

不同大豆品种发芽期耐旱性评价及耐旱种质筛选

周玉丽¹, 朱平², 胡能兵², 邵庆勤², 杜军利², 舒英杰²

(1. 安徽科技学院 生命科学学院, 安徽 凤阳 233100; 2. 安徽科技学院 农学院, 安徽 凤阳 233100)

摘要:为鉴定不同大豆品种种子发芽期的耐旱性,以20%聚乙二醇(PEG-6000)溶液为渗透介质模拟干旱胁迫条件,比较了30个大豆品种发芽期与耐旱性相关的形态和生理指标的差异,并利用隶属函数法对30个品种进行了耐旱性的综合评价。结果表明:20% PEG-6000 浸种降低了大豆种子的吸水率、发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数,抑制了胚芽和胚根的伸长,不同品种的耐旱指数和胁迫指数存在明显差异;隶属函数法综合评价结果表明,30个大豆品种发芽期的耐旱性存在差异,耐旱性较强的是叙永黄毛白水豆(G25)、叙永六月半(G21)、武冈青豆(G27)和淳平小子药黑豆(G13),耐旱性最差的是早踏扁青(G08)、丹波黑(G02)和桐庐牛吃豆(G11)。

关键词:大豆;发芽期耐旱性;PEG胁迫;隶属函数法

中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2015.04.0616

Evaluation of Drought Resistance of Different Soybean at Seed Germination Stage and the Screening of Germplasm

ZHOU Yu-li¹, ZHU Ping², HU Neng-bing², SHAO Qing-qin², DU Jun-li², SHU Ying-jie²

(1. College of Life Science, Anhui Science and Technology University, Fengyang 233100, China; 2. College of Agronomy, Anhui Science and Technology University, Fengyang 233100, China)

Abstract: To investigate the drought resistance of soybean at seed germination period under drought stress conditions with 20% polyethylene glycol (PEG-6000), the morphological and physiological indexes related to drought resistance of 30 soybean varieties were investigated through the subordinate function method to evaluate comprehensively the drought resistance. The results showed that the water absorption, germination energy, germination rate, germination index and vigor index of soybean seeds reduced and the growth of germ and radicle were restrained under 20% PEG-6000. There were differences in germination drought resistance index (GDRI) and germination stress index (GSI) among 30 soybean varieties. Through the comprehensive evaluation membership function method, it found that germination ability of drought resistance were markedly different among 30 soybean varieties, the drought resistances of Xuyonghuangmaobaishuidou (G25), Xuyongliuyueban (G21), Wugangqingdou (G27) and Chunpingxiaoziyaoheidou (G13) were stronger, conversely, the drought resistances of Zaotabianqing (G08), Danbohei (G2) and Tongluniuchidou (G11) were worse.

Keywords: Soybeans; Drought resistance at seed germination stage; PEG stress; Membership function method

大豆生育期内需水量较高,根系欠发达,是豆类作物中对缺水最敏感的一种^[1]。当大豆叶水势为-1.2~1.6 MPa时,气孔关闭;土壤水势下降到-0.5 MPa时,大豆的根就会萎缩^[2],因此,水分是影响大豆生长和产量形成的重要因素之一。然而,在我国的大豆主产区中,除了少数国有农场有灌溉条件外,一般生产田均不能进行灌溉,干旱已成为影响我国大豆生产主要限制因子之一。因此,筛选高产耐旱的大豆品种,对我国大豆产业的可持续发展具有重要意义。

许多学者对大豆耐旱性评定方法进行了研究,并提出了耐旱性鉴定的一些形态指标和生理生化指标^[3,4]。有关大豆发芽期耐旱性的相关研究较少,而北方的春播大豆和江淮流域的夏播大豆,在播种期往往出现短期的干旱天气,常常导致播后出

苗不齐,缺苗断垄现象较严重,并最终影响大豆产量,因此筛选发芽期耐旱性强的品种才能保证产量所需的基本群体。聚乙二醇、甘露醇、蔗糖和葡萄糖等高渗溶液通常被用来研究模拟干旱对种子萌发的影响,从而鉴定不同大豆品种的耐旱性^[5]。本试验通过PEG-6000模拟大豆发芽期的干旱条件,比较了30个不同大豆品种发芽期的形态和生理生化指标,并采用隶属函数法对大豆发芽期耐旱性进行综合评价,以期筛选出发芽期耐旱性强的品种,为大豆高产栽培及耐旱品种的选育提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料由南京农业大学国家大豆改良中心

收稿日期:2014-10-31
基金项目:国家自然科学基金(31101212);安徽省教育厅高等学校省级优秀青年人才基金(2012SQRL143)。
第一作者简介:周玉丽(1975-),女,实验师,主要从事园艺植物生物技术研究。E-mail:zhouyl@ahstu.edu.cn。
通讯作者:舒英杰(1977-),男,博士,副教授,主要从事种子学及大豆遗传育种研究。E-mail:shuyj@ahstu.edu.cn。

提供,具体品种见表 1。试验材料于 2013 年 6 月 8 日播种,单行种植,行长 5 m,行距 40 cm、株距 20 cm,常规管理。正常成熟收获晾干(含水量 12% 左右)后的种子备用。

1.2 试验设计

每品种精选大小一致、籽粒饱满、无破损的种子 40 粒,用 70% 的酒精浸泡 30 ~ 60 s 后,蒸馏水冲洗 2 ~ 3 次后置于干净的双层滤纸的发芽盒中。前期试验表明,PEG-6000 溶液模拟干旱胁迫鉴定大豆种子发芽期耐旱性的适宜浓度为 20% ~ 25% ,本试

验采用 20% 的 PEG-6000 20 mL 模拟干旱胁迫处理,对照加入等量蒸馏水,置于人工气候培养箱中发芽,恒温 25℃、相对湿度 70% 下催芽,从种子置床之日起开始观察。以后每天加入适量 PEG,对照加等量蒸馏水,以发芽纸湿润为宜。胚根突破种皮 1 mm,胚芽为种子长 1/2 为发芽标准^[5],逐日定时记载发芽种子数,8 d 后结束发芽试验。试验结束后,每培养皿选取 5 株有代表性的幼苗测量根长和苗高。

表 1 试验材料简介
Table 1 Materials used in this study

编号 Accession No.	品种名称 Cultivars	种皮颜色 Seed coat color	百粒重 100-seed weight/g	生育期 Growth period/d
G01	Jackson	黄色 Yellow	18. 37	113
G02	丹波黑 Danbohei	黑色 Black	42. 87	133
G03	桂阳紫金豆 Guiyangzijindou	咖啡色 Coffee	13. 70	97
G04	Lee 68	黄色 Yellow	16. 33	111
G05	巴山早豆 Bashanzaodou	咖啡青 Coffee	17. 73	97
G06	荔波双色豆 Liboshuangsedou	黄色 Yellow	13. 77	109
G07	雅安黑豆 Yaanheidou	黑色 Black	17. 33	113
G08	早踏扁青 Zaotabianqing	青色 Cyan	21. 57	117
G09	安吉青豆 Anjiqingdou	黄色 Yellow	19. 97	90
G10	Su	黄色 Yellow	20. 20	110
G11	桐庐牛吃豆 Tongluniuchidou	黄色 Yellow	35. 47	131
G12	浙 9703 Zhe 9703	黄色 Yellow	20. 47	101
G13	淳平小子药黑豆 Chunpingxiaoziyaoheidou	黑色 Yellow	8. 90	103
G14	澧县黑豆 Lixianheidou	黑色 Black	13. 30	99
G15	丹徒小乌早 Dantuxiaowuzao	黑色 Black	19. 83	131
G16	南农 73-935 Nannong 73-935	黄色 Yellow	20. 60	120
G17	西峡小粒黄 Xixiaxiaolihuang	黄色 Yellow	11. 73	121
G18	南春 203 Nanchun 203	黄色 Yellow	17. 50	117
G19	淮引瓜早早 Huaiyinguazaozao	青色 Cyan	11. 13	82
G20	兴化六月白 Xinghualiyuebai	黄色 Yellow	15. 00	91
G21	叙永六月半 Xuyongliuyueban	黄色 Yellow	10. 40	101
G22	东安药豆 Donganyaodou	黑色 Black	11. 90	101
G23	滩宁大豆青 Tanningdadouqing	青色 Cyan	20. 50	97
G24	7606 绿心豆 7606lyuxindou	黑色 Black	15. 23	103
G25	叙永黄毛白水豆 Xuyonghuangmaobaishuidou	黄色 Yellow	9. 70	101
G26	筠连九转豆 Yunlianjiuzhuandou	黄色 Yellow	9. 40	116
G27	武冈青豆 Wugangqingdou	青色 Cyan	12. 65	106
G28	泰兴黑豆 Taixingheidou	黑色 Black	17. 03	87
G29	大金黄 Dajinhuang	黄色 Yellow	18. 27	101
G30	红豆子 Hongdouzi	咖啡色 Coffee	11. 23	101

1.3 测定项目与方法

1.3.1 种子吸水率的测定 从置床之日起,分别在12,24,36,48,60 和 72 h 测定种子的吸水率。

吸水率(%)=(每个时间点种子的重量-种子干重)×100/种子干重

1.3.2 种子活力相关指标的测定 根据统计的发芽种子数,分别计算发芽率(GR)、发芽势(GE)、发芽指数(GI)及活力指数(VI),公式如下:

GR(%)=第8天发芽总数×100/供试种子数

GE(%)=前5d内的发芽数×100/供试种子数

GI=Σ(DG/DT),DG为逐日发芽数,DT为相应DG的发芽天数

VI=GI×S(S为幼苗重量,g)

1.3.3 萌发耐旱指数及胁迫指数的测定 参考王赞^[7]及安永平^[8]方法计算。

萌发耐旱指数(GDRI)=渗透胁迫下的萌发指数/对照萌发指数

其中,萌发指数=(1.00)nd₂+(0.75)nd₄+(0.50)nd₆+(0.25)nd₈,式中nd₂、nd₄、nd₆、nd₈分别为第2天、第4天、第6天、第8天的种子发芽率,1.00,0.75,0.50,0.25分别为相应萌发天数所赋予的耐旱系数。

萌发胁迫指数(GSI)=处理种子发芽指数/对照种子发芽指数

1.4 耐旱性综合评定

利用隶属函数法对耐旱性综合评定,参照龚明等^[9]方法计算耐旱隶属值,利用公式(1)进行标准

化处理:
$$\mu(x_j)=(X_j-X_{\min})/(X_{\max}-X_{\min}),j=1,2,3\cdots,n$$
(1)

式中,X_j表示第j个指标值,X_{min}表示第j个指标的最小值,X_{max}表示第j个指标的最大值;如某一个指标与抗性为负相关,则用μ(X_j)=(X_{max}-X_j)/(X_{max}-X_{min})进行计算。隶属函数值越大,则表示耐旱性越强。

2 结果与分析

2.1 PEG-6000 模拟干旱胁迫对大豆种子吸水率的影响

一般来说,耐旱类型大豆种子吸水速率较敏感型快,达到萌发需水临界时间短,大豆种子在遭受干旱胁迫时,吸水率越高,表明其耐旱性越强,因此,种子吸水率可作为一种鉴定大豆耐旱性的生理指标^[10]。由表2可知,30个大豆品种经20%PEG-6000胁迫后的种子吸水率与对照相比均呈下降趋势,吸张72h后,降低幅度较大的品种有G02(35.71%)、G04(28.71%)、G10(27.70%)、G12(25.77%)和G19(22.44%),说明这几个品种在干旱胁迫下对水分的吸收能力较差,降低幅度较小的有G07(0%)、G22(0.23%)、G27(0.97%)、G26(1.31%)、G21(1.36%)和G24(1.76%)等,说明这几个品种在干旱胁迫下对水分的吸收能力较强,耐旱性也较强。另外,随着浸种时间的延长,种子吸水率逐渐升高,耐旱性强的品种吸水率在24h达到最大值,耐旱性较差的品种吸涨时间超过36h。

表2 不同大豆品种在不同时间点的吸水率比较

Table 2 Water absorption of different soybean varieties at different imbibition time (%)																		
编号 Accessi on No.	12 h			24 h			36 h			48 h			60 h			72 h		
	处理	变化率		处理	变化率		处理	变化率		处理	变化率		处理	变化率		处理	变化率	
	Treat- ment	对照 CK	Change rate/%	Treat- ment	对照 CK	Change rate/%	Treat- ment	对照 CK	Change rate/%	Treat- ment	对照 CK	Change rate/%	Treat- ment	对照 CK	Change rate/%	Treat- ment	对照 CK	Change rate/%
G01	58.20	75.46	-22.87	69.74	99.15	-29.66	97.57	130.50	-25.23	99.51	130.50	-23.75	104.86	130.50	-19.65	113.12	130.50	-13.32
G02	46.53	58.54	-20.52	55.30	71.30	-22.44	78.53	107.52	-26.96	81.83	122.10	-32.98	86.90	140.32	-38.07	97.21	151.20	-35.71
G03	82.97	96.77	-14.26	92.47	107.89	-14.29	112.37	133.69	-15.95	113.08	133.69	-15.42	113.98	133.69	-14.74	116.67	133.69	-12.73
G04	57.26	88.93	-35.61	66.67	105.67	-36.91	91.70	141.63	-35.25	92.95	141.63	-34.37	95.30	141.63	-32.71	100.97	141.63	-28.71
G05	79.78	98.62	-19.10	90.65	114.31	-20.70	114.99	141.13	-18.52	119.94	141.13	-15.01	121.73	141.13	-13.75	127.51	141.13	-9.65
G06	78.35	105.60	-25.80	88.81	121.21	-26.73	118.26	169.51	-30.23	121.21	169.51	-28.49	128.28	169.51	-24.32	133.43	169.51	-21.28
G07	71.84	92.74	-22.54	84.91	111.61	-23.92	122.21	138.03	-11.46	125.98	138.03	-8.73	128.16	138.03	-7.15	138.03	138.03	0
G08	69.67	101.89	-31.62	78.67	110.11	-28.55	104.11	135.67	-23.26	106.78	135.67	-21.29	108.67	135.67	-19.90	119.33	135.67	-12.04
G09	78.16	84.61	-7.62	85.56	97.26	-12.03	108.00	123.99	-12.90	108.95	123.99	-12.13	113.37	123.99	-8.57	118.38	123.99	-4.52
G10	62.74	115.84	-45.84	74.40	131.94	-43.61	110.65	167.93	-34.11	110.90	167.93	-33.96	112.29	167.93	-33.13	121.42	167.93	-27.70
G11	55.42	59.67	-7.12	67.94	109.18	-37.77	93.67	122.39	-23.47	98.05	127.05	-22.83	103.34	127.05	-18.66	120.17	127.05	-5.42

续表 2

编号 Accession No.	12 h			24 h			36 h			48 h			60 h			72 h		
	处理 Treat- ment	对照 CK	变化率 Change rate/%	处理 Treat- ment	对照 CK	变化率 Change rate/%	处理 Treat- ment	对照 CK	变化率 Change rate/%	处理 Treat- ment	对照 CK	变化率 Change rate/%	处理 Treat- ment	对照 CK	变化率 Change rate/%	处理 Treat- ment	对照 CK	变化率 Change rate/%
G12	60.84	95.93	-36.58	70.78	132.22	-46.47	99.88	151.50	-34.07	101.44	151.50	-33.04	105.87	151.50	-30.12	112.46	151.5	-25.77
G13	87.74	115.04	-23.73	107.24	149.86	-28.44	115.04	149.86	-23.24	123.12	149.86	-17.84	125.35	149.86	-16.36	126.46	149.86	-15.61
G14	66.73	88.61	-24.69	87.52	124.41	-29.65	107.05	141.95	-24.59	108.86	141.95	-23.31	110.13	141.95	-22.42	116.82	141.95	-17.70
G15	60.71	69.77	-12.99	74.54	111.38	-33.08	102.33	124.48	-17.79	106.01	124.48	-14.84	108.32	124.48	-12.98	114.20	124.48	-8.26
G16	70.86	80.20	-11.65	78.95	128.14	-38.39	109.84	141.84	-22.56	112.58	141.84	-20.63	116.44	141.84	-17.91	122.79	141.84	-13.43
G17	87.92	106.04	-17.09	105.21	146.67	-28.27	130.21	172.92	-24.70	132.71	172.92	-23.25	137.50	172.92	-20.48	142.08	172.92	-17.83
G18	65.18	77.46	-15.85	78.81	111.47	-29.30	104.32	127.13	-17.94	105.40	127.13	-17.09	109.04	127.13	-14.23	113.90	127.13	-10.41
G19	71.96	108.04	-33.40	92.39	128.48	-28.09	109.35	153.04	-28.55	112.83	153.04	-26.27	115.43	153.04	-24.58	118.7	153.04	-22.44
G20	93.70	114.48	-18.15	111.24	136.29	-18.38	121.81	151.11	-19.39	126.75	151.11	-16.12	133.05	151.11	-11.95	135.95	151.11	-10.03
G21	70.36	78.55	-10.43	91.08	106.02	-14.09	95.42	106.02	-10.00	101.20	106.02	-4.55	104.58	106.02	-1.36	104.58	106.02	-1.36
G22	36.70	76.04	-51.74	65.05	95.82	-32.11	75.60	95.82	-21.10	83.08	95.82	-13.30	89.89	95.82	-6.19	95.60	95.82	-0.23
G23	72.92	94.21	-22.60	84.01	113.35	-25.88	101.01	113.35	-10.89	101.64	113.35	-10.33	105.54	113.35	-6.89	109.95	113.35	-3.00
G24	70.50	80.06	-11.94	76.34	110.53	-30.93	89.47	110.53	-19.05	93.35	110.53	-15.54	98.70	110.53	-10.70	108.59	110.53	-1.76
G25	91.79	106.97	-14.19	104.73	148.01	-29.24	118.41	148.01	-20.00	120.90	148.01	-18.32	131.84	148.01	-10.92	140.05	148.01	-5.38
G26	86.98	111.89	-22.26	106.42	130.19	-18.26	113.77	130.19	-12.61	118.87	130.19	-8.69	122.83	130.19	-5.65	128.49	130.19	-1.31
G27	90.54	121.33	-25.38	108.45	124.75	-13.07	115.09	124.75	-7.74	120.52	124.75	-3.39	121.73	124.75	-2.42	125.96	124.75	0.97
G28	87.39	121.88	-28.30	96.81	129.28	-25.12	104.64	129.28	-19.06	107.39	129.28	-16.93	112.90	129.28	-12.67	117.25	129.28	-9.31
G29	81.96	103.85	-21.08	87.93	116.98	-24.83	100.93	116.98	-13.72	102.92	116.98	-12.02	105.05	116.98	-10.20	111.54	116.98	-4.65
G30	82.11	111.64	-26.45	101.29	133.41	-24.08	118.75	133.41	-10.99	120.04	133.41	-10.02	127.37	133.41	-4.53	127.37	133.41	-4.53

2.2 PEG-6000 模拟干旱胁迫对大豆种子发芽相关指标的影响

发芽势、发芽率、发芽指数是衡量种子发芽能力的重要指标,反映了种子发芽速度的快慢、发芽能力的大小和苗期生长状况,而活力指数则是种子活力水平的总体表现^[6]。由表 3 可知,经 PEG-6000 胁迫后,G02 和 G11 均不能正常发芽(发芽率和发芽势均为 0),G29、G08 和 G15 和的发芽率较低(小

于 50%),分别为 32.5%、37.5% 和 47.5%,比对照分别低 65.79%、61.54% 和 44.12%,发芽指数和活力指数均较低,说明这 3 个品种耐旱性较差;相反,G03、G04、G13、G19、G21、G24、G25、G27 和 G30 的发芽势(大于 85%)、发芽率(大于 90%)、发芽指数和活力指数均较高,初步说明这 9 个品种耐旱性较强。

表 3 20% PEG-6000 胁迫对不同大豆品种发芽相关指标的影响
Table 3 Effect of 20% PEG stress on germination indexes of different soybean varieties

编号 Accession No.	发芽势 Germination energy/%			发芽率 Germination rate/%			发芽指数 Germination index			活力指数 Vigor index		
	处理 Treat- ment	对照 CK	变化率 Change rate/%	处理 Treat- ment	对照 CK	变化率 Change rate/%	处理 Treat- ment	对照 CK	变化率 Change rate/%	处理 Treat- ment	对照 CK	变化率 Change rate/%
G01	17.50	100.00	-82.50	75.00	100	-25.00	11.63	71.88	-83.82	2.03	15.48	-86.92
G02	0	85.00	-100.00	0	85	-100.00	0	35.66	-100.00	0	5.13	-100.00
G03	87.50	97.50	-10.26	90.00	97.5	-7.69	35.39	91.00	-61.11	2.41	17.34	-86.09
G04	90.00	97.50	-7.69	100.00	97.5	2.56	34.58	86.00	-59.79	2.22	16.46	-86.51
G05	5.00	100.00	-95.00	40.00	100.0	-60.00	4.02	81.71	-95.08	0.96	19.72	-95.13
G06	25.00	92.50	-72.97	87.50	92.5	-5.41	15.79	88.73	-82.20	2.21	15.09	-85.39
G07	42.50	100.00	-57.50	100.00	100.0	0	20.78	76.13	-72.70	2.50	15.04	-83.38
G08	5.00	90.00	-94.44	37.50	97.5	-61.54	4.06	70.65	-94.25	0.40	16.99	-97.66
G09	60.00	97.50	-38.46	75.00	97.5	-23.08	20.25	84.00	-75.89	2.25	19.29	-88.33

续表 3

编号 Accession No.	发芽势 Germination energy/%			发芽率 Germination rate/%			发芽指数 Germination index			活力指数 Vigor index		
	处理 Treat- ment	对照 CK	变化率 Change rate/%	处理 Treat- ment	对照 CK	变化率 Change rate/%	处理 Treat- ment	对照 CK	变化率 Change rate/%	处理 Treat- ment	对照 CK	变化率 Change rate/%
G10	32.50	87.50	-62.86	75.00	87.50	-14.29	13.70	67.63	-79.74	1.64	12.97	-87.39
G11	0	90.00	-100.00	0	90.00	-100.00	0	45.18	-100.00	0	15.35	-100.00
G12	65.00	97.50	-33.33	92.50	97.59	-5.13	24.86	74.50	-66.63	3.13	18.56	-83.16
G13	85.00	100.00	-15.00	92.59	100.00	-7.50	35.13	100.71	-65.12	2.59	20.14	-87.14
G14	80.00	100.00	-20.00	90.00	100.00	-10.00	31.13	79.71	-60.95	1.91	19.94	-90.43
G15	22.50	85.00	-73.53	47.50	85.00	-44.12	9.91	61.57	-83.90	0.95	18.31	-94.81
G16	62.50	97.50	-35.90	95.00	97.50	-2.56	24.18	79.50	-69.58	3.10	18.80	-83.52
G17	32.50	97.50	-66.67	97.50	97.50	0	15.98	77.00	-79.25	2.22	18.78	-88.16
G18	45.00	97.50	-53.85	95.00	97.50	-2.56	23.28	79.00	-70.53	1.75	16.81	-89.60
G19	92.50	97.50	-5.13	97.50	97.50	0	37.60	84.00	-55.24	1.78	16.32	-89.13
G20	77.50	95.00	-18.42	90.00	95.00	-5.26	30.34	75.78	-59.96	2.16	17.92	-87.94
G21	100.00	82.50	21.21	100.00	82.50	21.21	46.71	72.69	-35.74	2.18	14.00	-84.43
G22	75.00	77.50	-3.23	75.00	77.50	-3.23	36.70	73.42	-50.01	1.20	14.79	-91.88
G23	12.50	87.50	-85.71	82.50	87.50	-5.71	13.92	84.29	-83.49	1.44	16.64	-91.37
G24	85.00	95.00	-10.53	97.50	95.00	2.63	29.83	75.28	-60.37	2.67	17.58	-84.80
G25	100.00	90.00	11.11	100.00	90.00	11.11	52.63	81.84	-35.69	2.72	19.19	-85.82
G26	82.50	90.00	-8.33	87.50	90.00	-2.78	29.31	87.84	-66.63	2.15	17.53	-87.72
G27	95.00	92.50	2.70	95.00	92.50	2.70	55.45	95.56	-41.97	2.22	15.93	-86.04
G28	45.00	70.00	-35.71	60.00	90.00	-33.33	17.61	58.16	-69.72	1.58	9.22	-82.81
G29	25.00	95.00	-73.68	32.50	95.00	-65.79	9.32	54.86	-83.01	0.42	11.93	-96.51
G30	85.00	95.00	-10.53	95.00	95.00	0	35.17	79.28	-55.64	1.77	16.06	-88.99

2.3 PEG-6000 模拟干旱胁迫对大豆种子萌发耐旱指数及胁迫指数的影响

李培英等^[6]研究认为,萌发耐旱指数与胁迫指数在一定程度上反映品种间耐旱性差异,其值与耐旱性呈正相关。从图 1 中可知,供试的 30 个大豆品种间的萌发耐旱指数和胁迫指数差异十分明显,其

中 G21、G25 和 G27 萌发耐旱指数和萌发胁迫指数均相对较高;G02、G11 种子未萌发,萌发耐旱指数和胁迫指数为 0;G01、G05、G08、G15、G23、G29 的萌发耐旱指数和胁迫指数均相对较小,说明这些品种发芽期耐旱性较差。

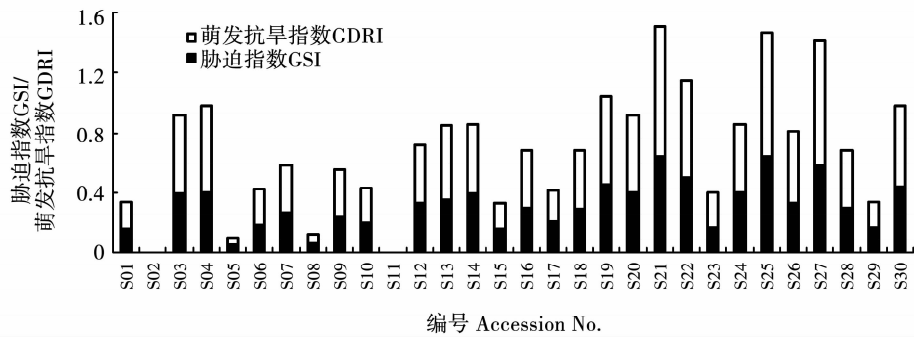


图 1 20%PEG-6000 胁迫下不同大豆品种萌发耐旱指数和萌发胁迫指数的比较
Fig. 1 Comparison on the germination drought resistance index and stress index of different soybean varieties under 20% PEG-6000

2.4 PEG-6000 模拟干旱胁迫对大豆苗高与根长的影响

干旱条件下幼苗的生长情况反映了植物的耐旱性。由表 4 可知,PEG-6000 胁迫下各品种的苗高和根长均明显低于对照,苗高与对照相比下降较小的是 G01、G12 和 G28,分别下降了 82.56%、82.25% 和 74.22%;下降较大的是 G08、G15、G22

和 G23,下降幅度均在 90% 以上,其余品种介于中间。各品种在 PEG-6000 胁迫下的根长均短于正常水分条件下的根长,与对照相比,根长降幅最小的是 G27(10.58%)、G25(13.02%)和 G21(30%),降幅最大是 G01、G02、G05、G08、G10、G11、G23、G28 和 G29,均为 100%,即均未生根。

表 4 PEG-6000 胁迫对不同大豆品种苗高和根长的影响
Table 4 Effect of PEG stress on seedling height and root length of different varieties

编 号 Accession No.	苗 高 Seedling height/cm			根 长 Root length/cm		
	处理 Treatment	对照 CK	变化率 Change rate/%	处理 Treatment	对照 CK	变化率 Change rate/%
G01	2.70	15.48	-82.56	0	16.40	-100.00
G02	0	6.04	-100.00	0	3.96	-100.00
G03	2.68	17.78	-84.93	7.22	10.36	-30.31
G04	2.22	16.88	-86.85	7.70	13.54	-43.13
G05	2.40	19.72	-87.83	0	14.38	-100.00
G06	2.52	16.42	-84.65	1.56	17.56	-91.12
G07	2.50	15.04	-83.38	5.06	13.50	-62.52
G08	1.06	17.42	-93.92	0	12.92	-100.00
G09	3.00	19.78	-84.83	0.88	15.80	-94.43
G10	2.18	14.82	-85.29	0	10.30	-100.00
G11	0	17.06	-100.00	0	11.14	-100.00
G12	3.38	19.04	-82.25	2.98	12.68	-76.50
G13	2.80	20.14	-86.10	11.28	19.56	-42.33
G14	2.12	19.94	-89.37	5.54	16.50	-66.42
G15	2.00	21.54	-90.71	3.96	14.12	-71.95
G16	3.26	19.28	-83.09	0.60	11.86	-94.94
G17	2.28	19.26	-88.16	3.08	14.26	-78.40
G18	1.84	17.24	-89.33	5.92	12.14	-51.24
G19	1.82	16.74	-89.13	8.02	11.08	-27.62
G20	2.40	18.86	-87.27	3.06	10.06	-69.58
G21	2.18	16.98	-87.16	10.64	15.20	-30.00
G22	1.60	19.08	-91.61	6.68	10.82	-38.26
G23	1.74	19.02	-90.85	0.00	13.88	-100.00
G24	2.74	18.50	-85.19	7.74	15.32	-49.48
G25	2.72	21.32	-87.24	11.62	13.36	-13.02
G26	2.46	19.48	-87.37	5.88	12.12	-51.49
G27	2.34	17.22	-86.41	9.80	10.96	-10.58
G28	2.64	10.24	-74.22	0	5.88	-100.00
G29	1.28	12.56	-89.81	0	6.06	-100.00
G30	1.86	16.90	-88.99	6.66	12.24	-45.59

2.5 大豆发芽期耐旱性的综合评价

PEG 模拟干旱胁迫,是通过调节溶液的渗透压来达到限制水分进入种子内的目的^[7],而其胁迫对种子萌发影响的可能是多方面的,所以评价大豆种子发芽期耐旱性时需要进行多项指标的综合考虑。

本试验采用隶属函数法,以发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数、萌发耐旱指数、胁迫指数、苗高和根长 8 个指标为依据,对大豆种子发芽期的耐旱性进行综合评价,综合评价值越大,表明其耐旱能力越强。由表 5 可看出,30 个大豆品种间的综合评价值

差异较大,介于0~7.58,其中隶属函数值大于6.0的大豆种质材料有G25、G21、G27和G13,表现出较强的耐旱能力;综合评价值小于2.0的大豆种质材料有G02、G11、G08、G05和G29,耐旱能力较差;其余21个大豆品种的综合隶属函数值在2.0~6.0,耐旱性一般。

表5 PEG-6000胁迫下不同大豆品种各指标隶属函数值及综合评价值

Table 5 The value of subordinate function and comprehensive evaluation of soybean under

编号 Accession No.	发芽势 Germination energy	发芽率 Germination rate	发芽指数 Germination Index	活力指数 Vigor index	萌发抗旱 指数 GDR I	胁迫指数 GSI	苗高 Seedling height/cm	根长 Root length/cm	综合 评价值 CEV	排序 Seque- nce
G25	1.00	1.00	0.95	0.87	0.95	1.00	0.80	1.00	7.58	1
G21	1.00	1.00	0.84	0.70	1.00	1.00	0.64	0.92	7.10	2
G27	0.95	0.95	1.00	0.71	0.97	0.91	0.69	0.84	7.02	3
G13	0.85	0.93	0.63	0.83	0.57	0.54	0.83	0.97	6.15	4
G04	0.90	1.00	0.62	0.71	0.67	0.63	0.66	0.66	5.85	5
G24	0.85	0.98	0.54	0.85	0.53	0.62	0.81	0.67	5.84	6
G03	0.88	0.90	0.64	0.77	0.60	0.61	0.79	0.62	5.81	7
G19	0.93	0.98	0.68	0.57	0.67	0.70	0.54	0.69	5.74	8
G30	0.85	0.95	0.63	0.56	0.62	0.69	0.55	0.57	5.43	9
G12	0.65	0.93	0.45	1.00	0.45	0.52	1.00	0.26	5.25	10
G26	0.83	0.88	0.53	0.69	0.55	0.52	0.73	0.51	5.22	11
G14	0.80	0.90	0.56	0.61	0.54	0.61	0.63	0.48	5.13	12
G22	0.75	0.75	0.66	0.38	0.75	0.78	0.47	0.57	5.13	13
G20	0.78	0.90	0.55	0.69	0.59	0.63	0.71	0.26	5.10	14
G16	0.63	0.95	0.44	0.99	0.43	0.48	0.96	0.05	4.93	15
G07	0.43	1.00	0.37	0.80	0.35	0.43	0.74	0.44	4.55	16
G18	0.45	0.95	0.42	0.56	0.45	0.46	0.54	0.51	4.34	17
G09	0.60	0.75	0.37	0.72	0.36	0.38	0.89	0.08	4.13	18
G17	0.33	0.97	0.29	0.71	0.23	0.32	0.67	0.27	3.79	19
G28	0.45	0.60	0.32	0.51	0.44	0.47	0.78	0	3.57	20
G06	0.25	0.88	0.28	0.70	0.28	0.28	0.75	0.13	3.55	21
G10	0.33	0.75	0.25	0.52	0.27	0.32	0.64	0	3.07	22
G01	0.18	0.75	0.21	0.65	0.21	0.25	0.80	0	3.04	23
G23	0.13	0.83	0.25	0.46	0.26	0.26	0.51	0	2.69	24
G15	0.23	0.48	0.18	0.39	0.20	0.25	0.59	0.34	2.57	25
G29	0.25	0.33	0.17	0.13	0.19	0.27	0.38	0	1.71	26
G05	0.05	0.40	0.07	0.31	0.06	0.08	0.71	0	1.67	27
G08	0.05	0.38	0.07	0.13	0.07	0.09	0.31	0	1.10	28
G02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
G11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30

3 结论与讨论

评价种子萌发期的耐旱性指标一般用相对发芽率、发芽势、活力指数、发芽指数进行综合测定评价^[6,11],这些指标反映植物种子发芽速度、整齐度和幼苗健壮的程度。本试验的结果表明,20% PEG-6000胁迫下不同大豆品种间的吸水率、发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数等均存在显著差异,说明这些指标可以作为大豆种子萌发期耐旱性的鉴

定指标。王以芝等^[12]研究表明,抗旱类型大豆种子萌发率高,胚根生长速度快,抗胁迫能力强,敏感型大豆种子萌芽率低,胚根生长缓慢,抗胁迫能力弱;根系的特性和活动与耐旱性有密切的关系,孙祖东等^[4]认为根系的发达程度也是作物的耐旱性指标之一。本研究表明,20%的PEG-6000模拟干旱胁迫显著抑制了大豆胚芽和胚根的生长,不同品种受抑制的程度明显不一致,而且胚轴和胚根的表现不一致,如胚轴受抑制较轻的是G01、G12和G28,受

抑制较重的是 G08、G15、G22 和 G23,胚根生长受抑制较小的是 G27、G25 和 G21,受抑制较大的是 G01、G02、G05、G08、G10、G11、G23、G28 和 G29,均未生根。

干旱对植物的影响是多方面的,隶属函数分析方法提供了一种在多指标测定基础上对植物抗旱性进行综合评价的途径,避免了单一指标的片面性。由于本试验中供试材料来源的多样性,不同大豆品种的抗旱机制可能不同,因此,利用多指标对种质资源的抗旱性进行综合评价,能够更好地揭示大豆对水分胁迫的适应机制,提高抗旱鉴定的准确性^[13]。本试验采用隶属函数法,以发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数、萌发耐旱指数、萌发胁迫指数、苗高和根长为综合评价指标,对 30 个大豆品种发芽期的耐旱能力进行了综合评价,发芽期耐旱能力由强到弱依次为 G25、G21、G27、G13、G04、G24、G03、G19、G30、G12、G26、G14、G22、G20、G16、G07、G18、G09、G17、G28、G06、G10、G01、G23、G15、G29、G05、G08、G02、G11。耐旱性较强的几个品种,如叙永黄毛白水豆、叙永六月半和淳平小子药黑豆等的百粒重均比其它品种小,且种皮颜色基本都为黄色,生育期较短(100 d 左右),而耐旱性较弱的几个品种,如大金黄、巴山早豆、早踏扁青、桐庐牛吃豆等的百粒重均较大,研究结果与我们在不同大豆品种耐低温发芽性(待发表)和耐盐性中的研究结论相似^[14]。

本研究表明,在供试的 30 个大豆品种间进行发芽期耐旱选择是有效的,并初步筛选出了发芽期耐旱性强的品种,通过田间生长验证后发现这些品种的发芽期耐旱性的确较其它品种强,表现为出苗迅速、整齐、生长势较强。该试验结果可为大豆耐旱品种的筛选和培育提供候选材料。

参考文献

[1] 杨鹏辉,李贵全,郭丽,等. 干旱胁迫对不同抗旱大豆品种质膜透性的影响[J]. 山西农业科学, 2003, 31(3): 23-26. (Yang P H, Li G Q, Guo L, et al. Cell membrane stability of soybean variety in response to drought stress[J]. 2003, 31(3): 23-26.)

[2] 于振文. 作物栽培学各论(北方本) [M]. 2 版. 北京: 中国农业出版社, 2013. (Yu Z W. Crop cultivation monographs (North edition) [M]. 2ed. Beijing: China Agriculture Press, 2013.)

[3] 王敏,张从宇,马同富,等. 大豆品种苗期抗旱性研究[J]. 中国油料作物学报, 2004, 26(3): 29-32. (Wang M, Zhang C Y, Ma T F, et al. Studies on the drought resistance of seedling in soybean [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2004, 26

(3): 29-32.)

[4] 孔照胜,武云帅,岳爱琴,等. 不同大豆品种抗旱性生理指标综合分析[J]. 华北农学报, 2001, 16(3): 40- 45. (Kong Z S, Wu Y S, Yue A Q, et al. Comprehensive analysis of physiological indexes for drought resistance in different soybean varieties [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2001, 16(3): 40- 45.)

[5] 孙祖东,陈怀珠,杨守臻,等. 大豆抗旱性研究进展[J]. 大豆科学, 2001, 20(3): 221-226. (Sun Z D, Chen H Z, Yang S Z, et al. Advances in drought tolerance of soybean [J]. Soybean Science, 2001, 20(3): 221-226.)

[6] 李培英,孙宗玖,阿不来提,等. PEG 模拟干旱胁迫下 29 份偃麦草种质种子萌发期抗旱性评价[J]. 中国草地学报, 2010, 32(1): 32-39. (Li P Y, Sun Z J, Abulaiti, et al. Evaluation of drought resistance of 29 accessions of *Elytrigia rep ens* at seed germination stage under PEG-6000 stress [J]. Chinese Journal of Grassland, 2010, 32(1): 32-39.)

[7] 王赞,李源,吴欣明,等. PEG 渗透胁迫下鸭茅种子萌发特性及抗旱性鉴定[J]. 中国草地学报, 2008, 30(1): 50-55. (Wang Z, Li Y, Wu X M, et al. Study on germination characteristics and drought-resistance evaluation of *Dactylis glomerata* L. under osmotic stress [J]. Chinese Journal of Grassland, 2008, 30(1): 50-55.)

[8] 安永平,强爱玲,张媛媛,等. 渗透胁迫下水稻种子萌发特性及抗旱性鉴定指标研究 [J]. 植物遗传资源学报, 2006, 7(4): 421- 426. (An Y P, Qiang A L, Zhang Y Y, et al. Study on characteristics of germination and drought resistance index by osmotic stress in rice [J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2006, 7(4): 421- 426.)

[9] 龚明. 作物抗旱性鉴定方法与指标及其综合评价[J]. 云南农业大学学报, 1989 (1): 37-81. (Gong M. Identification method and index evaluation about drought-resistance of crop [J]. Journal of Yunnan Agricultural Science, 1989(1): 37-81.)

[10] 吴伟,陈学珍,谢皓,等. 干旱胁迫下大豆抗旱性鉴定[J]. 分子植物育种, 2005, 3(2): 188-194. (Wu W, Chen X Z, Xie H, et al. Drought resistance appraisal of the soybean varieties in forced arid conditions [J]. Molecular Plant Breeding, 2005, 3(2): 188-194.)

[11] 张晨妮,周青平,颜红波,等. PEG-6000 对老芒麦种质材料萌发期抗旱性影响的研究 [J]. 草业科学, 2010 (1): 119-123. (Zhang C N, Zhou Q P, Yan H B, et al. Effects of PEG on drought resistance of *Elymus sibiricus* germplasm at germination stage [J]. Pratacultural Science, 2010 (1): 119-123.)

[12] 王以芝. 大豆种子吸水率与抗旱性[J]. 种子世界, 1989(1): 23-24. (Wang Y Z. Water absorption rate of soybean and drought-resistance [J]. Seed World, 1989 (1): 23-24.)

[13] 王谧,王芳,王舰. 应用隶属函数法对马铃薯进行抗旱性综合评价[J]. 云南农业大学学报, 2014, 29(4): 476-481. (Wang M, Wang F, Wang J. Evaluation of potato drought resistance by subordinate function [J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 2014, 29(4): 476- 481.)

[14] Ma H Y, Song L R, Shu Y J, et al. Comparative proteomic analysis of seedling leaves of different salt tolerant soybean genotypes [J]. Journal of Proteomics, 2012, 75: 1529-1546.