

# 大豆种质资源不同生育时期抗旱性鉴定评价

王兴荣<sup>1</sup>, 刘章雄<sup>2</sup>, 张彦军<sup>1</sup>, 李 玥<sup>1</sup>, 李永生<sup>1</sup>, 苟作旺<sup>1</sup>, 祁旭升<sup>1</sup>, 邱丽娟<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 甘肃省农业科学院作物研究所, 兰州 730070; <sup>2</sup> 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:** 大豆是重要的植物油脂和蛋白来源, 干旱是限制大豆生长发育及产量的重要因素之一。为研究大豆不同生育时期对干旱胁迫的反应, 综合评价大豆种质资源抗旱性, 筛选抗旱优异种质, 本研究在大豆芽期、苗期和全生育期分别采用改进后的抗旱性鉴定方法对 253 份种质资源进行鉴定, 测定根长、株高、百粒重等形态指标, 计算发芽率、反复干旱存活率、加权抗旱系数等评价指标, 通过相关分析和回归分析筛选抗旱性评价指标, 进行大豆种质资源抗旱性综合评价。结果表明, 干旱胁迫后, 测量指标值降低幅度较大 (10.27%~96.62%), 与正常灌水处理呈极显著差异 ( $P < 1.6 \times 10^{-9}$ )。相关性和回归分析表明, 大豆芽期、苗期和全生育期的抗旱评价间无显著相关性; 晚熟材料抗旱性强于早熟材料。筛选出芽期 (发芽率)、苗期 (反复干旱存活率) 和全生育期 (单株荚数、单株粒数、单株粒重和单株生物量) 抗旱性鉴定评价指标。基于本研究筛选出的评价指标和方法, 鉴定出芽期、苗期和全生育期同时表现极强或强抗旱性种质 7 份, 在 2 个时期同时表现极强或强抗旱性种质 50 份。本研究为大豆种质资源抗旱鉴定评价及抗旱育种亲本的选择提供理论指导和材料基础。

**关键词:** 大豆; 芽期; 苗期; 全生育期; 抗旱性; 评价

## Evaluation on Drought Resistance of Soybean Germplasm Resources at Multiple Growth Periods

WANG Xing-rong<sup>1</sup>, LIU Zhang-xiong<sup>2</sup>, ZHANG Yan-jun<sup>1</sup>, LI Yue<sup>1</sup>,

LI Yong-sheng<sup>1</sup>, GOU Zuo-wang<sup>1</sup>, QI Xu-sheng<sup>1</sup>, QIU Li-juan<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> Institute of Crop Sciences, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070; <sup>2</sup> Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences/National Key Facility for Crop Gene Resources and Genetic Improvement, Beijing 100081)

**Abstract:** Soybean is a globally-important crop plant that supplies edible oil and plant protein. Drought is one of the most important abiotic stresses decreasing the growth and yield in soybean. In order to study the response under drought stress conditions, evaluation of drought resistance at multiple growth stages (germination, seedlings, whole growth period) was conducted in 253 soybean germplasm resources. Morphological indicators such as root length, plant height, 100-seed weight were measured, and stressful indicators such as germination rate, repeated drought survival rate, and enhanced drought resistance coefficient were calculated. The drought resistance evaluation index, which reflected the drought resistance of soybean germplasm resources, had been identified through correlation analysis and regression analysis. The drought stress treatment resulted in dramatic decrease on the measured index value (10.27%-96.62%), and significant difference if compared with that of the normal irrigation treatment ( $P < 1.6 \times 10^{-9}$ )

收稿日期: 2021-04-30 修回日期: 2021-05-19 网络出版日期: 2021-05-28

URL: <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20210430002>

第一作者研究方向为农作物种质资源与创新, E-mail: wxr\_0618@163.com; 刘章雄为共同第一作者

通信作者: 祁旭升, 研究方向为农作物种质资源与创新, E-mail: qixusheng6608@sina.com

邱丽娟, 研究方向为大豆种质资源, E-mail: qiulijuan@caas.cn

**基金项目:** 国家重点研发计划项目 (2016YFD0100201); 甘肃省农业科学院科研条件建设及成果转化项目 (现代生物育种) (2019GAAS07); 中央引导地方科技发展专项; 大豆种质资源保护项目 (2016NWB030-05, 2017NWB036-5, 2018NWB036-05)

**Foundation projects:** National Key Research and Development Program for Crop Breeding (2016YFD0100201), Scientific Research Conditions Construction and Achievement Transformation Project of Gansu Academy of Agricultural Sciences (Modern Biological Breeding) (2019GAAS07), The Central Government Guides Local Science and Technology Development Special Projects, Soybean Germplasm Resources Protection (2016NWB030-05, 2017NWB036-5, 2018NWB036-05)

was observed. No significant correlation between the values of drought resistance at multiple growth periods was detected. These germplasm accessions showing late maturity showed better performance on drought resistance to that of late maturing accessions. The drought resistance indexes qualified for the germination period (germination rate), the seedling period (survival rate of repeated drought) and the whole growth period (the number of pods per plant, the number of seeds per plant, the grain weight per plant and the biomass per plant) have been identified. Seven elite accessions, which showed extremely strong or strong drought resistant under three treatment conditions were obtained, and fifty accessions at two treatment conditions were obtained. Collectively, this study provided theoretical guidance and germplasm resource for deciphering drought resistance basis and identifying the elite parental lines used for soybean breeding.

**Key words:** soybean; germination stage; seedling stage; whole growth period; drought resistance; evaluation

大豆是世界上重要的油料作物和植物蛋白及饲料原料<sup>[1]</sup>,我国是世界上第四大豆生产国和第一消费国。据国家统计局统计,2020 年我国大豆产量为 1960 万 t,播种面积与产量均较 2019 年有所增加。据海关总署统计,2020 年,我国大豆进口量首次突破 1 亿 t,达 10032.7 万 t,比上年增长 13.3%<sup>[2]</sup>,可见,我国大豆产量缺口较大。干旱是全球影响范围广、持续时间长、损失巨大的气象灾害之一。干旱对农作物造成的损失在所有非生物胁迫中占首位,每年因干旱造成巨大的农业损失<sup>[3-4]</sup>。干旱已成为制约作物产量的重要因素,并且在全球范围内干旱对作物生产的威胁在持续发展<sup>[5]</sup>。因此,在今后的攻关育种中,抗旱节水大豆新品种的选育是农业绿色发展的主要方向之一。

大豆是对缺水较敏感的一种豆类作物,大豆抗旱性不仅与干旱发生的时期、强度及持续时间有关,也与品种基因型、形态性状及生理生化反应有关。种子萌发是大豆生长必不可少的阶段,在干旱条件下,芽期抗旱性强的品种对大豆稳产具有重要作用<sup>[6]</sup>。大豆幼苗的生长状况决定了个体和群体发育的质量,只有掌握大豆苗期需水规律,以及幼苗对水分胁迫的响应,才能准确控制水分,达到壮苗的目的,为大豆优质高产奠定基础<sup>[7]</sup>。大豆生殖生长阶段对水分非常敏感,且耗水量大,干旱胁迫会导致落花落荚,严重影响大豆产量。因此,大豆在任何一个生育阶段受到干旱胁迫均会对产量造成影响。大豆不同生育阶段抗旱性鉴定方法较多,芽期抗旱性鉴定主要通过聚乙二醇(PEG-6000)模拟干旱胁迫的方法进行,以发芽率、根长等性状以及生理指标为鉴定指标,采用不同的评价方法,筛选出了一批芽期抗旱性较强的种质资源<sup>[8-10]</sup>。苗期抗旱性鉴定可利用反复干旱法进行,对幼苗进行多次反复干旱胁迫,利用反复干旱存活率,以及测量形态指标和生理指标进行评价,此方法已经广泛应用于多种作物抗

旱性鉴定<sup>[11-13]</sup>。全生育期抗旱性鉴定评价方法较多<sup>[14-17]</sup>,通常在年降雨量少的地区采用田间直接鉴定法,但鉴定结果受环境影响较大,需要多年或多点鉴定<sup>[18-19]</sup>。针对大豆不同生育阶段之间的抗旱性关系,前人已有所研究。李文滨等<sup>[20]</sup>对 20 份大豆种质研究发现,大豆种质早熟 18 芽期抗旱性强,但在苗期不抗旱,全生育期表现中抗。吴伟等<sup>[21]</sup>对 12 份大豆种质研究表明,海 94 在苗期抗旱性强而全生育期不抗旱,赤豆、中作 96-2 在苗期不抗旱但全生育期抗旱性强。可见,大豆种质不同生育时期抗旱性不尽相同。

目前关于大豆种质资源抗旱性研究主要集中于生长期的某一阶段,对同一种质资源不同生育时期抗旱性的关注度不够,虽然有学者对不同阶段抗旱性做了分析,但所选用研究材料较少,代表性较差,可能导致优异种质不能得到有效利用。因此,对大豆种质资源开展不同生育时期抗旱性鉴定评价,对筛选抗旱优异种质和抗旱育种具有重要的意义。本研究选用来自不同生态区的 253 份大豆育成品种为试验材料,分别在芽期、苗期和全生育期进行抗旱性鉴定,通过改进鉴定方法及评价体系,分析大豆种质不同生育时期抗旱性之间的相关性,筛选抗旱种质资源,为大豆种质资源抗旱性的精准鉴定和品种选育提供参考方法和基础材料。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试 253 份材料来自中国 10 个省、市、自治区,为 1958-2011 年 54 年间育成的大豆品种(详见 <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20210430002>,附表 1),生态类型丰富,能够在抗旱鉴定地区成熟,其中北方春大豆生态区 215 份,黄淮海夏大豆生态区 38 份;黑龙江省、吉林省、辽宁省、内蒙古自治区、河北省、北京市、山西省、山东省、河南省和江苏省材料份数

分别为 113、91、7、4、6、9、7、8、5 和 3 份; 对照品种为全生育期极强抗旱品种晋豆 21, 以上材料由中国农业科学院作物科学研究所提供, 甘肃省农业科学院作物研究所在甘肃敦煌繁种, 保存于国家农作物种质资源库(甘肃分库)。

## 1.2 抗旱性鉴定

**1.2.1 芽期抗旱性鉴定** 2018 年, 在甘肃省农业科学院作物研究所品种资源实验室采用“半封闭蛭石 PEG 模拟干旱法”进行芽期抗旱性鉴定, 设置对照和干旱胁迫两个处理, 晋豆 21 为对照品种。用去离子水(CK)和 22% PEG-6000 溶液(干旱胁迫), 将蛭石配制成标准湿度(100 g 蛭石中加入 120 mL 的去离子水或 22% PEG-600 溶液)的发芽基质, 以 90~95 g 混拌蛭石作为底层基质装于 15 cm × 15 cm × 2.5 cm 培养皿, 铺平压实, 均匀摆放用湿巾反复擦拭的大豆种子, 30 粒/皿, 以 95~100 g 混拌蛭石铺于摆好的种子上, 同样铺平压实。用保鲜膜裹盖培养皿, 并在保鲜膜上均匀留 4~5 个小孔, 置于 25 °C 人工气候箱中, 对照和干旱胁迫处理均设置 3 次重复。

第 8 d(168 h) 调查发芽数, 选取 5 株测量根长、根鲜重, 以其平均值代表考察性状值, 参照祁旭升等<sup>[14]</sup>的方法计算发芽率(GR, germination rate)、抗旱系数(DC, drought coefficient)、平均抗旱系数(ADC, average drought coefficient)和加权抗旱系数(WDC, weighted drought coefficient), 参照路贵和等<sup>[22]</sup>的逐级分类法进行抗旱级别划分。

$$GR = (\text{正常发芽种子数} / \text{供试种子数}) \times 100\%$$

$$DC = X_d / X_w$$

$$ADC = \frac{1}{n} \sum DC$$

$$WDC = \sum_{i=1}^n \left[ DC \times \left( |r_i| \div \sum_{i=1}^n |r_i| \right) \right]$$

式中,  $X_d$ 、 $X_w$ 、 $r_i$ 、 $|r_i| \div \sum_{i=1}^n |r_i|$  分别表示干旱胁迫处理性状测定值、正常灌水处理性状测定值、入选性状相对值与平均抗旱系数的相关系数、指数权数。

**1.2.2 苗期抗旱性鉴定** 2018-2019 年在甘肃省农业科学院作物研究所敦煌试验站和农业农村部作物基因资源与种质创制甘肃科学观测实验站(张掖市甘州区), 采用“水分底部上渗反复干旱法”<sup>[23]</sup>进行抗旱性鉴定。在抗旱棚内, 用带网孔塑料周转箱(45 cm × 30 cm × 25 cm), 将箱子放入事先准备好的水池中, 水池要利于排水; 箱内装入厚 20 cm 的中

等肥力水平的耕层土, 灌水至土壤饱和含水量即排水, 待土壤松散时开始播种; 挑选大小一致、饱满的种子, 每箱播种 3 行, 每个品种种植 1 行, 出苗后每行定苗 20 株, 晋豆 21 为对照品种。试验只设置干旱胁迫处理, 3 次重复。

进行 2 次干旱胁迫-复水处理。第 1 次干旱胁迫-复水处理: 幼苗长至 V2 时期(第二叶期)停止供水, 开始干旱胁迫<sup>[24]</sup>。当幼苗出现永久性萎蔫后(土壤绝对含水量为 5.9% ± 0.5%)开始复水, 复水后第 3 d 调查存活苗数, 以幼苗叶片转变为鲜绿色记存活。第 2 次干旱胁迫-复水处理: 第 1 次复水后不再供水, 当幼苗出现永久性萎蔫后(土壤绝对含水量为 3.2% ± 0.5%)开始复水, 复水后第 3 d 调查存活苗数, 以幼苗叶片转变为鲜绿色记存活。

待第 2 次干旱胁迫-复水并调查存活苗数之后, 每个品种取 5 株长势均匀一致的单株进行性状调查, 不足 5 株的全部取样。苗高和根长采用直尺法测量, 干重待测量完鲜重之后装入牛皮纸袋 121 °C 杀青 2 h, 80 °C 烘干 24 h 称重。参考王兰芬等<sup>[24]</sup>的方法计算幼苗反复干旱存活率(DSP)。

$$DSP = (\bar{X}_{DSP1} / \bar{X}_{TT} \times 100\% + \bar{X}_{DSP2} / \bar{X}_{TT} \times 100\%) / 2$$

式中, DSP1、DSP2、 $\bar{X}_{TT}$ 、 $\bar{X}_{DSP1}$ 、 $\bar{X}_{DSP2}$  分别为第 1 次干旱存活率、第 2 次干旱存活率、第 1 次干旱前 3 次重复总苗数的平均值、第 1 次复水后 3 次重复存活苗数的平均值、第 2 次复水后 3 次重复存活苗数的平均值。抗旱性评价均采用最佳线性无偏预测值(BLUP, the best linear unbiased prediction)进行分析。

使用 R 包“lme4”通过以下公式进行混合线性模型下的最佳线性无偏预测(BLUP)。

$$P_{ik} = \mu + Y_i + g_k + e_{ik}$$

其中,  $P_{ik}$  是指在第  $i$  年观察到的第  $k$  个品种的表型值,  $\mu$  是性状的平均值,  $Y_i$  是第  $i$  年的固定效应,  $g_k$  是  $k$  基因型的随机效应;  $e_{ik}$  是模型的残差。

使用以下公式计算每个性状的广义遗传力。

$$h^2(\%) = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \sigma_{ge}^2/n + \sigma_e^2/nr} \times 100\%$$

式中,  $\sigma_g^2$  为遗传方差,  $\sigma_{ge}^2$  为遗传与环境互作方差,  $\sigma_e^2$  为误差方差,  $n$  为环境数,  $r$  为重复数。

**1.2.3 全生育期抗旱性鉴定** 2016-2017 年在年降雨量不足 40 mm 的甘肃省农业科学院敦煌试验站采用“干播湿出、膜下滴灌控水法”进行抗旱鉴定试验<sup>[25]</sup>, 试验设置干旱胁迫和正常灌水 2 个处理, 每



个处理均采用随机区组排列,3次重复,晋豆 21 为对照品种。前茬收后至播前不灌水,播种前每  $\text{hm}^2$  施入磷酸二铵 225 kg、尿素 90 kg,播后灌水  $300 \text{ m}^3$ 。当干旱处理土壤含水量低于 8% 时,每  $\text{hm}^2$  每次滴灌  $150 \text{ m}^3$ ;正常灌水处理全生育期灌水 4 次,每次滴灌  $300 \text{ m}^3$ 。试验设 2.0 m 行长,0.5 m 行距,种植 2 行,人工点播,每穴 2~3 粒,穴距 0.12 m,出苗后定苗至每穴 1 株。

记录生育期,试验材料成熟后每个小区取样 10 株,参照《大豆种质资源描述规范和数据标准》<sup>[26]</sup> 分别对株高、主茎节数、单株荚数、单株粒数、单株粒重、单株生物量、百粒重等 7 个形态指标进行测定,以其平均值代表考察性状值。抗旱性评价均采用 BLUP 值进行分析,评价方法和等级划分同芽期抗旱性鉴定评价。

以上数据采用 Excel 2007 进行处理,利用 R 软件计算 BLUP 值和广义遗传力,进行描述性统计、相关性等分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 芽期抗旱性鉴定

从图 1 可以看出,PEG-6000 溶液胁迫处理对不同种质的影响均非常大且基因型差异明显,在 22% PEG-6000 处理下,253 份材料的发芽率、根长和根鲜重发生了显著的变化。与对照(去离子水培养)相比,平均发芽率、根长和根鲜重分别降低了 54.35%、92.55% 和 96.28%,均达到极显著差异。其中,干旱胁迫后有 9 份种质的发芽率仍高于 90%,九丰 1 号和晋豆 29 达到 100%,说明其受干旱胁迫影响较小,抗旱性强;有 49 份种质的发芽率低于 10%,其中 20 份材料未发芽,表明这些种质在芽期表现出较弱的抗旱性。在正常处理下,根长、根鲜重和发芽率的变异系数较低,分别为 12.62%、16.22% 和 4.86%,干旱胁迫后,变异系数发生了明显变化,3 个指标的变异系数分别为 69.00%、58.86% 和 74.26%,说明干旱胁迫后不同基因型种质的差异更加明显。

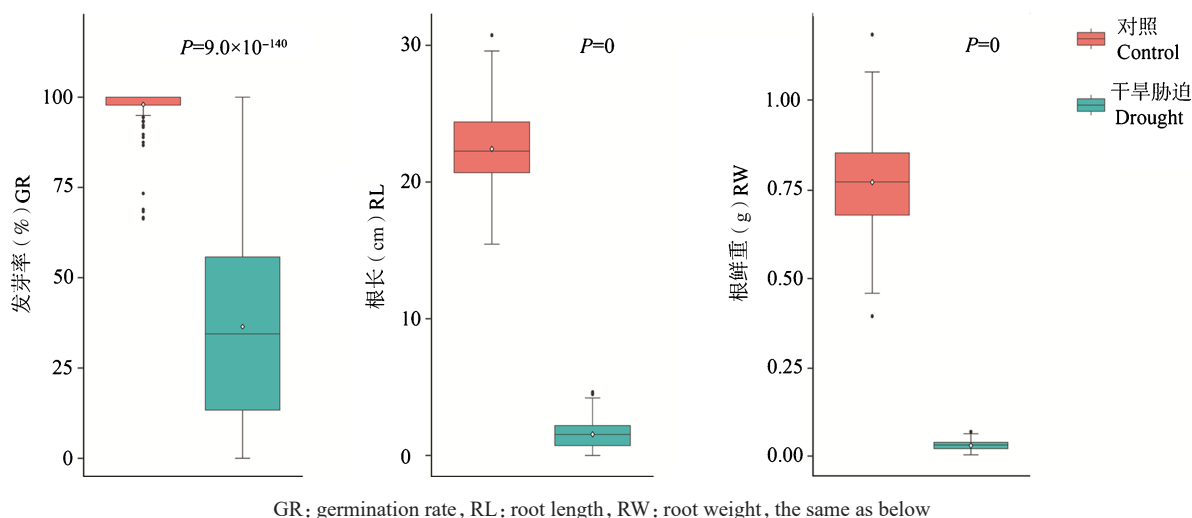


图 1 干旱胁迫对大豆芽期不同指标的影响

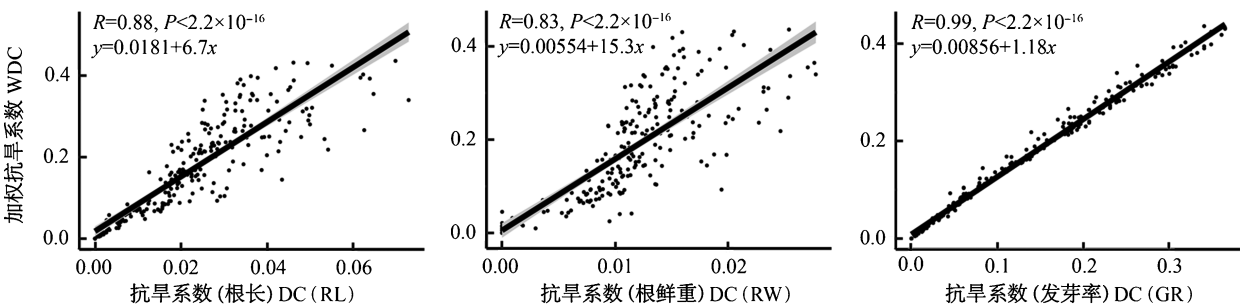
Fig.1 Effect of drought stress on different indexes of soybean germination stage

从图 2 可以看出,根长(RL)、根鲜重(RW)和发芽率(GR)的抗旱系数与加权抗旱系数呈极显著正相关,但只有发芽率抗旱系数与加权抗旱系数之间呈正线性相关。通过比较以发芽率抗旱系数和加权抗旱系数划分的抗旱等级频次分布,88.93% 种质的抗旱等级在两种划分方法间表现一致,11.07% 的种质的等级归属发生了改变,且仅仅是发生在相邻等级间(图 3A),因此,可以选择发芽率作为大豆芽期抗旱性评价指标。

通过分析,253 份种质的发芽率抗旱系数介

于 0~100% 之间。根据逐级分类法<sup>[22]</sup>,利用发芽率抗旱系数将 253 份种质划分为 5 个等级(表 1),1 级、2 级、3 级、4 级和 5 级种质份数分别 46、33、86、39 和 49 份(图 4A),其中 1 级和 2 级占有种质的 31.23%,胁迫处理后发芽率最高的前 10 位种质依次为晋豆 29(100.00%)、九丰 1 号(100.00%)、吉原引 3 号(97.78%)、宝丰 7 号(95.56%)、徐豆 11(95.56%)、黑河 23(93.33%)、吉林小粒 7 号(93.33%)、晋豆 28(93.33%)、九丰 4 号(91.11%)、吉育 89(89.33%)。





DC: drought resistance coefficient, WDC: weighted drought resistance, the same as below

图 2 芽期抗旱系数与加权抗旱系数的相关性分析

Fig.2 Correlation analysis of drought resistance coefficient and weighted drought resistance coefficient at germination stage

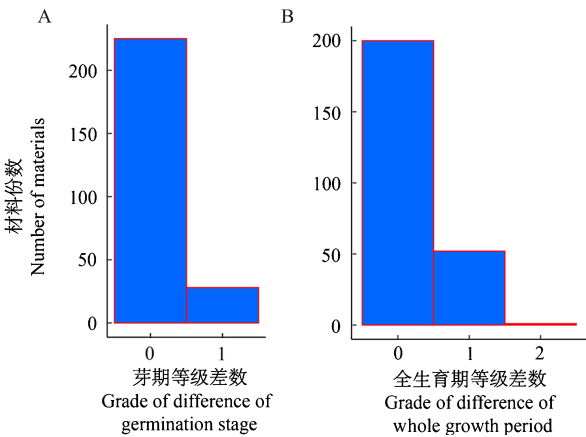


图 3 不同指标评价抗旱性的等级比较

Fig.3 Comparison of drought resistance grade of different indexes

2.2 苗期抗旱性鉴定

反复干旱存活率 (DSP) 是评价苗期抗旱性的重要指标。干旱胁迫后,反复干旱存活率、苗高、根长、苗鲜重、根鲜重、苗干重和根干重的广义遗传力分别为 85.23%、38.36%、18.94%、69.56%、62.35%、60.06% 和 40.87%,其中,反复干旱存活率的广义遗传力最高,说明其主要受遗传因素影响。通过相关性分析发现,反复干旱存活率与其他 6 个指标间呈极显著正相关,但不符合一元线性回归(图 5),因此,本文只选择反复干旱存活率对苗期抗旱性进行评价。

表 1 大豆不同时期抗旱级别划分标准

Table 1 Grading standards of drought resistance at three different growth periods of soybean

抗旱等级 Drought grade	发芽率抗旱系数 (%) DC (GR)	反复干旱存活率 (%) DSP	加权抗旱系数 WDC	抗旱性等级 Drought grade
1 级 Grade 1	≥ 64.38	≥ 38.69	≥ 0.7829	极强
2 级 Grade 2	51.36~64.38	30.61~38.69	0.7045~0.7829	强
3 级 Grade 3	18.88~51.36	14.66~30.61	0.5786~0.7045	中等
4 级 Grade 4	9.65~18.88	10.70~14.66	0.5351~0.5786	弱
5 级 Grade 5	<9.65	<10.70	<0.5351	极弱

DSP: drought survival proportion, the same as below

干旱胁迫后,反复干旱存活率变化范围较大 (3.65%~73.26%)。根据表 1 的分级标准,将 253 份大豆种质资源划分为 5 个抗旱等级,其中,1 级、2 级、3 级、4 级和 5 级种质的份数分别为 37、36、109、37 和 34 份 (图 4B),其中蒙豆 14 的抗旱性最好,反复干旱存活率为 73.26%,前 2~10 位的种质依次为吉林小粒 4 号、东农 46、黑河 29、南农 217、五

星 2 号、黑河 23、吉原引 3 号、垦丰 10 号和红丰 12。

2.3 全生育期抗旱性鉴定

全生育期抗旱性鉴定从出苗后到收获一直处于干旱胁迫状态。与对照 (正常灌水) 相比,干旱胁迫后所有指标的变化均达到极显著差异 (图 6),各指标比对照降低了 10.27%~41.14%,其中,主茎节数降低幅度最小,为 10.27%,而单株粒重受到的影响最大,

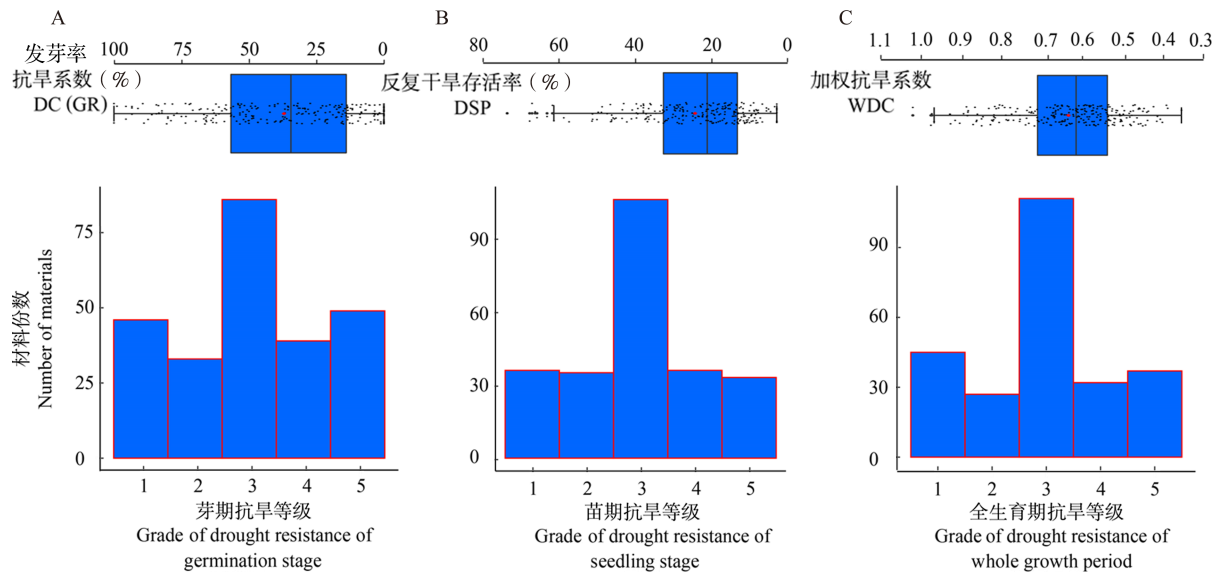


图 4 不同生育时期抗旱性鉴定结果

Fig.4 Drought resistance identification results at different growth periods of soybean

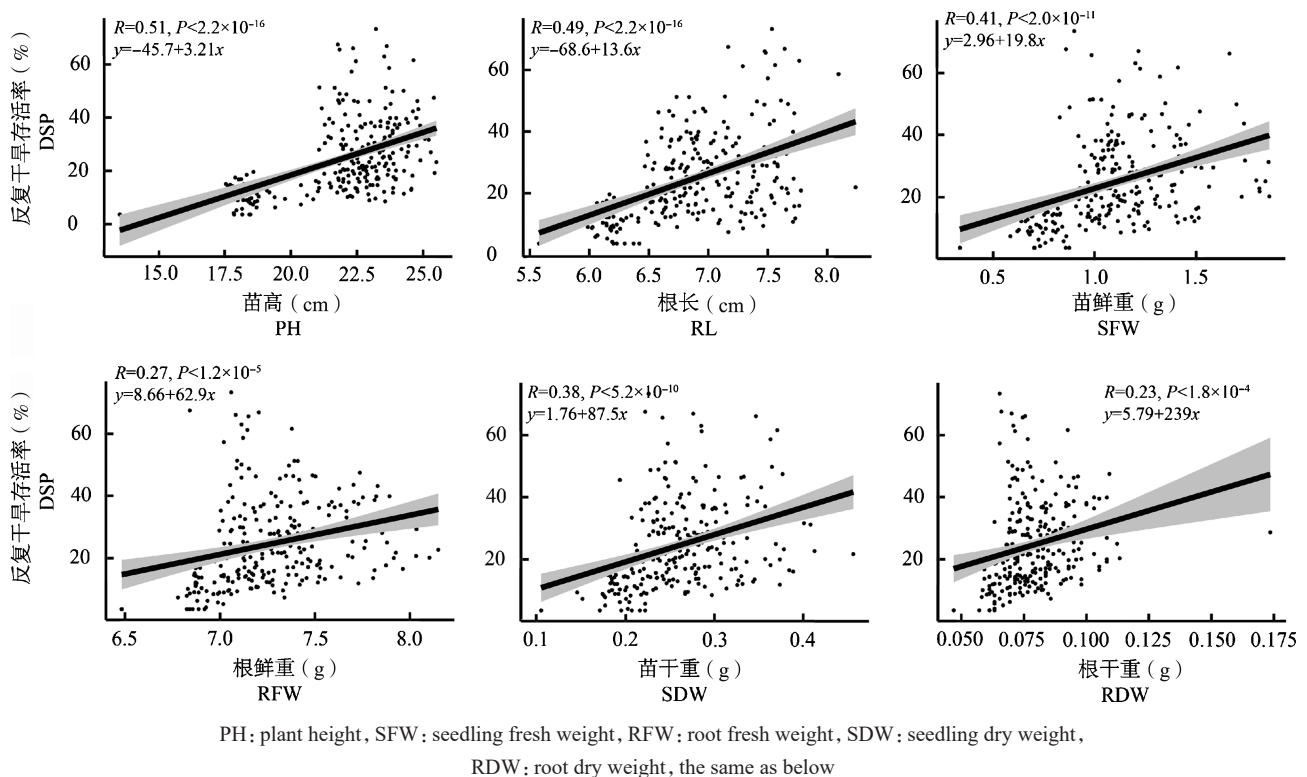


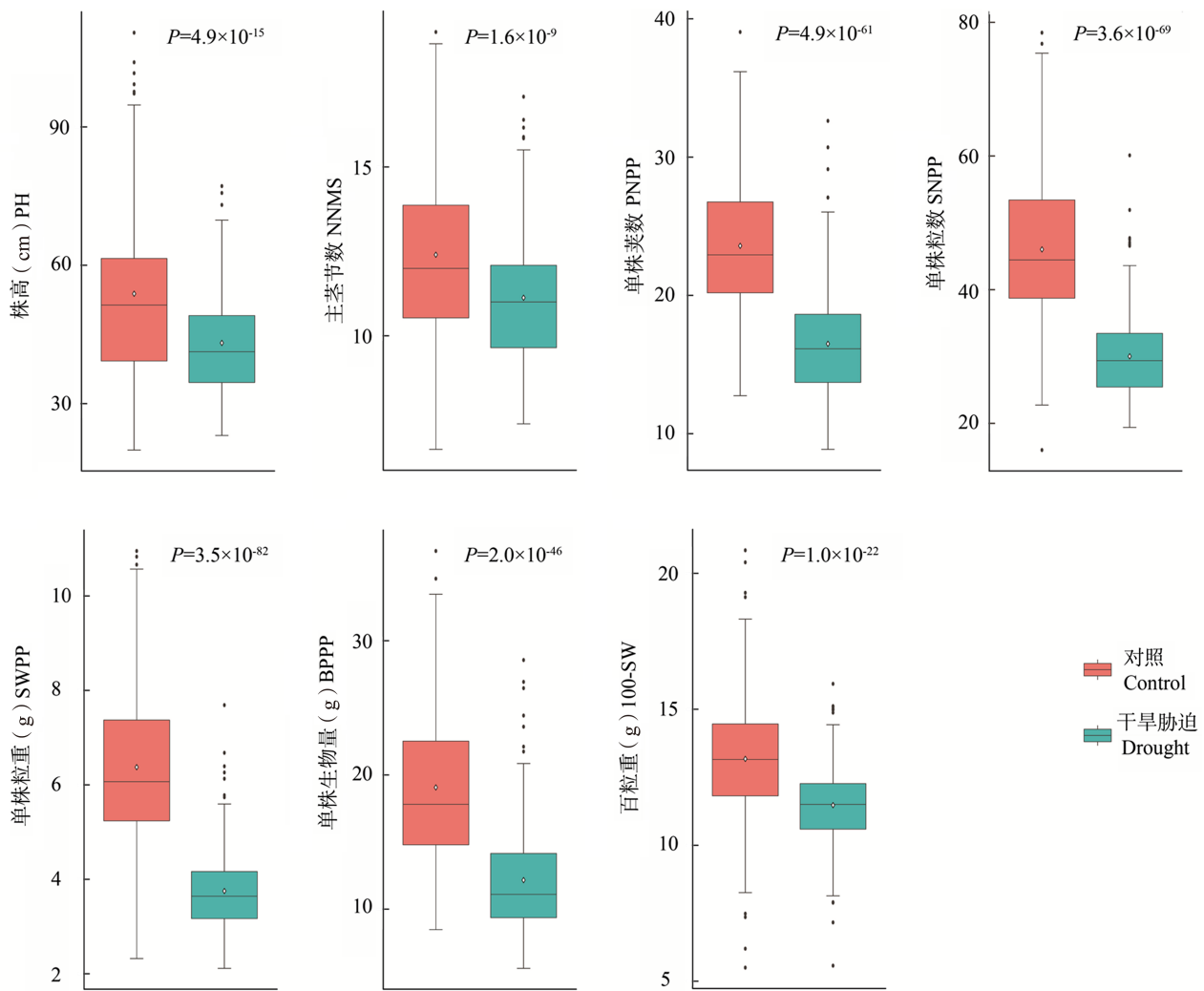
图 5 苗期不同指标与反复干旱存活率间的相关性分析

Fig.5 Correlation analyses between different indexes and drought survival proportion at seedling stage

为 41.14%, 株高、单株荚数、单株粒数、单株生物量和百粒重分别较对照降低 19.82%、30.04%、34.76%、36.22% 和 12.91%。7 个指标的变异系数介于 12.88%~33.32% 之间, 除株高 (7.96%) 外, 其他指标两个处理间的变异系数差值均小于 5%, 且 7 个指标广义遗传力大于 67.77%, 最高达到 97.43%,

说明干旱胁迫严重影响大豆的生长发育, 各测量指标能够稳定遗传。

相关性分析表明, 除百粒重 (极显著负相关) 外, 其他不同指标的抗旱系数与加权抗旱系数间呈极显著正相关 (图 7)。通过线性回归分析发现, 株高、主茎节数和百粒重的抗旱系数与加权抗旱系数



NNMS: number of nodes on main stem, PNPP: pod number per plant, SNPP: seed number per plant, SWPP: seed weight per plant, BPPP: biological product per plant, 100-SW: 100-seed weight, the same as below

图 6 全生育期干旱胁迫对不同指标的影响

Fig.6 Effect of drought stress on different indexes of soybean whole growth period

间不符合一元线性回归。同时,对所有 7 个指标与单株荚数、单株粒数、单株粒重和单株生物量 4 个指标的加权抗旱系数划分抗旱等级进行了分析,发现有 79.05% 的种质抗旱等级没有发生改变,20.55% 的种质在相邻等级间发生了改变,只有 1 份种质发生了跨级现象(图 3B)。因此,本研究选择单株荚数、单株粒数、单株粒重和单株生物量作为全生育期抗旱性综合评价的最终指标。

根据 4 个入选指标的加权抗旱系数,将参试种质划分为 5 个不同抗旱等级(表 1),1 级、2 级、3 级、4 级和 5 级种质份数分别 45、27、112、32 和 37 份(图 4C),分别占有所有种质的 17.79%、10.67%、44.27%、12.65% 和 14.62%。综合抗旱性较强的前 10 位种质分别为荷豆 13、九丰 9 号、东豆 1 号、嫩丰

10、豫豆 19、黑农 35、嫩丰 13、晋豆 22、吉育 89 和黑河 54,加权抗旱系数均大于 0.9。

#### 2.4 不同时期抗旱相关性分析

根据不同时期筛选到的评价指标,对抗旱系数、加权抗旱系数和反复干旱存活率进行相关性分析。从表 2 可以看出,芽期抗旱性评价价值抗旱系数(GR)与苗期抗旱性评价价值反复干旱存活率间呈正相关,但无显著差异,与全生育期评价指标抗旱系数(SWPP)间呈显著正相关,与其他指标间呈不显著正相关;反复干旱存活率与全生育期各指标间均呈不显著负相关,相关系数绝对值均小于 0.06;全生育期各评价指标间均呈极显著正相关。从分析结果看,大豆芽期、苗期和全生育期 3 个不同时期的抗旱性无显著相关性,且苗期和全生育期抗旱性呈不显著负相关。



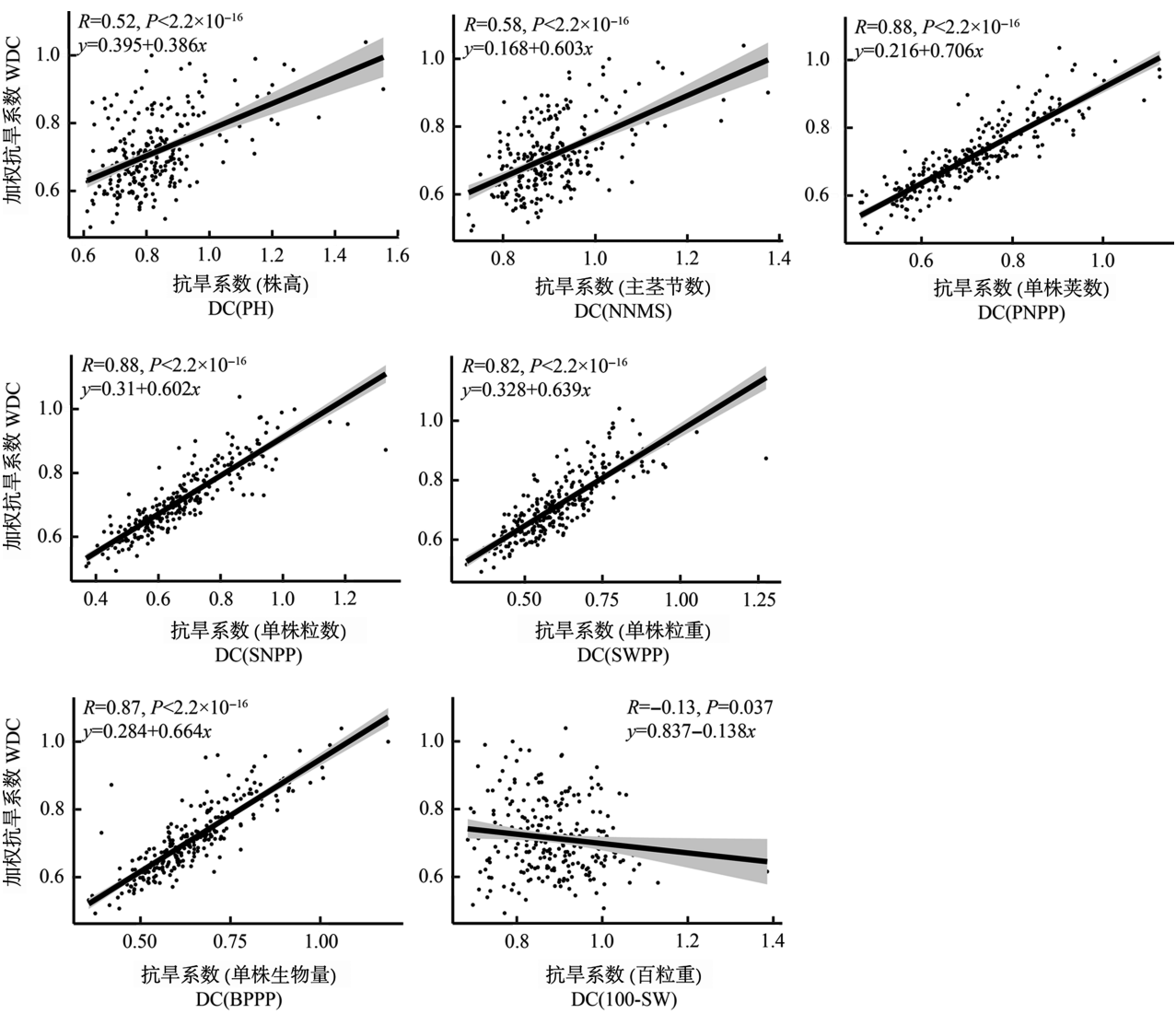


图 7 全生育期不同指标抗旱系数与加权抗旱系数间的相关性分析  
Fig.7 Correlation analysis of drought resistance coefficient and weighted drought resistance coefficient at whole growth period

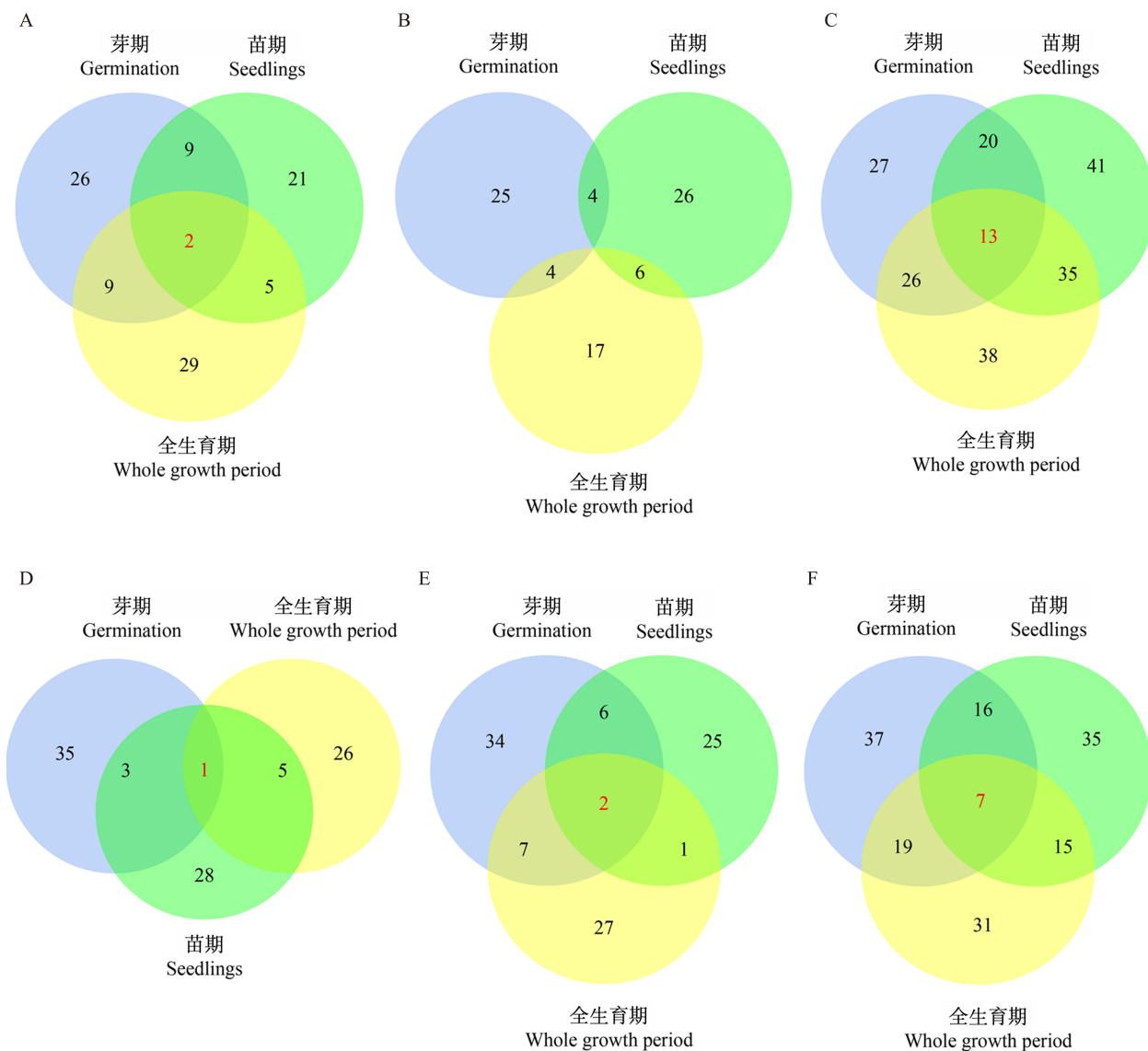
表 2 3 个不同时期抗旱性评价指标的相关性分析  
Table 2 Correlation analysis of drought resistance evaluation indicators at three different growth periods of soybean

评价指标 Evaluation indicators	抗旱系数 (发芽率) DC ( GR )	反复干旱 存活率 DSP	抗旱系数 (单株荚数) DC ( PNPP )	抗旱系数 (单株粒数) DC ( SNPP )	抗旱系数 (单株粒重) DC ( SWPP )	抗旱系数 (单株生物量) DC ( BPPP )
抗旱系数(发芽率)DC ( GR )	1					
反复干旱存活率 DSP	0.059	1				
抗旱系数(单株荚数)DC ( PNPP )	0.0011	-0.0191	1			
抗旱系数(单株粒数)DC ( SNPP )	0.039	-0.0515	0.8097**	1		
抗旱系数(单株粒重)DC ( SWPP )	0.1548*	-0.0548	0.7027**	0.8528**	1	
抗旱系数(单株生物量)DC ( BPPP )	0.0548	-0.015	0.7555**	0.6503**	0.6454**	1
加权抗旱系数 WDC	0.0657	-0.0431	0.9169**	0.9353**	0.8974**	0.8174**

\*: 表示在  $P<0.05$  水平差异显著, \*\*: 表示在  $P<0.01$  水平上差异显著  
\*: Significantly different at  $P<0.05$  probability level, \*\*: Significantly different at  $P<0.05$  probability level

在 3 个不同时期, 92.89% 种质的抗旱等级不相同, 只有 18 份 (7.11%) 完全吻合 (图 9A~E)。有 7 份种质在芽期、苗期和全生育期表现为极强或强抗旱性 (图 9F), 其中黑河 23 和化诱 542 在 3 个不同时期均表现出极强抗旱性 (图 9A), 豫豆 20、绥农 21、绥农 15、晋豆 28 和吉林 36 在 3 个时期表现为极

强或强抗旱性。吉林 33 和豫豆 19 在苗期和全生育期表现出极强抗旱性, 而在芽期表现为极弱的抗旱性; 晋豆 22 在芽期和全生育期为极强抗旱种质, 而在苗期为极弱; 嫩丰 13 在全生育期属于极强抗旱种质, 但在芽期和苗期均不抗旱。可见, 大豆种质资源在不同时期的抗旱性极为复杂, 存在非常大的差异。



A: 1 级; B: 2 级; C: 3 级; D: 4 级; E: 5 级; F: 1 级和 2 级; 圈内数据表示材料份数

A: grade 1, B: grade 2, C: grade 3, D: grade 4, E: grade 5, F: grade 1 and 2, The data in the circle indicate the numbers of materials

图 9 不同时期抗旱等级比较分析

Fig.9 Comparative analysis of drought resistance grade in three different growth periods

## 2.5 生育期对抗旱性的影响

253 份材料的生育期差异非常大, 生育期最短为 75 d, 最长为 164 d, 相差 94 d (详见 <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20210430002>, 附表 1)。根据生育期长短, 将小于或等于 120 d 的材料划为早熟组, 大于 120 d 的材料划为晚熟组。通过对全生育期

加权抗旱系数进行分析, 发现早熟组材料的加权抗旱系数小于晚熟组加权抗旱系数 (表 3), 说明晚熟材料抗旱性强于早熟材料。相关性分析表明, 早熟组和晚熟组加权抗旱系数间无显著差异, 这可能是由于供试材料中早熟组材料所占比例较高所致, 因此, 早熟材料和晚熟材料的抗旱性强弱还需进一步鉴定。

表 3 不同生育期抗旱性比较  
Table 3 Comparison of drought resistance in different growth periods

成熟组 Maturity group	生育期 (d) Growing period	加权抗旱系数 WDC	相关系数 R	P 值 P value
早熟 Early maturity	≤ 120	0.6556	0.04	0.71
晚熟 Late maturity	>120	0.6654		

3 讨论

3.1 大豆不同生育时期抗旱性鉴定方法和评价指标的选择

我国是大豆的起源地,有着丰富的大豆种质资源,种质资源的鉴定是其高效利用的前提。大豆种质资源抗旱性鉴定对其利用具有重要的作用,尤其在我国干旱半干旱地区。种质资源抗旱性鉴定方法的选择非常重要,直接关系到鉴定结果的准确性。关于大豆抗旱性鉴定的报道较多,不同学者采用的鉴定方法和评价指标不尽一致。芽期抗旱性一般采用 PEG 溶液模拟干旱法<sup>[27]</sup>,大多数学者采用滤纸法进行试验,为防止种子霉变需要多次更换滤纸、冲洗种子等步骤<sup>[20-21]</sup>,费时费工,本研究采用“半封闭蛭石 PEG 模拟干旱法”进行芽期抗旱性鉴定,该方法可一次性完成试验过程,中途不需要任何处理,可大大降低种子发霉变质率,防止水分蒸发导致发芽床 PEG 浓度前后不一致,提高准确性,同时能够模拟土壤环境下的抗旱性鉴定。胁迫处理后,发芽率抗旱系数与加权抗旱系数之间呈极显著正相关,相关系数达到 0.99 ( $P<2.2\times 10^{-9}$ ),两者之间呈正线性相关( $y=0.0856+1.18x$ ),说明发芽率的抗旱系数完全可以代表加权抗旱系数,在芽期抗旱鉴定过程中可以用发芽率的高低来评价种质的抗旱性,可大幅度减少工作量。反复干旱法是作物苗期抗旱性鉴定的主要方法,主要通过盆栽的方式进行<sup>[28]</sup>。本研究采用“水分底部上渗反复干旱法”进行苗期抗旱性鉴定,该方法优点是水分从底部入渗至饱和状态,保证土壤水分一致。反复干旱存活率(DSP)是作物苗期抗旱评价的主要指标,本文对多个指标进行了分析,发现不同指标间存在极显著正相关关系,但是反复干旱存活率与其他指标间不存在线性关系。反复干旱存活率的广义遗传力为 85.23%,显著高于其他指标,说明反复干旱存活率受遗传控制,是可遗传指标,可作为大豆苗期抗旱评价的重要指标。全生育期抗旱鉴定能够从产量相关性状来判断种质的抗旱性强弱,为生产可提供直接的参考依据。全生育期抗旱鉴定方法多样,可通过盆栽、抗旱棚进

行<sup>[29-30]</sup>,最具生产利用价值的是通过田间直接鉴定的方式进行<sup>[14,31]</sup>。本研究采用“干播湿出、膜下滴灌控水法”进行抗旱鉴定试验,该方法具有出苗整齐一致、灌水均匀可控,处理间差异显著等特点;因为试验在年均降雨量不足 40 mm 的敦煌市进行,相当于极端干旱条件,更有利于抗旱优异种质的筛选。分析发现百粒重的抗旱系数和加权抗旱系数之间呈负相关,这与之前的研究结果一致<sup>[15]</sup>;株高、主茎节数和百粒重的抗旱系数与加权抗旱系数间不存在线性关系,而与产量相关的单株荚数、单株粒数、单株粒重和单株生物量的抗旱系数与加权抗旱系数间基本符合线性关系,且相关系数大于 0.8,因此,单株荚数、单株粒数、单株粒重和单株生物量可作为大豆全生育期抗旱性鉴定评价的重要指标。

3.2 大豆不同生育时期抗旱性分析及优异种质的筛选

大豆在我国种植范围较广,从南到北,从东到西均有种植,主产区主要有南方、黄淮和北方 3 大产区,北方常遇春旱,黄淮常遇伏旱,而南方受伏旱和秋旱较多<sup>[32]</sup>,可见,大豆全生育期均有可能发生干旱胁迫,因此,筛选丰年丰产,早年不减产或减产不显著,即高产、稳产的种质资源十分必要。本研究对大豆种质资源在 3 个不同时期抗旱性进行了鉴定评价,分析发现,芽期抗旱性评价价值抗旱系数(GR)与苗期抗旱性评价价值反复干旱存活率和全生育期抗旱性综合评价价值加权抗旱系数间相关不显著,而反复干旱存活率与全生育期加权抗旱系数呈不显著负相关,这与李龙等<sup>[13]</sup>、李文滨等<sup>[20]</sup>、吴伟等<sup>[21]</sup>等的研究结果一致。由于作物抗旱性是一个复杂的数量性状,在不同生育阶段表现出不同的抗旱机理,芽期和苗期是大豆的营养生长阶段,主要保证植株的存活能力,有关抗旱机理包括渗透调节、活性氧的清除以及光合性能维持等<sup>[33-36]</sup>;而对于生殖生长阶段,光合作用受到限制,生物自身抗逆性需要消耗能量,往往会对产量造成影响。本研究结果进一步说明大豆芽期、苗期和全生育期 3 个不同时期的抗旱性是相互独立的,不存在显著相关性,这可能与作物在不同生育时期的抗旱机制有关,相关机制还需进一



步研究。通过对不同生育期材料的分析发现,晚熟材料的抗旱性强于早熟材料,这与祁旭升等<sup>[14]</sup>的研究结果一致。晚熟材料通常植株高大、生物产量高、根系发达,更加有利于抵御干旱,表现出较强的抗旱性<sup>[37]</sup>。而早熟材料在甘肃敦煌一般植株矮小、产量相对较低,抗旱性较差<sup>[14]</sup>。这可能与其在抗旱鉴定地区的适应性有关。因此,大豆种质资源抗旱性评价具有区域性特点,需要根据大豆主产区干旱发生的时期进行精准评价,以达到资源的高效利用。

通过本研究的鉴定评价,7份种质(黑河23、化诱542、豫豆20、绥农21、绥农15、晋豆28和吉林36)在3个时期均表现出了极强或强抗旱性,有50份种质资源同时在两个时期能够表现出极强或强抗旱性,主要为北方和黄淮地区种质。大豆品种晋豆21为公认的抗旱品种,经过多年多点鉴定,晋豆21在全生育期为极强抗旱品种。本研究中晋豆21的发芽率抗旱系数、反复干旱存活率和加权抗旱系数分别为95.56%、21.87%和0.8249,在芽期、苗期和全生育期分别属于极强、中等和极强抗旱种质。与晋豆21相比较,芽期有3份种质抗旱性好于晋豆21,全生育期有33份种质抗旱性强于晋豆21。通过本研究筛选出的强抗旱种质资源可为该地区大豆抗旱育种提供亲本材料以加强利用。

## 4 结论

确定了大豆不同生育时期抗旱性鉴定方法和评价指标,大豆不同生育时期抗旱性无显著相关性,可能与大豆不同生育阶段的抗旱机理相关。筛选出7份在芽期、苗期和全生育期同时表现极强或强抗旱种质,50份种质在两个时期表现极强或强抗旱,本研究结果为大豆抗旱育种提供了理论依据和材料基础。

## 参考文献

- [1] Fenta B A, Beebe S E, Kunert K J, Burrige J D, Barlow K M, Lynch J P, Foyer C H. Field phenotyping of soybean roots for drought stress tolerance. *Agronomy*, 2014, 4(3): 418-435
- [2] 刘慧. 2020年大豆进口首次超亿吨 我国大豆行业如何破困局. (2021-01-27) [2021-05-20]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1689990992170083959&wfr=spider&for=pc>  
Liu H. Soybean imports exceed 100 million tons for the first time in 2020, how will my country's soybean industry break through the predicament. (2021-01-27) [2021-05-20]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1689990992170083959&wfr=spider&for=pc>
- [3] Shah A A, Salgotra R K, Wani S A, Mondal S K, Shah M M, Zarger S M, Kumar A, Kaur A. Breeding and genomics approaches to increase crop yield under drought stress in climate change scenario. *European Journal of Experimental Biology*, 2017, 7(4): 23-29
- [4] 张宇,王素萍,冯建英. 2015年春季全国干旱状况及其影响与成因. *干旱气象*, 2015, 33(3): 528-530  
Zhang Y, Wang S P, Feng J Y. Drought events and its influence in spring 2015 in China. *Journal of Arid Meteorology*, 2015, 33(3): 528-534
- [5] Foyer C H, Lam H M, Nguyen H T, Siddique K H M, Varshney R K, Colmer T D, Cowling W, Bramley H, Mori T A, Hodgson J M, Cooper J W, Miller A J, Kunert K, Vorster J, Cullis C, Ozga J A, Wahlqvist M L, Liang Y, Shou H X, Shi K, Yu J Q, Fodor N, Kaiser B N, Wong F L, Valliyodan B, Considine M J. Neglecting legumes has compromised human health and sustainable food production. *Nature Plants*, 2016, 2(8): 16112
- [6] Liu Z X, Li H H, Gou Z W, Zhang Y J, Wang X R, Ren H L, Wen Z X, Kang B K, Li Y H, Yu L L, Gao H W, Wang D C, Qi X S, Qiu L J. Genome-wide association study of soybean seed germination under drought stress. *Molecular Genetics and Genomics*, 2020, 295(3): 661-673
- [7] 李建英,周长军,杨柳,吴耀坤,杜志强,杨丽,田中艳. 水分胁迫对大豆苗期叶片内源激素含量与保护酶活性的影响. *大豆科学*, 2010, 29(6): 57-61  
Li J Y, Zhou C J, Yang L, Wu Y K, Du Z Q, Yang L, Tian Z Y. Effect of water stress on endogenous hormone and protective enzymes in soybean seedling leaves. *Soybean Science*, 2010, 29(6): 57-61
- [8] 谭春燕,陈佳琴,朱星陶,杨春杰,龚丽娜. 干旱胁迫下20份春大豆材料的种子活力及抗旱性评价. *种子*, 2018, 37(7): 83-87  
Tian C Y, Chen J Q, Zhu X T, Yang C J, Gong L N. Evaluation on seed vigor and drought resistance of 20 spring soybean varieties under the PEG stress. *Seed*, 2018, 37(7): 83-87
- [9] 赵振宁,赵宝懿. 不同大豆品种在萌发期对干旱胁迫的生理响应及抗旱性评价. *干旱地区农业研究*, 2018, 36(2): 131-136  
Zhao Z N, Zhao B X. Physiological response and drought resistance evaluation of different soybean varieties to drought stress at germination stage. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2018, 36(2): 131-136
- [10] 张海平,张俊峰,陈妍,张海生,闫凯. 大豆种质资源萌发期耐旱性评价. *植物遗传资源学报*, 2021, 22(1): 130-138  
Zhang H P, Zhang J F, Chen Y, Zhang H S, Yan K. Identification and evaluation of soybean germplasm resources for drought tolerance during germination stage. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2021, 22(1): 130-138
- [11] 董孔军,刘天鹏,何继红,任瑞玉,张磊,杨天育. 糜子育成品种苗期抗旱性评价与鉴定指标筛选. *植物遗传资源学报*, 2015, 16(5): 968-975  
Dong K J, Liu T P, He J H, Ren R Y, Zhang L, Yang T Y. Evaluation and identification indexes selection on the drought resistance of broomcorn millet elite cultivars at seeding stage. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2015, 16(5): 968-975
- [12] 李龙,王兰芬,武晶,景蕊莲,王述民. 普通菜豆品种苗期抗旱性鉴定. *作物学报*, 2015, 41(6): 963-971  
Li L, Wang L F, Wu J, Jing R L, Wang S M. Identification

- of drought resistance at seedlings stage in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. *Acta Agronomica Sinica*, 2015, 41 ( 6 ): 963-971
- [ 13 ] 李龙,毛新国,王景一,吕小平,柳玉平,景蕊莲. 小麦种质资源抗旱性鉴定评价. *作物学报*, 2018, 44 ( 7 ): 988-999  
Li L, Mao X G, Wang J Y, Chang X P, Liu Y P, Jing R L. Drought tolerance evaluation of wheat germplasm resources. *Acta Agronomica Sinica*, 2018, 44 ( 7 ): 988-999
- [ 14 ] 祁旭升,刘章雄,关荣霞,王兴荣,苟作旺,常汝镇,邱丽娟. 大豆成株期抗旱性鉴定评价方法研究. *作物学报*, 2012, 38 ( 4 ): 665-674  
Qi X S, Liu Z X, Guan R X, Wang X R, Gou Z W, Chang R Z, Qiu L J. Comparison of evaluation methods for drought resistance at soybean adult stage. *Acta Agronomica Sinica*, 2012, 38 ( 4 ): 665-674
- [ 15 ] 王兴荣,张彦军,李玥,刘天鹏,张金福,祁旭升. 干旱胁迫对大豆生长的影响及抗旱性评价方法与指标筛选. *植物遗传资源学报*, 2018, 19 ( 1 ): 49-56  
Wang X R, Zhang Y J, Li Y, Liu T P, Zhang J F, Qi X S. Effects of drought stress on growth and screening methods and indexes for drought-resistance in soybean. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2018, 19 ( 1 ): 49-56
- [ 16 ] 张彦军,王兴荣,张金福,李玥,苟作旺,祁旭升,何正奎. 大豆抗旱种质资源筛选及利用. *甘肃农业科技*, 2018, 49 ( 8 ): 54-60  
Zhang Y J, Wang X R, Zhang J F, Li Y, Gou Z W, Qi X S, He Z K. Screening and utilization of drought resistance germplasm resources of soybean. *Gansu Agricultural Science and Technology*, 2018, 49 ( 8 ): 54-60
- [ 17 ] Du W J, Wang M, Fu S X, Yu D Y. Mapping QTLs for seed yield and drought susceptibility index in soybean (*Glycine max* L.) across different environments. *Journal of Genetics and Genomics*, 2009, 36: 721-731
- [ 18 ] Babu R C, Nguyen B D, Chamarerk V, Shanmugasundaram P, Chezian P, Jeyaprakash P, Ganesh S, Palchamy A, Sadasivam S, Sarkarung S, Wade L, Nguyen H T. Genetic analysis of drought resistance in rice by molecular markers: association between secondary traits and field performance. *Crop Science*, 2003, 43 ( 4 ): 1457-1469
- [ 19 ] Hall A J, Feoli C, Ingaramo J, Balzarini M. Gaps between farmer and attainable yields across rainfed sunflower growing regions of Argentina. *Field Crops Research*, 2013, 143 ( 1 ): 119-129
- [ 20 ] 李文滨,宋春晓,裴兴超,张沿政,景雅,陈龙,赵家梁,李永光. 干旱胁迫下 20 个大豆品种抗旱性评价. *东北农业大学学报*, 2019, 50 ( 4 ): 4-13  
Li W B, Song C X, Chang X C, Zhang Y Z, Jing Y, Chen L, Zhao J L, Li Y G. Drought resistance evaluation of 20 soybean varieties under drought stress. *Journal of Northeast Agricultural University*, 2019, 50 ( 4 ): 4-13
- [ 21 ] 吴伟,陈学珍,谢皓,郝丹丹,白宝良,于同泉,路苹. 干旱胁迫下大豆抗旱性鉴定. *分子植物育种*, 2005, 3 ( 2 ): 188-194  
Wu W, Chen X Z, Xie H, Hao D D, Bai B L, Yu T Q, Lu P. Drought resistance appraisal of the soybean varieties in forced arid conditions. *Molecular Plant Breeding*, 2005, 3 ( 2 ): 188-194
- [ 22 ] 路贵和,戴景瑞,张书奎,李文明,陈绍江,鄂立柱,张义荣. 不同干旱胁迫条件下我国玉米骨干自交系的抗旱性比较研究. *作物学报*, 2005, 31 ( 10 ): 1284-1288  
Lu G H, Dai J R, Zhang S K, Li W M, Chen S J, E L Z, Zhang Y R. Drought-resistance of elite maize inbred lines in different water stress. *Acta Agronomica Sinica*, 2005, 31 ( 10 ): 1284-1288
- [ 23 ] 王兴荣,苟作旺,张彦军,李玥,祁旭升. 基于反复干旱法的胡麻苗期抗旱性鉴定与评价. *中国种业*, 2015 ( 8 ): 52-55  
Wang X R, Gou Z W, Zhang Y J, Li Y, Qi X S. Identification and evaluation of drought resistance of flax at seedling stage based on repeated drought method. *China Seed Industry*, 2015 ( 8 ): 52-55
- [ 24 ] 王兰芬,武晶,景蕊莲,程须珍,王述民. 绿豆种质资源苗期抗旱性鉴定. *作物学报*, 2015, 41 ( 1 ): 145-153  
Wang L F, Wu J, Jing R L, Cheng X Z, Wang S M. Drought resistance identification of mungbean germplasm resources at seedlings stage. *Acta Agronomica Sinica*, 2015, 41 ( 1 ): 145-153
- [ 25 ] 李积铭,李和平,赵海林,刘桂华,李爱国,宋聪敏. 两种不同灌溉方式对华北低平原区油菜生长发育的影响. *分子植物育种*, 2018, 16 ( 2 ): 678-682  
Li J M, Li H P, Zhao H L, Liu G H, Li A G, Song C M. The influence of two different irrigation methods on the growth and development of canopy in low plain area of north China. *Molecular Plant Breeding*, 2018, 16 ( 2 ): 678-682
- [ 26 ] 邱丽娟,常汝镇. 大豆种质资源描述规范和数据标准. 北京: 中国农业出版社, 2006: 58-75  
Qiu L J, Chang R Z. Descriptors and data standard for soybean (*Glycine* spp.). Beijing: China Agriculture Press, 2006: 58-75
- [ 27 ] 张彦军,苟作旺,王兴荣,陈伟英,祁旭升. 胡麻种质萌发期抗旱性综合评价. *植物遗传资源学报*, 2015, 16 ( 3 ): 520-527  
Zhang Y J, Gou Z W, Wang X R, Chen W Y, Qi X S. Comprehensive evaluation of drought resistance of flax germplasm in germination. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2015, 16 ( 3 ): 520-527
- [ 28 ] 吕学莲,白海波,惠建,田小燕,杨宸刚,马斯霜,蔡正云,李树华. 粳稻杂交衍生 RIL 系的苗期抗旱性评价. *植物遗传资源学报*, 2019, 20 ( 3 ): 556-563  
Lv X L, Bai H B, Hui J, Tian X Y, Yang C G, Ma S S, Cai Z Y, Li S H. Evaluation of seedling drought resistance of RIL derived from indica rice and japonica rice. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2019, 20 ( 3 ): 556-563
- [ 29 ] 王燕平,任海祥,孙晓环,白艳凤,宗春美,齐玉鑫,王晓梅,侯国强,徐德海. 不同基因型大豆花荚期抗旱性综合评价. *植物遗传资源学报*, 2015, 16 ( 1 ): 37-44  
Wang H P, Ren H X, Sun X H, Bai Y F, Zong C M, Qi Y X, Wang X M, Hou G Q, Xu D H. Comprehensive evaluation on drought resistance of different soybean cultivars at flowering-podding stage. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2015, 16 ( 1 ): 37-44
- [ 30 ] Devi M J, Sinclair T R, Chen P, Carter T E. Evaluation of elite southern maturity soybean breeding lines for drought-tolerant traits. *Agronomy Journal*, 2014, 106 ( 6 ): 1947-1954
- [ 31 ] Prince S J, Murphy M, Mutava R N, Zhang Z, Nguyen N, Kim Y H, Pathan S M, Shannon G J, Valliyodan B, Nguyen H T. Evaluation of high yielding soybean germplasm under water limitation. *Journal of Integrative Plant Biology*, 2016, 58 ( 5 ):

- 475-491
- [ 32 ] 梁建秋, 张明荣, 吴海英. 大豆抗旱性研究进展. 大豆科学, 2010, 29( 2 ): 341-345  
Liang J Q, Zhang M R, Wu H Y. Advances in drought tolerance of soybean. *Soybean Science*, 2010, 29( 2 ): 341-345
- [ 33 ] Fleury D, Jefferies S, Kuchel H, Langridge P. Genetic and genomic tools to improve drought tolerance in wheat. *Journal of Experimental Botany*, 2010, 61( 12 ): 3211-3222
- [ 34 ] 杜欢, 马彤彤, 郭帅, 张颖, 白志英, 李存东. 大麦近等基因系苗期根系形态及叶片渗透调节物质对 PEG 胁迫的响应. 中国农业科学, 2017, 50( 13 ): 2423-2432  
Du H, Ma T T, Guo S, Zhang Y, Bai Z Y, Li D C. Response of root morphology and leaf osmoregulation substances of seedling in barley genotypes with different heights to PEG stress. *Scientia Agricultura Sinica*, 2017, 50( 13 ): 2423-2432
- [ 35 ] Farooq M, Hussain M, Siddique K H M. Drought stress in wheat during flowering and grain-filling periods. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 2014, 33( 4 ): 331-349
- [ 36 ] 赵秀琴, 谢学文, 孙勇, 邓建利, 朱苓华, 黎志康. IR64 背景耐旱导入系“PD29”分蘖期的抗逆生理特征. 作物学报, 2008, 34( 7 ): 1227-1232  
Zhao X Q, Xie X W, Sun Y, Deng J L, Zhu L H, Li Z K. Physiological characteristics related to stress-tolerance in introgression line “PD29” with IR64 genetic background at the tillering stage. *Acta Agronomica Sinica*, 2008, 34( 7 ): 1227-1232
- [ 37 ] 吕彩霞, 郭建秋, 王英, 冷建田, 杨光明, 侯文胜, 吴存祥, 韩天富. 对大豆耐萎蔫材料 PI471938 根系和地上部的性状鉴定、遗传分析及 QTL 定位. 作物学报, 2010, 36( 9 ): 1476-1483  
Lü C X, Guo J Q, Wang Y, Leng J T, Yang G M, Hou W S, Wu C X, Han T F. Identification, inheritance analysis, and QTL mapping of root and shoot traits in soybean variety PI471938 with tolerance to wilting. *Acta Agronomica Sinica*, 2010, 36( 9 ): 1476-1483



附表1 253份大豆种质资源的抗旱性鉴定结果

Supplementary table 1 Drought resistance of 253 soybean germplasm resources at three different growth periods

种质名称	来源	生育期 (d)	DC(GR)	DSP	WDC
Name	Origin	Growing Period	/Grade	/Grade	/Grade
黑河 35 Heihe35	黑龙江省	75	1.52/5	29.51/3	0.8007/1
华疆 1 号 Huajiang1	黑龙江省	76	71.59/1	17.62/3	0.8054/1
北丰 13 Beifeng13	黑龙江省	77	1.61/5	13.30/4	0.5731/4
北丰 17 Beifeng17	黑龙江省	77	0.00/5	15.07/3	0.6638/3
垦鉴豆 27 Kenjiandou27	黑龙江省	77	47.62/3	17.08/3	0.7461/2
内豆 4 号 Neidou4	内蒙古自治区	77	50.00/3	24.67/3	0.8620/1
蒙豆 11 Mengdou11	内蒙古自治区	80	29.21/3	25.32/3	0.8357/1
九丰 4 号 Jiufeng4	黑龙江省	81	91.11/1	17.04/3	0.8588/1
垦鉴豆 26 Kenjiandou26	黑龙江省	81	67.78/1	24.96/3	0.5708/4
嫩丰 13 Nenfeng13	黑龙江省	81	0.00/5	8.59/5	0.9345/1
九丰 8 号 Jiufeng8	黑龙江省	82	25.29/3	25.02/3	0.6778/3
黑河 17 Heihe17	黑龙江省	84	0.00/5	13.62/4	0.5557/4
垦鉴豆 25 Kenjiandou25	黑龙江省	84	13.95/4	14.68/3	0.7821/2
合丰 42 Hefeng42	黑龙江省	85	23.91/3	36.20/2	0.5361/4
九丰 6 号 Jiufeng6	黑龙江省	85	60.00/2	10.85/4	0.7782/2
垦鉴豆 31 Kenjiandou31	黑龙江省	85	0.00/5	9.81/5	0.6936/3
垦鉴豆 33 Kenjiandou33	黑龙江省	85	0.00/5	10.4/5	0.4272/5
合丰 40 Hefeng40	黑龙江省	86	54.02/2	38.10/2	0.5649/4
黑河 11 Heihe11	黑龙江省	86	1.14/5	29.34/3	0.6939/3
黑河 30 Heihe30	黑龙江省	86	53.33/2	22.83/3	0.6809/3
黑河 31 Heihe31	黑龙江省	86	27.28/3	33.09/2	0.5474/4
九丰 3 号 Jiufeng3	黑龙江省	86	53.93/2	17.03/3	0.6992/3
九丰 7 号 Jiufeng7	黑龙江省	86	11.67/4	21.90/3	0.5919/3
垦鉴豆 22 Kenjiandou22	黑龙江省	86	0.00/5	22.83/3	0.6376/3
北丰 14 Beifeng14	黑龙江省	87	80.00/1	12.18/4	0.6911/3
黑河 18 Heihe18	黑龙江省	87	6.74/5	12.18/4	0.6896/3
九丰 1 号 Jiufeng1	黑龙江省	87	100.00/1	32.78/2	0.6393/3
龙小粒豆 1 号 Longxiaolidou1	黑龙江省	87	85.96/1	7.38/5	0.6571/3
蒙豆 13 Mengdou13	内蒙古自治区	87	48.89/3	45.56/1	0.6511/3
北豆 30 Beidou30	黑龙江省	88	80.46/1	19.64/3	0.4527/5
黑河 29 Heihe29	黑龙江省	88	68.33/1	66.04/1	0.6890/3
垦丰 6 号 Kenfeng6	黑龙江省	88	13.64/4	9.09/5	0.6744/3
蒙豆 14 Mengdou14	内蒙古自治区	88	48.89/3	73.26/1	0.6035/3
东生 1 号 Dongsheng1	黑龙江省	89	62.22/2	23.73/3	0.6745/3
黑河 27 Heihe27	黑龙江省	89	0.00/5	19.25/3	0.8414/1
北丰 9 号 Beifeng9	黑龙江省	90	63.98/2	29.22/3	0.6296/3
黑河 19 Heihe19	黑龙江省	90	2.25/5	8.98/5	0.5624/4
黑河 32 Heihe32	黑龙江省	90	11.63/4	39.91/1	0.7560/2
黑河 38 Heihe38	黑龙江省	90	10.17/4	11.47/4	0.8331/1
黑农 35 Heinong35	黑龙江省	90	16.67/4	34.89/2	0.9353/1

垦丰 9 号 Kenfeng9	黑龙江省	90	3.41/5	15.73/3	0.5649/4
合丰 25 号 Hefeng25	黑龙江省	91	48.55/3	16.89/3	0.5820/3
合丰 43 Hefeng43	黑龙江省	91	16.67/4	27.96/3	0.6100/3
黑河 26 Heihe26	黑龙江省	91	65.73/1	25.50/3	0.6209/3
黑农 30 Heinong30	黑龙江省	91	35.56/3	23.19/3	0.6984/3
九丰 9 号 Jiufeng9	黑龙江省	91	83.33/1	11.91/4	0.9803/1
垦丰 7 号 Kenfeng7	黑龙江省	91	73.48/1	9.45/5	0.5078/5
嫩丰 10 Nenfeng10	黑龙江省	91	6.67/5	36.76/2	0.9729/1
化诱 542 Huayou542	河北省	92	73.33/1	48.76/1	0.8339/1
合丰 35 Hefeng35	黑龙江省	92	0.00/5	42.37/1	0.5345/5
黑河 23 Heihe23	黑龙江省	92	93.33/1	61.56/1	0.8774/1
黑河 25 Heihe25	黑龙江省	92	30.39/3	20.35/3	0.4902/5
黑农 38 Heinong38	黑龙江省	92	21.35/3	14.31/4	0.5838/3
黑农 44 Heinong44	黑龙江省	92	50.00/3	29.47/3	0.5128/5
吉育 67 Jiyu67	吉林省	92	21.67/3	46.63/1	0.6290/3
黑农 46 Heinong46	黑龙江省	92	38.20/3	41.18/1	0.5140/5
北豆 18 Beidou18	黑龙江省	93	1.12/5	16.97/3	0.5309/5
东农 46 Dongnong46	黑龙江省	93	0.00/5	66.85/1	0.6486/3
黑农 41 Heinong41	黑龙江省	93	18.33/4	27.97/3	0.6213/3
黑农 43 Heinong43	黑龙江省	93	16.67/4	46.27/1	0.6015/3
黑农 48 Heinong48	黑龙江省	93	80.00/1	32.07/2	0.7015/3
绥农 18 Suinong18	黑龙江省	93	17.86/4	3.65/5	0.6693/3
绥农 19 Suinong19	黑龙江省	93	47.19/3	12.71/4	0.5516/4
北豆 1 号 Beidou1Hao	黑龙江省	94	53.33/2	19.07/3	0.5377/4
北豆 38 Beidou38	黑龙江省	94	11.67/4	22.83/3	0.6363/3
东农 42 Dongnong42	黑龙江省	94	2.25/5	25.33/3	0.4957/5
合丰 27 Hefeng27	黑龙江省	94	36.67/3	6.32/5	0.5668/4
合丰 36 Hefeng36	黑龙江省	94	15.70/4	27.85/3	0.5113/5
黑河 54 Heihe54	黑龙江省	94	46.67/3	14.66/3	0.9041/1
红丰 8 号 Hongfeng8	黑龙江省	94	69.66/1	28.68/3	0.8932/1
垦鉴豆 4 号 Kenjiandou4	黑龙江省	94	15.34/4	7.92/5	0.7371/2
垦农 11 Kennong11	黑龙江省	94	62.07/2	18.27/3	0.6239/3
绥农 14 Suinong14	黑龙江省	94	40.45/3	4.19/5	0.6736/3
绥农 16 Suinong16	黑龙江省	94	51.99/2	12.37/4	0.5680/4
东大 1 号 Dongda1	黑龙江省	95	55.81/2	13.64/4	0.6184/3
丰收 14 Fengshou14	黑龙江省	95	36.67/3	11.28/4	0.6349/3
合丰 30 Hefeng30	黑龙江省	95	34.44/3	18.75/3	0.6206/3
黑生 101 Heisheng101	黑龙江省	95	13.94/4	46.35/1	0.6471/3
垦鉴豆 15 Kenjiandou15	黑龙江省	95	29.31/3	36.68/2	0.6677/3
垦鉴豆 1 号 Kenjiandou1	黑龙江省	95	3.94/5	8.45/5	0.5610/4
北丰 11 Beifeng11	黑龙江省	96	16.64/4	16.79/3	0.7731/2
东农 44 Dongnong44	黑龙江省	96	42.22/3	12.91/4	0.8950/1
黑河 5 号 Heihe5	黑龙江省	96	16.67/4	22.83/3	0.8081/1
黑河 7 号 Heihe7	黑龙江省	96	30.34/3	36.72/2	0.7517/2

垦丰 10 号 Kenfeng10	黑龙江省	96	8.43/5	58.65/1	0.6398/3
垦农 7 号 Kennong7	黑龙江省	96	36.67/3	3.65/5	0.6836/3
东农 43 Dongnong43	黑龙江省	97	28.89/3	21.65/3	0.6172/3
丰收 9 号 Fengshou9	黑龙江省	97	24.44/3	20.36/3	0.5354/4
抗线虫 5 号 Kangxianchong5	黑龙江省	97	16.07/4	37.35/2	0.6068/3
垦农 17 Kennong17	黑龙江省	97	28.09/3	5.79/5	0.5394/4
白农 8 号 Bainong8	吉林省	97	30.00/3	27.80/3	0.8333/1
丰收 19 Fengshou19	黑龙江省	98	3.37/5	6.32/5	0.7570/2
垦农 18 Kennong18	黑龙江省	98	37.08/3	10.70/4	0.7320/2
垦农 19 Kennong19	黑龙江省	98	48.89/3	3.65/5	0.6760/3
吉育 57 Jiyu57	吉林省	98	0.00/5	12.77/4	0.6946/3
垦丰 13 Kenfeng13	黑龙江省	99	61.11/2	20.53/3	0.5285/5
吉农 15 Jinong15	吉林省	99	0.00/5	15.37/3	0.6276/3
北豆 35 Beidou35	黑龙江省	100	13.48/4	31.22/2	0.6628/3
合丰 44 Hefeng44	黑龙江省	100	32.22/3	26.74/3	0.5842/3
黑河 3 号 Heihe3	黑龙江省	100	42.35/3	32.07/2	0.6853/3
绥农 15 Suinong15	黑龙江省	100	82.22/1	48.94/1	0.7722/2
宝丰 7 号 Baofeng7	黑龙江省	101	95.56/1	21.77/3	0.6162/3
丰收 8 号 Fengshou8	黑龙江省	101	33.33/3	11.99/4	0.4603/5
合丰 39 Hefeng39	黑龙江省	101	1.67/5	27.09/3	0.6644/3
垦农 16 Kennong16	黑龙江省	101	0.00/5	32.59/2	0.7313/2
丰收 1 号 Fengshou1	黑龙江省	102	15.56/4	23.96/3	0.4855/5
吉丰 4 号 Jifeng4	吉林省	102	78.33/1	37.39/2	0.5898/3
吉科豆 5 号 Jikedou5	吉林省	102	20.00/3	11.47/4	0.6629/3
吉育 201 Jiyu201	吉林省	102	9.56/5	21.88/3	0.6754/3
吉育 80 Jiyu80	吉林省	102	58.51/2	14.53/4	0.5232/5
延农 11 Yannong11	吉林省	102	72.06/1	39.88/1	0.5841/3
南农 217 Nannong217	江苏省	102	32.22/3	65.57/1	0.6199/3
吉林小粒 4 号 Jilinxiaoli4	吉林省	103	77.78/1	67.46/1	0.5520/4
吉育 58 Jiyu58	吉林省	103	13.48/4	30.12/3	0.5925/3
宝丰 8 号 Baofeng8	黑龙江省	104	36.67/3	11.82/4	0.6579/3
绥农 17 Suinong17	黑龙江省	104	87.36/1	12.18/4	0.6792/3
吉科豆 1 号 Jikedou1	吉林省	104	34.44/3	51.24/1	0.7322/2
吉林 49 Jilin49	吉林省	104	35.39/3	27.80/3	0.6172/3
丰收 10 Fengshou10	黑龙江省	105	50.19/3	16.79/3	0.8133/1
丰收 12 Fengshou12	黑龙江省	105	51.11/3	39.89/1	0.6343/3
嫩良 7 号 Nenliang7	黑龙江省	105	35.56/3	13.60/4	0.8718/1
绥农 10 Suinong10	黑龙江省	105	43.33/3	19.28/3	0.6037/3
吉黄 60 Jihuang60	吉林省	105	0.00/5	45.92/1	0.4397/5
吉林小粒 7 号 Jilinxiaoli7	吉林省	105	93.33/1	13.78/4	0.7449/2
吉育 79 Jiyu79	吉林省	105	48.31/3	20.70/3	0.5370/4
红丰 12 Hongfeng12	黑龙江省	106	75.00/1	57.28/1	0.6746/3
嫩丰 17 Nenfeng17	黑龙江省	106	76.67/1	32.01/2	0.6685/3
九农 29 Jiunong29	吉林省	106	20.02/3	40.97/1	0.6415/3



绥农 4 号 Suinong4	黑龙江省	106	27.78/3	19.99/3	0.4512/5
垦鉴豆 14 Kenjiandou14	黑龙江省	107	12.64/4	34.20/2	0.6917/3
绥农 21 Suinong21	黑龙江省	107	53.33/2	51.21/1	0.7991/1
白农 9 号 Bainong9	吉林省	107	59.09/2	21.77/3	0.7483/2
吉育 59 Jiyu59	吉林省	107	18.90/3	30.61/3	0.5710/4
吉育 63 Jiyu63	吉林省	107	51.67/2	29.84/3	0.8973/1
吉育 64 Jiyu64	吉林省	107	38.37/3	10.28/5	0.6887/3
吉育 83 Jiyu83	吉林省	107	56.67/2	29.80/3	0.6150/3
九农 31 Jiunong31	吉林省	107	0.00/5	9.51/5	0.7015/3
红丰 7 号 Hongfeng7	黑龙江省	108	62.93/2	16.14/3	0.4446/5
吉林小粒 6 号 Jilinxiaoli6	吉林省	108	84.27/1	20.50/3	0.4789/5
垦鉴豆 23 Kenjiandou23	黑龙江省	109	15.00/4	36.36/2	0.6045/3
吉育 401 Jiyu401	吉林省	109	8.88/5	38.10/2	0.7282/2
晋遗 30 Jinyi30	山西省	109	30.00/3	9.37/5	0.5521/4
北丰 16 Beifeng16	黑龙江省	110	21.67/3	3.65/5	0.7918/1
白农 7 号 Bainong7	吉林省	110	3.33/5	31.22/2	0.7385/2
吉科豆 3 号 Jikedou3	吉林省	110	5.23/5	45.18/1	0.5656/4
吉林 20 Jilin20	吉林省	110	56.67/2	28.89/3	0.7173/2
吉原引 3 号 Jiyuanyin3	吉林省	110	98.88/1	61.21/1	0.4302/5
红丰 11 Hongfeng11	黑龙江省	111	58.89/2	27.92/3	0.6106/3
延农 8 号 Yannong8	吉林省	112	65.52/1	38.69/2	0.6670/3
吉林 47 Jilin47	吉林省	113	21.35/3	3.65/5	0.8043/1
吉育 75 Jiyu75	吉林省	113	14.29/4	23.30/3	0.3950/5
吉育 74 Jiyu74	吉林省	114	40.00/3	28.21/3	0.5038/5
吉育 86 Jiyu86	吉林省	114	3.37/5	15.12/3	0.4824/5
九农 25 Jiunong25	吉林省	114	8.33/5	19.95/3	0.4743/5
吉育 66 Jiyu66	吉林省	115	15.00/4	28.16/3	0.6737/3
中黄 19 Zhonghuang19	北京市	116	52.81/2	14.04/4	0.8733/1
吉育 84 Jiyu84	吉林省	116	46.67/3	38.10/2	0.6006/3
长农 9 号 Changnong9	吉林省	116	12.35/4	31.69/2	0.5993/3
延农 10 号 Yannong10	吉林省	117	25.57/3	18.22/3	0.6888/3
白农 10 号 Bainong10	吉林省	118	32.02/3	22.72/3	0.5657/4
白农 6 号 Bainong6	吉林省	119	8.82/5	17.50/3	0.6223/3
吉育 301 Jiyu301	吉林省	119	39.29/3	37.04/2	0.4990/5
早熟 17 Zaoshu17	北京市	120	78.89/1	28.69/3	0.5992/3
中黄 3 号 Zhonghuang3	北京市	120	61.11/2	3.65/5	0.7874/1
吉林 35 Jilin35	吉林省	120	48.33/3	32.35/2	0.5906/3
吉育 70 Jiyu70	吉林省	120	13.48/4	17.15/3	0.8452/1
吉育 93 Jiyu93	吉林省	120	84.27/1	27.04/3	0.6831/3
五星 2 号 Wuxing2	河北省	121	15.56/4	62.96/1	0.4724/5
吉农 8 号 Jinong8	吉林省	121	43.18/3	17.73/3	0.6119/3
吉育 54 Jiyu54	吉林省	121	13.33/4	14.08/4	0.6608/3
九农 22 Jiunong22	吉林省	121	0.00/5	35.14/2	0.5318/5
吉农 7 号 Jinong7Hao	吉林省	122	66.65/1	20.17/3	0.5729/4

吉育 89 Jiyu89	吉林省	122	89.33/1	18.57/3	0.9131/1
长农 10 Changnong10	吉林省	122	49.33/3	43.18/1	0.6936/3
邯豆 5 号 Handou5	河北省	123	0.00/5	14.66/3	0.6555/3
吉林 33 Jilin33	吉林省	123	0.00/5	50.08/1	0.8380/1
九农 27 Jiunong27	吉林省	123	3.61/5	14.66/3	0.5565/4
辽豆 4 号 Liaodou4	辽宁省	123	11.94/4	30.05/3	0.8224/1
吉林 32 Jilin32	吉林省	124	6.94/5	28.51/3	0.5796/3
吉林 36 Jilin36	吉林省	124	65.91/1	39.52/1	0.7076/2
吉林 38 Jilin38	吉林省	124	13.33/4	13.83/4	0.5581/4
吉农 14 Jinong14	吉林省	124	54.55/2	16.57/3	0.6616/3
通农 14 Tongnong14	吉林省	124	83.52/1	19.73/3	0.6095/3
长农 17 Changnong17	吉林省	124	5.44/5	37.63/2	0.6957/3
抚 97-16 Fu97-16	辽宁省	124	20.89/3	47.46/1	0.7951/1
东农 34 Dongnong34	黑龙江省	125	53.33/2	21.41/3	0.5663/4
吉林 34 Jilin34	吉林省	125	37.46/3	8.98/5	0.6753/3
吉林 39 Jilin39	吉林省	125	66.67/1	46.27/1	0.5158/5
吉育 45 Jiyu45	吉林省	125	31.67/3	8.45/5	0.5703/4
吉育 68 Jiyu68	吉林省	125	52.22/2	33.82/2	0.4923/5
九农 28 Jiunong28	吉林省	125	17.46/4	32.95/2	0.5171/5
通农 11 Tongnong11	吉林省	125	4.88/5	10.72/4	0.6946/3
通农 13 Tongnong13	吉林省	125	50.64/3	14.18/4	0.5334/5
吉育 71 Jiyu71	吉林省	126	40.45/3	28.03/3	0.5063/5
吉育 72 Jiyu72	吉林省	126	15.34/4	21.40/3	0.5896/3
集 1005 Ji1005	吉林省	126	0.00/5	21.63/3	0.6232/3
通农 7 号 Tongnong7	吉林省	126	21.79/3	8.98/5	0.6411/3
辽豆 14 Liaodou14	辽宁省	126	53.33/2	7.38/5	0.6902/3
郝豆 2000 Haodou2000	吉林省	127	17.45/4	14.29/4	0.6480/3
吉农 13 Jinong13	吉林省	127	48.89/3	17.25/3	0.6094/3
吉育 43 Jiyu43	吉林省	127	36.67/3	23.36/3	0.5387/4
吉育 46 Jiyu46	吉林省	127	63.33/2	17.68/3	0.6549/3
吉育 52 Jiyu52	吉林省	127	3.41/5	13.02/4	0.5851/3
九农 24 Jiunong24	吉林省	127	35.00/3	14.31/4	0.6018/3
四农 2 号 Sinong2	吉林省	127	31.89/3	43.59/1	0.7506/2
长农 8 号 Changnong8	吉林省	127	73.50/1	37.47/2	0.5953/3
吉农 11 Jinong11	吉林省	128	23.33/3	8.98/5	0.7154/2
九农 21 Jiunong21	吉林省	128	21.05/3	12.37/4	0.6339/3
长农 11 Changnong11	吉林省	128	25.82/3	26.92/3	0.4940/5
吉丰 2 号 Jifeng2	吉林省	129	65.91/1	20.05/3	0.5852/3
吉科豆 7 号 Jikedou7	吉林省	129	22.74/3	27.84/3	0.4852/5
吉育 50 Jiyu50	吉林省	129	65.30/1	15.91/3	0.5500/4
九农 20 Jiunong20	吉林省	129	25.56/3	5.25/5	0.6263/3
九农 23 Jiunong23	吉林省	129	8.72/5	9.63/5	0.4759/5
九农 33 Jiunong33	吉林省	129	0.00/5	14.75/3	0.7592/2
通农 5 号 Tongnong5	吉林省	129	26.67/3	12.23/4	0.5473/4

通农 6 号 Tongnong6	吉林省	129	58.33/2	13.78/4	0.6008/3
长农 15 Changnong15	吉林省	129	31.53/3	37.04/2	0.5574/4
五星 1 号 Wuxing1	河北省	131	11.67/4	38.05/2	0.5150/5
通农 12 Tongnong12	吉林省	131	66.29/1	13.75/4	0.5079/5
齐茶豆 2 号 Qichadou2	山东省	132	88.89/1	18.93/3	0.8817/1
中黄 13 Zhonghuang13	北京市	136	32.22/3	29.93/3	0.8312/1
中黄 20 Zhonghuang20	北京市	140	51.11/3	15.91/3	0.6752/3
东豆 1 号 Dongdou1	辽宁省	140	0.00/5	20.85/3	0.9782/1
铁秆 1 号 Tiegan1	山东省	140	62.22/2	10.21/5	0.8210/1
豫豆 20 Yudou20	河南省	141	56.53/2	36.15/2	0.8742/1
铁丰 28 Tiefeng28	辽宁省	143	17.78/4	29.08/3	0.6735/3
中黄 24 Zhonghuang24	北京市	146	40.45/3	8.70/5	0.5939/3
辽首 2 号 Liaoshou2	辽宁省	146	3.37/5	16.26/3	0.8618/1
铁丰 31 Tiefeng31	辽宁省	146	50.00/3	51.36/1	0.5448/4
高丰 1 号 Gaofeng1	山东省	146	46.67/3	19.99/3	0.6347/3
中品 662 Zhongpin662	北京市	147	14.44/4	24.73/3	0.8278/1
邯豆 3 号 Handou3	河北省	147	8.33/5	13.78/4	0.7411/2
菏豆 13 Hedou13	山东省	147	15.73/4	49.76/1	1.0226/1
晋豆 26 Jindou26	山西省	147	63.33/2	14.66/3	0.7066/2
鲁豆 11 Ludou11	山东省	148	37.78/3	43.52/1	0.7217/2
鲁豆 8 号 Ludou8	山东省	148	83.33/1	39.56/1	0.6098/3
晋豆 29 Jindou29	山西省	148	100.00/1	18.93/3	0.7731/2
晋大 70 Jinda70	山西省	149	16.85/4	21.06/3	0.5996/3
晋豆 28 Jindou28	山西省	149	93.33/1	35.26/2	0.7098/2
冀豆 12 Jidou12	河北省	150	16.67/4	38.10/2	0.4954/5
徐豆 11 Xudou11	江苏省	150	95.56/1	15.73/3	0.6582/3
晋豆 22 Jindou22	山西省	150	82.22/1	10.14/5	0.9238/1
中品 661 Zhongpin661	北京市	150	56.67/2	3.65/5	0.6024/3
徐豆 8 号 Xudou8	江苏省	151	51.24/3	3.65/5	0.8200/1
豫豆 19 Yudou19	河南省	152	6.74/5	46.53/1	0.9363/1
鲁豆 10 号 Ludou10	山东省	152	45.56/3	13.24/4	0.6744/3
豫豆 1 号 Yudou1	河南省	153	36.02/3	32.91/2	0.7094/2
晋大 74 Jinda74	山西省	154	63.33/2	28.89/3	0.5357/4
豫豆 15 Yudou15	河南省	156	70.79/1	18.57/3	0.8304/1
科新 5 号 Kexin5	北京市	163	31.11/3	30.44/3	0.8378/1
84-51	山东省	163	81.11/1	11.11/4	0.8939/1
豫豆 12 Yudou12	河南省	164	55.56/2	33.49/2	0.6369/3

此表生育期为甘肃敦煌生育期

The growth period in the table is the growth period in Dunhuang city, Gansu province