

# 普通菜豆种质资源芽期抗旱性鉴定

李 龙, 王兰芬, 武 晶, 景蕊莲, 王述民

(中国农业科学院作物科学研究所/农作物基因资源与基因改良国家重大科学工程, 北京 100081)

**摘要:**干旱是影响我国普通菜豆生产的主要因素之一, 筛选芽期抗旱性种质资源, 培育抗旱品种, 有利于提高普通菜豆品种的出苗率和幼苗长势, 对发展我国普通菜豆生产具有重要意义。本研究以 4 份普通菜豆种质为材料, 检测了不同渗透势 PEG6000 溶液模拟旱胁迫下的发芽率和发芽势, 确定了 PEG6000 溶液最适渗透势为  $-0.7\text{ MPa}$  (浓度为 19.6%); 以  $-0.7\text{ MPa}$  的 PEG6000 溶液对 121 份普通菜豆种质进行芽期模拟旱胁迫, 测定发芽率、发芽势、下胚轴长、胚根长、干重和鲜重等 10 项指标; 通过主成分分析筛选出相对发芽率、相对发芽势、相对鲜重、相对干重、相对胚根长、相对总芽长、相对胚根/下胚轴比、相对发芽指数、相对活力指数等 9 项指标可以有效评价普通菜豆的芽期抗旱性; 利用隶属函数分析法对 121 份种质的芽期抗旱性进行综合评价, 筛选出跃进豆 (F0000156)、白扁豆 (F0000613) 等芽期抗旱性种质, 为普通菜豆抗旱生理与机制研究、抗旱育种奠定了基础。

**关键词:**普通菜豆; PEG6000; 抗旱性; 主成分分析; 隶属函数

## Drought Tolerance in Common Bean Germplasm at Bud Stage

LI Long, WANG Lan-fen, WU Jing, JING Rui-lian, WANG Shu-min

(Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences/ National Key Facility for Crop Gene Resources and Genetic Improvement, Beijing 100081)

**Abstract:** Drought is a major problem for common bean production and the drought tolerance in common bean is a priority research area in worldwide. The germination rate and germination vigor of common bean germplasm resources were evaluated with different PEG6000 density. The results showed that 19.6% ( $-0.7\text{ MPa}$ ) was the optimum density for screening drought resources at bud stage of common bean. Thus,  $-0.7\text{ MPa}$  PEG6000 solution was used to analyze 121 accessions of common bean germplasm resources for drought resistance. Principal component analysis results showed that relevant germination rate (RGR), relevant germination vigor (RGV), relevant fresh weight (RFW), relevant dry weight (RDW), relevant root length (RRL), relevant shoot length (RSL), relevant root/hypocotyls (RR/H), relevant germination index (RGI), and relevant activity index (RAI) were considered as closely related traits for the drought resistance in common bean. Based on the membership function analysis, Yuejindou (F0000156) and Baibian dou (F0000613) exhibited high drought resistance.

**Key words:** common bean; PEG6000; drought resistance; principal component analysis; membership function

普通菜豆 (*Phaseolus vulgaris* L.) 又名芸豆, 含有丰富的营养成分, 包括碳水化合物、矿物质、多种维生素和 8 种人体所必需的氨基酸, 是许多国家和地区的主要粮食来源<sup>[1-2]</sup>。普通菜豆在全世界种植广泛, 生长环境复杂多样, 生产受多种因素制约, 其中干旱影响尤为严重; 据统计, 全球 60% 的普通菜

豆产区遭受干旱, 严重制约普通菜豆生产, 产量大幅下降, 甚至出现颗粒无收的现象<sup>[3-4]</sup>。在我国, 普通菜豆主要分布于云南、四川、贵州、陕西、山西、甘肃、黑龙江、吉林、内蒙古等省区, 干旱现象时有发生, 直接影响普通菜豆的出苗率和幼苗的长势, 严重制约着产量的提高。因此, 抗旱性研究已经成为当前普

收稿日期: 2013-01-29 修回日期: 2013-02-27 网络出版日期: 2013-06-07

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20130607.1739.010.html>

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项 (CARS-09)

第一作者研究方向为普通菜豆抗旱生理。E-mail: llsg66@126.com

通信作者: 王述民, 博士, 研究员, 研究方向为普通菜豆种质资源抗性遗传与生理研究。E-mail: wangshumin@caas.cn

通菜豆研究领域的热点之一。抗旱性是数量性状,易受环境影响而发生变化,机制复杂多样且不同生育期表现不同,一般认为,作物在萌发期对环境变化表现最为敏感,芽期抗旱性是研究作物抗旱性的重要内容之一<sup>[5-6]</sup>。因此,如何筛选并获得芽期抗旱种质,为抗旱育种提供高抗材料,是促进我国普通菜豆生产发展亟待解决的问题。

目前,芽期抗旱性鉴定的主要方法是高渗溶液模拟早胁迫法,即利用高渗溶液作为萌发条件,观察不同材料在低渗透势下的萌发表现,从而对其抗旱性进行评价。通常运用的高渗溶液有蔗糖溶液、甘露醇溶液以及 PEG6000 溶液;其中,PEG6000 溶液模拟早胁迫具有操作简便、稳定性强、重复性好等优点而被人们广泛使用<sup>[7-12]</sup>。对于不同的作物,芽期模拟干旱所需 PEG6000 溶液的渗透势也有较大差

异,如小麦为 - 0.5 MPa、大豆为 - 1.3 MPa<sup>[8,13]</sup>。本研究通过检测比较不同渗透势 PEG6000 溶液下普通菜豆的发芽率和发芽势,探索普通菜豆芽期模拟抗旱筛选的最适渗透势,并对 121 份普通菜豆种质进行模拟干旱试验,测定发芽率、发芽势、下胚轴长、胚根长、干重和鲜重等指标,运用隶属函数法综合分析这些指标,对普通菜豆的芽期抗旱性进行综合评价,筛选芽期抗旱种质资源,以期为普通菜豆抗旱生理机制研究、抗旱育种提供基础材料。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

由中国农业科学院作物科学研究所提供,这些材料是在过去初步抗旱鉴定的基础上筛选获得,来源于山西、内蒙古、陕西、新疆、云南及美国等(表 1)。

表 1 供试材料

Table 1 Origins of germplasm resources

全国统一编号	种质	来源地	全国统一编号	种质	来源地	全国统一编号	种质	来源地
Number	Materials	Origin	Number	Materials	Origin	Number	Materials	Origin
F0000163	白毛豆	黑龙江	F0000120	黄芸豆	内蒙古	F0000671	红桩桩豆	云南
F0000164	饭豆	黑龙江	F0000127	挑花枚白连豆	内蒙古	F0000679	腰子豆	云南
F0000188	白饭豆	黑龙江	F0000129	菜豆	内蒙古	F0000699	鸡腰子豆	云南
F0000189	60 天还家	黑龙江	F0000140	菜豆	内蒙古	F0000707	鸡腰子豆	云南
F0000194	饭豆	黑龙江	F0000156	跃进豆	内蒙古	F0000734	小京豆	云南
F0000200	饭豆	黑龙江	F0000157	白菜豆	内蒙古	F0000738	四季豆	云南
F0000205	白金德利豆	黑龙江	F0001282	花花豆	新疆	F0000739	黄壳四季豆	云南
F0000209	白饭豆	黑龙江	F0000441	大白豆	吉林	F0000742	四季豆	云南
F0000240	长饭豆	黑龙江	F0000450	白毛豆	吉林	F0000752	椿椿豆	云南
F0000247	五月先	黑龙江	F0000455	绿饭豆	吉林	F0000874	京豆	云南
F0000250	小金黄豆	黑龙江	F0000479	红饭豆	吉林	F0005026	A0907	云南
F0000251	苏粒豆	黑龙江	F0000489	磨豆	吉林	F0005027	NV	云南
F0000254	日本豆	黑龙江	F0000491	红芸豆	吉林	F0005028	NR	云南
F0000258	蝴蝶豆	黑龙江	F0000499	法师乌鸦菜豆	吉林	F0005035	260205	云南
F0000263	苞米豆	黑龙江	F0000514	饭豆	吉林	F0005036	260216	云南
F0000264	饭豆	黑龙江	F0000515	红精米豆	吉林	F0005037	260217	云南
F0000319	小金黄 4 号	黑龙江	F0000531	饭豆	辽宁	F0005038	260218	云南
F0000322	一窝蜂	黑龙江	F0001116	五月先	陕西	F0005039	260219	云南
F0000323	小金黄 3 号	黑龙江	F0001127	鸡田豆	陕西	F0005040	260220	云南
F0000325	64-92	黑龙江	F0001147	橙黄金豆	陕西	F0003370	不详	美国
F0000326	花苏粒豆	黑龙江	F0001175	八月炸豆子	陕西	F0004322	BRB-130	CIAT
F0000328	红花芸豆	黑龙江	F0001176	黑红豆	陕西	F0004334	LRK32	CIAT
F0000331	铁荚子芸豆	黑龙江	F0001179	黑芸豆	陕西	F0004339	SEQ1006	CIAT
F0000332	紫花饭豆	黑龙江	F0001181	两熟豆	陕西	F0004341	Mar-49	CIAT

表 1(续)

全国统一编号	种质	来源地	全国统一编号	种质	来源地	全国统一编号	种质	来源地
Number	Materials	Origin	Number	Materials	Origin	Number	Materials	Origin
F0000336	饭豆	黑龙江	F0001223	站菜豆	陕西	F0004348	FOI10	CIAT
F0000337	花芸豆	黑龙江	F0000041	金红豆	山西	F0004357	DOR483	CIAT
F0000339	饭豆	黑龙江	F0000048	菜豆	山西	F0004378	FOT32	CIAT
F0000351	家雀蛋	黑龙江	F0000078	黑色红豆	山西	F0004398	FOT25	CIAT
F0000353	花饭豆	黑龙江	F0001339	白菜豆	山西	F0004837	黑芸豆	不详
F0000405	兔子腿	黑龙江	F0001434	黄红豆	山西	F0004845	黑芸豆	不详
F0005029	龙云豆 5 号	黑龙江	F0001442	紫梅豆	山西	F0004851	黑芸豆	不详
F0005032	品芸 1 号	黑龙江	F0001454	红豆	山西	F0004852	黑芸豆	不详
F0005033	品芸 2 号	黑龙江	F0001543	黑菜豆	山西	F0004882	奶花芸豆	不详
F0005034	龙芸豆 3 号	黑龙江	F0001585	黑金豆	山西	F0004883	奶花芸豆	不详
F0001752	白芸豆	黑龙江	F0001591	四季豆	山西	F0004895	奶花芸豆	不详
F0000107	白菜豆	内蒙古	F0001677	夏红豆	山西	F0004899	奶花芸豆	不详
F0000108	白连豆	内蒙古	F0000613	白扁豆	云南	F0004911	奶花芸豆	不详
F0000109	白菜豆	内蒙古	F0000635	白腰子豆	云南	F0004923	奶花芸豆	不详
F0000110	小白豆	内蒙古	F0000636	白腰子豆	云南	F0004926	奶花芸豆	不详
F0000113	圆白菜豆	内蒙古	F0000660	恕夺普	云南			
F0000114	白菜豆	内蒙古	F0000665	大红腰子豆	云南			

CIAT:国际热带农业研究中心  
CIAT:International Centre for Tropical Agriculture

1.2 试验设计

1.2.1 芽期模拟旱胁迫最适渗透势确定 以 4 份普通菜豆种质为材料,以封闭良好的发芽盒(12 cm × 12 cm × 6 cm)为发芽床,在发芽盒内铺 2 张滤纸,然后整齐放入 15 粒种子,蒸馏水萌发为对照,设置 PEG6000 溶液不同渗透势处理 -0.3 MPa(13.1%)、-0.5 MPa(16.8%)、-0.7 MPa(19.6%)、-0.9 MPa(21.8%)、-1.1 MPa(23.7%),置于 25 ℃ 的人工培养箱中避光培养,3 次重复。

1.2.2 普通菜豆芽期抗旱性鉴定 依照上述培养方法,将 121 份普通菜豆种质的种子于 -0.7 MPa 渗透势下的 PEG6000 溶液中培养,以蒸馏水培养为对照,3 次重复。

1.3 测定指标及测定方法<sup>[14-16]</sup>

第 2 天开始逐日统计发芽数,培养 7 d 后测量胚根长、下胚轴长以及鲜重,70 ℃ 烘箱中烘烤 48 h,称量干重。计算下列指标:发芽率(GR, germination rate);相对发芽率(RGR, relative germination rate);发芽势(GV, germination vigor);相对发芽势(RGV, relative germination vigor);发芽指数(GI, germination index);活力指数(AI, activity index);相对下胚轴长(RHL, relative hypocotyl length);相对胚根长

(RRL, relative root length);相对总芽长(RSL, relative shoot length);胚根/下胚轴比(R/H, root/hypocotyl);相对鲜重(RFW, relative fresh weight);相对干重(RDW, relative dry weight)。

1.4 综合评价方法

采用隶属函数法对 121 份普通菜豆种质进行芽期抗旱性综合评价,公式如下:

$$U(X_{ij}) = (X_{ij} - X_{jmin}) / (X_{jmax} - X_{jmin}),$$
$$X_i = \sum U(X_{ij}) / n$$

式中,X<sub>ij</sub>为某一种质某指标的实测值,X<sub>jmax</sub>为该指标的最大值,X<sub>jmin</sub>为该指标的最小值。U(X<sub>ij</sub>)为 i 材料 j 性状的隶属值。X<sub>i</sub>为 i 材料的平均隶属函数值,n 为测定指标数,X<sub>i</sub>值越大,表明该材料抗旱性越强。参照大豆抗旱性鉴定方法<sup>[17-18]</sup>,将普通菜豆抗旱性分为 5 个等级:1 级:0.8 ≤ X<sub>i</sub>,高抗(HR);2 级:0.6 ≤ X<sub>i</sub> < 0.8,抗(R);3 级:0.4 ≤ X<sub>i</sub> < 0.6,中抗(MR);4 级:0.2 ≤ X<sub>i</sub> < 0.4,较敏感(S);5 级:X<sub>i</sub> < 0.2,敏感(HS)。

1.5 数据处理

所有数据采用 Excel 2007 和 SPSS 19.0 软件进行整理分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同渗透势 PEG6000 对普通菜豆种子萌发的影响

为了明确普通菜豆芽期模拟抗旱鉴定最适宜的 PEG6000 溶液渗透势,基于前期研究结果,以高抗种质干枝蜜(F0000278)、中抗种质 BAT58(F0004413)、较敏感种质紫白花豆(F0000425)和敏感型种质小花脐(F0000426)为材料,设置-0.3 MPa、-0.5 MPa、-0.7 MPa、-0.9 MPa 和-1.1 MPa 5 种不同的 PEG6000 高渗溶液进行种子萌发,分析种质间发芽率和发芽势的差异(表 2)。结果发现,当 PEG6000 溶液渗透势高于-0.5 MPa 时,干枝蜜和 BAT58 的发芽率和发芽势与对照相比,差异无统计

表 2 不同渗透势 PEG6000 对普通菜豆种子萌发的影响  
Table 2 Effect of different osmotic potential of PEG6000 on common bean seeds at bud stage

种质 Materials	水势 (MPa)	浓度 (%)	发芽率 (%)	发芽势 (%)
	Water potential	Concentration	GR	GV
干枝蜜 F0000278	0.0	0.0	95.5 ± 0.03Aa	95.5 ± 0.03Aa
	-0.3	13.1	97.8 ± 0.03Aa	95.5 ± 0.06Aa
	-0.5	16.8	95.5 ± 0.06Aa	91.3 ± 0.06Aa
	-0.7	19.6	82.2 ± 0.06ABa	48.9 ± 0.03Bb
	-0.9	21.8	64.5 ± 0.08Bb	27.2 ± 0.05Cc
	-1.1	23.7	31.1 ± 0.13Cc	0.0
BAT58 F0004413	0.0	0.0	100.0 ± 0.00Aa	100.0 ± 0.00Aa
	-0.3	13.1	97.8 ± 0.03Aa	88.9 ± 0.06Bb
	-0.5	16.8	95.5 ± 0.03Aa	88.9 ± 0.03Bb
	-0.7	19.6	46.7 ± 0.00Bb	28.9 ± 0.03Cc
	-0.9	21.8	15.5 ± 0.03Cc	11.1 ± 0.03Dd
	-1.1	23.7	4.5 ± 0.00Dd	0.0
紫白花豆 F0000425	0.0	0.0	77.8 ± 0.03Aa	77.8 ± 0.03Aa
	-0.3	13.1	84.5 ± 0.03ABb	31.1 ± 0.03Bb
	-0.5	16.8	73.3 ± 0.00Bb	18.1 ± 0.03Cc
	-0.7	19.6	20.0 ± 0.00Cc	0.0
	-0.9	21.8	2.2 ± 0.03Dd	0.0
	-1.1	23.7	0.00	0.0
小花脐 F0000426	0.0	0.0	95.5 ± 0.03Aa	95.5 ± 0.03Aa
	-0.3	13.1	84.5 ± 0.06ABb	77.8 ± 0.11Bb
	-0.5	16.8	71.1 ± 0.06Bc	48.9 ± 0.03Cc
	-0.7	19.6	24.2 ± 0.03Cd	0.0
	-0.9	21.8	6.7 ± 0.00De	0.0
	-1.1	23.7	2.2 ± 0.03De	0.0

多重比较采用 Duncan 法,不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ),不同大写字母表示差异极显著 ( $P < 0.01$ )  
Multiple comparison using Duncan test, different small letters mean significant difference at 0.05 level, different capital letters mean extremely significant difference at 0.01 level

学意义,不能有效区分普通菜豆芽期抗旱性;当渗透势低于-0.9 MPa 时,除了干枝蜜发芽率为 64.5%,其余种质的发芽率均较低,紫白花豆甚至不发芽,由此可见,低于-0.9 MPa 的渗透势对种子萌发抑制作用过大,除了高抗旱型材料还能部分发芽外,其余材料的发芽率均较低,虽然可以鉴定出高抗旱型材料,但很容易遗漏综合性状良好的材料,也无法对大量种质进行抗旱等级划分;当溶液渗透势为-0.7 MPa 时,4 份种质发芽率和发芽势与对照相比差异有统计学意义,各材料发芽均受到一定程度的抑制且不同材料之间区分明显;因此,确定-0.7 MPa 的 PEG6000 溶液最适宜于普通菜豆种质的芽期抗旱鉴定。

### 2.2 不同普通菜豆种质在 -0.7 MPa 渗透势下各指标的变化

利用-0.7 MPa PEG6000 溶液对 121 份普通菜豆种质进行了芽期抗旱鉴定(表 3)。-0.7 MPa 渗透势下,普通菜豆种子发芽率为 2.2%~60.0%,平均为 26.8%,较对照下降 66.4%;发芽势为 0~48.9%,平均为 11.8%,较对照下降 74.4%;其他指标也受到抑制,其中芽鲜重、芽干重、下胚轴长以及胚根长均值较对照分别减少 0.64 g、0.03 g、6.38 cm 和 6.99 cm,相当于对照的 91.4%、60.0%、88.2% 和 71.3%。由此可见,干旱胁迫对于普通菜豆种子萌发的抑制作用体现于多种性状,且不同性状对于干旱胁迫的敏感性存在差异,芽鲜重受抑制作用最大,下降达 91.4%,而芽干重受抑制作用最小,仅下降了 60.0%。此外,处理与对照相比,除了芽干重和下胚轴长的变异系数减小外,其余指标的变异系数均有不同程度的增加,说明各生理指标在干旱胁迫下差异更明显。综上所述,普通菜豆的芽期抗旱性与多种指标有关,运用任何单一指标进行评价均存在一定的片面性,需对其进行综合分析和评价。

### 2.3 芽期抗旱性的因子主成分分析

对 121 份普通菜豆种质的 10 个指标(RGR、RGV、GI、AI、RHL、RRL、RSL、RR/H、RFW、RDW)进行因子主成分分析,其特征值和累积贡献率见表 4,可以看出,前 3 个因子的特征值分别为 4.768、2.182、1.467,且累积贡献率达 84.172%,因此,根据特征值大于 1 以及累积贡献率大于 80% 的原则,选择前 3 个因子作为主成分,此 3 个因子所包含的信息量可以反映原始 10 个指标的大部分信息。

表 3 普通菜豆芽期旱胁迫下各指标的比较

Table 3 The germination indices comparison of 121 accessions of common bean germplasm resources under water and -0.7 MPa condition

处理	指标	发芽率	发芽势	芽鲜重(g)	芽干重(g)	下胚轴长(cm)	胚根长(cm)	活力指数
Treatment	Index	(%)GR	(%)GV	FW	DW	HL	RL	GI
蒸馏水	最大值 Max.	100.0	100.0	1.26	0.12	13.73	20.96	3.61
	最小值 Min.	62.2	48.9	0.21	0.02	2.71	3.47	0.39
	均值 Average	93.2	86.2	0.70	0.05	7.23	9.80	1.33
	标准差 SE	0.07	0.10	0.20	0.02	2.65	2.95	3.22
	变异系数(%)CV	7.8	11.1	27.8	33.3	36.6	30.1	37.2
-0.7MPa PEG6000	最大值 Max.	60.0	48.9	0.10	0.03	1.62	5.93	0.20
	最小值 Min.	2.2	0.0	0.02	0.01	0.85	1.03	0.00
	均值 Average	26.8	11.8	0.06	0.02	0.85	2.81	0.06
	标准差 SE	0.14	0.11	0.07	0.00	0.21	1.10	0.04
	变异系数(%)CV	52.6	90.7	28.9	26.7	24.6	39.2	71.4
处理较对照的变化	均值 Average	66.4 ↓	74.4 ↓	0.64 ↓	0.03 ↓	6.38 ↓	6.99 ↓	1.27 ↓
	变异系数(%)CV	44.8 ↑	79.6 ↑	1.1 ↑	6.7 ↓	12.0 ↓	9.1 ↑	34.2 ↑

表 4 抗旱指标的特征值与累积方差贡献率

Table 4 The eigenvalue and accumulative variance contribute of drought resistance indices

项目	因子 Component					
	1	2	3	4	5	6
特征值	4.768	2.182	1.467	0.482	0.442	0.252
百分率(%)	47.682	21.824	14.666	4.819	4.424	2.523
累积贡献率(%)	47.682	69.506	84.172	88.992	93.416	95.939

分别分析 3 个因子(表 5),因子 1 中起主要作用的是相对总芽长、相对鲜重、相对胚根长、相对干重以及相对活力指数,特征向量的绝对值较大;因子 2 起主要作用的是相对发芽率和相对发芽势,具有绝对值较大的特征向量;因子 3 中起主要作用的是相对胚根/下胚轴比和相对发芽指数,特征向量的绝对值较大。以上 3 个因子共同决定了普通菜豆芽期抗旱性,因此,普通菜豆芽期抗旱性测定指标可以简化为相对发芽率、相对发芽势、相对鲜重、相对干重、相对胚根长、相对总芽长、相对胚根/下胚轴比、相对发芽指数、相对活力指数。

表 5 主成分分析表

Table 5 The principal component analysis of different indices of common bean germplasm resources

测定指标	因子 Component		
	1	2	3
相对发芽率 GR	0.408	0.837	-0.103
相对发芽势 GV	0.459	0.817	-0.005
相对鲜重 RFW	0.908	-0.290	-0.053
相对干重 RDW	0.825	-0.354	-0.025

表 5(续)

测定指标	因子 Component		
	1	2	3
相对下胚轴长 RHL	0.683	-0.579	-0.133
相对胚根长 RRL	0.884	0.028	-0.073
相对总芽长 RSL	0.937	-0.190	-0.074
相对胚根/下胚轴比 RR/H	0.190	-0.077	0.847
相对发芽指数 RGI	0.225	0.058	0.840
相对活力指数 RAI	0.820	0.475	-0.014
累积百分率	47.682	69.506	84.172
Accumulative percentage			

2.4 芽期抗旱性综合评价

由主成分法筛选得到的 9 种指标在评价抗旱性中所起到的作用不同,利用其中任何单一指标来评价芽期抗旱性均有一定的片面性,因此本研究采用隶属函数法对普通菜豆抗旱性进行综合评价。分析 121 份普通菜豆种质的平均隶属函数值,依据划定的分级标准,获得抗旱种质 2 份,分别为跃进豆(F0000156)和白扁豆(F0000613),平均隶属函数值达到 0.72 和 0.69,仅占供试材料的 1.6%;中抗 14 份,占供试材料的 11.4%;56.9%的材料表现较敏感,共有 70 份;此外,还获得敏感型材料 37 份,占供试材料的 30.1%。

3 讨论

3.1 普通菜豆芽期模拟抗旱鉴定最适渗透势探索

植物种子萌发过程中,贮存在子叶或胚乳内营养物质的转运及细胞的分裂都需要水分,种子只有在足够的水分条件下才能进行各种生化和生理活动,以

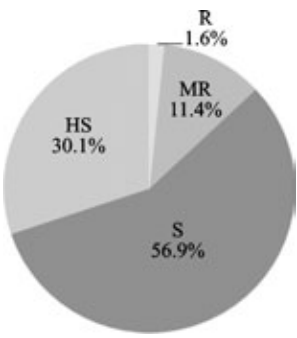


图 1 不同抗旱性种质所占的比例

Fig. 1 The proportion of different drought resistant of 121 accessions of common bean germplasm resources

使自身萌发。水分亏缺严重影响种子的发芽率和幼苗的长势,因此,植物芽期抗旱性是全生育期抗旱性的重要环节。芽期抗旱性鉴定主要采用 PEG6000 模拟旱胁迫法,PEG6000 溶于水后能够产生较高的渗透压,从而阻碍种子的吸水萌发,通过检测种子发芽情况,以此评价抗旱性。此方法在大豆、绿豆等作物的芽期抗旱性研究中得到了普遍应用,不同作物芽期旱胁迫都有其适宜的渗透条件<sup>[13,19]</sup>。目前,对普通菜豆的抗旱性研究多集中于苗期和成熟期,对芽期研究甚少<sup>[20-21]</sup>。本研究通过不同渗透势 PEG6000 溶液对普通菜豆种子萌发的影响分析,明确了芽期模拟抗旱鉴定最适渗透势为  $-0.7\text{ MPa}$ ,并对 121 份普通菜豆种质的芽期抗旱性进行了综合分析评价,最终摸索出一套适用于普通菜豆芽期抗旱性鉴定的技术方法,筛选出不同抗旱级别的普通菜豆种质,为今后抗旱生理机制研究和抗旱育种奠定了基础。

3.2 普通菜豆芽期抗旱指标确定及抗旱材料筛选

以相对发芽率为单一指标评价芽期抗旱性简单易行,能够短时间内对大批材料进行筛选<sup>[22]</sup>。研究表明,发芽率高的种子尽管出苗率高,但幼苗未必健壮,芽期抗旱性材料不仅需要较高出苗率,还应具有较好的长势,以保证后期正常生长<sup>[15]</sup>。本研究通过主成分分析发现,芽鲜重、芽干重以及芽长等形态指标与抗旱性关系密切,因此,仅利用相对发芽率单一生理指标对芽期抗旱性进行评价,存在一定的片面性<sup>[12,20]</sup>,而结合多种指标进行综合分析,有利于更加全面的区分不同种质的抗旱性。本研究共筛选得到相对发芽率、相对发芽势、相对鲜重、相对干重、相对胚根长,相对总芽长,相对胚根/下胚轴比、相对发芽指数以及相对活力指数 9 项指标与抗旱相关,并利用隶属函数法进行综合分析,与常规方法相比,增加了鉴定结果的可靠性。本研究正是通过对上述 9 项指标的全面分析获得 2 份抗旱种质,分别为跃进

豆(F0000156)和白扁豆(F0000613)。

作物抗旱性是对干旱环境的适应能力,其表现形式和生理机制复杂多样,不同生育期的抗旱机制存在差异,抗旱性也不同<sup>[23]</sup>。本研究仅对普通菜豆芽期抗旱性进行了初步鉴定,筛选出的抗旱种质在苗期和全生育期的抗旱性表现还有待继续试验,不同生育期抗旱性的相关性也值得深入研究。

参考文献

[1] Broughton W J, Hernández G, Blair M, et al. Beans (*Phaseolus* spp.) - model food legumes [J]. *Plant Soil*, 2003, 252: 55-128

[2] Miklas P N, Kelly J D, Beebe S E, et al. Common bean breeding for resistance against biotic and abiotic stresses: from classical to MAS breeding [J]. *Euphytica*, 2006, 147: 105-131

[3] Rosales M A, Ocampo E, Rodríguez-Valentín R, et al. Physiological analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars uncovers characteristics related to terminal drought resistance [J]. *Plant Physiol Bioch*, 2012, 56: 24-34

[4] Lizana C, Wentworth M, Juan P M, et al. Differential adaptation of two varieties of common bean to abiotic stress [J]. *J Exp Bot*, 2006, 57: 685-697

[5] Ashraf M. Inducing drought tolerance in plants: Recent advances [J]. *Biotechnol Adv*, 2010, 28: 169-183

[6] Yordanov I, Velikova V, Tsonev T. Plant responses to drought, acclimation, and stress tolerance [J]. *Photosynthetica*, 2000, 38: 171-186

[7] Blum A, Sinmena B, Ziv O. An evaluation of seed and seedling drought tolerance screening tests in wheat [J]. *Euphytica*, 1980, 29: 727-736

[8] 景蕊莲, 吕小平. 用渗透胁迫鉴定小麦种子萌发期抗旱性的方法分析 [J]. *植物遗传资源学报*, 2003, 4(4): 292-296

[9] Ravikumar R L, Patil B S, Salimath P M. Drought tolerance in sorghum by pollen selection using osmotic stress [J]. *Euphytica*, 2003, 133: 371-376

[10] Bouslama M, Schapaugh W T. Stress tolerance in soybeans. I. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance [J]. *Crop Sci*, 1984, 24: 933-937

[11] 张立军, 樊金娟, 阮燕晔, 等. 聚乙二醇在植物渗透胁迫生理研究中的应用 [J]. *植物生理学通讯*, 2004, 40(3): 361-364

[12] 畅建武. 粒用菜豆种质资源芽期抗旱性研究 [J]. *山西农业科学*, 1996, 24(1): 31-34

[13] 李俐俐, 刘天学, 赵霞. 大豆种子萌发期对渗透胁迫的响应 [J]. *大豆科学*, 2007, 26(4): 550-554

[14] 朱学海, 宋海燕, 赵治海, 等. 用渗透剂胁迫鉴定谷子芽期耐旱性的方法研究 [J]. *植物遗传资源学报*, 2008, 9(1): 62-67

[15] 郝建辉. 扁蓿豆抗旱性鉴定及抗旱指标的筛选 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2006

[16] 秦岭, 杨延兵, 管延安, 等. 不同生态区主要育成谷子品种芽期耐旱性鉴定 [J]. *植物遗传资源学报*, 2013, 14(1): 144-150

[17] 任冬莲, 任天佑, 刘学义, 等. 适于大豆育种应用的抗旱性鉴定技术研究 [J]. *华北农学报*, 1997, 12(1): 61-64

[18] 王利彬, 刘丽君, 裴宇峰, 等. 大豆种质资源芽期抗旱性鉴定 [J]. *东北农业大学学报*, 2012, 43(1): 36-42

[19] 张泽燕, 张耀文. 干旱胁迫下 21 份山西地方绿豆品种芽期抗旱性鉴定 [J]. *植物遗传资源学报*, 2011, 12(6): 1010-1013

[20] Terán H, Singh S P. Comparison of sources and lines selected for drought resistance in common bean [J]. *Crop Sci*, 2002, 42: 64-70

[21] White J W, Singh S P. Sources and inheritance of earliness in tropically adapted indeterminate common bean [J]. *Euphytica*, 1991, 55: 15-19

[22] 王述民, 张亚芝, 魏淑红, 等. 普通菜豆种质资源描述规范和数据库标准 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 56-57

[23] Levitt J. Responses of plants to environmental stresses [M]. New York: Academic Press, 1972