽势、相对发芽指数和相对鲜重可以作为海岛棉萌发期耐盐性指标。

海岛棉萌发期各指标主成分分析和隶属函数值法存在相关性，通过二者的综合评价值，将 42 份海岛棉种质聚成 4 类，第 I 类包括 1 个高耐盐品种吐 82-5-9，第 II 类包括 5 个中耐盐品种，分别为军海 1 号、新海 30 和新海 31 等，第 III 类包括 19 个弱耐盐品种，分别为新海 21、吐 75-238 和 V9-2 等，第 IV 类包括 17 个盐敏感品种，分别为新海 36、塔 07-152 和新海 34 等。

参考文献

- [1] 杨真, 王宝山. 中国盐渍土资源现状及改良利用对策. 山东农业科学, 2015, 47(4): 125-130.
- [2] 努尔沙吾列·哈斯木汉. 新疆土壤盐渍化成因及其防治对策. 科学技术创新, 2020(9): 52-53.

- [3] 李菲, 龚记熠, 李欲柯, 等. 抗旱耐盐植物功能基因发掘及其在棉花育种中的应用. 分子植物育种, 2019, 17(22): 7395-7400.
- [4] 卢秀茹, 贾肖月, 牛佳慧. 中国棉花产业发展现状及展望. 中国农业科学, 2018, 51(1): 26-36.
- [5] 张雯丽, 沈贵银, 曹慧, 等. “十三五”时期我国重要农产品消费趋势、影响与对策. 农业经济问题, 2016, 37(3): 11-17.
- [6] 刘贞贞, 平文超, 张忠波, 等. 河北省棉花战略东移存在的主要问题及对策. 安徽农业科学, 2014, 42(26): 9125-9128.
- [7] 朱建峰, 杨秀艳, 武海雯, 等. 植物种子萌发期耐盐碱性提高技术研究进展. 生物技术通报, 2020, 36(2): 158-168.
- [8] 严勇亮, 张金波, 路子峰, 等. 大豆种质资源耐盐性鉴定与评价. 新疆农业科学, 2021, 58(1): 65-71.
- [9] 库尼都孜阿依·吐尔汗, 任毅, 颜安, 等. 新疆冬小麦品种萌发期耐盐性综合评价及耐盐种质的筛选. 新疆农业科学, 2020, 57(1): 20-31.
- [10] 邓杰, 孙丽芳, 王霞, 等. 89 份玉米自交系萌发期耐盐碱性综合评价. 玉米科学, 2020, 28(4): 15-21.
- [11] 杨涛, 李生梅, 黄雅婕, 等. 海岛棉品种(系)萌发期盐胁迫综合评价. 新疆农业大学学报, 2019, 42(5): 313-319.
- [12] 季波, 徐金鹏, 时龙, 等. 10 种禾本科牧草种子萌发期耐盐性. 新疆农业科学, 2021, 58(2): 342-351.
- [13] 叶武威. 棉花种质的耐盐性及其耐盐基因表达的研究. 北京: 中国农业科学院, 2007.
- [14] 张国伟, 路海玲, 张雷, 等. 棉花萌发期和苗期耐盐性评价及耐盐指标筛选. 应用生态学报, 2011, 22(8): 2045-2053.
- [15] 吴文超, 曲延英, 高文伟, 等. 不同棉花品种对盐、旱胁迫的光合响应及抗逆性评价. 新疆农业科学, 2016, 53(9): 1569-1579.
- [16] 高春华, 朱金英, 张华文, 等. 38 个粒用高粱品种芽期耐盐性的综合鉴定及评价. 核农学报, 2019, 33(9): 1841-1855.
- [17] Sikder R K, Wang X R, Jin D S, et al. Screening and evaluation of reliable traits of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) genotypes for salt tolerance at the seedling growth stage. Journal of Cotton Research, 2020, 3(2): 25-37.
- [18] 温文保. 模糊数学在农业科学中的应用. 湖南农学院学报, 1983(4): 87-97.
- [19] 陶向新. 模糊数学在农业科学中的初步应用. 沈阳农学院学报, 1982(2): 96-107.
- [20] 苏秀娟, 徐海江, 邓晓娟, 等. 盐胁迫对海岛棉种子活力的影响. 新疆农业科学, 2020, 57(9): 1604-1614.
- [21] 郑巨云, 曾辉, 王俊铎, 等. 陆地棉品种资源萌发期耐盐性的隶属函数法评价. 新疆农业科学, 2018, 55(9): 1579-1592.
- [22] 王宁, 冯克云, 南宏宇, 等. 甘肃河西走廊棉区棉花萌发期和苗期耐盐性鉴定与评价. 干旱地区农业研究, 2018, 36(1): 148-155.
- [23] 任毅, 颜安, 张芳, 等. 国内外 301 份小麦品种(系)种子萌发期抗旱性鉴定及评价. 干旱地区农业研究, 2019, 37(3): 1-14.
- [24] 林海明, 杜子芳. 主成分分析综合评价应该注意的问题. 统计研究, 2013, 30(8): 25-31.
- [25] 杨涛, 李生梅, 黄雅婕, 等. 海岛棉资源自然复合盐胁迫综合评价. 核农学报, 2021, 35(7): 1507-1521.

Evaluation on Salt Tolerance of 42 Sea-Island Cotton (*Gossypium barbadense*) Varieties in Xinjiang during Germination Period

Zhao Kang, Yang Tao, Wang Honggang, Li Shengmei, Pang Bo, Ma Shangjie, Gao Wenwei

(College of Agriculture, Xinjiang Agricultural University/Engineering Research Centre of Cotton, Ministry of Education, Urumqi 830052, Xinjiang, China)

Abstract To understand the salt-resistance difference of Xinjiang sea-island cotton germplasms in the germination period, 42 sea-island cotton varieties in Xinjiang were evaluated and screened by using 150mmol/L NaCl. The results showed that under salt stress, the germination rate, germination vigor, germination index and fresh weight of 42 sea-island cotton varieties were inhibited to varying degrees. There were very significant correlations among the indicators. Two principal components were determined through principal component analysis, reflecting germination, dry matter accumulation and water content. There was a significant positive correlation between the principal component comprehensive score value and membership function mean value. Using the comprehensive evaluation values of the two, 42 sea-island cotton varieties were grouped into four categories, namely high salt-tolerant varieties, medium salt-tolerant varieties, weakly salt-tolerant varieties and salt-sensitive varieties. This study provided a theoretical basis for the evaluation and identification of salt tolerance of sea-island cotton varieties.

Key words Sea-island cotton; Evaluation of salt-tolerance; Principal component analysis; Membership function