

89 份玉米自交系萌发期耐盐碱性综合评价

邓杰¹, 孙丽芳¹, 王霞¹, 于洋², 姚明明¹, 徐荣琼¹, 高树仁¹

(1. 黑龙江八一农垦大学农学院/黑龙江省现代农业栽培技术与作物种质改良重点实验室, 黑龙江 大庆 163319;

2. 黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所, 哈尔滨 150086)

摘要: 以 89 份玉米自交系为试验材料, 萌发期采用 $\text{NaHCO}_3:\text{Na}_2\text{CO}_3$ 物质的量比为 5:1、浓度 170 mmol/L 盐碱胁迫处理, 以发芽势、发芽率等 8 个性状为鉴定指标, 对测量性状的隶属函数值进行主成分分析及聚类分析, 从而对供试材料进行综合评价。结果表明, 盐碱胁迫下品种表现差异显著, 将 89 份玉米自交系划分为 4 类, 其中高耐盐碱自交系 7 份, 中耐盐碱自交系 13 份, 盐碱一般敏感自交系 27 份, 盐碱敏感自交系 42 份, 19 份耐盐碱材料可用于苗期或田间耐盐碱性研究。

关键词: 玉米; 自交系; 耐盐碱; 综合评价

中图分类号: S513.034

文献标识码: A

Comprehensive Evaluation of Salt Tolerance and Alkalinity of 89 Maize Inbred Lines during Germination

DENG Jie¹, SUN Li-fang¹, WANG Xia¹, YU Yang², YAO Ming-ming¹, XU Rong-qiong¹, GAO Shu-ren¹

(1. College of Agronomy, Heilongjiang Bayi Agricultural University / Key Laboratory of Modern Agricultural Cultivation and Crop Germplasm Improvement of Heilongjiang Province, Daqing 163319;

2. Crop Tillage and Cultivation Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

Abstract: Eighty-nine maize inbred lines were used as experimental materials. During the germination period, $M_{\text{NaHCO}_3}:M_{\text{Na}_2\text{CO}_3}=5:1$, 170 mmol/L saline-alkali stress treatment was used, and eight traits such as germination potential and germination rate were used as identification indicators. The functional evaluation, correlation analysis, principal component analysis and cluster analysis method were used to evaluate the results comprehensively. The results showed that the varieties showed significant differences under salt-alkali stress, and eighty-nine maize inbred lines were divided into four categories. Six parts of high saline-alkaline-resistant inbred lines, thirteen parts of moderate saline-alkaline-resistant inbred lines, twenty-seven parts of general salt-alkali-sensitive inbred lines, forty-two parts of saline-alkali-sensitive inbred lines, nineteen parts of salt-alkali-resistant materials can be used for seedling stage or field resistance salt alkaline research.

Key words: Maize; Inbred line; Salt and alkali resistance; Comprehensive evaluation

碱土是碱化形成的一系列土壤, 常与盐土相伴存在, 主要分布在世界各大洲的内陆干旱、半干旱地区, 在我国的东北、华北和西北地区多以斑块状分

布。松嫩平原西部地区是世界三大苏打盐碱土主要分布区之一, 土壤中的盐分主要是苏打(Na_2CO_3)和小苏打(NaHCO_3), 阳离子中 Na^+ 占 70%, 阴离子主要是 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- , 盐度一般为 10%~45%, 具有高 pH 值的特点^[1]。该区域的盐碱化土地面积已达 393.7 万 hm^2 , 未来的几十年内松嫩平原的土地盐碱化面积将继续扩大, 盐碱化程度将越来越严重^[2]。松嫩平原是我国重要商品粮基地, 该地区土壤盐碱化严重影响农作物生长, 制约农业经济发展。

开发利用盐碱地的途径很多, 筛选耐盐碱植物品种资源是利用盐碱地最经济有效的方法之一^[3]。近年来, 我国对农作物、花草、林木等种质资源的耐

录用日期: 2019-05-28

基金项目: 主要农作物种质资源创新与规模化制繁种技术研究 (GA18B101)

作者简介: 邓杰(1990-), 女, 硕士, 助理实验师, 从事玉米遗传育种工作。Tel: 15246007262

E-mail: dengjiehau@126.com

高树仁为本文通讯作者。Tel: 19845921698

E-mail: gaoshr107@126.com

盐碱性鉴定开展了大量的研究,并在实际生产中有应用。孙明茂等^[4]采用大田碱性土,从国内外32份百合种质中筛选出13份耐盐碱性材料。于莹等^[5]采用隶属函数法及聚类分析法,综合分析玉米自交系,根据隶属函数值将玉米自交系分成对盐碱敏感程度不同的4类。张毅等^[6]以有色大麦种质为试材进行芽期的耐盐性鉴定,表明芽长和根长对盐胁迫响应最为敏感。董丽娟^[7]采用沙培法用 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 对22份山定子资源幼苗进行了耐盐碱性综合评价。

玉米是我国种植面积最大的粮食作物,2017年全国玉米种植面积为3 546.67万 hm^2 ,东北地区玉米的种植面积达到1 506.67万 hm^2 。玉米是盐碱敏感类型的作物,中度盐碱条件可使玉米严重减产。目前,植物耐盐碱的鉴定方法主要有萌发期筛选法、苗期鉴定法、大田鉴定法等。种子萌发是植物生长发育的起点和关键时期,其发芽情况及胚根胚芽生长情况对后续生长和发育具有奠定基础的作用,同时,植物种子萌发时期对盐碱胁迫较敏感,种子萌发期是耐盐碱性鉴定重要时期^[8-10]。

近年来,研究者从试验设计、鉴定时期、指标选择及鉴定方法等多方面对玉米进行盐碱胁迫的耐受能力鉴定^[11-13]。目前,国内可应用到大田生产中的耐盐碱玉米种质资源依然处于匮乏状态,筛选和鉴定耐盐碱的玉米自交系,培育耐盐碱玉米品种具有重要意义。本研究采用苏打盐碱对外引的89份玉米自交系进行处理,对萌发期多种性状进行综合分析,以筛选萌发期耐盐碱性较强的玉米自交系,为耐盐碱玉米品种选育提供种质资源及理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试材料为黑龙江八一农垦大学从国家玉米产业体系引种保存得到的89份玉米自交系,依次为78371A、MBPM、IBB15、PHK29、PHV78、740、793、W8304、PHK76、PHN11、PHT77、PHV63、PHW65、LH65、NS501、H8431、S8324、S8326、11430、87916W、HB8229、6M502、IBB14、2MA22、MBST、78551S、PHM49、PHR47、PHT10、PHW52、PHH93、PHR32、PHT60、1538、WIL903、L127、J8606、E8501、PHJ75、PHK35、PHM10、PHN29、PHR62、PHT22、PHV37、PHW03、PHW20、PHW43、2FACC、LH195、LH127、LH196、LH220Ht、LH190、PHN34、PHP76、PHV07、PHW51、BCC03、FBLA、LH208、LH213、Lp215D、PHJ90、PHK93、PHM81、PHR55、PHR58、

PHW30、29MIBZ2、MBUB、LH215、3IBZ2、LIBC4、83IBI3、LH214、911、912、ICI441、CS405、MQ305、NQ508、OQ101、OS602、PHGG7、PHP85、PHR30、904和ML606。

1.2 试验方法

1.2.1 盐碱胁迫处理

选用子粒饱满、大小均匀一致的玉米种子用10%的 NaClO 溶液浸泡消毒20 min,无菌水冲洗后,浸泡苏打碱溶液中6 h,盐碱溶液设置为 NaHCO_3 : Na_2CO_3 物质的量比为5:1、浓度为170 mmol/L,pH值为9.46,盐度为11.15%^[14]。利用纸间发芽法对种子进行发芽试验,将浸种后的种子在发芽盒内均匀摆放后,用苏打碱溶液打湿滤纸。无菌水作为对照(CK),每个处理3次重复,每个重复30粒种子,于25℃人工气候箱中12 h光照、12 h黑暗条件培养,每天用无菌水补充损失的水分。

1.2.2 测定项目

从发芽第2天起,每天观察发芽情况,将发霉的种子及时移出,更换新的滤纸,记录发芽数量,以萌发幼芽达种子长度1/2为发芽标准,连续记录7 d;最后1天测量所有发芽种子的胚根长度(RL)及胚芽长度(PL)、胚根鲜重(RFW)及胚芽鲜重(PFW),最后根据发芽数量将胚根及胚芽鲜重折算为30株的鲜重。

根据种子发芽情况计算各指标。

发芽势(GP)=第4天正常发芽种子数量/试种子总数 $\times 100\%$;

发芽率(GR)=第7天正常发芽种子数量/供试种子总数 $\times 100\%$;

发芽指数(GI)= $\sum (G_t/D_t)$,式中, G_t 为t时间种子发芽数; D_t 为相应发芽时间;

活力指数(VI)=GI $\times$ S,S为第7天胚根长度。

1.2.3 数据处理及统计方法

利用Excel 2003对基础数据进行整理,用SPSS22.0进行方差分析、相关分析、主成分分析及聚类分析。

为避免各个自交系间的基本性状差异,以每个性状3次重复测定值的平均值为基础数据,采用性状相对值来进行耐盐碱性的综合评价,按公式(1)计算耐盐碱系数(AC),按公式(2)计算耐盐碱系数的隶属函数值。

(1) $AC = X_i / CK_i$ $i=1, 2, 3, \dots, n$;

(2) $\mu(AC_i) = (AC_i - AC_{imin}) / (AC_{imax} - AC_{imin})$ 。

式中, X_i 表示盐碱胁迫某一性状测定值; CK_i 表示对照处理下某一性状测定值; AC_i 、 AC_{imax} 及 AC_{imin} 分别表示供试材料某一性状的抗盐碱系数值、抗盐

碱系数最大值及抗盐碱系数最小值。对供试材料的隶属函数值进行主成分分析,计算出各性状的特征值和方差贡献率,确定主成分数量。

根据主成分因子得分情况、按照公式(3)计算所有玉米自交系的综合评价值(D),确定排名次序,根据各材料综合评价值大小确定其耐盐碱性强弱,D值越大,耐盐碱性越强;反之,耐盐碱性越弱。再进一步根据自交系的主成分因子综合评价值进行系统聚类分析。

(3)
$$Di = \frac{\sum_{i=1}^n FAC_i / P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

式中,P_i表示主成分中第i个公因子的贡献率;FAC_i为各材料第i个公因子得分。

2 结果与分析

2.1 玉米自交系萌发性状的差异分析

由表1可知,89份玉米自交系的8个萌发性状在对照及盐碱胁迫下均表现出不同程度的变异。对照处理中变异系数变化范围为23.21%(发芽率)~68.68%(活力指数),盐碱处理中变异系数变化范围为50.26%(胚芽长度)~125.34%(胚根鲜重),盐碱处理中,胚根鲜重、胚芽鲜重、活力指数,变异系数分别是125.34%、109.65%、109.13%。盐碱处理的变异系数范围较对照处理的变异系数范围广,且每个性状盐碱处理的变异系数均比对照的变异系数大,表明供试材料萌发性状对盐碱胁迫反应差异变化很大,可进行耐盐碱资源的筛选。

由表2可知,8个性状隶属函数值在品种间、处理间、品种与处理的互作间均表现极显著差异,在重复间均表现不显著,可进一步进行分析。

表1 89份玉米自交系萌发性状的变异情况
Table 1 Variation of germination traits in 89 maize inbred lines

项 目		发芽势	发芽率	发芽指数	活力指数	胚根长度	胚芽长度	胚根鲜重	胚芽鲜重
Item		(%)	(%)	GI	VI	(cm)	(cm)	(g)	(g)
		GP	GR			RL	PL	RFW	PFW
对照(CK)	均 值	85.36	89.57	32.29	326.12	9.82	4.88	5.24	5.59
	标准差	24.62	20.79	10.85	223.99	5.34	2.27	3.23	2.83
	变异系数(%)	28.84	23.21	33.60	68.68	54.39	46.48	61.70	50.62
盐碱处理(ST)	均 值	34.81	45.49	11.08	15.05	1.11	1.37	0.77	1.80
	标准差	31.45	33.40	9.42	16.43	0.63	0.69	0.96	1.97
	变异系数(%)	90.35	73.42	85.05	109.13	56.47	50.26	125.34	109.65

表2 89份玉米自交系萌发性状隶属函数值的方差分析
Table 2 Analysis of variance of membership function of germination traits in 89 maize inbred lines

变异来源		F 值 F value							
Source of variation	DF	发芽势	发芽率	发芽指数	活力指数	胚根长度	胚芽长度	胚根鲜重	胚芽鲜重
		GP	GR	GI	VI	RL	PL	RFW	PFW
自交系	88	38.25**	52.18**	60.22**	45.61**	56.28**	19.25**	23.56**	14.92**
处 理	1	4 004.04**	4292.12**	7669.91**	7991.43**	13842.42**	3785.71**	3958.91**	1593.91**
重 复	2	0.91	0.21	2.31	0.44	1.12	0.04	1.07	2.55
自交系×处理	88	14.23**	21.10**	15.45**	44.47**	59.15**	15.95**	23.42**	10.85**
误 差	356								

注:*表示相关性达极显著水平(P<0.05)、**表示相关性达极显著水平(P<0.01)。下表同。
Note: * and **indicated 5% and 1% significant levels respectively. The same as below.

2.2 玉米自交系萌发性状的相关性

由表3可知,胚芽鲜重与发芽势、发芽率及发芽指数未表现出显著相关;胚根鲜重与发芽势、发芽率表现为显著相关;其他两性状间均呈现不同程度的极显著正相关,各指标间提供的信息相互依存,加之指标变化幅度不同,在抗性评价中所起的作用也不

同。玉米萌发期的耐盐碱性是一个综合性状,是多个因素共同作用的结果,采用某一单一指标或几个指标不能准确地评价自交系的耐盐碱性,为了更全面地对供试材料进行耐盐碱性分析,采用主成分分析法对自交系做进一步综合评价。

表3 89份玉米自交系萌发性状隶属函数值的相关性

Table 3 Correlation of membership function values of germination traits in 89 maize inbred lines

项 目 Item	发芽势 GP	发芽率 GR	发芽指数 GI	活力指数 VI	胚根长度 RL	胚芽长度 PL	胚根鲜重 RFW	胚芽鲜重 PFW
GP	1							
GR	0.891**	1						
GI	0.948**	0.923**	1					
VI	0.510**	0.475**	0.546**	1				
RL	0.388**	0.393**	0.412**	0.929**	1			
PL	0.386**	0.416**	0.427**	0.577**	0.608**	1		
RFW	0.231*	0.268*	0.284**	0.613**	0.654**	0.527**	1	
PFW	0.162	0.146	0.194	0.399**	0.400**	0.600**	0.563**	1

2.3 玉米自交系萌发性状的主成分分析

通过对8个萌发性状的隶属函数值进行主成分适应性检验,结果表明,KMO值为0.76,该值大于0.7,较为理想,接受因子分析。Bartlett的球形检验中, $P=0.000<0.01$,说明性状间并非独立,性状间是有关系的,适合进行主成分提取及分析。公因子方差的提取数值在0.707~0.965,均达到0.6以上,表明公因子分析提取到足够多的数据,保证主成分分析的有效性。

自交系萌发性状隶属函数值的主成分分析结果表明,因子1~8的特征值及方差贡献率依次降低,设置特征值大于0.5为主成分,提取出3个主成分,方差贡献率依次为56.56%、22.15%及9.46%,3个主成分的方差累计贡献率达到88.17%,大于专业点要求的85%,即这3个主成分把玉米自交系萌发性状的绝大部分信息反映出来,因此可以选取这3个主成分作为玉米自交系萌发性状的综合评价指标(表4)。

表4 自交系萌发性状主成分分析的方差贡献率

Table 4 Variance contribution rates of principal components to inbred lines germination characters

主成分 Principal component	1	2	3	4	5	6	7	8
特征值	4.53	1.77	0.76	0.43	0.31	0.11	0.06	0.03
方差贡献率(%)	56.56	22.15	9.46	5.43	3.83	1.38	0.77	0.42
累计方差贡献率(%)	56.56	78.71	88.17	93.60	97.43	98.81	99.58	100.00

玉米自交系萌发性状的主成分载荷矩阵(表5)反映了各性状对主成分负荷的相对大小及作用方向,即该性状对主成分影响的程度。所有萌发性状对主成分1均是正向作用,并且系数值均>0.5,表明主成分1增大时,所有萌发性状均会增大。对于主成分2,发芽势、发芽率及发芽指数的系数为负值,即发芽势、发芽率及发芽指数对主成分2为负向作

用,主成分2大时,发芽情况表现差,因此主成分2可作为判断种子芽率表现指标;其他指标对主成分2为正向作用,即主成分2的贡献率越大,幼苗的形态指标表现越好。在主成分3中,活力指数、胚根长及胚根鲜重的系数为负值,即主成分3值越大,幼苗根系发育越差,因此主成分3可作为判断根系表现指标。

表5 玉米自交系萌发性状的主成分载荷矩阵

Table 5 Principal component load matrix of germination traits in maize inbred lines

主成分 Principal component	发芽势 GP	发芽率 GR	发芽指数 GI	活力指数 VI	胚根长度 RL	胚芽长度 PL	胚根鲜重 RFW	胚芽鲜重 PFW
1	0.776	0.774	0.812	0.853	0.805	0.744	0.670	0.534
2	-0.580	-0.563	-0.547	0.220	0.350	0.312	0.508	0.542
3	0.075	0.087	0.084	-0.397	-0.426	0.285	-0.034	0.561

2.4 玉米自交系萌发性状的综合评价

将得到的3个主成分因子得分及各主成分所对应的方差贡献率代入公式(3),得到主成分的综合得分模型,即

$$D=(0.5656 \text{ FAC}_1+0.2215 \text{ FAC}_2+0.0946 \text{ FAC}_3)/(0.5656+0.2215+0.0946)。$$

通过主成分综合得分模型计算出89份玉米自交系萌发性状的综合得分和综合排名(表6)。综合得分越高,等级越高,耐盐碱性越强。综合得分 ≥ 1 的自交系有8份,综合得分在0~1间的自交系共35份,46份自交系的综合得分小于0。

表6 玉米自交系萌发性状的主成分因子得分及综合排名
Table 6 Principal component factor scores and comprehensive ranking of germination traits in maize inbred lines

自交系 Inbred line	FAC ₁	FAC ₂	FAC ₃	D值 D value	排 名 Ranking	自交系 Inbred line	FAC ₁	FAC ₂	FAC ₃	D值 D value	排 名 Ranking
MBPM	0.51	4.94	0.78	1.66	1	PHH93	0.08	-1.22	1.78	-0.07	46
PHP76	2.91	-0.98	-0.30	1.59	2	LH190	-0.57	0.49	0.84	-0.15	47
CS405	0.38	3.86	1.52	1.38	3	LH127	-0.10	-0.39	-0.51	-0.22	48
NQ508	1.63	1.10	0.25	1.34	4	PHW20	-0.25	-0.27	-0.25	-0.25	49
904	1.08	1.75	0.95	1.24	5	PHR47	-0.25	-0.33	-0.16	-0.26	50
LH196	2.33	-0.91	-0.64	1.19	6	E8501	-0.61	-1.29	4.08	-0.28	51
PHM10	1.98	-0.28	-0.76	1.12	7	PHV63	-0.23	-0.52	-0.16	-0.30	52
PHK76	1.94	-0.99	0.07	1.00	8	LH214	-0.59	-0.03	0.65	-0.32	53
OS602	1.07	0.84	0.32	0.93	9	PHT77	-0.33	-1.32	1.98	-0.33	54
87916W	1.87	-0.98	-0.50	0.90	10	3IBZ2	-0.67	0.14	0.31	-0.36	55
PHN29	0.65	1.05	2.01	0.89	11	FBLA	-0.41	-0.40	-0.10	-0.37	56
912	0.70	1.51	0.18	0.85	12	PHR58	-0.73	0.13	0.26	-0.41	57
1538	1.63	-0.64	-0.72	0.81	13	HB8229	-0.40	-0.60	-0.27	-0.43	58
911	0.83	1.18	-0.78	0.75	14	PHV07	-0.70	-1.06	2.59	-0.43	59
W8304	1.47	-0.48	-0.90	0.72	15	6M502	-0.42	-0.26	-1.08	-0.45	60
2FACC	0.34	2.17	-0.38	0.72	16	793	-0.55	-0.27	-0.80	-0.51	61
J8606	1.41	-0.94	-0.22	0.65	17	WIL903	-0.77	0.18	-0.63	-0.51	62
PHV37	0.87	-0.21	0.98	0.61	18	LH215	-0.84	-0.67	1.75	-0.52	63
PHJ90	0.61	0.93	-0.52	0.57	19	740	-0.69	0.00	-0.80	-0.53	64
PHGG7	0.55	1.13	-0.80	0.55	20	PHW52	-0.69	-0.60	0.38	-0.55	65
PHK93	1.11	-0.70	-0.07	0.53	21	PHT22	-1.16	0.46	0.44	-0.58	66
PHR32	1.17	-0.60	-0.80	0.51	22	2MA22	-0.70	-0.11	-1.02	-0.58	67
LH195	1.16	-0.65	-0.76	0.50	23	78371A	-0.79	-0.22	-0.48	-0.61	68
IBB15	0.73	-0.19	-0.01	0.42	24	PHT10	-0.84	-0.04	-0.63	-0.62	69
ML606	0.53	0.22	0.18	0.41	25	PHM81	-0.84	-0.20	-0.27	-0.62	70
S8324	1.00	-0.77	-0.49	0.40	26	S8326	-0.75	-0.40	-0.44	-0.63	71
NS501	0.97	-0.62	-0.70	0.39	27	ICI441	-1.22	-0.02	0.95	-0.69	72
PHP85	-0.28	1.75	1.10	0.38	28	Lp215D	-1.03	-0.26	0.31	-0.70	73
OQ101	0.41	0.58	-0.60	0.34	29	PHW03	-0.88	-0.17	-0.92	-0.71	74
L127	0.66	-0.53	0.47	0.34	30	PHW51	-1.13	-0.17	0.05	-0.76	75
11430	0.80	-0.54	-0.35	0.34	31	PHW43	-0.98	-0.16	-0.95	-0.77	76
MQ305	0.07	0.06	2.52	0.33	32	PHK29	-1.38	0.58	-0.76	-0.82	77
PHJ75	-0.14	1.93	-0.68	0.32	33	PHN34	-1.29	-0.11	-0.05	-0.86	78
LIBC 4	0.04	1.60	-1.10	0.31	34	PHR62	-1.32	0.02	-0.28	-0.87	79
LH208	0.47	-0.81	1.69	0.28	35	PHK35	-1.16	-0.31	-0.59	-0.89	80
PHN11	0.71	-0.68	-0.10	0.28	36	PHW65	-1.18	-0.22	-0.76	-0.90	81
PHR55	0.44	-0.36	0.75	0.27	37	PHV78	-1.18	-0.14	-1.01	-0.90	82
78551S	0.37	-0.43	0.84	0.22	38	LH213	-1.28	-0.12	-0.64	-0.92	83
29MIBZ2	0.67	-0.57	-0.70	0.21	39	H8431	-1.29	-0.03	-0.87	-0.93	84
MBUB	0.46	-0.51	0.09	0.17	40	BCC03	-1.45	-0.92	1.81	-0.97	85
83IBI3	0.06	0.44	0.09	0.16	41	LH65	-1.31	-0.13	-1.28	-1.01	86
IBB14	0.43	-0.61	-0.79	0.04	42	PHM49	-1.31	-0.13	-1.28	-1.01	87
PHR30	-0.17	0.47	0.14	0.03	43	LH220Ht	-1.31	-0.13	-1.28	-1.01	88
PHT60	0.19	-0.79	0.61	-0.01	44	PHW30	-1.31	-0.13	-1.28	-1.01	89
MBST	0.19	-0.39	-0.42	-0.02	45						

2.5 玉米自交系耐盐碱性的聚类分析

以3个主成分的综合得分为指标,采用组建连接、以Euclidean度量标准进行系统聚类分析,以距离10为分割点,可将89份供试材料分为4类。

第Ⅰ类为高耐盐碱性材料,共7份自交系,分别为MBPM、PHP76、CS405、NQ508、904、LH196及PHM10,占供试材料的7.87%。

第Ⅱ类中耐盐碱性自交系共13份,分别为PHK76、OS602、87916W、PHN29、912、1538、911、W8304、2FACC、J8606、PHV37、PHJ90及PHGG7,占供试材料的14.61%。

第Ⅲ类为盐碱一般敏感材料,共27份自交系,分别为PHK93、PHR32、LH195、IBB15、ML606、S8324、NS501、PHP85、OQ101、L127、11430、MQ305、PHJ75、LIBC4、LH208、PHN11、PHR55、78551S、29MIBZ2、MBUB、83IBI3、IBB14、PHR30、PHT60、MBST、PHH93及LH190,占供试材料的33.34%。

第Ⅳ类为盐碱敏感材料,共42份自交系,分别为LH127、PHW20、PHR47、E8501、PHV63、LH214、PHT77、3IBZ2、FBLA、PHR58、HB8229、PHV07、6M502、793、WIL903、LH215、740、PHW52、PHT22、2MA22、78371A、PHT10、PHM81、S8326、ICI441、Lp215D、PHW03、PHW51、PHW43、PHK29、PHN34、PHR62、PHK35、PHW65、PHV78、LH213、H8431、BCC03、LH65、PHM49、LH220Ht及PHW30,占供试材料的47.19%。

3 结论与讨论

松嫩平原地区的盐碱性主要是由苏打引起。本研究选用 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 的复合盐碱作为筛选条件,盐度、碱度等理化性质更符合该地区的实际情况,有利于筛选出适合该地区种植的玉米自交系。前人在研究玉米盐碱性胁迫资源筛选时,主要集中在 Na_2CO_3 、 NaCl 的盐碱胁迫^[15~18]。研究表明,种子萌发期是研究作物耐盐碱强弱重要时期之一。前人研究表明,盐碱胁迫下种子萌发期的发芽情况及胚根胚芽形态情况受到明显抑制,本研究选用发芽势、发芽率、胚根胚芽长、胚根胚芽鲜重等指标可从多角度反映种子萌发期耐盐碱性。

在耐盐碱性评价时一般利用苗期表型指标检测法、标准差系数赋予权重法、耐碱指数分级法对盆栽玉米自交系进行分析。沈莉^[19]对葡萄砧木品种(系)的耐盐碱性鉴定时将4个生理指标的隶属函数平均值作为综合评价指标。本研究中,由于各指标的单位不同,数量过多,不同材料盐碱胁迫下的响应机制

不同,各指标的耐盐碱排序也不同,无法进行综合分析,所以将数据进行无量纲处理,将各材料的性状先计算耐盐碱系数,用耐盐碱系数求出隶属函数值,利用主成分分析进行降维,把繁杂的大量数据缩减为具有代表性的主成分进行分析,将复杂数据简单化,这种评价方法是目前使用的一种较可靠的方法。吴瑞香^[20]、张涛^[21]等均采用此评价方法进行资源的筛选。本研究结果表明,胚根长度在处理间的 F 值为13842.42,说明胚根长度受盐碱胁迫影响严重,胚根长度可作为重要的参考指标之一。经过综合评价得到的7份高耐盐碱性材料中,MBPM在对照中发芽情况表现很差,该材料的耐盐碱性还需进一步验证。将筛选到的19份(除MBPM外)高耐盐碱和中耐盐碱材料可进一步进行苗期或大田耐盐碱性研究。

参考文献:

- [1] 徐子祺,许晓鸿.松嫩平原苏打盐碱地成因、特点及治理措施研究进展[J].中国水土保持,2018(2):54-59,69.
Xu Z Q, Xu X H. The cause of formation and characteristics of soda saline-alkaline land of the Songnen plain and the study progress of control measures[J]. Soil and Water Conservation in China, 2018(2): 54-59, 69. (in Chinese)
- [2] 孙广友,王海霞.松嫩平原盐碱地大规模开发的前期研究、灌区格局与风险控制[J].资源科学,2016,38(3):407-413.
Sun G Y, Wang H X. Large scale development to saline-alkali soil and risk control for the Songnen plain[J]. Resources Science, 2016, 38(3): 407-413. (in Chinese)
- [3] 姜奇彦,胡正,张辉,等.大豆种质资源耐盐性鉴定与研究[J].植物遗传资源学报,2012,13(5):726-732.
Jiang Q Y, Hu Z, Zhang H, et al. Evaluation for salt tolerance in soybean cultivars[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2012, 13(5): 726-732. (in Chinese)
- [4] 孙明茂,刘丽霞.百合种质全生育期耐盐碱性综合评价[J].北方园艺,2018(14):83-90.
Sun M M, Liu L X. Comprehensive evaluation of alkali tolerance in lily germplasm during whole growth period[J]. Northern Horticulture, 2018(14): 83-90. (in Chinese)
- [5] 于莹,张树权,郭永利,等.31份玉米自交系萌发期耐盐碱性综合评价[J].东北农业大学学报,2018,49(9):9-19.
Yu Y, Zhang S Q, Guo Y L, et al. Comprehensive evaluation of saline-alkaline tolerance of 31 maize inbred lines at germination stage[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2018, 49(9): 9-19. (in Chinese)
- [6] 张毅,侯维海,冯西博,等.有色大麦种质芽期耐盐性鉴定[J].植物遗传资源学报,2019(20):1-10.
Zhang Y, Hou W H, Feng X B, et al. Evaluation of salt tolerance of colored barley germplasm during germination[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2019(20): 1-10. (in Chinese)
- [7] 董丽娟.不同山定子幼苗耐盐碱性评价与碱胁迫下有机酸积累的差异机理分析[D].西北农林科技大学,2018.
- [8] Asif A K, Sajjad A R, Thomas M. Assessment of salinity tolerance

- based upon seedling root growth response functions in maize[J]. *Euphytica*, 2003, 131: 81–89.
- [9] Elseyquirk T, Middleton B A, Proffitt C E. Seed flotation and germination of salt marsh plants: The effects of stratification, salinity, and/or inundation regime[J]. *Aquatic Botany*, 2009, 91(1): 40–46.
- [10] 李 源, 刘贵波, 高洪文, 等. 紫花苜蓿种质耐盐性综合评价及盐胁迫下的生理反应[J]. *草业学报*, 2010, 19(4): 79–86.
- Li Y, Liu G B, Gao H W, et al. A comprehensive evaluation of salt-tolerance and the physiological response of medicago sativa at the seedling stage[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2010, 19(4): 79–86. (in Chinese)
- [11] 常国伟, 王 越, 邓 杰, 等. 萌芽期玉米自交系耐苏打碱的等级评价[J]. *种子*, 2018, 37(2): 78–82.
- Chang G W, Wang Y, Deng J, et al. Evaluation the resistance of soda alkali in maize inbred lines at germination stage[J]. *Seed*, 2018, 37(2): 78–82. (in Chinese)
- [12] 张会丽, 袁 闯, 朱 林, 等. 利用隶属函数值法对玉米成熟期耐盐性的综合评价[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2018, 46(2): 47–55.
- Zhang H L, Yuan C, Zhu L, et al. Comprehensive evaluation of Salt-tolerance of maize at mature period using subordinate function value analysis[J]. *Journal of Northwest A&F University(Nat. Sci. Ed.)*, 2018, 46(2): 47–55. (in Chinese)
- [13] 张海艳, 赵海军. 不同品种玉米萌发期和苗期耐盐性综合评价[J]. *玉米科学*, 2016, 24(5): 61–67.
- Zhang H Y, Zhao H J. Comprehensive evaluation of salt tolerance of different corn varieties at the germination and seedling stages[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2016, 24(5): 61–67. (in Chinese)
- [14] 胡凯凤, 孙丽芳, 邓 杰, 等. 苏打碱胁迫对玉米种子萌发的影响[J]. *种子*, 2016, 35(6): 41–45.
- Hu K F, Sun L F, Deng J, et al. Effect of Saline-alkali stress on maize seed germination[J]. *Seed*, 2016, 35(6): 41–45. (in Chinese)
- [15] 邸 宏, 刘 学. 13份玉米自交系的耐盐碱性评价[J]. *贵州农业科学*, 2016, 44(2): 15–19.
- Di H, Liu X. Alkali tolerance of thirteen inbred lines in maize[J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2016, 44(2): 15–19. (in Chinese)
- [16] 崔美燕. 玉米苗期耐碱种质资源评价及盐碱条件下部分性状遗传分析[D]. 黑龙江八一农垦大学, 2009.
- [17] 杨书华, 张春宵, 朴明鑫, 等. 69份玉米自交系的苗期耐盐碱性分析[J]. *种子*, 2011, 30(3): 1–6.
- Yang S H, Zhang C X, Piao M X, et al. Analysis on salt and alkali tolerance of sixty-nine maize inbred lines at seedling stage[J]. *Seed*, 2011, 30(3): 1–6. (in Chinese)
- [18] 王明泉, 李春霞, 龚士琛, 等. 玉米自交系苗期耐盐性鉴定及筛选研究[J]. *中国农学通报*, 2018, 34(12): 30–35.
- Wang M Q, Li C X, Gong S C, et al. Salt-tolerance identification and screening of maize inbred lines at seedling stage[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2018, 34(12): 30–35. (in Chinese)
- [19] 沈 莉. 葡萄砧木品种(系)的耐盐碱性鉴定[D]. 西北农林科技大学, 2018.
- [20] 吴瑞香, 杨建春, 王利琴, 等. 应用多元分析法综合评价胡麻材料抗旱适应性[J]. *作物杂志*, 2018(5): 10–16.
- Wu R X, Yang J C, Wang L Q, et al. Evaluation of the adaptability of flax drought resistance based on multiple statistics analysis[J]. *Crops*, 2018(5): 10–16. (in Chinese)
- [21] 张 涛, 宋海云, 贺 鹏, 等. 基于主成分分析和聚类分析的山黄皮果实性状综合评价[J]. *贵州农业科学*, 2018, 46(11): 9–14.
- Zhang T, Song H Y, He P, et al. Comprehensive evaluation of *Clausena indica* characters based on principal component and cluster analysis[J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2018, 46(11): 9–14. (in Chinese)

(责任编辑: 朴红梅)