

# 绿豆种质资源芽期抗旱性鉴定

王兰芬, 武 晶, 景蕊莲, 程须珍, 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:** 干旱是影响我国绿豆生产的主要因素之一, 筛选抗旱性种质资源, 培育抗旱品种, 对我国绿豆产业发展具有重要意义。本研究首先以 4 份绿豆种质为材料, 通过检测 5 个梯度渗透势 PEG-6000 溶液模拟早胁迫下的发芽率动态分布, 确定了绿豆芽期模拟早胁迫的适宜 PEG-6000 溶液渗透势为  $-0.9$  MPa (21.8%)。进而以  $-0.9$  MPa 的 PEG-6000 溶液对 113 份绿豆种质进行芽期抗旱鉴定, 通过测定发芽势、发芽率、下胚轴长、胚根长、干重和鲜重等 10 项指标及相关性分析, 认为相对发芽势、相对发芽率、相对下胚轴长、相对胚根长、相对总芽长、相对鲜重、相对干重、相对发芽指数、相对活力指数 9 项指标可以作为评价绿豆芽期抗旱性指标。利用隶属函数分析法, 对 113 份种质的芽期抗旱性进行综合评价, 筛选出 1 份高抗种质当地吉豆 (C0000626) 和 16 份抗性种质, 为绿豆抗旱基因发掘及抗旱品种改良奠定基础。

**关键词:** 绿豆; PEG-6000; 芽期; 抗旱性; 相关性分析; 隶属函数

## Drought Resistance Identification of Mungbean Germplasm Resources at Bud Stage

WANG Lan-fen, WU Jing, JING Rui-lian, CHENG Xu-zhen, 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 stress is a major problem for mungbean production and the drought tolerance evaluation is a priority research for mungbean in whole world. The germination rate of 4 accessions of mungbean germplasm resources was tested with 5 PEG-6000 concentrations to determine the proper PEG-6000 solution for drought resistance screening. The results showed that 21.8% ( $-0.9$  MPa) of PEG-6000 was the suitable concentration for screening drought resistant resources at bud stage for mungbean. 113 accessions of mungbean germplasms resources were evaluated the drought resistance with  $-0.9$  MPa PEG-6000 solution. Correlation analysis results showed that relative values of germination energy, germination rate, hypocotyl length, radical length, total length, fresh biomass, dry biomass, germination index, and vigor index were closely related to the drought resistance. Based on the subordinate function analysis of screening results, one germplasm, Dangdijidou (C0000626) with the most drought resistance and 16 drought resistance germplasms were identified and recommended to be used in the drought tolerance improvement for mungbean breeding.

**Key words:** mungbean; PEG-6000; bud stage; drought resistance; correlation analysis; subordinate function analysis

随着全球气候变化, 干旱已成为一种世界性灾害, 因干旱引起的粮食减产比其他所有逆境因素的

收稿日期: 2013-12-14 修回日期: 2013-12-28 网络出版日期: 2014-04-08

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20140408.0847.016.html>

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项 (CARS-09); 中国农业科学院科技创新工程; 科技支撑计划 (2013BAD05-2-4)

第一作者研究方向为食用豆种质资源保存、抗旱鉴定及新基因发掘。E-mail: wanglanfen@caas.cn

通信作者: 王述民, 研究方向为食用豆种质资源抗性遗传与生理研究。E-mail: wangshumin@caas.cn

总和还要多<sup>[1]</sup>。在我国,干旱、半干旱地区占全国土地面积的 47%, 占总耕地面积的 51%, 水资源短缺已严重制约农业的可持续发展。据文献报道,我国受旱面积从 20 世纪 50 年代年均 1133 万  $\text{hm}^2$ , 上升到 80 年代的 2333 万  $\text{hm}^2$ 、90 年代的 2667 万  $\text{hm}^2$ , 每年约有 667 万  $\text{hm}^2$  灌溉面积得不到灌溉, 缺水导致的粮食减产超过 700 亿 ~ 800 亿  $\text{kg}$ <sup>[2]</sup>。另据统计, 1989 - 1998 年干旱造成的灾害在所有气象灾害中占 50%, 1999 - 2005 年达到 60% 以上, 2006 - 2010 年因干旱造成作物绝收面积急剧增加, 旱灾已成为我国的第一大自然灾害<sup>[3-4]</sup>。

绿豆 (*Vigna radiate* L.) 是豇豆属 (*Vigna*) 的主要栽培种, 在我国具有悠久的栽培历史。绿豆具有耐旱、生育期短、固氮、适宜与其他作物间作套种等优点, 经济价值和营养价值较高, 在世界各地尤其是东南亚各国被广泛种植和消费。在我国, 绿豆主产区集中在东北、西北及华北地区, 以内蒙古、吉林、黑龙江、辽宁、河南、山东、山西、河北、陕西等省(自治区)种植面积较大<sup>[5]</sup>。在我国西北干旱半干旱地区, 自然降雨量少, 主栽区基本无灌溉条件, 伏旱时常发生, 干旱已成为制约这些地区绿豆生产的主要限制条件<sup>[6]</sup>。因此, 培育抗旱品种、研发集成抗旱节水技术是提高绿豆产量和品质的经济有效途径, 而抗旱鉴定方法、抗旱种质资源的筛选是培育抗旱品种的前提。

作物抗旱性体现于不同生育阶段, 例如种子萌发期、幼苗期、水分临界期和全生育期等<sup>[7]</sup>。对作物抗旱性鉴定方法和鉴定指标已有很多研究<sup>[8-11]</sup>。芽期抗旱性鉴定有多种方法, 其中高渗溶液模拟旱胁迫法应用较多。高渗溶液有蔗糖、甘露醇、PEG-6000 溶液等, 其中 PEG-6000 溶液模拟旱胁迫具有操作简便、稳定性强、重复性好等优点而被广泛应用<sup>[12-16]</sup>。不同作物芽期模拟旱适宜的 PEG-6000 溶液的渗透势存在较大差异, 如小麦 -0.5 MPa、普通菜豆 -0.7 MPa、大豆 -1.3 MPa<sup>[14, 16-17]</sup>。本研究在前期试验的基础上, 通过设定不同梯度的 PEG-6000 溶液的渗透势, 以 4 份抗性不同的绿豆种质为材料, 进行芽期模拟旱胁迫, 确定 -0.9 MPa PEG-6000 溶液比较适宜绿豆芽期抗旱性鉴定。利用 -0.9 MPa PEG-6000 高渗溶液, 对 113 份绿豆种质进行模拟旱胁迫, 测定发芽势、发芽率、下胚轴长、胚根长、干重和鲜重等指标。通过相关性分析, 确定以其中的 9 项指标计算总隶属值, 并以此综合评价绿豆芽期抗旱性较为适宜, 从而为绿豆抗旱种质鉴定

筛选和抗旱品种改良提供方法和基础材料。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料共计 113 份, 其中 94 份是在“七五”、“八五”、2011 年及 2012 年对我国保存绿豆种质进行初步抗旱鉴定的基础上筛选获得, 由中国农业科学院作物科学研究所提供; 19 份来源于近几年国家食用豆产业技术体系新育成品种, 由河北省农林科学院粮油作物研究所提供。111 份种质来源于全国 13 个省份, 2 份来源于亚洲蔬菜研究与发展中心, 详见表 1。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 芽期模拟旱胁迫最适渗透势确定** 以 4 份抗性不同的绿豆种质为材料, 在 12 cm × 12 cm × 6 cm 发芽盒内铺 2 张滤纸, 加入 20 mL 不同浓度的 PEG-6000 高渗溶液, 将 20 粒种子均匀放入滤纸上, 蒸馏水萌发为对照。PEG-6000 溶液设置 -0.7 MPa (19.6%)、-0.9 MPa (21.8%)、-1.1 MPa (23.7%)、-1.3 MPa (25.4%) 和 -1.5 MPa (26.9%) 5 种不同渗透势处理, 置于 25 °C 的人工培养箱中避光培养, 3 次重复。

**1.2.2 芽期抗旱性鉴定** 依照上述培养方法, 以 113 份种质为材料, 以 -0.9 MPa (21.8%) PEG-6000 溶液模拟旱胁迫, 置于 25 °C 的人工培养箱中避光培养, 3 次重复。第 2 天开始, 每天统计发芽数, 培养 7 d 后测量胚根长、下胚轴长以及鲜重, 70 °C 烘箱中烘烤 48 h, 称量干重。

### 1.3 测定指标

发芽势 (GE, germination energy), 相对发芽势 (RGE, relative germination energy), 发芽率 (GR, germination rate), 相对发芽率 (RGR, relative germination rate), 发芽指数 (Gi, germination index), 活力指数 (Vi, vigor index), 相对下胚轴长 (RHL, relative hypocotyl length), 相对胚根长 (RRL, relative radicle length), 相对总芽长 (RTL, relative total length), 胚根/下胚轴指数 (index of RRL/RHL), 相对鲜重 (RFB, relative fresh biomass), 相对干重 (RDB, relative dry biomass)。

### 1.4 综合评价方法

采用隶属函数法对 113 份绿豆种质进行芽期抗旱性综合评价, 公式如下:

$$U(X_{ij}) = (X_{ij} - X_{jmin}) / (X_{jmax} - X_{jmin})$$

$$X_i = \sum U(X_{ij}) / n$$

表1 113份绿豆种质信息、总隶属函数值及抗性评价

Table 1 The information, total subordinative function value and resistant evaluation of 113 mungbean germplasm resources

统一编号 Number	种质 Materials	来源 Origion	总隶属值 Total subordinative function value	抗性评价 Resistant evaluation	统一编号 Number	种质 Materials	来源 Origion	总隶属值 Total subordinative function value	抗性评价 Resistant evaluation
C0000626	当地吉豆	内蒙古	0.8	HR	C0000637	大八角	内蒙古	0.38	S
C0000779	黄绿豆	吉林	0.76	R	C0001715	黄花生绿豆	湖北	0.38	S
C0000627	绿豆	内蒙古	0.75	R	C0005645	清水河绿豆	内蒙古	0.37	S
C0004797	大绿豆	内蒙古	0.74	R	C0000401	绿豆	山西	0.37	S
C0000565	黄绿豆	山西	0.73	R	C0000783	绿豆	辽宁	0.37	S
C0000496	小绿豆	山西	0.72	R		辽绿10号	辽宁	0.37	S
C0000536	绿豆	山西	0.7	R	C0000718	小绿豆	吉林	0.37	S
C0000533	绿豆	山西	0.7	R	C0000655	小绿豆	内蒙古	0.37	S
C0000492	露露小绿豆	山西	0.69	R	C0000774	小绿豆	吉林	0.36	S
C0000601	绿豆	内蒙古	0.69	R	C0000643	绿豆	内蒙古	0.35	S
C0001852	小绿豆	山西	0.68	R	C0006179	张家口鹦哥绿	河北	0.34	S
C0000623	绿豆	内蒙古	0.65	R	C0005501	内蒙古古绿豆	内蒙古	0.34	S
C0000633	小绿豆	内蒙古	0.64	R	C0000630	小绿豆	内蒙古	0.34	S
C0000525	大绿豆	山西	0.63	R	C0000477	大绿豆	山西	0.34	S
C0000509	串地龙绿豆	山西	0.62	R	C0000441	绿豆	山西	0.34	S
C0000499	绿豆	山西	0.61	R	C0005176	9003-352	山东	0.33	S
C0000659	金绿豆	内蒙古	0.61	R	C0000384	绿豆	山西	0.33	S
C0000561	黄绿豆	山西	0.59	MR	C0000376	鹦哥绿豆	山西	0.31	S
C0000558	黄小绿豆	山西	0.58	MR	C0000446	绿豆	山西	0.31	S
C0000532	绿豆	山西	0.57	MR	C0000440	八角齐绿豆	山西	0.3	S
C0000515	绿豆	山西	0.57	MR	C0000443	绿豆	山西	0.3	S
C0000516	小绿豆	山西	0.56	MR	C0000004	绿豆	北京	0.29	S
C0001829	小绿豆	山西	0.56	MR	C0000527	黑皮大绿豆	山西	0.28	S
C0005640	明绿1号	安徽	0.56	MR	C0005223	榆林绿豆	山西	0.28	S
C0000470	大绿豆	山西	0.54	MR	C0000400	绿豆	山西	0.27	S
C0000624	小绿豆	内蒙古	0.54	MR	C0000465	小绿豆	山西	0.27	S
C0000610	绿豆	内蒙古	0.54	MR	C0005636	保942	河北	0.27	S
C0000404	绿豆	山西	0.54	MR	C0000409	小绿豆	山西	0.27	S
C0000472	绿豆	山西	0.52	MR	C0000001	绿豆	北京	0.27	S
C0000639	明绿豆	内蒙古	0.52	MR	C0000721	小绿豆	吉林	0.27	S
C0000591	绿豆	内蒙古	0.52	MR	C0005178	潍绿1号	山东	0.26	S
C0000649	小绿豆	内蒙古	0.52	MR	C0000399	本地小绿豆	山西	0.26	S
C0000473	绿豆	山西	0.5	MR	C0000058	绿豆	北京	0.26	S
C0006563	中绿9号	北京	0.5	MR	C0000766	小绿豆	吉林	0.26	S
C0001791	绿豆	陕西	0.5	MR		潍绿8号	山东	0.26	S
C0000568	黄绿豆	山西	0.49	MR		冀绿10号	河北	0.26	S
C0000378	油绿豆	山西	0.48	MR	C0006399	绿丰3号	黑龙江	0.26	S
C0001792	油绿豆	陕西	0.47	MR		南阳绿豆	河南	0.24	S
C0000622	绿豆	内蒙古	0.47	MR		辽绿8号	辽宁	0.24	S
C0000528	洋绿豆	山西	0.47	MR		潍绿7号	山东	0.24	S
C0000447	小绿豆	山西	0.47	MR	C0001100	大槐花	山东	0.24	S
	西绿1号	陕西	0.47	MR		吉绿3号	吉林	0.23	S
C0000463	二不秋绿豆	山西	0.45	MR	C0000442	绿豆	山西	0.22	S
C0005122	冀绿2号	河北	0.45	MR	C0005138	8902-4150	山东	0.21	S
C0006509	吉绿7号	吉林	0.45	MR	C0005196	VC6089-2	亚蔬中心	0.2	S
C0006396	白绿9号	吉林	0.44	MR	C0000407	洋绿豆	山西	0.2	S
C0005149	9002-334	山东	0.44	MR	C0000595	小粒绿豆	内蒙古	0.19	HS
C0000772	小绿豆	吉林	0.43	MR	C0000648	小绿豆	内蒙古	0.19	HS
C0000712	绿小豆	吉林	0.43	MR	C0004474	VC1628A	亚蔬中心	0.17	HS
C0000724	小绿豆	吉林	0.42	MR	C0000454	小绿豆	山西	0.16	HS
C0006507	吉绿5号	吉林	0.42	MR	C0000942	绿豆	山东	0.16	HS
C0000380	小绿豆	山西	0.42	MR	C0006508	吉绿6号	吉林	0.15	HS
C0004844	金绿豆	内蒙古	0.42	MR	C0000456	十八绿豆	山西	0.14	HS
	白绿11号	吉林	0.41	MR	C0000408	绿豆	山西	0.12	HS
C0000416	二不秋绿豆	山西	0.4	MR		苏绿11-8号	江苏	0.09	HS
C0000005	绿豆	北京	0.39	S		苏绿2号	江苏	0.08	HS
C0000062	绿豆	北京	0.38	S					

HR:高抗;R:抗;MR:中抗;S:较敏感;HS:敏感,下同

HR: Highly resistant, R: Resistant, MR: Moderately resistant, S: Susceptible, HS: Highly susceptible. The same as below

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

### 1.5 数据处理

采用 Excel 2007 和 SPSS 16.0 软件进行数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同 PEG-6000 渗透势模拟旱胁迫的绿豆芽期抗旱活力检测

为摸索绿豆芽期抗旱鉴定最适宜的 PEG-6000 溶液渗透势, 在前期研究基础上, 以高抗种质小绿豆 (C0000633)、中抗种质绿豆 (C0000441)、较敏感种质鹦哥绿豆 (C0001574) 和敏感型种质明绿 245 (C0000069) 为材料, 设置  $-0.7$  MPa、 $-0.9$  MPa、 $-1.1$  MPa、 $-1.3$  MPa 和  $-1.5$  MPa 5 种不同浓度的 PEG-6000 高渗溶液进行种子萌发, 以蒸馏水为对照, 检测不同绿豆种质间发芽率差异及动态变化。结果发现以蒸馏水为对照的 4 份材料发芽率均达到 100%, 而 5 种不同渗透势 PEG-6000 条件下,  $-1.5$  MPa 不发芽,  $-1.1$  MPa 和  $-1.3$  MPa 的发芽率很低且芽长较短,  $-0.7$  MPa 的发芽率较好但品

种间差别不明显, 而在  $-0.9$  MPa 条件下, 发芽率和芽长存在明显差异, 与 4 份种质的抗旱性相对应, 因此, 确定绿豆芽期模拟抗旱鉴定的适宜 PEG-6000 渗透势为  $-0.9$  MPa, 浓度为 21.8%。

### 2.2 不同绿豆种质在 $-0.9$ MPa 渗透势下各检测指标的变化

利用  $-0.9$  MPa PEG-6000 溶液对 113 份绿豆种质进行了芽期抗旱鉴定 (表 2)。 $-0.9$  MPa 渗透势下, 绿豆种子发芽势为 32.72%~37.87%, 平均为 35.30%, 较对照下降 62.71%; 发芽率为 58.29%~63.04%, 平均为 60.66%, 较对照下降 38.64%; 其他指标也受到不同程度的抑制, 其中下胚轴长、胚根长、芽鲜重、芽干重、芽总长均值较对照分别减少 15.66 cm、7.09 cm、1.95 g、0.09 g、22.75 cm, 发芽指数和活力指数分别下降 31.70 和 4.99; 相当于对照的 94.34%、61.81%、89.86%、75%、81.05%、72.05%、91.9%。可见, 干旱胁迫对于绿豆种子萌发的抑制作用表现在多种性状上, 且抑制程度存在差异。下胚轴长受抑制最大, 下降达 94.34%, 活力指数次之, 下降达 91.9%, 而胚根长受抑制最小, 仅下降了 61.81%。此外, 处理与对照相比, 所有指标的变异系数均有不同程度的增加, 其中下胚轴长的变异系数最大, 比对照增加了 48.07%, 是对照的 5.79 倍; 发芽势的变异系数次之, 比对照增加了 35.55%, 是对照的 10.87 倍, 说明不同品种的生理指标在干旱胁迫下差异更明显。综上所述, 绿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。

表 2 绿豆芽期旱胁迫下各指标的比较

Table 2 The comparison of the germination indices for 113 accessions of mungbean under water and  $-0.9$  MPa PEG-6000 solution

处理 Treatment	指标 Index	发芽势 (%) GV	发芽率 (%) GR	芽鲜重 (g) FW	芽干重 (g) DW	下胚轴长 (cm) HL	胚根长 (cm) RL	芽总长 (cm) RSL	发芽指 数 GI	活力指 数 AI
蒸馏水	最大值 Max.	98.67	99.66	2.23	0.13	16.91	11.91	28.63	45.08	5.66
	最小值 Min.	97.35	98.96	2.12	0.12	16.29	11.02	27.51	42.91	5.20
	均值 Average	98.01	99.31	2.17	0.12	16.60	11.47	28.07	44.00	5.43
	标准差 SE	0.33	0.18	0.03	0.00	0.16	0.23	0.28	0.55	0.12
	变异系数 (%) CV	3.60	1.90	13.87	22.09	10.03	20.86	10.68	13.20	22.68
$-0.9$ MPa PEG-6000	最大值 Max.	37.87	63.04	0.24	0.04	1.04	4.68	5.71	12.95	0.48
	最小值 Min.	32.72	58.29	0.20	0.03	0.84	4.07	4.93	11.66	0.40
	均值 Average	35.30	60.66	0.22	0.03	0.94	4.38	5.32	12.30	0.44
	标准差 SE	1.30	1.20	0.01	0.00	0.05	0.15	0.20	0.32	0.02
	变异系数 (%) CV	39.14	21.03	44.98	34.82	58.10	37.28	39.23	28.07	51.24
处理较对 照的变化	均值 Average	62.71 ↓	38.64 ↓	1.95 ↓	0.09 ↓	15.66 ↓	7.09 ↓	22.75 ↓	31.70 ↓	4.99 ↓
	变异系数 (%) CV	35.55 ↑	19.13 ↑	31.10 ↑	12.74 ↑	48.07 ↑	16.42 ↑	28.56 ↑	14.86 ↑	28.56 ↑

### 2.3 旱胁迫条件下芽期性状各生理指标间的相关性分析

对 113 份绿豆种质在  $-0.9$  MPa 旱胁迫条件下测定的 10 个指标进行相关性分析,结果(表 3)显示,胚根/下胚轴指数分别与 6 个指标呈极显著负相关,与另外 3 个指标相关性差,其余 9 项指标除相对发芽率与相对下胚轴长相关性较小之外,其余的均呈极显著的正相关,相关系数介于  $0.257 \sim 0.940$  之间,其相关系数由大到小依次为:相对发芽势与相对发芽指数 ( $R = 0.940$ )、相对总芽长与相对胚根长 ( $R = 0.919$ )、相对总芽长与相对下胚轴长 ( $R =$

$0.865$ )、相对活力指数与相对发芽指数 ( $R = 0.851$ )、相对总芽长与相对鲜重 ( $R = 0.813$ )、相对活力指数与相对发芽势 ( $R = 0.803$ )、相对活力指数与相对干重 ( $R = 0.802$ )、相对鲜重与相对下胚轴长 ( $R = 0.797$ )、相对总芽长与相对发芽势 ( $R = 0.758$ )、相对活力指数与相对总芽长 ( $R = 0.743$ )、相对发芽指数与相对发芽率 ( $R = 0.734$ )、相对活力指数与相对鲜重 ( $R = 0.733$ )、相对发芽指数与相对总芽长 ( $R = 0.730$ )、相对鲜重与相对胚根长 ( $R = 0.702$ )。由此可见,除胚根/下胚轴指数之外,其余 9 项指标之间的相关性较高。

表 3 抗旱指标的相关性分析

Table 3 The correlation analysis of drought resistance index

测定指标 Indices	相对发芽势 RGV	相对发芽率 RGE	相对下胚轴长 RHL	相对胚根长 RRL	相对总芽长 RTL	相对鲜重 RFB	相对干重 RDB	胚根/下胚轴指数 Index of RRL/RHL	相对发芽指数 Gi
相对发芽率 RGE	0.688 **								
相对下胚轴长 RHL	0.619 **	0.183							
相对胚根长 RRL	0.649 **	0.439 **	0.673 **						
相对总芽长 RTL	0.758 **	0.394 **	0.865 **	0.919 **					
相对鲜重 RFB	0.688 **	0.355 **	0.797 **	0.702 **	0.813 **				
相对干重 RDB	0.417 **	0.257 **	0.457 **	0.460 **	0.504 **	0.606 **			
胚根/下胚轴指数 Index of RRL/RHL	-0.293 **	0.15	-0.643 **	0.006	-0.326 **	-0.415 **	-0.193 *		
相对发芽指数 Gi	0.940 **	0.734 **	0.570 **	0.637 **	0.730 **	0.648 **	0.420 **	-0.003	
相对活力指数 Vi	0.803 **	0.573 **	0.628 **	0.657 **	0.743 **	0.733 **	0.802 **	-0.283 **	0.851 **

\*: 差异显著 ( $P < 0.05$ ), \*\*: 差异极显著 ( $P < 0.01$ )

\*: Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed), \*\*: Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

### 2.4 绿豆种质芽期抗旱性综合分析与评价

鉴于上述 9 项指标之间呈高度正相关,因此采用这 9 项指标的总隶属值对绿豆芽期抗旱性进行综合评价。分析 113 份绿豆种质的总隶属值,依据划定的抗旱分级标准,获得高抗旱种质 1 份,为当地吉豆 (C0000626),总隶属值为 0.80;抗旱种质 16 份,占供试材料的 14.16%,分别为黄绿豆 (C0000779)、绿豆 (C0000627)、大绿豆 (C0004797)、黄绿豆 (C0000565)、小绿豆 (C0000496)、绿豆 (C0000536)、绿豆 (C0000533)、露露小绿豆 (C0000492)、绿豆 (C0000601)、小绿豆 (C0001852)、绿豆 (C0000623)、小绿豆 (C0000633)、大绿豆 (C0000525)、串地龙绿豆 (C0000509)、绿豆 (C0000499)、金绿豆 (C0000659);中抗种质 38 份,占 33.63%;较敏感和敏感的材料分别为 48 份和 10 份,分别占供试材料的 42.48% 和 8.85% (表 1、图 1)。

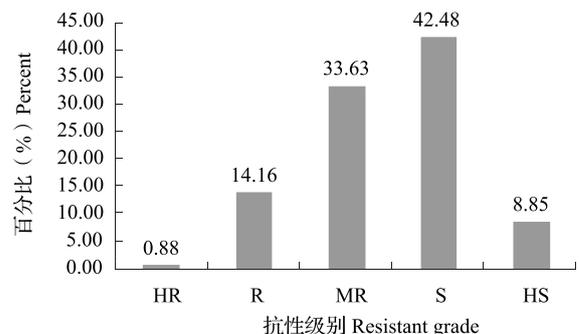


图 1 不同抗旱性等级的种质所占的比例

Fig. 1 The proportion of different drought resistant germplasm of 113 accessions of mungbean

## 3 讨论

### 3.1 绿豆芽期模拟抗旱鉴定适宜渗透势的探索

植物种子在逆境下萌发是获得高产的前提,因

此,植物芽期抗旱性是全生育期抗旱性的重要环节。芽期抗旱性鉴定多采用 PEG-6000 模拟早胁迫法,以早胁迫下的种子萌发率评价抗旱性。此方法在小麦、普通菜豆、大豆、谷子等作物的芽期抗旱性研究中得到了普遍应用<sup>[14,16-17,19]</sup>。张泽燕等<sup>[20]</sup>利用 15% 的 PEG-6000 对 21 份来自山西的绿豆地方种质进行了芽期抗旱性鉴定,筛选出了 4 份抗旱种质。

本研究通过不同渗透势 PEG-6000 溶液对绿豆种子萌发的胁迫抑制分析,明确了芽期模拟抗旱鉴定适宜渗透势为  $-0.9$  MPa,浓度为 21.8%,并以此对 113 份绿豆种质的芽期抗旱性进行了鉴定和综合分析评价,初步摸索出一套适用于绿豆芽期抗旱性鉴定的技术方法,筛选出不同抗旱级别的绿豆种质,为今后绿豆抗旱生理机制研究和抗旱育种奠定了基础。

### 3.2 绿豆芽期抗旱指标与抗旱性的关系

作物抗旱性状是复杂的数量性状,受多基因控制,又与外界环境条件变化密切相关。因此,在进行抗旱性鉴定时,首先要确定鉴定时期、鉴定方法、检测指标及评价标准等,一般采用单一指标评价作物的抗旱性都存在一定的片面性。本研究通过对所检测的 10 项指标进行相关性分析,发现相对发芽势、相对发芽率、相对下胚轴长、相对胚根长、相对鲜重、相对干重、相对总芽长、相对发芽指数及相对活力指数 9 项指标两两之间呈显著的正相关,以这 9 项指标的平均隶属函数值求每份材料的总隶属值,以此评价绿豆芽期抗旱性较为适宜。

### 3.3 绿豆芽期抗旱材料与产地的关系

通过对绿豆种质的抗旱性与产地分析,发现抗旱种质集中分布于西北地区,在 55 份抗旱种质中,山西 26 份(占参试总数的 23.01%,下同)、内蒙古 14 份(12.39%)、吉林 8 份(7.08%)、陕西 3 份(2.65%),其余 4 份分别来自山东、北京、河北和安徽,其余省份的种质基本属于敏感和较敏感类型(图 2),这一结果与种质所在省份的环境气候条件相吻合。我国西北地区,由于长期干旱缺水,经过长期的自然选择和环境适应,多数绿豆种质比较抗旱。

## 4 结论

本试验结果表明,以  $-0.9$  MPa PEG-6000 高渗透液模拟早胁迫,比较适宜大规模绿豆种质芽期抗旱性筛选;以相对发芽势、相对发芽率、相对下胚轴长、相对胚根长、相对鲜重、相对干重、相对总芽长、相对发芽指数及相对活力指数求出的总隶属值,可以作为绿豆芽期抗旱鉴定的适宜评价指标;本研究

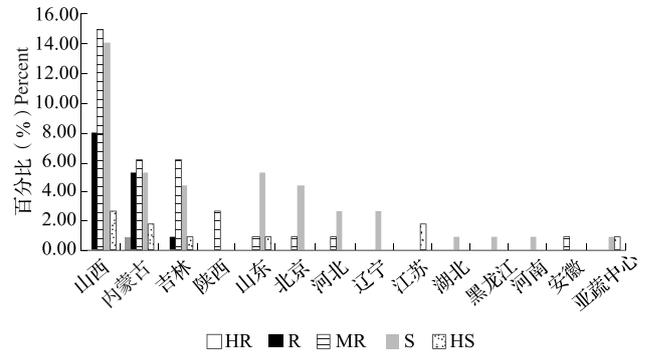


图 2 不同省份种质在各抗旱级别中所占的比例

Fig. 2 The proportion of different grade of drought tolerance germplasm in different province

筛选出高抗绿豆种质 1 份、抗旱种质 16 份、中抗种质 38 份,较敏感和敏感种质分别为 48 份和 10 份。

### 参考文献

- [1] 汤章城. 植物对水分胁迫的反应和适应性—I. 抗性的一般概念和植物的抗性[J]. 植物生理学通讯, 1983 (3): 24-29
- [2] 李原园, 李英能, 苏人琼, 等. 中国农业水危机及其对策[R]. 北京: 中国国家科学技术委员会农村科技司, 1997: 52-54
- [3] 李茂松. 加强国际合作减轻农业干旱风险[R]. 北京: 国际减轻旱灾风险研讨会, 2007
- [4] 冯金社, 吴建安. 我国旱灾形势和减轻旱灾风险的主要对策[J]. 灾害学, 2008, 23 (2): 34-36
- [5] 郑卓杰, 王述民, 宗绪晓. 中国食用豆类学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 148
- [6] 张璞, 田建华. 抗旱性绿豆品种的选育[J]. 干旱地区农业研究, 1999 (4): 41-44
- [7] 景蕊莲, 胡荣海, 张灿军, 等. 小麦抗旱性鉴定评价技术规范. GB/T 21127—2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 1-5
- [8] 胡荣海. 农作物抗旱鉴定方法和指标[J]. 作物品种资源, 1986 (4): 36-39
- [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, 4 (1): 73-81
- [10] 黎裕. 作物抗旱性鉴定方法与指标[J]. 干旱地区农业研究, 1993, 11 (1): 91-99
- [11] 蒲伟凤, 纪展波, 李桂兰, 等. 作物抗旱性鉴定方法研究进展[J]. 河北科技师范学院学报, 2011, 25 (2): 34-39
- [12] 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
- [13] Ravikumar R L, Patil B S, Salimath P M. Drought tolerance in sorghum by pollen selection using osmotic stress [J]. Euphytica, 2003, 133 (3): 371-376
- [14] 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 (5): 933-937
- [15] 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
- [16] 李龙, 王兰芬, 武晶, 等. 普通菜豆种质资源芽期抗旱性鉴定[J]. 植物遗传资源学报, 2013, 14 (4): 600-605
- [17] 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
- [18] 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
- [19] 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
- [20] 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