

不同玉米自交系萌发期抗旱性鉴定

姚玉波^{1,2}, 于莹³, 赵东升², 郭永利², 周菲², 张树权²

(1. 黑龙江省农业科学院博士后科研工作站, 哈尔滨 150086; 2. 黑龙江省农业科学院经济作物研究所, 哈尔滨 150086;
3. 贵州中医药大学基础医学院, 贵阳 550025)

摘要: 以 35 份玉米自交系为试验材料, 采用渗透压为 0.4 MPa 的 PEG-6000 溶液模拟干旱胁迫, 以发芽势、发芽率、萌发抗旱指数、贮藏物质转运率、胚根数、胚根长、胚芽长作为测定指标, 利用抗旱系数(DC 值)、主成分分析和聚类分析对玉米自交系的抗旱能力进行综合评价和分类。结果表明, 干旱胁迫对玉米各项指标均产生不同程度影响, 结合主成分分析和聚类分析, 鉴定出抗旱型材料 4 份, 分别为 1153、1245、1246 和 PHT11; 干旱敏感型材料 3 份, 分别为 PHJR5、LH284 和 A14242; 其他 28 份分别为较抗旱型和干旱较敏感型材料。

关键词: 玉米; 自交系; 萌发期; 抗旱性

中图分类号: S513.037

文献标识码: A

Drought Resistance Identification of Different Maize Inbred Lines at Germination Stage

YAO Yu-bo^{1,2}, YU Ying³, ZHAO Dong-sheng², GUO Yong-li², ZHOU Fei², ZHANG Shu-quan²

(1. Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences Postdoctoral Programme, Harbin 150086;

2. Institute of Industrial Crops, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086;

3. School of Basic Medicine, Guizhou University of Traditional Chinese Medicine, Guiyang 550025, China)

Abstract: Thirty-five maize inbred lines were used as test material, taking germination potential, germination rate, germination drought resistance index, storage material transfer rate, germ root number, germ root length, and germ length as the measurement indicators, and using PEG-6000 solution with an osmotic pressure of 0.4 MPa to simulate drought. Comprehensive evaluation and classification of drought resistance of maize inbred lines using drought resistance coefficient(DC), principal component analysis and cluster analysis. The results showed that drought stress influence all indicators, four drought tolerant materials(1153, 1245, 1246, and PHT11) three drought sensitive materials(PHJR5, LH284, and A14242), twenty-eight relatively drought tolerant and relatively drought sensitive materials were identified out.

Key words: Maize; Inbred line; Germination; Drought resistance

干旱是影响农作物生产的主要生态因素之一, 我国农作物受旱面积波动变化频繁。在我国作物生育期干旱减产造成的经济损失约占全部自然灾害损失的 60%^[1,2], 可见干旱是制约我国农业发展的重要问题。

玉米作为我国重要的粮食作物, 整个生育期的需水量较大。我国水资源匮乏, 玉米主要产区有 2/3 以上为雨养农业^[3]。由于水分不足每年造成玉米减产 20% ~ 30%^[4], 因此, 干旱是影响玉米产量的首要限制因素。在干旱环境中, 选择抗旱性作物品种是创建优良栽培群体的重要途径^[5,6]。选育抗旱玉米品种, 提高抗旱能力是生产中应对干旱胁迫重要且高效的抗旱途径, 玉米杂交种的耐旱能力可以从亲本遗传给子代^[7]。纵观我国玉米育种和粮食生产所取得的巨大成就, 亲本自交系发挥了至关重要的作用。因此, 探讨自交系的抗旱能力, 进一步选育抗旱玉米品种是应对干旱的有效手段。本试验采用 PEG-6000 溶液模拟自然水分胁迫情况, 对 35 份玉

录用日期: 2019-03-28

基金项目: 黑龙江半湿润区春玉米全程机械化丰产增效技术体系集成与示范(2018YFD0300102)、机械化栽培春玉米、粳稻丰产增效栽培技术(2017YFD0300505)

作者简介: 姚玉波(1984-), 女, 黑龙江铁力人, 助理研究员, 博士, 研究方向为玉米遗传育种和栽培技术研究。

E-mail: yaoyubo2009@aliyun.com

张树权为本文通讯作者。E-mail: zsqhlj@126.com

米自交系萌发期抗旱能力进行评价和比较,为玉米种质资源改良、抗旱育种和抗旱性机理研究提供参考和理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

表 1 35 份玉米自交系及其系谱来源
Table 1 Thirty-five maize lines and pedigree

编 号	自交系	系谱来源	编 号	自交系	系谱来源	编 号	自交系	系谱来源
Code	Inbred line	Pedigree	Code	Inbred line	Pedigree	Code	Inbred line	Pedigree
1	1153	兰卡斯特	13	1255	兰卡斯特	25	A14238	瑞德
2	1159	兰卡斯特	14	1197	瑞德	26	A14242	瑞德
3	1205	瑞德	15	PHT11	瑞德	27	A14274	瑞德
4	1206	瑞德	16	ICI986	瑞德	28	A14283	兰卡斯特
5	1212	兰卡斯特	17	PHEW7	瑞德	29	A14287	塘四平头
6	1225	兰卡斯特	18	PHJR5	瑞德	30	10-107	旅大红骨
7	1228	兰卡斯特	19	PHTE4	瑞德	31	11-154	瑞德
8	1232	兰卡斯特	20	LH167	兰卡斯特	32	QZ537	旅大红骨
9	1236	兰卡斯特	21	IIH6	兰卡斯特	33	QZ539	旅大红骨
10	1242	兰卡斯特	22	PHW53	旅大红骨	34	DPSF	旅大红骨
11	1245	兰卡斯特	23	ZSB35	兰卡斯特	35	HND41	旅大红骨
12	1246	兰卡斯特	24	LH284	旅大红骨			

选用 35 份玉米自交系名单及系谱来源见表 1,由黑龙江省农业科学院经济作物研究所提供,包括自育和外引材料。

1.2 试验设计

设 4 个浓度梯度进行预实验,分别为 10%、15%、20%、25%,对应的水势分别为-0.20、-0.40、-0.60、-0.80 MPa,筛选出用于抗旱鉴定的 PEG-6000 适宜浓度为 15%,渗透势-0.40 Mpa,以蒸馏水作为对照。选择饱满且均匀一致、无破损的玉米种子进行发芽试验。用 75%酒精消毒 3 min,蒸馏水冲洗 3 遍,用滤纸将种子表面附着的水分吸干。将消毒处理的种子放在铺有 2 层灭菌滤纸的培养皿中,每皿 30 粒种子,加入 20 mL 的 15%(水势-0.4 MPa) PEG-6000 溶液做干旱胁迫处理,以蒸馏水为对照,25℃恒温培养箱黑暗培养,干旱胁迫与对照均设 3 次重复。以胚根或胚芽突破种皮 2 mm 为发芽标准,每 24 h 调查 1 次发芽情况,连续调查 8 次。8 d 后每个培养皿内选取 10 株进行各项指标的测定。

1.3 测定项目与方法

测定指标包括发芽势、发芽率、胚根数、胚根长、胚芽长,子粒、胚根、胚芽杀青后烘干后称重,计算种子萌发指数、贮藏物质运转率和各项指标的抗旱系数。

发芽势(GE)=第 4 天发芽种子数/供试种子数×100%;

发芽率(GR)=第 7 天发芽种子数/供试种子数×100%;

种子萌发指数(GI)= $1.00nd_2+0.75nd_4+0.50nd_6+0.25nd_8$ (nd2、nd4、nd6、nd8 分别指第 2、4、6、8 天种子的萌发率);

贮藏物质运转率(SMTR)=(芽+根)干物质重/(芽+根+种子)干物质重×100%;

抗旱系数(DC)=干旱测定值/对照测定值。

1.4 数据处理与分析

以性状的抗旱系数作为指标评价不同玉米自交系的耐旱性,采用 Excel 2003 和 SPSS19.0 统计分析软件进行方差分析、相关性分析、主成分分析和聚类分析。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对不同玉米自交系萌发的影响

在干旱胁迫下,35 份玉米自交系发芽势的 DC 值均小于 1,变化范围为 0.030 ~ 0.997,其中,最高的是 PHT11,与 1245 和 1246 差异不显著,极显著高于其他自交系;最低的是 A14242,与 PHJR5 和 IIH6 无显著差异,极显著低于其他自交系(表 2)。可见,干旱胁迫对不同玉米自交系的发芽势均产生抑制作用,不同自交系对干旱的耐受能力存在差异。

35 份玉米自交系发芽率的 DC 值存在极显著差异,变化范围是 0.131 ~ 1.030,1212、1245、1246、

PHT11 和 QZ537 之间差异不显著,极显著高于其他自交系;LH284 极显著低于其他自交系。其中,QZ537 和 1246 的 DC 值 ≥ 1 ,说明这两份材料的发芽率具有较强的抗旱能力。

在干旱胁迫下,35 份玉米自交系的萌发指数的 DC 值均小于 1,变化范围是 0.091 ~ 0.864,1246 和 QZ537 无显著差异,二者极显著高于其他自交系;

PHJR5、LH284 和 A14242 之间差异不显著,极显著低于其他自交系,说明干旱胁迫抑制了玉米自交系的萌发指数。

干旱胁迫降低贮藏物质的转运率,其 DC 值的变化范围是 0.071 ~ 0.856,1246 最高,与 1153 和 PHT11 无显著差异,极显著高于其他自交系;PHJR5 与 1236 差异不显著,极显著低于其他自交系。

表2 不同玉米自交系各项指标的抗旱系数(DC)
Table 2 Drought resistance coefficient of indicators of maize inbred lines during germination

材 料	发芽势	发芽率	萌发指数	贮藏物质转运率	胚根数	胚根长	胚芽长
Material	GE	GR	GI	SMTR	NR	RL	GL
1	0.856±0.01 Be	0.911±0.01 CDbc	0.715±0.01 BCbc	0.829±0.01 Aa	1.219±0.02 Cc	0.865±0.02 CDe	0.888±0.01 Aa
2	0.786±0.02 Cd	0.870±0.01 DEFde	0.652±0.01 DEde	0.660±0.01 Cc	0.706±0.01 Hi	0.632±0.01 LMkl	0.538±0.01 Ee
3	0.916±0.01 Bb	0.923±0.01 CDbc	0.670±0.01 CDd	0.573±0.01 Dd	0.784±0.01 FGgh	0.833±0.00 DEd	0.363±0.01 Hi
4	0.570±0.02 GHgh	0.944±0.01 BCb	0.463±0.01 JKjkl	0.270±0.01 Ll	0.348±0.01 Kl	0.750±0.01 Gf	0.128±0.00 PQRrs
5	0.706±0.01 DEe	0.998±0.01 ABa	0.520±0.02 GHlhi	0.288±0.00 KLkl	0.714±0.01 GHi	0.727±0.01 GHfg	0.179±0.00 LMno
6	0.279±0.02 NOno	0.923±0.01 CDbc	0.396±0.01 LMNmno	0.150±0.01 NOPop	0.216±0.01 MNpqr	0.859±0.00 CDe	0.112±0.01 Rs
7	0.747±0.01 CDde	0.780±0.01 GHghi	0.546±0.01 GHgh	0.749±0.01 Bb	0.496±0.01 Jk	0.528±0.00 Po	0.776±0.01 Cc
8	0.515±0.02 HIJij	0.585±0.02 Jk	0.504±0.01 HIJhij	0.398±0.01 GHh	0.933±0.01 Ef	0.795±0.01 Fe	0.851±0.00 Bb
9	0.370±0.01 Ll	0.412±0.01 No	0.258±0.00 Tt	0.101±0.01 QRqr	0.466±0.01 Jk	0.525±0.01 Pop	0.182±0.00 LMno
10	0.342±0.02 LLMl	0.641±0.01 Ij	0.329±0.00 OPQRpqr	0.313±0.02 JKlk	1.529±0.03 Aa	0.511±0.01 Pop	0.164±0.00 MNOop
11	0.994±0.01 Aa	0.994±0.02 ABa	0.677±0.01 BCDBd	0.576±0.01 Dd	1.490±0.02 Aa	1.113±0.01 Aa	0.516±0.00 Ef
12	0.979±0.01 Aa	1.030±0.01 Aa	0.864±0.02 Aa	0.856±0.01 Aa	1.333±0.02 Bb	0.958±0.00 Bb	0.586±0.01 Dd
13	0.499±0.02 IJKj	0.499±0.01 KLmn	0.313±0.01 PQRSTrs	0.438±0.01 Gg	0.272±0.00 KLMmnop	0.685±0.00 IJij	0.233±0.00 Km
14	0.476±0.01 JKjk	0.749±0.01 Hi	0.425±0.01 KLMLmn	0.324±0.02 IJKjk	0.590±0.01 Ij	0.692±0.01 IJhij	0.145±0.01 OPQpqr
15	0.997±0.02 Aa	0.997±0.01 ABa	0.728±0.01 Bb	0.829±0.01 Aa	0.960±0.01 Eef	0.875±0.01 Cc	0.442±0.01 Fg
16	0.484±0.02 JKjk	0.896±0.02 CDEcd	0.437±0.01 KLMLm	0.305±0.01 KLkl	0.991±0.01 Ee	0.633±0.01 LMkl	0.172±0.01 LMNo
17	0.648±0.01 EFF	0.856±0.01 EFef	0.607±0.01 EFF	0.203±0.00 Mm	0.743±0.01 GHhi	0.214±0.00 Uu	0.284±0.01 Jk
18	0.068±0.00 PQqr	0.273±0.01 Op	0.121±0.00 Uu	0.071±0.00 Rr	0.188±0.00 Nqr	0.148±0.00 Vv	0.119±0.01 QRs
19	0.487±0.01 JKjk	0.818±0.01 FGfg	0.626±0.01 DEef	0.362±0.01 Hli	0.819±0.01 Fg	0.677±0.00 JKj	0.198±0.01 Ln
20	0.770±0.02 Cd	0.770±0.01 GHhi	0.523±0.01 GHlhi	0.520±0.01 EFef	0.496±0.01 Jk	0.617±0.01 MNI	0.407±0.00 Gh
21	0.056±0.00 PQqr	0.756±0.01 Hi	0.360±0.00 NOPopq	0.124±0.01 PQpq	0.182±0.00 Nr	0.862±0.00 CDe	0.143±0.01 OPQqr
22	0.551±0.02 GHlhi	0.545±0.01 JKl	0.385±0.01 MNOno	0.164±0.00 MNOPno	0.286±0.00 KLMmn	0.518±0.01 Pop	0.300±0.01 Jk
23	0.635±0.01 Ff	0.656±0.01 Ij	0.428±0.02 KLMLmn	0.550±0.01 DEde	0.242±0.00 LMNmnopq	0.806±0.00 EFe	0.329±0.00 Ij
24	0.099±0.00 Pq	0.131±0.01 Pq	0.091±0.00 Uu	0.125±0.00 PQpq	0.229±0.00 LMNnopqr	0.073±0.00 Ww	0.151±0.01 NOPpq
25	0.248±0.00 NOop	0.505±0.02 KLmn	0.272±0.00 RSTst	0.181±0.00 MNOmno	0.714±0.01 GHi	0.349±0.00 Ss	0.255±0.00 Kl
26	0.030±0.00 Qr	0.260±0.01 Op	0.113±0.00 Uu	0.179±0.00 MNOmno	0.213±0.00 MNpqr	0.404±0.01 Rr	0.045±0.00 Tu
27	0.356±0.01 LMI	0.430±0.01 MNo	0.317±0.00 PQRSqr	0.198±0.00 MNmn	0.282±0.00 KLMmno	0.563±0.01 On	0.082±0.00 St
28	0.567±0.01 GHgh	0.800±0.01 GHgh	0.448±0.01 JKlkl	0.294±0.01 KLkl	0.300±0.01 KLlm	0.750±0.01 Gf	0.183±0.00 LMno
29	0.305±0.01 MNmn	0.473±0.01 LMn	0.301±0.00 QRSTrst	0.316±0.00 IJKlk	1.083±0.01 Dd	0.588±0.00 NOm	0.291±0.00 Jk
30	0.300±0.00 MNmn	0.494±0.01 KLmn	0.363±0.01 NOPop	0.146±0.00 OPQop	0.244±0.00 LMNmnopq	0.714±0.00 HIgh	0.139±0.00 OPQqr
31	0.443±0.01 Kk	0.522±0.02 KLlm	0.326±0.01 PQRpqr	0.560±0.01 DEd	1.000±0.00 Ee	0.449±0.00 Qq	0.418±0.01 FGh
32	0.639±0.01 Ff	1.00±0.00 Aa	0.826±0.01 Aa	0.730±0.01 Bb	0.818±0.01 Fg	0.500±0.02 Pp	0.237±0.00 KlM
33	0.859±0.01 Be	0.790±0.01 GHghi	0.566±0.01 FGg	0.503±0.01 Ff	0.441±0.01 Jk	0.709±0.01 HIJghi	0.325±0.01 Ij
34	0.602±0.01 FGfg	0.928±0.01 Cbc	0.482±0.01 IJKijk	0.156±0.00 MNOPop	0.225±0.00 LMNopqr	0.651±0.01 KLk	0.140±0.00 OPQqr
35	0.219±0.01 Op	0.474±0.01 LMn	0.264±0.00 STt	0.355±0.01 HIJij	1.000±0.00 Ee	0.279±0.00 Tt	0.232±0.00 Km

注:竖行比较。
Note: Vertical comparison.

根是玉米吸收水分的重要器官,胚根数和胚根长与萌发期的抗旱能力相关。35份玉米自交系胚根数的DC值变化范围较大,为0.182~1.529,达到显著差异,1242和1245差异不显著,极显著高于其他自交系;1225、PHJR5、IIH6、LH284、A14242和DPSF差异不显著,极显著或显著低于其他自交系。胚根长的DC值变化范围是0.073~1.113,1245最高,与其他自交系达到极显著差异;LH284极显著低于其他自交系。干旱胁迫促进部分自交系的胚根发育。

胚芽长的DC值变化范围0.045~0.888,最高为1153,极显著高于其他自交系;最低的为A14242,极显著低于其他自交系。干旱胁迫抑制自交系的胚芽

发育。

通过对各项指标抗旱系数的分析,不同玉米自交系萌发期各指标的抗旱能力存在差异,因此,如果仅通过单项指标对不同玉米自交系萌发期的抗旱性进行鉴定存在一定局限性,还需要开展多个指标进行综合分析。

2.2 干旱胁迫下不同玉米自交系萌发期各指标间的相关性分析

由表3可知,不同玉米自交系萌发期各指标,除了胚根数和胚根长、发芽率和胚芽长之间无显著相关,其他各指标间均达到显著或极显著相关水平,可见各指标之间具有良好的相关性。

表3 不同玉米自交系各项指标抗旱系数的相关性

Table 3 Correlation between drought resistance coefficients of indicators of maize inbred lines during germination

指 标 Indicator	发芽势 GE	发芽率 GR	萌发指数 GI	贮藏物质转运率 SMTR	胚根数 NR	胚根长 RL	胚芽长 GL
发芽势	1						
发芽率	0.759**	1					
萌发指数	0.873**	0.874**	1				
贮藏物质转运率	0.780**	0.545**	0.765**	1			
胚根数	0.429*	0.367*	0.478**	0.546**	1		
胚根长	0.589**	0.672**	0.604**	0.447**	0.244	1	
胚芽长	0.609**	0.310	0.557**	0.739**	0.492**	0.344*	1

注:*和**分别表示在0.05和0.01水平上显著相关。

Note: * and ** indicated significance of correlations at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

2.3 干旱胁迫下不同玉米自交系萌发期抗旱性的主成分分析

利用SPSS对35份玉米自交系萌发期7个指标的DC值进行KMO和Bartlett球形度检验,KMO为0.832,Sig.=0.000<0.05,不同玉米自交系萌发期抗旱

性各项指标可进行因子分析和主成分分析。

设置特征值大于1,获得主成分贡献率、旋转后因子负荷矩阵和特征向量矩阵。由表4可知,共选取2个主成分,贡献率分别为64.521%和14.838%,累积贡献率79.360%。由表4、表5可知,第1主成分

表4 各成分的特征值及贡献率

Table 4 Eigen values and contributions rate of each component

成 份 Component	初始特征值 Initial eigen value			提取载荷平方和 Extraction sums of squared loadings		
	合计 Total	方差贡献率(%) Variance	累计贡献率(%) Cumulative	合计 Total	方差贡献率(%) Variance	累计贡献率(%) Cumulative
1	4.516	64.521	64.521	4.516	64.521	64.521
2	1.039	14.838	79.360	1.039	14.838	79.360
3	0.580	8.293	87.652			
4	0.454	6.486	94.138			
5	0.201	2.875	97.013			
6	0.145	2.071	99.084			
7	0.064	0.916	100.000			

的特征值为4.516,发芽势、发芽率、萌发指数和胚根长具有较高的载荷,反映了发芽势、发芽率、萌发指数和胚根长的综合指标;第2主成分的特征值为1.039,贮藏物质转运率、胚根数和胚芽长具有较高的载荷,反映了贮藏物质转运率、胚根数和胚芽长的综合指标。

表5 旋转后因子负荷矩阵

Table 5 Rotated component matrixa

指 标 Indicator	成份 Component	
	1	2
发芽势	0.746	0.541
发芽率	0.915	0.206
萌发指数	0.807	0.500
贮藏物质转运率	0.465	0.787
胚根数	0.131	0.774
胚根长	0.832	0.104
胚芽长	0.203	0.854

设变量发芽势、发芽率、萌发指数、贮藏物质转运率、胚根数、胚根长和胚芽长分别为 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6 和 X_7 ,根据主成分分析结果(表6),得出主成分表达式:

$$Y_1 = 0.432X_1 + 0.388X_2 + 0.441X_3 + 0.408X_4 + 0.286X_5 + 0.327X_6 + 0.337X_7$$

$$Y_2 = -0.082X_1 - 0.439X_2 - 0.151X_3 + 0.282X_4 + 0.487X_5 - 0.460X_6 + 0.500X_7$$

表6 主成分特征向量矩阵

Table 6 Eigenvector matrix of principal component

指 标 Indicator	PC1	PC2
发芽势	0.432	-0.082
发芽率	0.388	-0.439
萌发指数	0.441	-0.151
贮藏物质转运率	0.408	0.282
胚根数	0.286	0.487
胚根长	0.327	-0.460
胚芽长	0.337	0.500

单一的 Y_1 和 Y_2 并不能对不同玉米自交系的抗旱性作出综合评价,因此以2个主成分得到综合评价函数, $Y = 0.645 Y_1 + 0.148 Y_2$ 。

综合评价函数值(Y)与抗旱性呈正相关,即 Y 值越大说明该自交系的抗旱性越强。由表7可知,1153、1245、1246和PHT11的 Y 值较高,说明这4份自交系具有较强的抗旱性;PHJR5、LH284和A14242的 Y 值均很低,说明这3份自交系的抗旱性弱,是干旱敏感型材料。

表7 不同玉米自交系各主成分值及综合值

Table 7 The principal component value and comprehensive value of maize inbred lines

材 料 Material	Y_1	Y_2	Y	材 料 Material	Y_1	Y_2	Y
1	3.913	1.463	2.742	19	0.515	-0.489	0.260
2	2.043	0.415	1.379	20	0.934	-0.001	0.603
3	2.284	-0.550	1.392	21	-1.572	-1.606	-1.253
4	-0.035	-1.613	-0.262	22	-1.171	-0.162	-0.780
5	0.740	-1.159	0.306	23	0.337	-0.517	0.141
6	-0.855	-1.998	-0.848	24	-4.191	1.375	-2.500
7	1.825	1.290	1.369	25	-1.938	0.868	-1.122
8	1.253	1.498	1.031	26	-3.655	0.280	-2.317
9	-2.115	0.085	-1.352	27	-2.038	-0.407	-1.375
10	-0.539	1.176	-0.174	28	-0.210	-1.240	-0.319
11	3.689	-0.038	2.375	29	-0.937	1.111	-0.439
12	4.423	0.373	2.909	30	-1.732	-0.822	-1.239
13	-0.886	-0.185	-0.599	31	-0.213	1.728	0.119
14	-0.365	-0.684	-0.337	32	1.958	-0.127	1.244
15	3.421	-0.129	2.188	33	1.136	-0.560	0.650
16	0.121	-0.311	0.032	34	-0.378	-1.669	-0.491
17	-0.073	0.255	-0.009	35	-1.679	1.589	-0.848
18	-4.012	0.763	-2.476				

2.4 不同玉米自交系抗旱性聚类分析

根据不同玉米自交系的Y值进行聚类分析,利用系统分类的组内连接法,取欧式距离>5时。由图1可知,将35份玉米自交系的抗旱性分为4类,第I类中包含4份材料,分别是1153、1246、1245和PHT11,属于抗旱型材料;第II类包含5份材料,分别是1159、1228、1205、QZ537和1232,属于较抗旱型

材料;第III类包含1225、HND41、PHW53、IIH6、10-107、1236、A14274、A14238、1197、A14283、1206、1242、A14287、DPSF、1255、LH167、QZ539、1212、PHTe4、ZSB35、11-154、ICI986和PHEW7共23份材料,属于干旱较敏感性材料;第IV类包含PHJR5、LH284和A14242共3份材料,属于干旱敏感型材料。

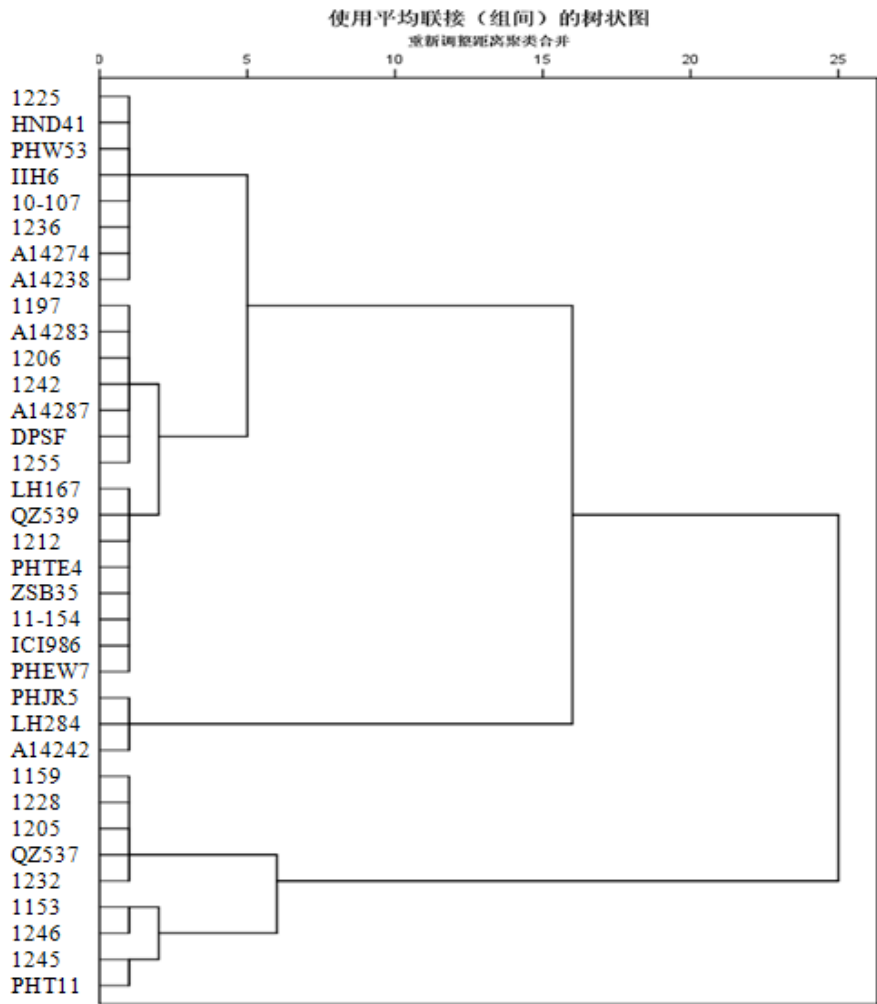


图1 玉米自交系抗旱性聚类分析

Fig.1 Clustering analysis diagram of drought resistance of maize inbred lines

3 结论与讨论

植物抗旱性是一个复杂的综合性状,在植物生长发育的各个阶段所表现出的抗旱机制也有所不同^[8]。萌发期是作物群体数量建成的关键时期,而且萌发期抗旱性鉴定具有时间短、容量大、重复性强等优点,如果将萌发期筛选出的抗旱性较差的材料剔除,能有效地缩短鉴定周期和材料数量,提高鉴定效率^[9,10]。

聚乙二醇-6000溶液是植物渗透胁迫研究中

比较理想的模拟系统,是测定种子在萌发期间抗旱能力大小的常用方法。不同作物间及同一作物不同品种间模拟干旱胁迫适宜的渗透势存在一定差异^[11-13]。本研究考虑到自交系的抗逆能力,通过预备试验,确定本研究的适宜渗透势为-0.40 Mpa,PEG-6000浓度为15%。

干旱胁迫会影响种子萌发速度、幼苗生长和根系发育,减少干物质积累和贮藏物质转运率,导致成活率降低^[14-16]。抗旱性状是多种因素相互作用的综合性状,能反应种子萌发过程中的一系列变化过

程。王业建等认为,同一个自交系不同性状间耐旱系数存在差异,且不同自交系间同一性状耐旱系数也存在差异^[17]。在作物抗逆性鉴定中,利用相对指标可有效消除不同背景差异,是目前作物抗旱性鉴定用得最多的方法^[18]。在抗旱性综合评价方法中,聚类分析法、模糊数学隶属函数法、主成分分析法等常用于作物萌发期指标筛选与抗旱性综合性评价。

通过对35份自交系萌发期抗旱指标的比较分析,不同材料间各项指标的DC值均存在极显著或显著差异,各项指标之间具有良好的相关性,利用主成分分析提取出2个主成分,第1主成分中发芽势、发芽率、萌发指数和胚根长具有较高的载荷,是评价萌发期抗旱性的主要指标;第2主成分中贮藏物质转运率、胚根数和胚芽长具有较高的载荷,是评价萌发期抗旱性的次要指标。通过Y值综合评价和聚类分析鉴定出抗旱型材料4份,较抗旱型材料5份,干旱较敏感型材料23份,干旱敏感型材料3份。

参考文献:

- [1] 熊阳阳,韩博.3种禾本科牧草萌发期和苗期的抗旱性研究[J].安徽农业科学,2018,46(7):88-91.
Xiong Y Y, Han B. Study on the drought resistance of three kinds of gramineae forage in the germination and seedling stages[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2018, 46(7): 88-91. (in Chinese)
- [2] 姚玉波.不同品种亚麻种子萌发期抗旱性鉴定[J].核农学报,2015,29(10):2033-2039.
Yao Y B. Drought resistance identification of different flax varieties in seed germination stage[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2015, 29(10): 2033-2039. (in Chinese)
- [3] 师亚琴.陕A群、陕B群选育的玉米自交系抗旱性评价及抗旱特性分析[D].西北农林科技大学,2017.
- [4] 苏治军,郝转芳,谢传晓,等.玉米 $dbf1$ 基因与耐旱相关性状的关联分析[J].植物资源遗传学报,2010,11(4):474-478.
Su Z J, Hao Z F, Xie C X, et al. Association analysis between $dbf1$ gene and drought-tolerant traits in maize[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2010, 11(4): 474-478. (in Chinese)
- [5] Ennajeh M, Vadel A M, Cochard H, et al. Comparative impacts of water stress on the leaf anatomy of a drought-resistant and a drought-sensitive olive cultivar[J]. J. Hort Sci. Biotechnol, 2010, 85: 289.
- [6] Tuberosa R, Salvi S. Genomics-based approaches to improve drought tolerance of crops[J]. Trends Plant Sci., 2006, 11: 405-412.
- [7] 杨晓钦,张仁和,薛吉全,等.非生物胁迫对玉米杂交种及其亲本自交系产量性状的影响[J].作物学报,2013,39(7):1325-1329.
Yang X Q, Zhang R H, Xue J Q, et al. Effects of abiotic stress on yield traits of maize hybrids and their parental inbred lines[J]. Acta Agronomica Sinica, 2013, 39(7): 1325-1329. (in Chinese)
- [8] 吴奇,周宇飞,高悦,等.不同高粱品种萌发期抗旱性筛选与鉴定[J].作物学报,2016,42(8):1233-1246.
Wu Q, Zhou Y F, Gao Y, et al. Screening and identification for drought resistance during germination in sorghum cultivars[J]. Acta Agronomica Sinica, 2016, 42(8): 1233-1246. (in Chinese)
- [9] 王阳,杨永志,张玲,等.玉米黄改系材料萌芽期耐旱性鉴定与评价[J].玉米科学,2016,24(3):1-6.
Wang Y, Yang Y Z, Zhang L, et al. Identification and evaluation on drought tolerance of maize Huanggaixi lines in the germination stage[J]. Journal of Maize Sciences, 2016, 24(3): 1-6. (in Chinese)
- [10] 徐宁,陈冰娜,王明海,等.绿豆品种资源萌发期耐碱性鉴定[J].作物学报,2017,43(1):112-121.
Xu N, Chen B R, Wang M H, et al. Identification of alkali tolerance of mungbean Germplasm resources during germination[J]. Acta Agronomica Sinica, 2017, 43(1): 112-121. (in Chinese)
- [11] 成锴,苏晓慧,栗建枝,等.PEG-6000胁迫下玉米品种萌发期抗旱性鉴定与评价[J].玉米科学,2017,25(5):85-90.
Cheng K, Su X H, Li J Z, et al. Identification and evaluation of maize drought resistance under PEG-6000 stress at germination stage[J]. Journal of Maize Sciences, 2017, 25(5): 85-90. (in Chinese)
- [12] 徐田军,吕天放,赵久然,等.玉米萌发幼苗期的抗旱性鉴定评价[J].中国种业,2017(4):42-46.
Xu T J, Lü T F, Zhao J R, et al. Identification and evaluation on drought tolerance of maize in seed germination stage[J]. China Seed Industry, 2017(4): 42-46. (in Chinese)
- [13] 裴玉贺,轩慧冬,宋希云,等.不同玉米品种萌芽期抗旱筛选[J].山东农业科学,2017,49(2):30-35.
Pei Y H, Xuan H D, Song X Y, et al. Drought resistance screening of different maize varieties at germination stage[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2017, 49(2): 30-35. (in Chinese)
- [14] 范翠丽,陈景堂,李育峰,等.玉米苗期及萌芽期抗旱性评定方法筛选[J].玉米科学,2007,15(3):114-117.
Fan C L, Chen J T, Li Y F, et al. Filtrate methods of drought-tolerance in maize during the germination stage and the seedling stage[J]. Journal of Maize Sciences, 2007, 15(3): 114-117. (in Chinese)
- [15] 胡兴波,曹敏建,王学智,等.不同玉米品种萌芽期及苗期抗旱性初步研究[J].玉米科学,2004,12(3):66-67,70.
Hu X B, Cao M J, Wang X Z, et al. Studies on drought resistance of the different hybrid in seedling emergence stage and in seedling stage[J]. Journal of Maize Sciences, 2004, 12(3): 66-67, 70. (in Chinese)
- [16] 赫福霞,李柱刚,阎秀峰,等.渗透胁迫条件下玉米萌芽期抗旱性研究[J].作物杂志,2014(5):144-147.
He F X, Li Z G, Yan X F, et al. Effect of osmotic stress on drought resistance of maize at germination stage[J]. Crops, 2014(5): 144-147. (in Chinese)
- [17] 王业建,郝浩江,李铭东,等.我国47份主要玉米自交系耐旱性分析[J].玉米科学,2018,26(4):10-16.
Wang Y J, Xi H J, Li M D, et al. Drought tolerance evaluation of 47 main maize inbred lines in China[J]. Journal of Maize Sciences, 2018, 26(4): 10-16. (in Chinese)
- [18] 李志博,章杰,魏亦农,等.覆膜高密度下棉花抗旱性产量和品质指标的特征分析[J].核农学报,2011,25(3):576-581.
Li Z B, Zhang J, Wei Y N, et al. Characteristics analysis of yield traits and fiber quality with cotton drought resistance under plastic film mulching and high-density condition[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2011, 25(3): 576-581. (in Chinese)

(责任编辑:姜媛媛)